



Interreg  Co-funded by
the European Union
Alpine Space

X-RISK-CC



RÉGION PILOTE

LE BASSIN VERSANT DE L'ARLY SAVOIE, FRANCE

COMMENT S'ADAPTER AUX EXTRÊMES
MÉTÉOROLOGIQUES CHANGEANTS ET AUX RISQUES
COMPOSÉS ET EN CASCADE ASSOCIÉS DANS LE
CONTEXTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE



CHEF DE FILE

eurac
research

PARTENAIRES



Wildbach- und
Lawinenerbauung
Forsttechnischer Dienst

umweltbundesamt®

GeoSphere
Austria

TUM

Auvergne
Rhône-Alpes
Energie Environnement

REPUBLIC OF SLOVENIA
MINISTRY OF THE ENVIRONMENT, CLIMATE AND ENERGY
SLOVENIAN ENVIRONMENT AGENCY

SAVOIE
CLIMAT
TERRA 4.0

LE BASSIN VERSANT DE L'ARLY SAVOIE, FRANCE

COMMENT S'ADAPTER AUX EXTRÊMES
MÉTÉOROLOGIQUES CHANGEANTS ET AUX RISQUES
COMPOSÉS ET EN CASCADE ASSOCIÉS DANS LE
CONTEXTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

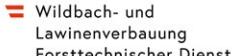


À PROPOS DE CE DOSSIER

Ce dossier se focalise sur la région pilote du projet X-RISK-CC en France, à savoir le bassin versant de l'Arly (Savoie) et vise à rendre accessible au grand public les connaissances locales développées au travers du projet. De plus, il fournit des informations sur les extrêmes météorologiques passés et projetés, les dangers et risques associés, ainsi que les actions proposées pour améliorer la gestion des risques futurs.



Liste des auteurs:

 <p>Auvergne Rhône-Alpes Énergie Environnement</p>	 <p>eurac research</p>	 <p>Agence de protection civile de la province autonome de Bolzano</p>	 <p>Technische Universität München</p>
 <p>GeoSphere Austria</p>	 <p>Province autonome de Trente</p>	 <p>Agence de développement slovénienne</p>	 <p>Agence de développement Sora</p>
 <p>Wildbach- und Lawinerverbauung Forsttechnischer Dienst</p>	 <p>umweltbundesamt[®]</p>		
 <p>Service technique forestier pour la lutte contre les torrents et les avalanches, Section Tyrol</p>	 <p>Agence fédérale pour l'environnement (Autriche)</p>		

Contact de référence:

Auvergne-Rhône-Alpes Énergie Environnement,
18 rue Gabriel Péri, 69100, Villeurbanne

laurence.monnet@auvergnerhonealpes-ee.fr

Date de publication:

Novembre 2025



Cette publication est disponible sur le site
web du projet, dans la section "Outcomes":

[X-RISK-CC - Alpine Space Programme](#)

INTRODUCTION	6
Le contexte	6
Le projet et ses objectifs	6
RÉGION PILOTE : BASSIN VERSANT DE L'ARLY (SAVOIE, FRANCE)	10
Cadre géographique et environnemental	10
Extrêmes météorologiques passés et futurs	12
Aléas climatiques actuels et futurs	14
Impacts et risques actuels et futurs	16
Le rôle de la vulnérabilité dans le risque	17
GESTION DES RISQUES	16
Cycle de gestion des risques	18
Démarche d'implication des parties prenantes	20
Lacunes en matière de gestion des risques	21
Écarts par phase	22
ACTIONS SUR MESURE CO-CONÇUES POUR CHAQUE RÉGION PILOTE	30
DÉFIS ET PERSPECTIVES	31
LIENS UTILES	32
REMERCIEMENTS	33

INTRODUCTION



LE CONTEXTE

Ces dernières années, les Alpes ont été touchées par des phénomènes météorologiques extrêmes sans précédent, tels que des vagues de chaleur, de fortes pluies et des tempêtes, qui ont eu de graves répercussions sur l'environnement, les populations et l'économie. Ces événements ont dépassé les capacités de gestion des risques des régions alpines concernées. L'ampleur inattendue (magnitude) et la gravité locale (intensité) de ces extrêmes peuvent entraîner de multiples impacts simultanés (impacts cumulés) et des effets en cascade, entraînant des conséquences complexes, durables, voire irréversibles.

Bien que des données scientifiques récentes indiquent que le changement climatique (CC) accroît l'intensité et la fréquence des événements météorologiques extrêmes, la compréhension et la gestion de leurs impacts et risques cumulés et cumulés restent insuffisantes. À l'échelle régionale, ces événements ne sont pas suffisamment pris en compte dans les cadres actuels de réduction des risques de catastrophe (RRC). Parallèlement, les plans d'adaptation au changement climatique (ACC), lorsqu'ils existent, sous-estiment souvent la gravité et les risques associés à ces événements extrêmes et manquent de mesures concrètes et réalisables.

LE PROJET ET SES OBJECTIFS

Le projet X-RISK-CC (pour : *"How to adapt to changing weather eXtremes and associated compound and cascading RISKS in the context of Climate Change"*, que l'on peut traduire par « Comment s'adapter aux extrêmes météorologiques changeants et aux risques composés et en cascade associés dans le contexte du changement climatique »), co-financé par l'Union européen, vise à améliorer la gestion des risques liés aux phénomènes météorologiques extrêmes et aux aléas naturels dans le contexte du changement climatique dans les régions alpines, grâce à la collaboration de scientifiques, de gestionnaires de risques et de décideurs politiques aux niveaux régional et international.

Dans X-RISK-CC, les risques sont définis comme les conséquences néfastes des phénomènes météorologiques extrêmes (par exemple, de fortes précipitations) qui déclenchent des aléas naturels (par

exemple, des inondations), lesquels affectent à leur tour les systèmes humains (par exemple, la perte de propriété privée). Le risque n'est donc pas déterminé uniquement par les aléas météorologiques et naturels, mais par leur interaction avec l'exposition (par exemple, les bâtiments situés dans des zones inondables) et la vulnérabilité (par exemple, le manque d'infrastructures de protection contre les inondations) au sein des systèmes socio-économiques (**FIGURE 1**).

Comprendre et gérer les risques actuels et futurs nécessite non seulement l'analyse des phénomènes météorologiques extrêmes et des dangers qui en découlent, mais aussi une compréhension de l'évolution des systèmes humains dans la région concernée, ainsi que des solutions potentielles de gestion des risques. La météo étant ingouvernable, la réduction des risques doit se concentrer sur la diminution des vulnérabilités, la réduction de l'exposition ou, lorsque cela est possible, l'atténuation du danger lui-même.

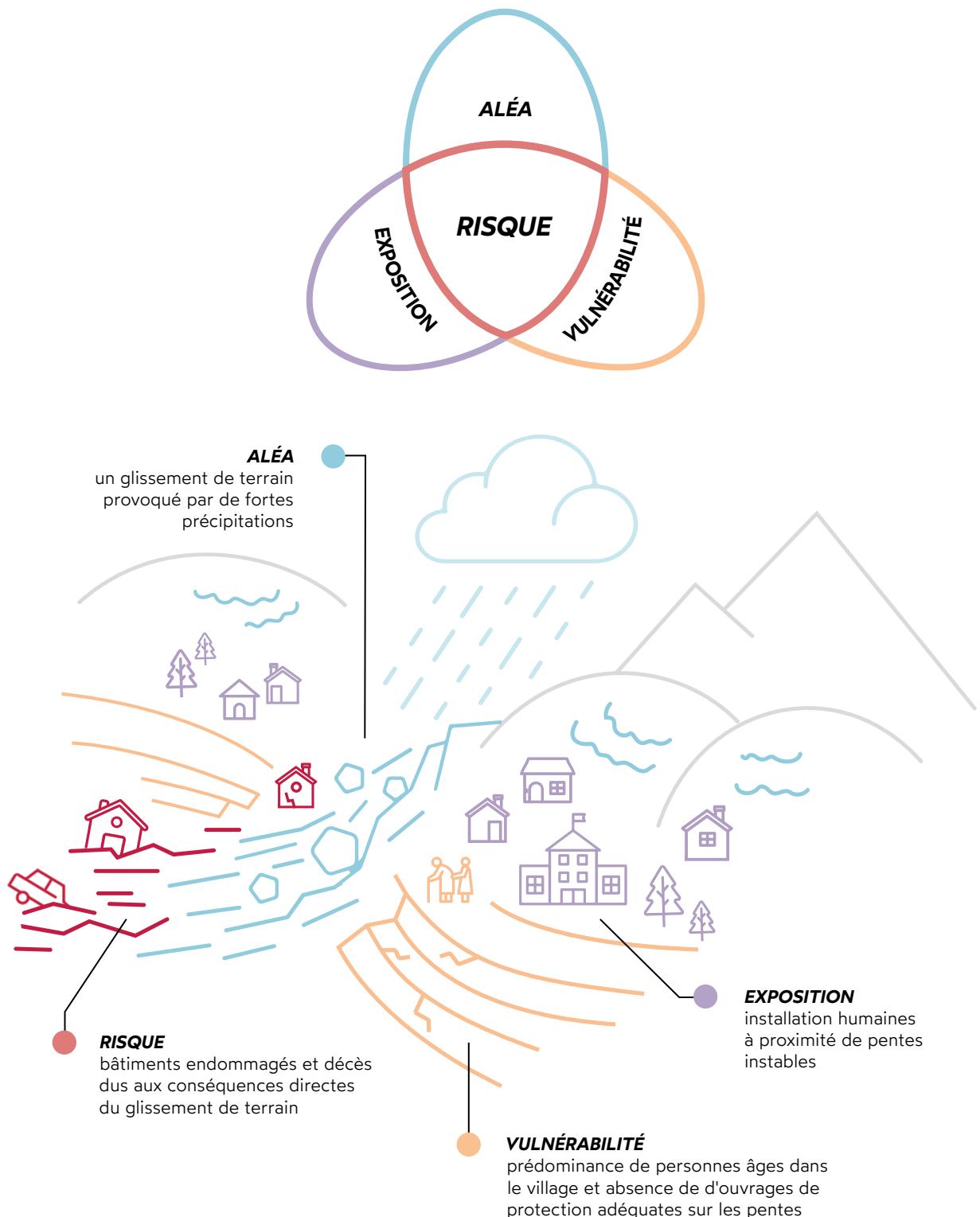


FIGURE 1: Exemples illustratifs des aléas, de l'exposition et de la vulnérabilité contribuant au risque (le concept de risque est basé sur le cadre élaboré par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat).

Dans ce contexte, les principales questions qui guident le projet sont les suivantes:

- **Sommes-nous suffisamment préparés pour faire face aux phénomènes météorologiques extrêmes ?**
- **Quelles lacunes existent dans les pratiques actuelles de gestion des risques, compte tenu des expériences récentes ?**
- **Comment les phénomènes météorologiques extrêmes et les risques associés évolueront-ils dans les Alpes ?**
- **Comment les pratiques locales de gestion des risques peuvent-elles être améliorées pour faire face aux phénomènes météorologiques extrêmes futurs ?**

À partir d'une analyse des phénomènes météorologiques extrêmes passés et projetés, le projet évalue les aléas déclenchés et les intègre aux données sur l'exposition, les vulnérabilités et les impacts. Cette approche permet d'évaluer les pratiques existantes de gestion des risques et d'élaborer des mesures concrètes pour mieux faire face aux risques futurs.

Dans un système complexe comme la région alpine, particulièrement exposé aux phénomènes météorologiques extrêmes et aux aléas naturels, de multiples facteurs, souvent interconnectés, contribuent aux risques. Identifier les zones d'intervention nécessite un examen approfondi des conditions locales.



Éboulement près de Les Métraux, route des Gorges D1212 (2018) - Crédits = Département de la Savoie

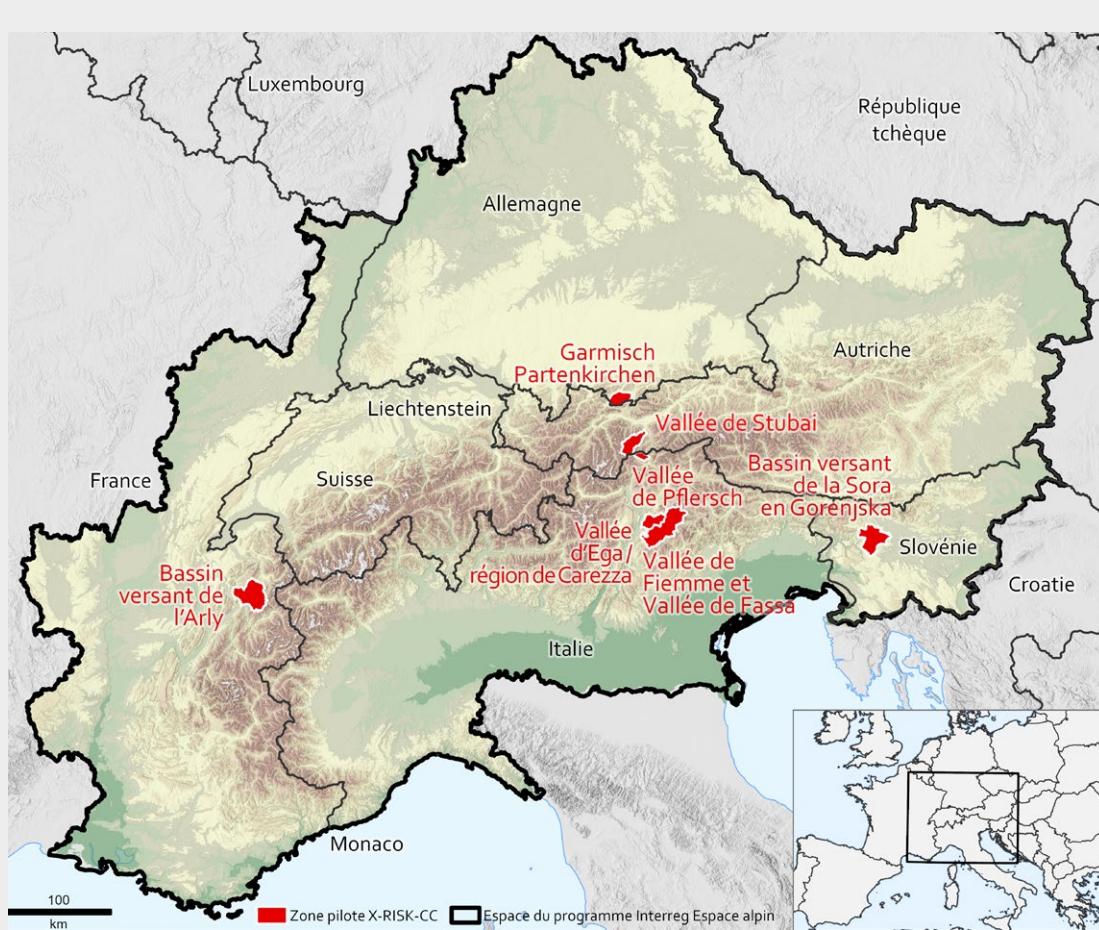


FIGURE 2: Carte illustrant les zones pilotes (en rouge) du projet X-RISK-CC.

Pour y parvenir, des zones pilotes spécifiques à travers les Alpes (**FIGURE 2**) ont été sélectionnées comme études de cas représentatives pour une analyse détaillée et l'élaboration de solutions sur mesure. Dans ces zones, les résultats sont obtenus grâce à une étroite collaboration avec les gestionnaires des risques et les parties prenantes locales. Leur participation active est essentielle pour identifier des solutions adaptées et traduire les connaissances locales en recommandations transnationales.



RÉGION PILOTE : BASSIN VERSANT DE L'ARLY (SAVOIE, FRANCE)

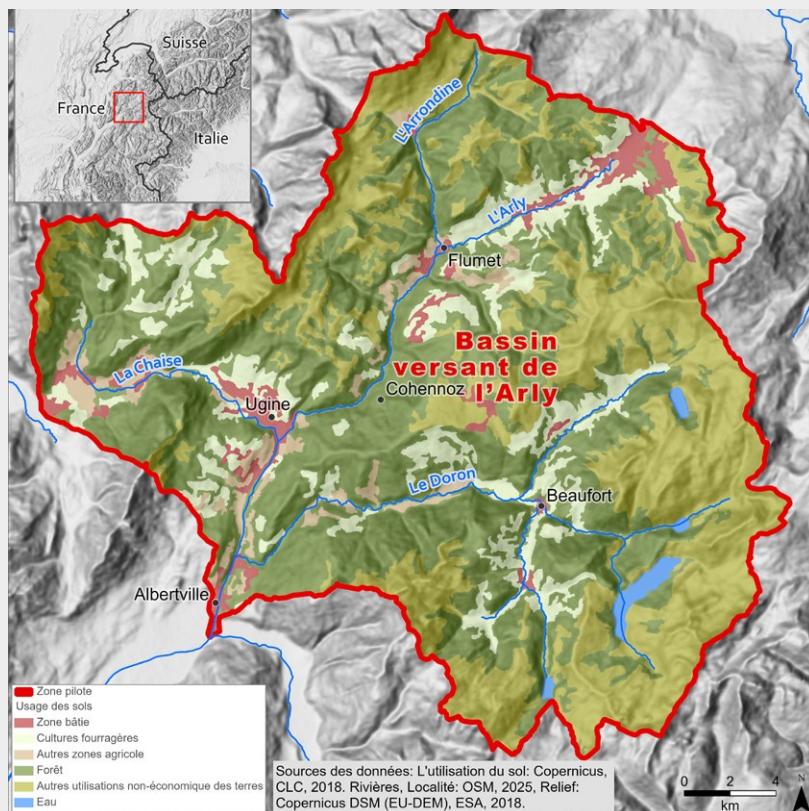


CADRE GÉOGRAPHIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

Le bassin versant de l'Arly est situé en Savoie, dans le sud-est de la France (FIGURE 3). La zone pilote couvre une superficie d'environ 645 km² dans les Alpes occidentales, avec des altitudes comprises entre environ 340 mètres (m) au-dessus du niveau moyen de la mer et 2 700 m au-dessus du niveau moyen de la mer. Elle est divisée en trois sous-bassins, avec près de 300 km de cours d'eau : l'Arly, qui draine le Val d'Arly et le bassin d'Albertville, le Doron de Beaufort, qui draine le Beaufortain, et la

Chaise, qui draine une partie du Pays de Faverges. La zone pilote comprend 26 communes, Ugine et Albertville étant les principales agglomérations.

En amont du village de Flumet, la vallée de l'Arly est une large vallée en U, typique des vallées glaciaires. De Flumet à Ugine, la morphologie de la vallée change radicalement. Les pentes deviennent abruptes. La largeur de la vallée diminue brusquement, formant un étroit canyon. Le cours de la rivière devient sinueux. À partir de Cohennoz, la vallée s'élargit, mais les pentes abruptes persistent jusqu'à la confluence de l'Arly et de la Chaise à Ugine.



La région est exposée à plusieurs risques naturels, principalement liés à des phénomènes météorologiques extrêmes et aux effets du réchauffement climatique sur le milieu montagnard. Parmi les phénomènes typiques figurent les inondations, les avalanches, les glissements de terrain, les laves torrentielles et les chutes de pierres.

Après un début d'hiver orageux, entre le 2 et le 5 janvier 2018, la région a été durement touchée par un épisode de tempête très intense, appelé Eleanor, un cyclone extratropical qui s'est étendu sur une grande partie de l'Europe. Eleanor a été l'une des tempêtes

les plus intenses survenues en France au cours des 30 dernières années. Des vents de plus de 100 km/h, des précipitations intenses et des températures supérieures à la moyenne ont déclenché de multiples aléas dans la région. Des dégâts considérables ont été enregistrés dans toute la France, avec un impact économique estimé à 700 millions d'euros.

Dans le cadre du projet X-RISK-CC, nous avons analysé l'évolution future des risques liés aux effets des tempêtes, comme celle d'Eleanor, **lorsque des précipitations exceptionnelles se produisent en conjonction avec des vents violents.**



FIGURE 4: Glissement de terrain près du secteur du Mont Gombert, route des Gorges D1212 (2018) - Crédits = Département de Savoie

EXTRÊMES MÉTÉOROLOGIQUES PASSÉS ET FUTURS

Lors de la tempête Eleanor de janvier 2018, de fortes précipitations se sont produites sur deux jours, atteignant un maximum de 132 mm à La Clusaz. Bien qu'aucune valeur observée n'ait atteint les records historiques dans la région, cet épisode de précipitations hivernales était très rare. Sa période de retour a été estimée jusqu'à 30 ans à certains endroits. Le caractère exceptionnel de cet événement réside dans le fait qu'il faisait suite à une série de multiples tempêtes mineures au cours des semaines précédentes et qu'il s'est accompagné de températures douces, dépassant de plus de 2 °C

les valeurs normales pour la période. L'air chaud a apporté une humidité importante qui s'est transformée en précipitations sur la majeure partie du bassin versant et en chutes de neige exceptionnelles en altitude. En plus des fortes précipitations, des vents violents ont été enregistrés, avec des rafales atteignant 120 km/h dans les zones montagneuses. Hormis la tempête Eleanor, les observations recueillies au cours des 30 dernières années dans le bassin versant de l'Arly et ses environs immédiats ne montrent pas de changement notable dans l'intensité ou la fréquence des précipitations extrêmes, à l'exception d'une légère intensification des précipitations extrêmes journalières au printemps. De même, aucune augmentation claire de la vitesse

⚠ Gérer les incertitudes

Les projections climatiques sont issues de différents modèles, chacun fournissant des résultats différents. Par souci de simplicité, les projections sont souvent moyennées, même si les scénarios se composent d'une plage de valeurs plausibles, dont l'ampleur dépend du niveau d'incertitude des modèles quant à la représentation de l'évolution future d'un processus donné. De plus, les chiffres projetés doivent être interprétés comme une estimation de l'ampleur des changements et non comme des prédictions exactes pour des lieux et des dates spécifiques (par exemple, les précipitations d'un jour particulier d'octobre 2050). Néanmoins, le signal constant d'une augmentation des extrêmes de précipitations constitue un message important pour les gestionnaires de risques : la probabilité de catastrophes naturelles et de leurs effets en cascade, en particulier lorsque des extrêmes de précipitations se produisent en conjonction avec des vents violents, augmente.

La **période de retour**, également appelée **intervalle de récurrence**, est le temps moyen estimé entre deux événements d'une certaine ampleur, exprimé en années et basé sur une analyse statistique. Par exemple, une période de retour de 100 ans pour une inondation signifie qu'il y a 1 chance sur 100, soit 1 %, qu'une telle inondation se produise au cours d'une année donnée.

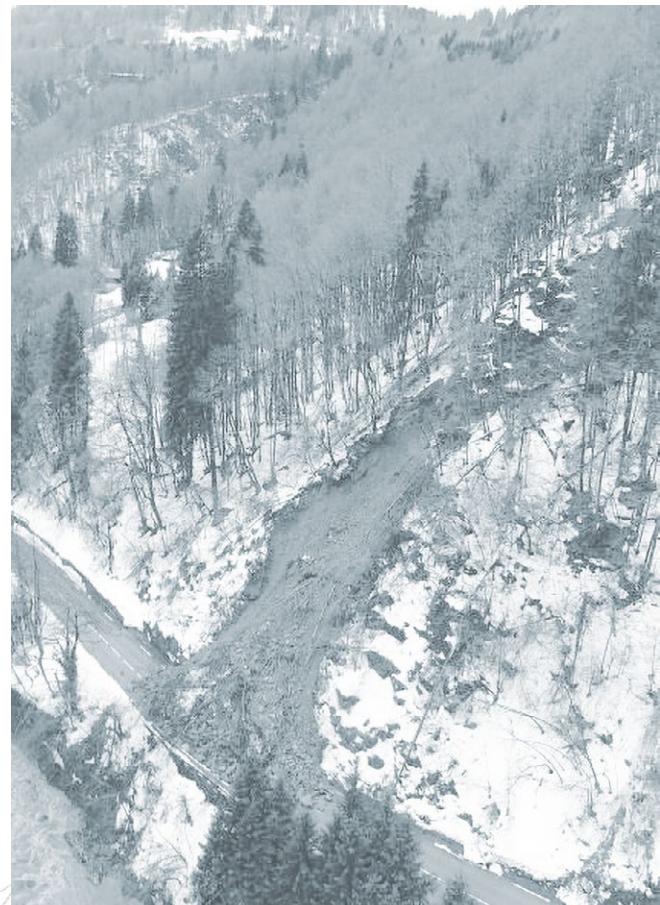
du vent extrême ne peut être identifiée aux endroits analysés. Cependant, l'analyse des tendances passées est limitée par la période relativement courte couverte par les observations disponibles.

Les projections futures indiquent que les précipitations extrêmes seront plus fréquentes et plus intenses dans la région. Les maxima annuels et hivernaux de précipitations sur 1 à 5 jours seront jusqu'à 10 % plus élevés qu'aujourd'hui. Les épisodes de précipitations extrêmes seront plus fréquents, principalement en hiver (jusqu'à + 40 % par rapport à aujourd'hui). La fréquence et l'intensité des jours de vents extrêmes devraient également augmenter, tant sur une base annuelle qu'en hiver, notamment

dans le scénario de réchauffement climatique le plus élevé, c'est-à-dire si un réchauffement climatique de + 4 °C est atteint.

Comme les épisodes de précipitations et de vents extrêmes devraient s'intensifier et devenir plus fréquents à l'avenir, des épisodes de tempête, comme la tempête Eleanor, où les deux conditions se produisent simultanément, pourraient être plus probables dans le bassin versant de l'Arly. De plus, le réchauffement continu peut rendre les épisodes de pluie sur neige, c'est-à-dire lorsque des précipitations tombent sur une zone enneigée, plus fréquents et favoriser des conditions de neige humide, ce qui augmente la probabilité d'avalanches.

Les niveaux de réchauffement climatique sont utilisés pour illustrer des scénarios futurs dans lesquels des augmentations spécifiques de la température moyenne mondiale par rapport à la période préindustrielle (1850-1900) sont atteintes. Un niveau de réchauffement climatique de + 3 °C indique un monde plus chaud de 3 °C par rapport à 1850-1900.



Éboulement près de Les Métraux, route des Gorges D1212 (2018) - Crédits = Département de la Savoie

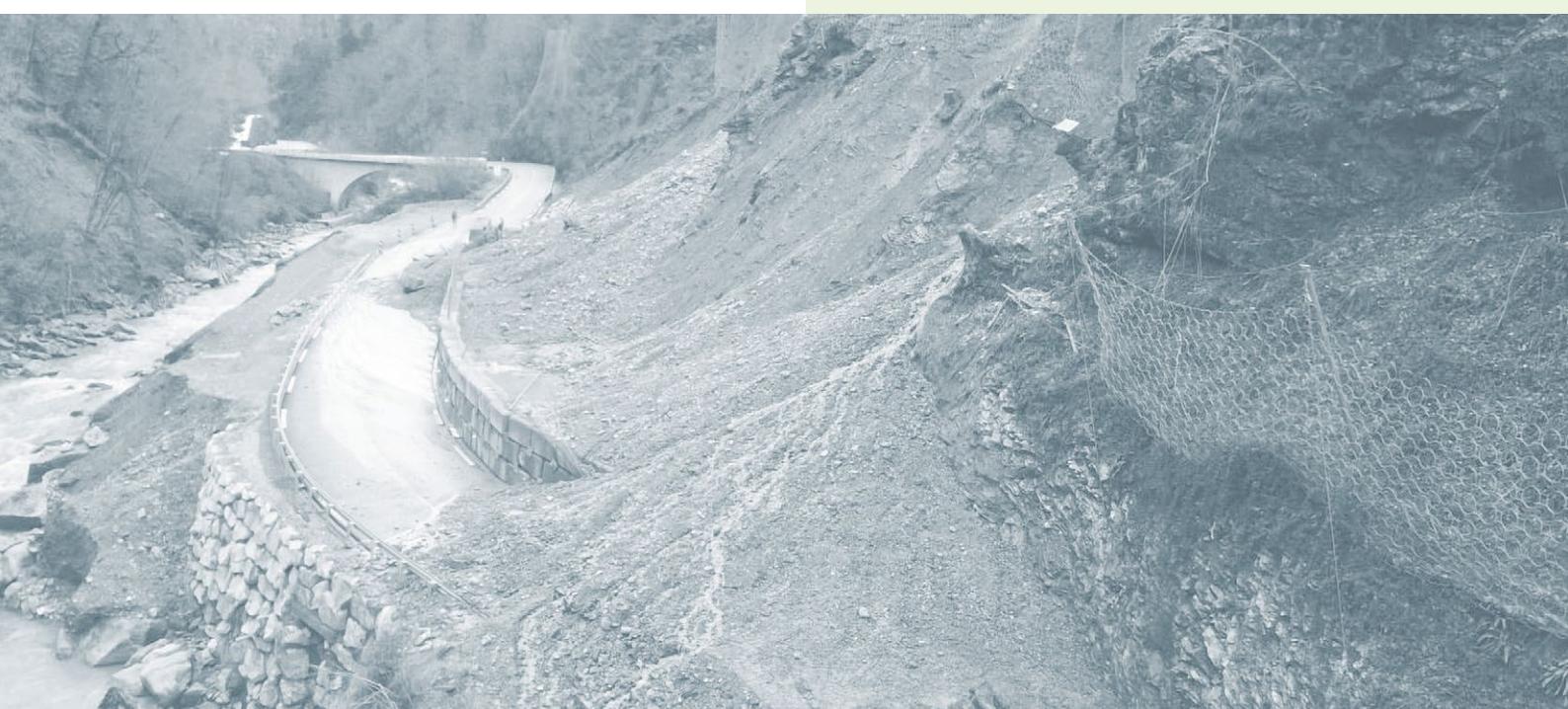
ALÉAS CLIMATIQUES ACTUELS ET FUTURS

Le bassin versant de l'Arly est particulièrement exposé aux risques alpins tels que les glissements de terrain, les chutes de pierres, les laves torrentielles, les inondations et les avalanches, qui surviennent parfois simultanément ou successivement. La plupart de ces processus sont induits par de fortes précipitations et pourraient être favorisés par des températures supérieures à la normale. Par exemple, début mai 2015, d'importantes inondations et glissements de terrain dans les gorges de l'Arly ont mobilisé environ 400 000 m³ de sédiments et inondé les infrastructures en aval. Le passage de la tempête Eleanor en janvier 2018 a déclenché au



Aléas naturels pendant la tempête Eleanor (Janvier 2018)

Entre le 2 et le 5 janvier 2018, un cyclone extratropical intense, appelé tempête Eleanor, a apporté des précipitations intenses et des vents violents dans la région. La tempête a été précédée d'une période de fortes pluies qui a laissé les sols déjà humides et la neige dans les montagnes. Les précipitations apportées par la tempête Eleanor n'ont pas été absorbées par le sol, déjà saturé, et ont provoqué un ruissellement important, tandis que des quantités exceptionnelles de neige se sont accumulées dans les montagnes. Une augmentation rapide des températures a provoqué des épisodes de pluie sur neige et déclenché une fonte importante de la neige et une instabilité des sols, ce qui a entraîné de nombreuses inondations torrentielles, des coulées de boue et des glissements de terrain dans tout le bassin versant. L'inondation dans le bassin de La Chaise a été particulièrement exceptionnelle, atteignant 80 m³/s et estimée comme un événement quinquennal.

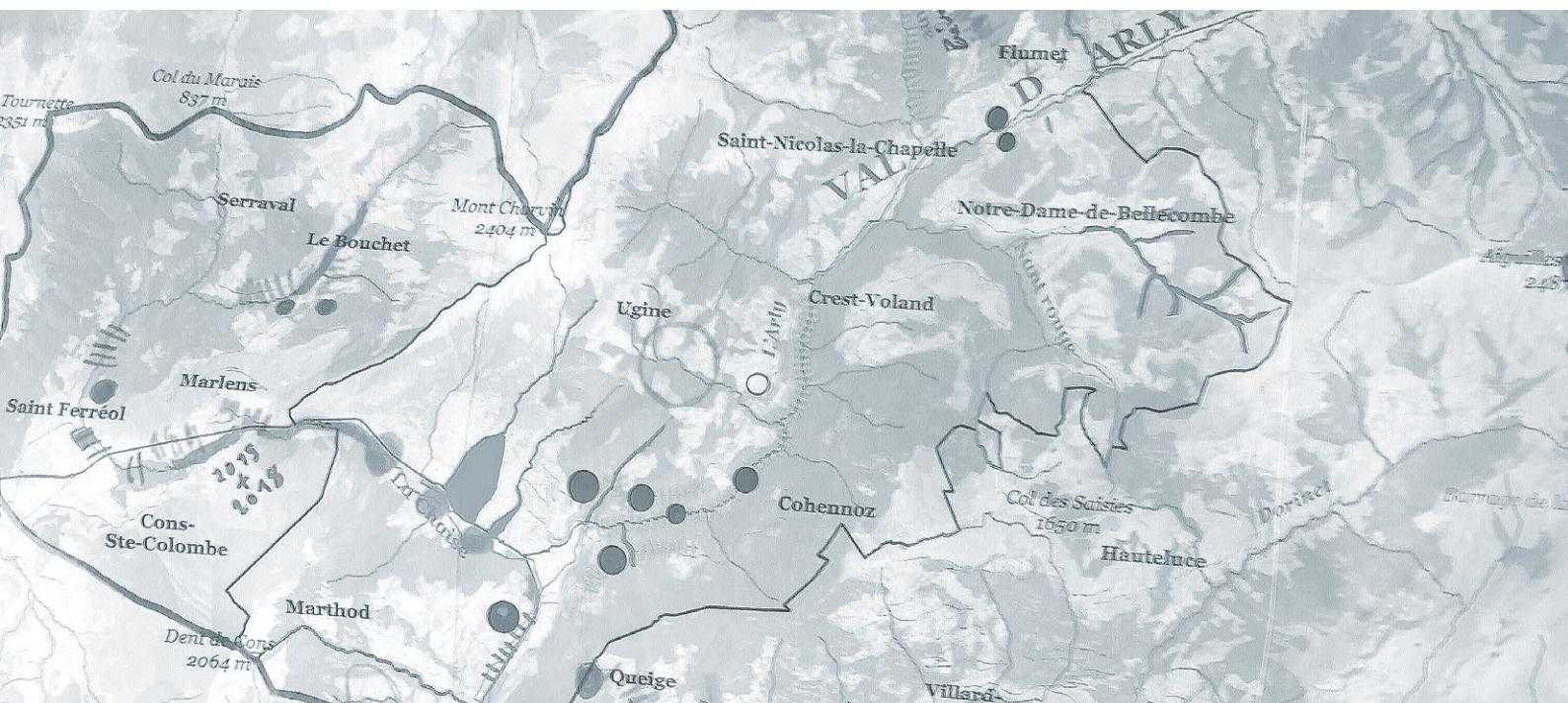


moins 30 aléas naturels, dont des crues torrentielles, des glissements de terrain et des coulées de boue, causant de nombreux dégâts dans le bassin versant de l'Arly. Plus récemment, une série de fortes pluies en novembre et décembre 2023 a entraîné de nombreux phénomènes hydrologiques, gravitationnels et torrentiels combinés et en cascade dans le bassin versant de l'Arly, avec trois inondations successives en moins d'un mois.

D'après la base de données du Service français de prévention des torrents et des avalanches, l'activité des chutes de pierres et des laves torrentielles a augmenté dans la région au cours des dernières décennies. Les épisodes de crues intenses, dépassant

300 m³/s, sont également plus fréquents ces dernières années. De manière générale, en France, le nombre d'avalanches en haute montagne (au-dessus de 2 000 m d'altitude) a augmenté et est attendu en décembre.

Les forêts de montagne jouent un rôle protecteur essentiel en renforçant la stabilité des pentes. Cependant, les perturbations potentielles affectant les arbres, telles que les températures élevées, la sécheresse, les chablis et les infestations de scolytes, peuvent réduire leur rôle protecteur et accroître la probabilité de risques tels que les glissements de terrain, les laves torrentielles, les chutes de pierres et les avalanches.



IMPACTS ET RISQUES ACTUELS ET FUTURS

Dans le bassin versant de l'Arly, les aléas naturels peuvent avoir de graves conséquences sur la population et les activités socio-économiques, notamment l'agriculture, la sylviculture, le tourisme et la production hydroélectrique. La région compte environ 50 000 habitants, dont 50 % vivent à Albertville et Ugine. Cependant, pendant la haute saison hivernale, la fréquentation touristique multiplie la population par 2,5.

Les routes constituent les principales liaisons entre les villages et permettent d'accéder aux principales attractions. Cependant, les perturbations de la circulation et les accidents causés par les chutes de pierres, les glissements de terrain, les avalanches et les inondations sont fréquents, entraînant parfois des réparations routières coûteuses. Malgré la



Conséquence du glissement de terrain près du secteur du Mont Gombert, route des Gorges D1212 (2018) - Crédits = Département de Savoie



Impacts de la tempête Eleanor (janvier 2018)

Pendant la tempête Eleanor, des inondations, des glissements de terrain et des avalanches ont causé d'importants dégâts au réseau routier et aux bâtiments de la région. L'interruption des routes et des ponts a limité l'accès aux villages et a entraîné des coûts importants pour les travaux de restauration. Les pompiers ont répondu à de nombreuses demandes d'intervention pour des dégâts causés par les inondations sur des propriétés privées, principalement à Ugine. Ils sont également intervenus suite à des chutes d'arbres à Flumet et à plusieurs avalanches et glissements de terrain à La Giettaz. À Ugine, la route des Gorges de l'Arly (RD1212) est restée fermée, ainsi que deux autres routes secondaires, pendant un mois en raison de nombreux glissements de terrain. D'importants travaux de restauration ont été nécessaires pendant plus de deux mois en raison du remplissage des zones de stockage, du débordement des torrents, de la rupture des ponceaux et de la destruction des ouvrages de protection. Dans le bassin versant, le coût des travaux d'urgence ou des réparations s'est élevé à près de 190 000 €.

Les communes du bassin versant de l'Arly ont également sollicité la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pour obtenir une indemnisation pour la réparation des dommages.

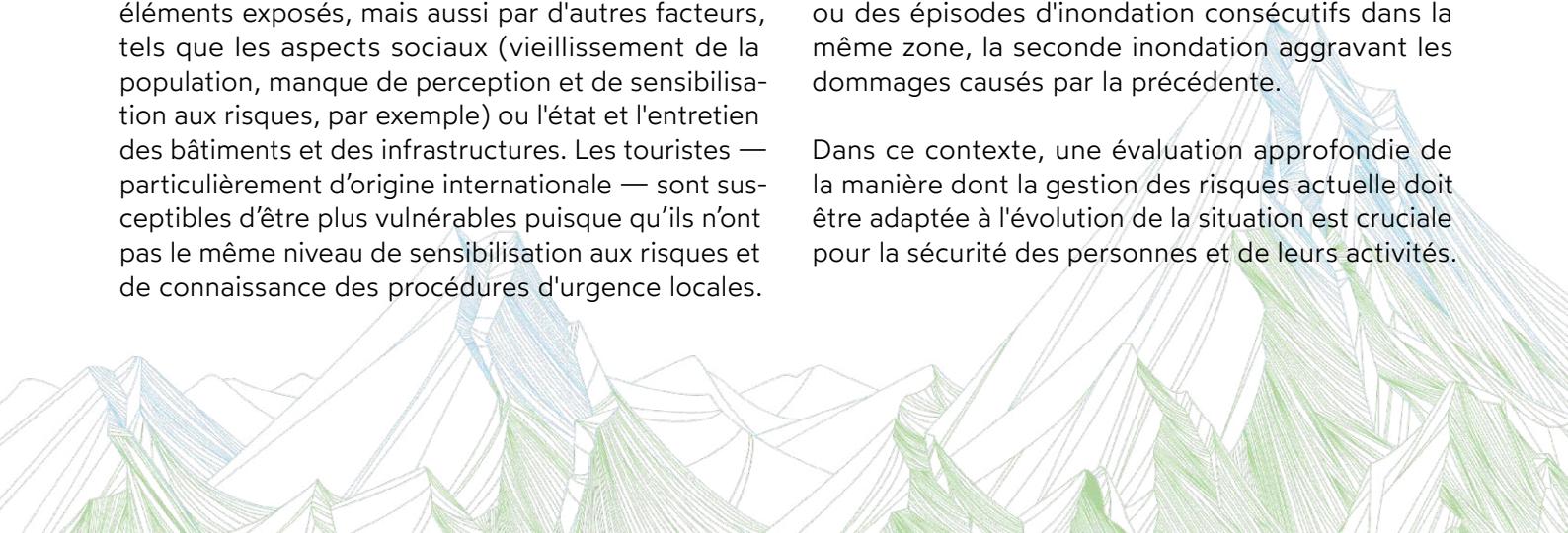
mise en place de nombreuses mesures de protection, notamment des galeries et des barrières de pente, depuis les années 1970, des dommages peuvent encore survenir. La RD1212 est reconnue comme la route la plus exposée aux aléas du bassin de l'Arly.

Dans la région, le tourisme est la principale activité socio-économique, été comme hiver, et la région abrite de nombreux centres touristiques et stations de ski. L'afflux important de touristes implique une augmentation du nombre de personnes potentiellement exposées aux processus dangereux. La perte d'accessibilité due aux fréquentes fermetures de routes et aux interruptions d'alimentation électrique dues aux catastrophes naturelles risque d'avoir un impact sur l'ensemble des activités socio-économiques du bassin. Lorsque ces fermetures surviennent pendant les périodes de forte affluence touristique, notamment en hiver, des ressources supplémentaires sont nécessaires pour aider les voyageurs bloqués.

Si le nombre de résidents et de touristes augmente à l'avenir, la population globale exposée aux risques augmentera également. Pour répondre à cette demande croissante, de nouvelles infrastructures et de nouveaux bâtiments seront nécessaires, ce qui nécessitera l'identification de zones de construction situées hors des zones à risques. Cependant, l'intensification croissante des phénomènes météorologiques extrêmes pourrait étendre les zones exposées aux risques naturels, de sorte que des zones actuellement sûres pourraient être exposées à un risque non nul à l'avenir. La disparition des forêts protectrices, conjuguée à l'intensification des précipitations, accroît encore la probabilité de risques, y compris dans des zones auparavant considérées comme moins exposées. De plus, l'augmentation des vagues de chaleur et des sécheresses, combinée à l'augmentation de la population et des services requis, pourrait entraîner des épisodes de pénurie d'eau et des conflits dans la gestion et l'utilisation des ressources en eau pour les usages civils, l'hydroélectricité, l'agriculture et le tourisme.

LE RÔLE DE LA VULNÉRABILITÉ DANS LE RISQUE

Les impacts d'un aléa peuvent être aggravés, non seulement par l'augmentation de son intensité ou des éléments exposés, mais aussi par d'autres facteurs, tels que les aspects sociaux (vieillissement de la population, manque de perception et de sensibilisation aux risques, par exemple) ou l'état et l'entretien des bâtiments et des infrastructures. Les touristes — particulièrement d'origine internationale — sont susceptibles d'être plus vulnérables puisque qu'ils n'ont pas le même niveau de sensibilisation aux risques et de connaissance des procédures d'urgence locales.



Un autre facteur influençant le risque est l'absence de pratiques de gestion des risques adaptées, comme l'absence de barrières pare-pierres, une faible préparation à réagir à de multiples aléas simultanés ou successifs, par exemple de multiples crues fluviales ou des épisodes d'inondation consécutifs dans la même zone, la seconde inondation aggravant les dommages causés par la précédente.

Dans ce contexte, une évaluation approfondie de la manière dont la gestion des risques actuelle doit être adaptée à l'évolution de la situation est cruciale pour la sécurité des personnes et de leurs activités.

GESTION DES RISQUES



CYCLE DE GESTION DES RISQUES

Une gestion efficace des risques liés aux aléas climatiques nécessite une coordination et une planification systématique. Ce processus structuré et itératif permet de minimiser les risques et renforcer la résilience des populations. Il implique un cycle continu d'actions interconnectées, comme l'illustre cette infographie ci-dessous.

Les principales phases du **cycle de gestion des risques** comprennent :

PRÉVENTION

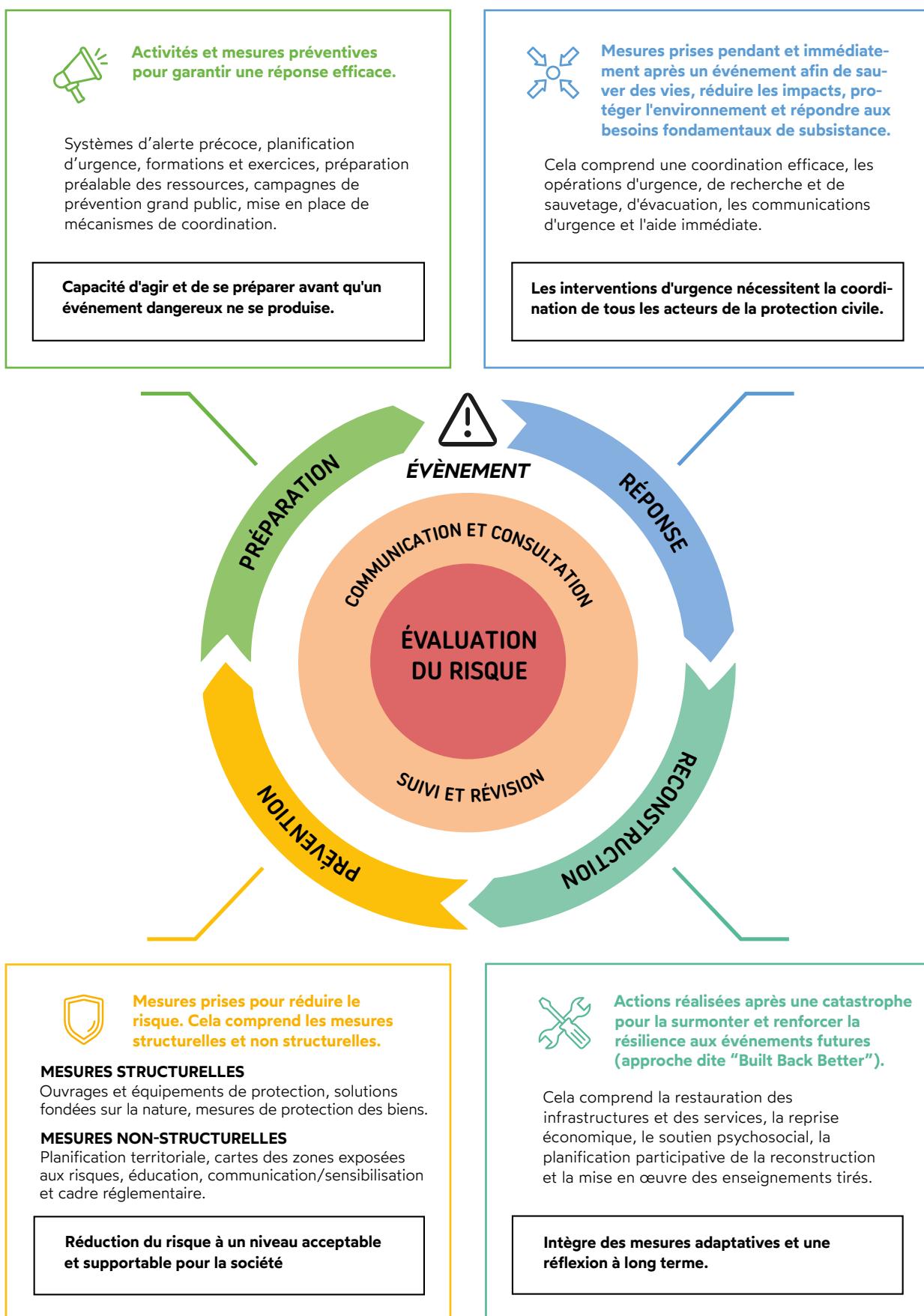
PRÉPARATION

RÉPONSE

RECONSTRUCTION

Les **interphases** (transitions entre les phases) sont des éléments essentiels de la gestion des risques, car elles impliquent des changements au niveau des responsabilités, des ressources et des points de vigilance. Ces interphases (prévention-préparation, préparation-réponse, réponse-reconstruction et reconstruction-prévention) nécessitent une attention particulière afin d'assurer des transitions fluides, une communication claire entre les phases et d'éviter d'éventuelles lacunes dans la gestion des risques.

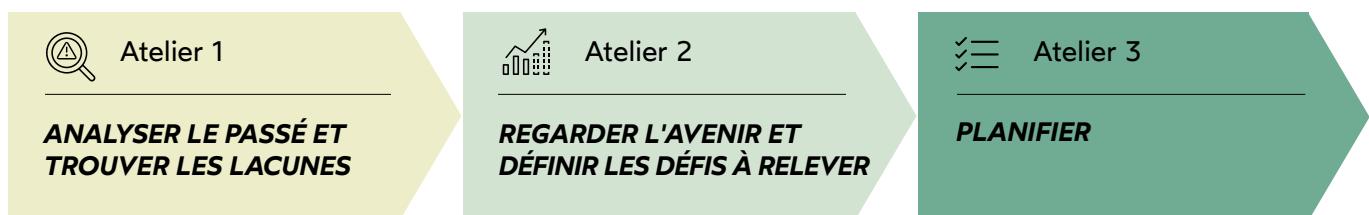




DÉMARCHE D'IMPLICATION DES PARTIES PRENANTES

Dans les régions pilotes, trois ateliers participatifs ont été organisés selon une structure commune afin de renforcer la gestion locale des risques climatiques. Les participants comprenaient des municipalités, des services forestiers, la protection civile, des autorités de contrôle des torrents, des organismes locaux d'application de la loi, des experts techniques, des instituts de recherche et des représentants de différents niveaux d'administration. **Le premier atelier** a identifié les mesures existantes, les lacunes et les points d'entrée au moyen de questionnaires ; **le deuxième** a présenté des scénarios climatiques pour développer

une vision commune et mieux comprendre les défis potentiels à venir, sur la base de l'analyse des projections climatiques et de l'évolution potentielle au niveau socio-économique ; **et le troisième** s'est concentré sur l'élaboration de plans d'action concrets avec des responsabilités clairement définies. Tous les ateliers ont été guidés par **l'approche SMART (fixation d'objectifs spécifiques, mesurables, atteignables, pertinents et limités dans le temps)** afin de garantir des résultats réalistes, exploitables et adaptés aux besoins de chaque région.



Participants aux ateliers dans la région pilote du bassin versant de l'Arly

- Auvergne-Rhône-Alpes Énergie Environnement (AURA-EE)
- Pôle Alpin d'études et de recherche pour la prévention des Risques Naturels (PARN)
- Représentants des communes du bassin versant de l'Arly
- Représentants des Offices locaux
- Syndicat des services des rivières et des bassins versants
- Service départemental d'incendie et de secours (SDIS)

LACUNES EN MATIÈRE DE GESTION DES RISQUES

Les inondations causées par la tempête Eleanor fin décembre 2018 ont eu des conséquences importantes dans le Val d'Arly. Un compte rendu avec les acteurs locaux et les intervenants a révélé des faiblesses structurelles majeures, notamment pendant la phase de rétablissement, ainsi que de solides processus d'apprentissage et d'adaptation.

L'un des principaux défis résidait dans la contradiction liée à l'entretien des berges : les propriétaires fonciers sont responsables de l'entretien, mais la lenteur et les restrictions des autorisations d'utilisation des engins dans le lit des rivières retardent souvent les interventions nécessaires. De plus, la lourdeur des procédures et le chevauchement des rôles des élus – résidents et décideurs – ont compliqué la gouvernance pendant l'événement.

Les participants ont souligné la nécessité de disposer d'outils permettant de saisir les réalités complexes et multirisques d'aujourd'hui. Si certaines pratiques efficaces existent, la mémoire institutionnelle est faible et les précieuses connaissances locales, notamment celles des résidents âgés, restent sous-exploitées.

Malgré ces défis, les acteurs du bassin versant de l'Arly ont fait preuve d'une remarquable force d'apprentissage lors de la phase de reconstruction. Les acteurs locaux ont activement réfléchi à l'événement,

documenté les enseignements et démontré leur volonté d'améliorer la résilience et la planification de la protection civile.

À l'avenir, les parties prenantes reconnaissent que les phénomènes météorologiques extrêmes deviendront plus fréquents, ce qui rend une préparation rigoureuse essentielle. Une communication claire et le partage des connaissances locales sont essentiels à la sensibilisation. Les efforts d'adaptation se concentrent sur le développement de la formation à la gestion de crise, une meilleure définition des zones inondables, la limitation de l'étalement urbain et la restauration des paysages naturels. La mise à jour régulière des cartes des risques et des plans d'urgence, ainsi que l'amélioration de la coordination et des systèmes d'alerte, sont essentielles à une réponse efficace. Encourager le développement urbain en dehors des zones vulnérables et nommer des observateurs pour en tirer les enseignements contribueront également à la résilience. Cependant, le temps, les ressources financières et humaines restent des défis urgents à relever pour la planification future.

ÉCARTS PAR PHASE

Les principales lacunes dans la gestion des événements passés et futurs sur la base des projections identifiées lors de l'atelier participatif sont présentées dans les sections suivantes, d'abord pour chaque phase du cycle de gestion des risques, puis pour les interfaces entre celles-ci.



Troisième atelier à Ugine pour le projet X-RISK-CC (2025) - Crédits = PARN

GAPS PER PHASE



PRÉVENTION

- Le système d'alerte actuel manque de précision locale (notamment du fait de la mauvaise couverture radar météo) et de coordination entre les différents dispositifs (Météo France, SPC, EDF, communes). L'outil APIC ne remplit pas la fonction dans les secteurs de montagne. L'absence de centralisation des données et de pilotage unifié retarde parfois la gestion de crise. Il est proposé de renforcer les systèmes d'alerte en mutualisant les informations entre acteurs, en testant des alertes locales (sirènes, SMS) et en développant une communication contextualisée à destination des habitants pour réduire les délais de réaction.
- Face aux sécheresses, tempêtes, incendies et nuisibles, la forêt du bassin versant voit sa fonction protectrice fragilisée. Il faut améliorer la connaissance et la gestion de ces peuplements forestiers à travers une étude sur leur vulnérabilité et leur rôle de protection, ainsi qu'un inventaire des ressources disponibles. Cette approche vise à renforcer la résilience des forêts et à maintenir leurs fonctions écologiques et de protection contre les risques naturels.
- Les données relatives aux crues sont dispersées entre plusieurs structures, rendant difficile leur exploitation et la coordination des interventions. La création d'une plateforme numérique permettra de centraliser les données hydrométéorologiques, les observations de terrain et les informations sur les réseaux. Cet outil facilitera le suivi en temps réel des événements, la gestion des phases de crise et la prise de décision, tout en améliorant la communication entre le Syndicat Mixte du Bassin Versant de l'Arly (SMBVA), les communes et les partenaires.
- La population reste peu préparée aux situations de crise et les comportements à adopter en cas d'évacuation sont encore mal maîtrisés. Pour renforcer la culture du risque, il est prévu d'intensifier les actions de sensibilisation auprès des écoles, entreprises et collectivités, et d'organiser des exercices réguliers de simulation multi-acteurs. Ces actions visent à développer les bons réflexes face aux événements majeurs et à renforcer la préparation collective du territoire.



- 
- La connaissance du risque et la mémoire des événements passés pour le grand public restent limitées. La réalisation d'une vidéo de sensibilisation mettra en lumière les crues historiques et la coexistence d'autres aléas comme les glissements de terrain. Ce support visuel favorisera la compréhension des enjeux locaux, la projection sur les zones exposées et contribuera à développer la culture du risque et la résilience du territoire.
- L'intensification des événements climatiques montre les limites des mesures actuelles de gestion des inondations. Les travaux prévus par le territoire visent à renforcer la prévention structurelle grâce à la création d'espaces de divagation et d'aires d'expansion des crues. Ces aménagements permettront de mieux absorber les crues, réduire les impacts sur les zones urbanisées et diminuer les besoins en interventions curatives répétées.
- Les cartes d'aléas sont aujourd'hui hétérogènes et souvent limitées à l'échelle communale, sans vision intercommunale cohérente. Il est nécessaire d'homogénéiser et d'actualiser la cartographie des risques à l'échelle du bassin versant, en y intégrant les zones non urbanisées et les secteurs sujets à des évolutions récentes. Cette approche permettra d'améliorer la planification territoriale et la prévention multi-risques.
- Certains secteurs du bassin, notamment les gorges de l'Arly, présentent un risque important de glissement de terrain et d'apports sédimentaires massifs qui ne sont que très difficilement prévisibles aujourd'hui. Afin d'anticiper ces phénomènes et leurs conséquences sur les cours d'eau, il est proposé de mettre en place des systèmes de détection et d'alerte adaptés. Ces dispositifs permettront une meilleure surveillance des zones instables et une intervention plus rapide en cas de menace avérée.



PRÉPARATION

- La structure actuelle gère efficacement les situations courantes mais montre ses limites lors d'événements majeurs, notamment en cas de rupture de communication ou de surcharge d'informations pour les acteurs de terrain. L'absence de formation homogène et la méconnaissance de certains protocoles freinent la réactivité. Il est donc nécessaire de renforcer la coordination intercommunale par un Plan Intercommunal de Sauvegarde (PICS), d'améliorer la communication entre communes, de clarifier les rôles des différents acteurs et de multiplier les exercices de simulation et les formations pour tous les intervenants.
- L'anticipation des effets des catastrophes reste encore trop faible, conduisant alors à des réponses souvent réactives plutôt que préventives. Pour pallier ces limites, il convient de développer une meilleure connaissance des risques et de préparer des réponses proportionnées. Cela passe par l'élaboration de scénarios réalistes, la caractérisation des zones sensibles, le renforcement de la maintenance des ouvrages et la mise en place de dispositifs de mesure automatisés. Une telle préparation permettra de concentrer les efforts sur le sauvetage de vies humaines et de réduire la vulnérabilité des infrastructures.
- La gestion des alertes demeure confuse, avec un excès d'avertissements mineurs entraînant une perte d'attention et une difficulté à reconnaître les véritables situations de crise. Ce manque de graduation dans la réponse réduit l'efficacité des dispositifs en cas d'événement majeur. Il est donc essentiel de définir des seuils clairs permettant d'adapter l'alerte au niveau de gravité, tout en renforçant la culture du risque à travers des entraînements réguliers et des simulations extrêmes. Ces actions permettront de fiabiliser la chaîne de décision et d'accroître la réactivité collective.
- De nombreuses communes disposent encore de plans incomplets ou obsolètes, souvent limités à des scénarios restreints et rarement testés. Cette situation fragilise la préparation collective face à des crises d'ampleur. Il devient impératif de généraliser les Plans Communaux de Sauvegarde, d'en assurer la mise à jour régulière et de les rendre opérationnels par des exercices de terrain. L'identification de points de rassemblement et la planification d'évacuation doivent compléter ces démarches, afin de renforcer la résilience locale et la coordination intercommunale en cas d'événement majeur.





RÉPONSE

- Le manque d'outils de télédétection limite aujourd'hui la capacité à anticiper et à gérer en temps réel les crues sur le bassin versant de l'Arly. Pour combler cette lacune, il est nécessaire d'équiper plusieurs sites de suivi de cours d'eau avec des dispositifs vidéo ou photo, reliés à une plateforme numérique centralisée. Ces équipements permettront d'obtenir une vision continue de l'évolution des niveaux d'eau, d'améliorer la réactivité des interventions et de renforcer la précision des prévisions hydrologiques.
- La diffusion de l'alerte demeure perfectible, malgré l'utilisation d'outils comme FR-Alert ou les réseaux sociaux, les systèmes de communication restent fragiles lors d'événements extrêmes, comme l'ont montré plusieurs événements intenses récents en France. Pour pallier cette vulnérabilité, il convient de désigner des référents par secteur capables d'assurer la transmission des informations en cas de rupture de réseau, et de renforcer les moyens techniques par l'acquisition d'équipements radio. Cette organisation permettra une communication plus robuste, réactive et coordonnée entre les acteurs de terrain.



RECONSTRUCTION

- Les reconstructions trop rapides après des catastrophes, souvent réalisées à l'identique, ne permettent pas d'intégrer les enseignements tirés des événements. Cette précipitation limite la prévention et la résilience future. Il est donc essentiel d'instaurer une réflexion collective sur les causes des sinistres, de consulter les habitants expérimentés et de laisser davantage de marge de manœuvre aux élus locaux. La reconstruction doit devenir un temps d'analyse et de formation, appuyé sur la cartographie des zones impactées, afin d'améliorer durablement la connaissance du risque et la gestion du territoire.

- Les informations issues des débriefings et des observations après crise restent souvent éparques et insuffisamment partagées, ce qui freine l'apprentissage collectif. Il est nécessaire d'instaurer une démarche systématique de capitalisation des expériences, incluant la désignation d'observateurs et la documentation des phénomènes observés, tels que les embâcles ou engravements. En favorisant la transmission de la mémoire locale et l'analyse des causes, chaque événement devient une ressource d'amélioration continue, renforçant la culture du risque et la capacité de réponse collective face aux futures catastrophes.

INTERPHASES

⚠ PRÉVENTION → PRÉPARATION

→ **Informer les populations sur les conduites à tenir** en cas d'évènements en ciblant spécifiquement les différents publics (écoles, entreprises, collectivités). Les actions mises en œuvre aujourd'hui étant trop généralistes, elles ne sont pas appliquées par ces différents publics.

→ Réfléchir à des **ouvrages fusibles** permettant de "sacrifier" certains espaces de faibles enjeux pour protéger ceux de forts enjeux.

⚠ PRÉPARATION → RÉPONSE

→ **Cartographie des évènements potentiels** : aujourd'hui, les cartes ne relatent pas suffisamment la situation "dynamique" des phénomènes, leur évolution en fonction de l'intensité, pour pouvoir cibler les priorités d'actions en cas de crise. Ces cartes sont donc à affiner pour pouvoir alimenter des plans gradués.

→ **Définition et coordination des rôles des intervenants** : gestionnaires communaux (pouvoir de police), gestionnaires du bassin versant (compétence en matière d'ingénierie et entreprise (interventions)) doivent travailler en amont à se connaître et à s'entraîner ensemble pour être plus réactifs et efficaces en cas d'évènements.



RÉPONSE → RECONSTRUCTION

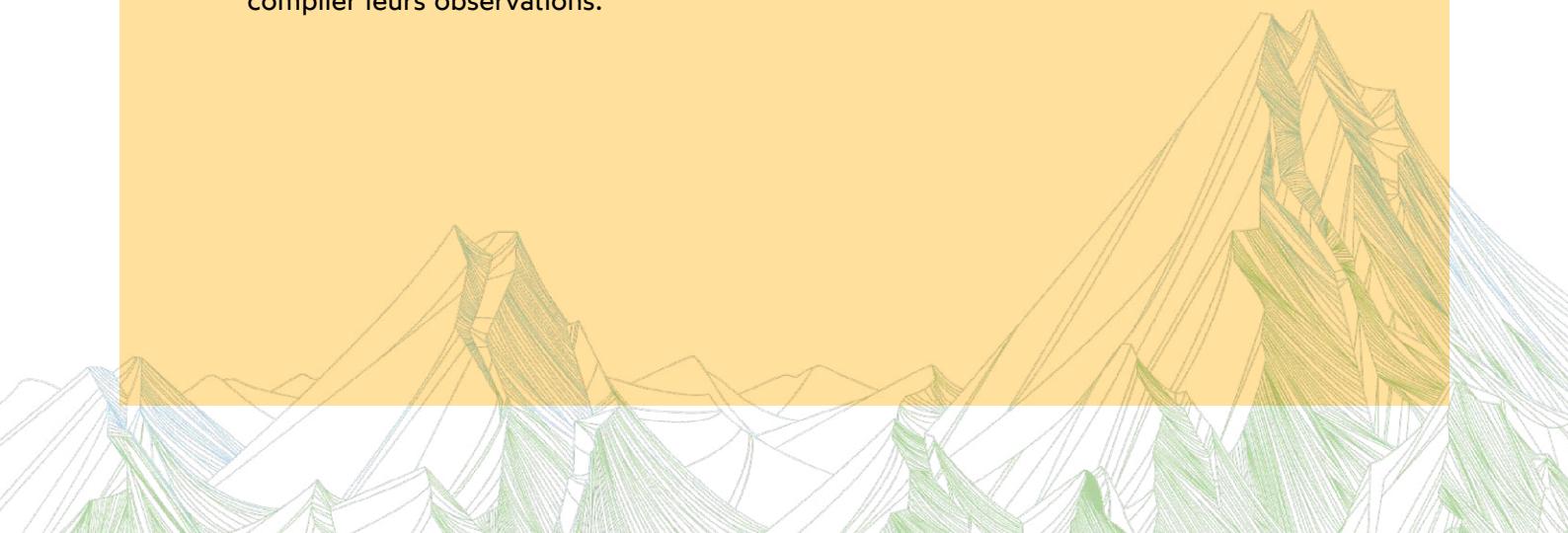
→ **Mesures d'urgence sans lien avec le rétablissement à long terme :** lors des inondations, des réparations temporaires, comme la remise en état rapide d'une infrastructure, sont souvent réalisées sous la pression de l'urgence, sans réelle articulation avec un plan de rétablissement durable. Si ces interventions permettent de rétablir l'accès à court terme, elles risquent de

provoquer des dommages récurrents et d'accroître les coûts futurs lorsque les solutions pérennes sont différées. Il est donc essentiel d'engager une **réflexion locale concertée**, associant élus, techniciens et habitants, et de **restituer ces échanges au plus grand nombre** afin de garantir des choix de reconstruction cohérents et durables.



RECONSTRUCTION → PRÉVENTION

→ **Capitaliser les informations :** aujourd'hui, trop peu de temps est dédié à la capitalisation des impacts subis alors que ces informations sont essentielles pour mieux préparer les phases de prévention. Sur la base d'un protocole de relevé, il serait très utile que l'ensemble des acteurs puissent compiler leurs observations.



COMPRENDRE LA TERMINOLOGIE DU RISQUE

Qu'est-ce que l'outil APIC ?

Le service APIC, développé par Météo-France, avertit en temps réel des pluies exceptionnellement intenses à l'échelle communale. Basé sur les mesures radar et pluviométriques toutes les 15 minutes, il se déclenche lorsque les cumuls dépassent les seuils climatologiques locaux, couvrant l'ensemble des communes du pays.

Qu'est-ce qu'un Plan InterCommunal de Sauvegarde (PICS) ?

Le Plan Intercommunal de Sauvegarde (PICS) est réalisé par les établissements publics de coopération intercommunale, en concertation avec les maires des communes membres. Il vise à mutualiser les moyens et à coordonner la gestion de crise lorsque l'événement dépasse les capacités d'une seule commune. Ce plan repose sur un diagnostic intercommunal des risques et définit la gouvernance de crise à l'échelle du territoire, les modalités d'appui logistique et d'entraide entre communes, ainsi qu'un plan de continuité d'activité des compétences de l'intercommunalité.



Qu'est-ce qu'un Plan Communal de Sauvegarde (PCS) ?

Le **Plan Communal de Sauvegarde (PCS)** relève de la responsabilité du **maire**. Il a pour objectif d'organiser la réponse de la commune face à tout événement majeur susceptible de menacer la population ou les infrastructures locales. Ce plan s'appuie sur une analyse des risques identifiés sur le territoire et définit la structure de la cellule de crise communale, les procédures d'alerte et de mise en sécurité des habitants, ainsi que l'inventaire des moyens humains et matériels.

Qu'est-ce que FR-Alert ?

FR-Alert est le système national d'alerte et d'information des populations. Il permet aux préfets d'envoyer, en temps réel, des notifications géolocalisées sur les téléphones mobiles des personnes présentes dans une zone à risque pour leur communiquer les actions de mise en sécurité à réaliser.



ACTIONS SUR MESURE CO-CONÇUES POUR CHAQUE RÉGION PILOTE



Suite à l'identification de lacunes majeures dans l'anticipation et la gestion des crues sur le bassin de l'Arly, un ensemble d'actions prioritaires a été structuré autour des phases de prévention, préparation et réponse afin d'accroître la résilience du territoire.

La prévention met l'accent sur le renforcement d'un système d'alerte plus précis et coordonné, la centralisation des données via une plateforme de suivi des crues, l'actualisation homogène des cartes d'aléas et le développement d'aménagements d'expansion des crues, tout en intégrant l'adaptation de la gestion forestière et la surveillance des mouvements de terrain.

La préparation vise à consolider la gouvernance inter-communale de crise par un PICS, à mieux qualifier les seuils d'alerte grâce à un Plan d'Action Gradué, à généraliser les PCS et à renforcer la formation et les exercices multi-acteurs.

Enfin, la réponse opérationnelle sera améliorée par l'acquisition d'outils de télédétection (photo/vidéo) et par une communication d'urgence plus robuste, reposant sur des référents de terrain et des moyens radios complémentaires.

La liste complète ainsi que le détail du plan d'action spécifiquement élaboré pour la zone pilote du Val d'Arly sont disponibles dans le document « Tailored Action Plan: Arly Catchment » (en français « Plan d'action sur mesure : Val d'Arly »).

X-RISK-CC - Alpine Space Programme



[https://www.alpine-space.eu/
project/x-risk-cc/](https://www.alpine-space.eu/project/x-risk-cc/)



Troisième atelier à Ugine pour le projet X-RISK-CC (2025) - Crédits = PARN

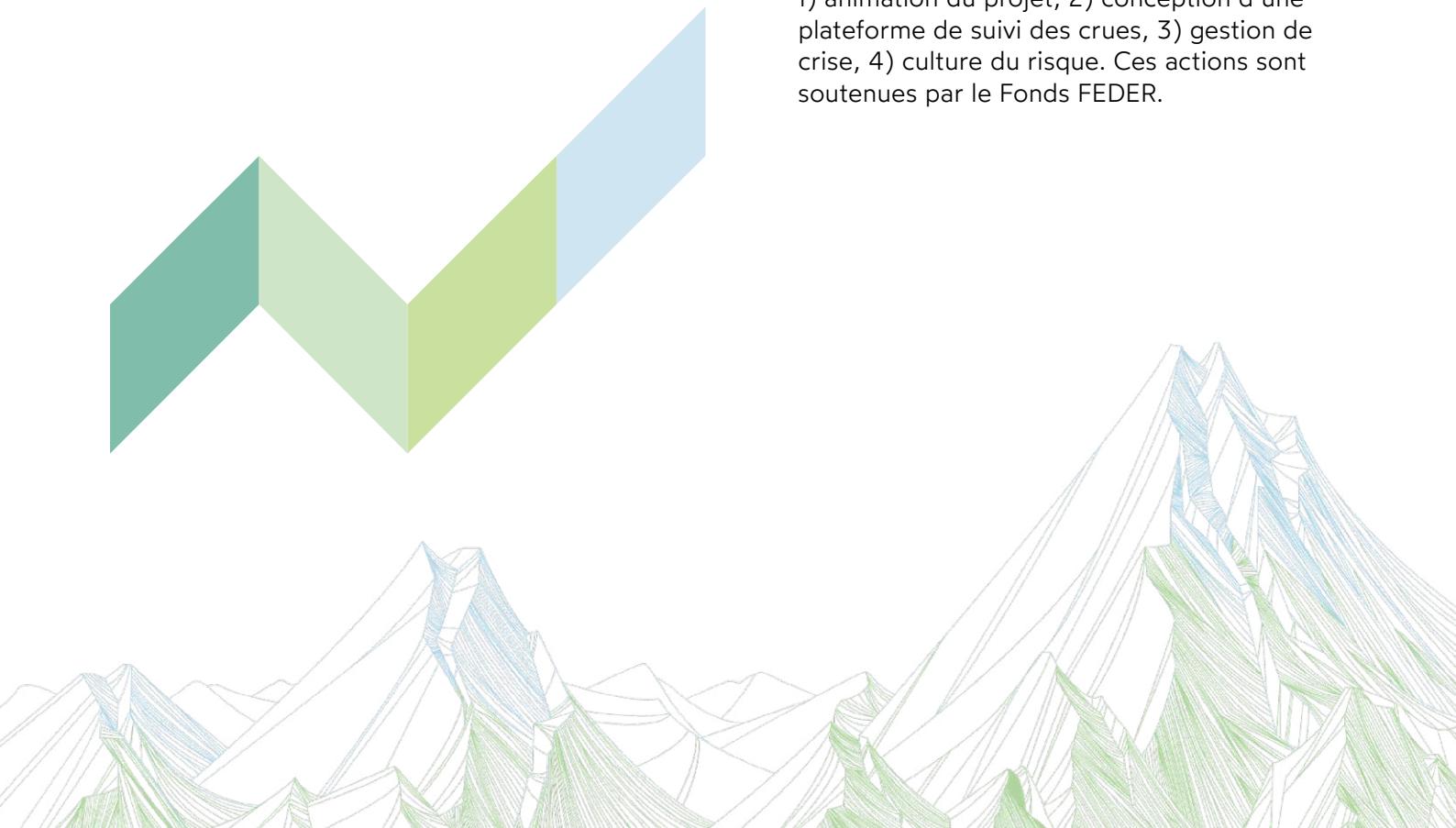
DÉFIS ET PERSPECTIVES



Les lacunes identifiées dans le cadre du travail participatif réalisé sur le bassin versant de l'Arly montrent la nécessité pour l'ensemble des acteurs de la gestion des risques de progresser ensemble sur les diverses phases de gestion. Cette analyse plébiscite une approche multi-acteurs, multirisques et intégrée. Pour faire progresser les territoires, il semble incontournable de développer une ingénierie spécifique à l'animation de cette progression collective, qui s'appuiera sur l'intelligence collective pour déterminer des programmes d'actions qui devront être soutenus par les institutions publiques de l'échelon régional et national. Cette dynamique systémique nécessite l'adhésion de l'ensemble des parties prenantes et se développe nécessairement sur une période, généralement longue, pour permettre la maturation individuelle incontournable à la décision collective. Cette dynamique est donc parfois perçue comme étant éloignée des interventions urgentes à mettre en place face à la vitesse d'évolution des impacts du changement climatique.

À l'échelle du bassin versant de l'Arly, deux programmes d'action ont toutefois démarré parallèlement au travail de concertation réalisé avec les participants dans le cadre du projet X-RISK-CC :

- Un projet de **PAPI - Programme d'Action et de Prévention des Inondations** - comprenant 7 axes de prévention : 1) amélioration de la connaissance et de la conscience du risque, 2) surveillance, prévision des crues et des inondations, 3) alerte et gestion de crise, 4) prise en compte du risque d'inondation dans l'urbanisme, 5) réduction de la vulnérabilité des personnes et des biens, 6) ralentissement des écoulements, et 7) gestion des ouvrages de protection hydrauliques. Ces actions seront portées par le SMBVA et ses partenaires (intercommunalités, communes...) avec le soutien de l'Etat à hauteur de 50%.
- Un projet de **GIRN – Gestion Intégrée des Risques Naturels** – comportant 4 axes : 1) animation du projet, 2) conception d'une plateforme de suivi des crues, 3) gestion de crise, 4) culture du risque. Ces actions sont soutenues par le Fonds FEDER.



LIENS UTILES



Le site web du projet X-RISK-CC

<https://www.alpine-space.eu/project/x-risk-cc/>



La page projet X-RISK-CC sur le Centre de ressources pour les territoires en transition d'Auvergne-Rhône-Alpes

<https://www.auvergnerhonealpes-ee.fr/sinspirer/projets/tous-les-projets/detail/x-risk-cc>



X-RISK-CC – Web SIG : informations sur l'intensité et la fréquence des événements météorologiques extrêmes dans l'ensemble de l'Espace alpin

<https://cct.eurac.edu/x-risk-cc>



Le service APIC-Vigicrues Flash de Météo-France

<https://apic.meteofrance.fr/>



Le dispositif d'alerte et d'information des populations Fr-Alert

<https://fr-alert.gouv.fr/>



Le Pôle Alpin d'études et de recherche pour la prévention des Risques Naturels (PARN)

<https://risknat.org/girn/>



Le PAPI du Syndicat Mixte du Bassin Versant de l'Arly (SMBVA)

<https://www.riviere-arly.com/papi/>



REMERCIEMENTS



Nous tenons à remercier l'ensemble des participants aux ateliers organisés durant ces 3 années de projet, particulièrement le Syndicat Mixte du Bassin Versant de l'Arly, les représentants des communes du bassin versant de l'Arly, les représentants des Offices locaux et le Service départemental d'incendie et de secours (SDIS) pour leur temps précieux

qu'ils nous ont accordé ; le Pôle Alpin d'études et de recherche pour la prévention des Risques Naturels (PARN) pour son soutien technique et d'expert sur la question des risques naturels ; ainsi que le Département de Savoie pour le partage d'images sur la tempête Eléanor et ses conséquences.



Troisième atelier à Ugine pour le projet X-RISK-CC (2025) - Crédits = PARN



Conséquence du glissement de terrain près du secteur du Mont Gombert, route des Gorges D1212 (vue rapprochée) (2018) - Crédits = Département de Savoie



**Auvergne
Rhône-Alpes**
Énergie Environnement

Auvergne-Rhône-Alpes Énergie Environnement,
18 rue Gabriel Péri, 69100, Villeurbanne

laurence.monnet@auvergnerhonealpes-ee.fr

CHEF DE FILE

eurac
research

PARTENAIRES



Wildbach- und
Lawinenverbauung
Forsttechnischer Dienst

umweltbundesamt[®]

GeoSphere
Austria

TUM

**Auvergne
Rhône-Alpes**
Énergie Environnement

REPUBLIC OF SLOVENIA
MINISTRY OF THE ENVIRONMENT, CLIMATE AND ENERGY
SLOVENIAN ENVIRONMENT AGENCY

FAXINGA
ZAVOD ZA
STROFA E.O.