



WP6 "Risk Prevention and Risk Management"

Séminaire international d'experts

« Adaptation de la gestion des risques naturels face au changement climatique »

26 janvier 2011, Domancy (Haute-Savoie, France)

Synthèse

Carine Peisser et Benjamin Einhorn (PARN)

Juin 2011



***Pôle Alpin d'Etudes et de Recherche
pour la Prévention des Risques Naturels***

Introduction

Le changement climatique est maintenant une réalité admise et les Alpes font partie des régions d'Europe les plus sensibles en terme d'élévation des températures (mesurées et modélisées), mais elles font également partie des régions où la modélisation de l'évolution des précipitations est la plus difficile. Ce changement en cours interroge différents secteurs de la société à court, moyen ou long terme. Les risques naturels sont souvent évoqués sous l'angle d'une aggravation de leur incidence, notamment auprès du grand public suite à des phénomènes météorologiques extrêmes, même si l'analyse statistique de ces phénomènes rares n'est pas aisée et ne permet pas de les attribuer au changement climatique.

La Convention Alpine a adopté un Plan Climat. L'avancement actuel des dynamiques locales dans les différents pays de l'arc alpin est vraisemblablement contrasté. Aujourd'hui, les acteurs du territoire français (Etat, collectivités locales et aménageurs) sont invités à réfléchir à l'exposition de leur territoire au changement climatique et à se doter de stratégies d'adaptation et d'atténuation. Afin de permettre à ces acteurs de réfléchir sur des bases cohérentes en ce qui concerne le champ des risques naturels, le PARN a réalisé en 2008, dans le cadre du projet Interreg ClimChAlp, une analyse-synthèse de la bibliographie concernant le changement climatique et ses impacts dans le domaine des aléas naturels. Cette plateforme de connaissance Alpes-Climat-Risques (en cours de mise à jour) est consultable sur le site du PARN : www.risknat/projets/alpes-climat-risques.

Afin de renforcer l'état de connaissances (essentiellement scientifiques) accessibles sur cette plateforme, le PARN a souhaité recueillir le point de vue pratique des techniciens et gestionnaires de territoire à travers un séminaire rassemblant les experts autour de la question « **Comment la gestion des risques naturels subit-elle l'impact du changement climatique et comment peut-elle / doit-elle s'y adapter ?** ».

Ce séminaire est organisé dans le cadre du projet AdaptAlp, projet de l'Espace Alpin sur l'adaptation au changement climatique dans le domaine des risques naturels. D'une durée de 3ans (2008-2011) il s'inscrit dans le programme de Coopération Territoriale Européenne 2007-2013 (Interreg IV), plus précisément dans son volet B « Espace Alpin », Priorité 3 « Environnement et prévention des risques ». Il regroupe 16 partenaires de 6 pays alpins (Allemagne, Autriche, France, Italie, Slovénie, Suisse) avec comme porteur de projet le ministère de l'Environnement du Land de Bavière (StMUG).

Le cœur du projet est axé autour de trois groupes de travail techniques (Work Package) :

- WP4 : régimes hydrologiques ;
- WP5 : cartographie des phénomènes naturels ;
- WP6 : prévention et gestion des risques naturels, avec une attention particulière à la gestion intégrée.

Deux des objectifs du WP6, dans lequel s'intègre ce séminaire, sont (1) de développer et promouvoir les échanges transnationaux et la coopération en ce qui concerne les méthodes de prévention et de gestion des risques et (2) de fournir des éléments permettant de mettre en œuvre la Directive Inondation et la Directive INSPIRE sur l'échange de données.

Le séminaire international d'expert « Adaptation de la gestion des risques naturels face au changement climatique » vise ces deux objectifs. Il est l'occasion pour les experts de Rhône-Alpes, Vallée d'Aoste et Valais d'exposer et d'échanger leurs connaissances sur ce thème, afin d'une part de faire le point sur les aspects pratiques, techniques d'adaptation et dans un deuxième temps d'en débattre afin de proposer des recommandations destinées aux gestionnaires de territoires mais aussi aux décideurs.

Les experts présents :

Nom	Prénom	Institution	Provenance	Gestionnaire Territoire / scientifique	Fonction / spécialité
Arborino	Tony	Canton du Valais	Sion, Valais	Gestionnaire	Spécialiste cantonal inondations
Baillifard	François	Commune de Bagnes	Bagnes, Valais	Gestionnaire	Géologue communal
Bard	Antoine	Cemagref	Lyon	Scientifique	Analyse probabiliste des crues
Bardou	Eric	CREALP	Sion	Scientifique	Géologie/géophysique
Berger	Frédéric	Cemagref	Grenoble, Isère	Scientifique	Forêts de protection
Besson	Olivier	BE Tissières	Sion		
Curtaz	Michèle	Fondation Montagne Sure	Courmayeur, Vallée d'Aoste		Haute montagne (glaciers, permafrost...)
Deline	Philip	EDYTEM	Chambéry, Savoie	Scientifique	Permafrost, glaciers rocheux
Eckert	Nicolas	Cemagref	Grenoble, Isère	Scientifique	Statistiques avalanches
Einhorn	Benjamin	PARN	Grenoble, Isère		
Favre-Bulle	Guillaume	CREALP	Sion, Valais		
Gillet	François		Grenoble, Isère	Modérateur	
Lang	Michel	Cemagref	Lyon, Rhône	Scientifique	Analyse probabiliste des crues
Le Bidan	Valentin	Conseil Général Isère, Service des Routes	Grenoble, Isère	Gestionnaire	Responsable Risques naturels sur le réseau routier
Lievois	Jérôme	RTM	Annecy, Hte-Savoie	Gestionnaire	Risques naturels en terrain de montagne
Lescurier	Anne	Conseil Général Savoie, Service Risques Naturels	Chambéry, Savoie	Gestionnaire	Responsable Risques naturels sur le réseau routier
Mayoraz	Raphael	CREALP	Sion, Valais	Gestionnaire	Géologue
Pasquier	JB	BE Geoval	Sion, Valais		
Peisser	Carine	PARN	Grenoble, Isère		
Richard	Didier	Cemagref	Grenoble, Isère	Scientifique	Crues torrentielles, avalanches
Rouiller	Jean-Daniel	Canton	Sion, Valais	Gestionnaire	Géologue cantonal
Stévenin	Hervé	Région, Direction de l'aménagement hydrogéologique des bassins versants	Aoste, Vallée d'Aoste	Gestionnaire	
Vincent	Christian	LGGE, Université J. Fourier	Grenoble, Isère	Scientifique	Glaciers et risques d'origine glaciaire
Voyat	Iris	Fondation Montagne Sure	Courmayeur, Vallée d'Aoste		Dynamique des glaciers

Deux questions centrales ont été posées aux experts :

Q1: Quels sont les manques actuels, en terme de données, de structures, d'organisation... ?

Q2: Quels sont les stratégies d'adaptation possibles et le cas échéant quelles sont leurs difficultés pratiques de mise en œuvre?

Afin de répondre le plus complètement possible à ces questions la réflexion a été articulée autour de trois thèmes :

T1: Les données sur les phénomènes naturels

T2: La vulnérabilité du territoire

T3: L'information des collectivités territoriales et du public

Les transcriptions intégrales des présentations et des discussions sur lesquelles repose la présente synthèse et auxquelles elle renvoie par des liens hypertextes sont en ligne sur le site internet du PARN : http://www.risknat.org/adaptalp/expert_hearing_wp6/.

Thème 1 : les données sur les phénomènes naturels

L'ensemble des services techniques en charge de la gestion des risques naturels note dans l'évolution des tâches qui leur incombent, souvent sans pouvoir le quantifier réellement, une **augmentation de la fréquence des phénomènes météorologiques intenses** : pluies diluviennes, amplitudes thermiques importantes sur des laps de temps très restreints (vagues de chaleur, sécheresses, périodes de gel/dégel intenses). De nombreux événements météorologiques sont ainsi perçus comme plus brutaux et pouvant être très localisés, donc de ce fait très difficiles à prévoir. Ces phénomènes entraînent au quotidien une intensification apparente des crues torrentielles (CG73, ex. Valloire, Pralognan, Champagny, CG38), une augmentation apparente des phénomènes de type érosif (CG38 et 73, glissements superficiels), ainsi qu'une modification de la période d'occurrence de certains phénomènes (chutes de pierre en hiver, coulées de neige plus tôt en saison). Les acteurs s'attendent désormais à voir certains sites réagir de manière plus intense et plus rapide aux événements météorologiques (ex. CG38).

De façon générale, tous s'accordent sur le fait que ce sont les valeurs extrêmes plutôt que les valeurs moyennes qui risquent d'impacter les phénomènes générateurs de risques.

Afin de faire le point sur les connaissances scientifiques en matière d'évolution des phénomènes naturels, un spécialiste de chaque secteur a présenté une brève synthèse, suivi d'une discussion avec l'ensemble des experts. L'essentiel des éléments abordés est résumé dans les paragraphes suivants.

Impact du changement climatique sur les débits des rivières à l'échelle des Alpes (A. Bard)

L'analyse des séries de débit de rivières, réalisée dans le cadre du projet AdaptAlp (WP4) ne révèle aucune tendance significative à l'échelle des Alpes. En revanche, l'étude a mis en évidence des évolutions cohérentes et statistiquement significatives pour les seuls régimes glaciaire et nival. Ces évolutions paraissent liées de manière étroite à l'évolution des températures observées, avec une date plus précoce de la fonte nivale et glaciaire. Ces résultats montrent qu'il n'y a pas de réponse généralisée et qu'il faut considérer les choses au cas par cas.

Globalement, avec les tests statistiques actuels et en tenant compte de la forte variabilité naturelle, on ne peut pas conclure à une augmentation significative de l'intensité ou de la fréquence des événements : soit les tests ne sont pas assez performants pour la détecter, soit il n'y a pas de tendance actuellement.

Utilisation des modèles climatiques pour la modélisation hydrologique (M. Lang + Discussion)

Le principal résultat concernant l'hydrologie est que le changement climatique augmente l'incertitude mais ne remet pas en cause les différents volets utilisés pour gérer le risque inondation.

Il faut apprendre à travailler avec cette incertitude supplémentaire, qui ne fait que s'ajouter à d'autres existantes (entre autres dans les modèles climatiques et leur aptitude à reconstituer le climat présent).

Si de nombreuses études (avec leur marge d'incertitude) suggèrent pour les régimes océaniques une légère aggravation des pluies en hiver et des sécheresses plus marquées en été, en ce qui concerne les Alpes, qui sont au carrefour de différentes influences, il est difficile de se prononcer à l'heure actuelle sur le sens du changement climatique. Une difficulté importante résulte notamment des différences d'échelles spatiales et temporelles des modèles climatiques et des modèles hydrologiques, problème particulièrement sensible pour les crues : la résolution spatio-temporelle actuelle des modèles climatiques rend incertaine la prévision de phénomènes intenses à échelle fine. De nombreux travaux de recherche, avec un renforcement des collaborations entre hydrologues et climatologues, devraient permettre de progresser sur les techniques de désagrégation spatiale, afin de passer des sorties de modèles climatiques à des échelles beaucoup plus fines, adaptées pour les modèles hydrologiques pertinents pour les gestionnaires des risques.

Evolution de la couverture végétale

D'après les forestiers français, la zone de combat est remontée de 200m en un siècle, avec une modification de la structure des étages de végétation (feuillus plus hauts en altitude). L'augmentation des températures due au changement climatique se traduit par une modification de la composition en

essences du couvert végétal, modification qui devrait se poursuivre. Cette nouvelle répartition peut avoir des conséquences sur la capacité des peuplements forestiers à intercepter l'eau, ainsi que sur leur fonction de protection vis-à-vis des chutes de pierres ou des avalanches du fait des différences de résistance mécanique entre les différentes essences.

Par contre l'augmentation des températures (périodes de canicule) ne semble pas pour l'instant avoir d'effet avéré sur le nombre d'incendies de forêt, qui semble assez constant (études sur les charbons de bois). Les problèmes d'érosion des sols qui se posent après des incendies tels que ceux observés en 2003 (ex. [V. Le Bidan](#)) ne semblent donc pas être une conséquence directe du changement climatique.

Impact du changement climatique sur les crues torrentielles (D. Richard + Discussion)

Les écoulements torrentiels ont la caractéristique d'être constitués à la fois d'eau et de sédiments, et se caractérisent surtout par leur partie sédimentaire (composante solide).

Pour la partie liquide des crues des torrents, comme pour les rivières, on ne détecte pas d'évolution notable dans un sens ou dans l'autre qui puisse être attribuée au changement climatique. Il faut noter que le déficit de données hydrométéorologiques est sans doute encore plus criant pour les torrents que pour les bassins versants de plus grande taille. Le phénomène d'événements météorologiques violents et localisés, qui pourrait s'accroître avec le CC, existe déjà pour les crues torrentielles, en parallèle de phénomènes spatialement plus étendus ; il n'y a pas d'élément pour prévoir dans quelle proportion le rapport entre les deux pourrait évoluer.

Concernant la partie sédimentaire, dont les laves torrentielles sont principalement constituées, l'effet le plus notable est l'apparition de nouvelles sources de sédiments mobilisables consécutive à la fonte du pergélisol dans certains secteurs (phénomène directement lié à l'évolution des températures – exemple du glacier Bonnard en valais, [E. Bardou](#)). L'apparition possible de nouvelles sources de sédiments résultant du retrait des glaciers est moins claire, les volumes paraissant variables selon que le glacier se retire sur la surface rocheuse (bedrock) ou sur des matériaux mobilisables - moraine, matériaux broyés (ex. glacier de la Griaz, seul à poser véritablement problème dans la vallée de Chamonix, les autres se retirant sur un socle très compétent). A long terme, l'évolution de la couverture végétale pourrait également avoir un impact sur la capacité des cours d'eau torrentiels à mobiliser des sédiments, soit dans un sens (érosion accrue) soit dans un autre (effet stabilisant). Des combinaisons diverses de processus (avec effets s'amplifiant ou s'annulant) pourraient déboucher sur des scénarios assez contrastés. De manière générale, hormis dans les cas liés à la fonte du pergélisol, il reste donc difficile de prévoir une tendance dans l'évolution à venir de la fourniture en matériaux aux torrents.

Enfin, compte tenu des combinaisons de réponses liquides et sédimentaires, la réponse d'un système torrentiel à un « forçage climatique » (relation pluie/débit) est plus variable que la réponse d'un bassin versant classique (localisation exacte de la précipitation, centrée sur un petit bassin ou à cheval sur plusieurs ; stockage temporaire sous forme de neige susceptible d'être modifié par les alternances de redoux en moyenne altitude). Il semble donc que la tendance liée à d'éventuels changements climatiques soit d'autant plus noyée dans la variabilité naturelle existante (accentuée de surcroît par d'éventuelles influences anthropiques liées à l'évolution de l'état des ouvrages de correction torrentielle).

Mais en pratique, pour la gestion du risque torrentiel, les éléments déterminants à prendre en compte sont plutôt les phénomènes extrêmes que les tendances moyennes. Même si les scénarios généraux les plus couramment cités - une augmentation moyenne de la pluviométrie en saison hivernale et une augmentation des sécheresses en période estivale – se confirment, il ne faudrait envisager de modifier la façon d'appréhender les crues torrentielles que si les crues hivernales (potentiellement plus nombreuses et plus fortes qu'avant) deviennent plus fortes que celles survenant aujourd'hui au printemps/ été, ou à l'inverse si les orages d'été (potentiellement plus rares) deviennent moins violents qu'aujourd'hui. A ce jour, les méthodes préventives de gestion du risque torrentiel ne prennent pas en compte d'événement exceptionnel autre que ceux déjà connus.

Impact du changement climatique sur les risques d'origine glaciaire (C. Vincent)

On distingue trois types de risques d'origine glaciaire :

- les vidanges brutales de **lacs** proglaciaires ou supraglaciaires ;
- les chutes de **séracs** ;
- la rupture de **poches d'eau** intraglaciaire ou sous-glaciaire. Dans l'exemple du glacier de Tête Rousse, la cause de la rétention de l'eau est assez bien connue: la langue du glacier est à température négative (-2°C) tandis que le glacier est tempéré dans sa partie haute (glacier polythermal). Ainsi, l'eau qui pénètre dans le glacier et atteint le lit rocheux se trouve piégée à l'intérieur du glacier.

Ces phénomènes sont extrêmement destructeurs lorsqu'ils surviennent mais sont rares : l'expérience en la matière est donc limitée, tant du point de vue scientifique qu'opérationnel.

Les principaux effets du changement climatique sur les aléas glaciaires sont :

(1) impact sur la **formation des lacs proglaciaires**, au front des glaciers en recul (sous l'effet du CC) ; ex. glacier d'Arsine où il a fallu abaisser le niveau du lac pour éviter un risque de rupture du barrage morainique ;

(2) impact direct de l'augmentation des températures sur la **stabilité des glaciers suspendus** (ex. : séracs de Taconnaz, vallée de Chamonix).

L'impact sur les poches d'eau et lacs supraglaciaires est beaucoup moins évident (relation indirecte entre ces phénomènes et l'évolution des paramètres climatiques) et beaucoup moins clair (ce qui ne veut pas dire qu'il n'existe pas).

De nombreuses pistes de recherche permettraient d'améliorer les connaissances sur les risques glaciaires, afin d'améliorer les diagnostics. Toutefois les difficultés sont nombreuses : scientifiques (approches multidisciplinaires, thème d'étude « risque » non central dans les laboratoires), techniques (compétences géophysiques pointues), organisationnelles (besoin d'une grande réactivité en cas de crise, de moyens alloués à la recherche/à la prévention).

Point sur les inventaires :

En France, il n'y a pas d'inventaire de l'état actuel des glaciers effectivement mis à jour. Un gros travail se fait sur le « cadastre des glaciers » dans le projet GlaRiskAlp, mais les inventaires existants des phénomènes glaciaires sont en partie inappropriés du point de vue scientifique (peu utiles à la compréhension des processus, besoin d'approfondir l'étude des phénomènes géophysiques pour mieux anticiper leur évolution et ainsi éviter des situations de crise).

La Vallée d'Aoste, qui vise un contrôle systématique et détaillé du territoire, dispose de l'instrument « Cadastre des glaciers », avec inventaire et historique des phénomènes d'origine glaciaire, et qui, depuis 2011, comprend deux nouvelles sections sur les lacs glaciaires et sur les glaciers rocheux.

En Valais le canton a identifié une trentaine de glaciers à risques suite au projet GLACIORISK. Pour la surveillance systématique, les sociétés hydroélectriques sont très bien placées pour observer s'il y a des changements dans les régimes et les éventuels déplacements des écoulements à l'exutoire des glaciers, qui concernent directement leurs activités...

D'un point de vue opérationnel, le problème réside :

- d'une part dans le manque de liaison entre les résultats du projet d'inventaire (GLACIORISK) et leur prise en compte par les gestionnaires,
- d'autre part dans la pérennisation et la mise à jour de cet inventaire. En France, le désengagement de l'Etat de ses missions régaliennes pose le problème du financement de ce type de suivi. Or un inventaire bien utilisé constitue normalement la base pour la mise en place de crédits sur la problématique.

Pour la détection précoce et anticipée des phénomènes glaciaires cachés, même si l'on dispose de moyens pour investiguer de façon précise la présence de poches d'eau dans les glaciers (Georadar et Résonance Magnétique à Protons), il est actuellement impensable de généraliser la prospection à tous les glaciers des Alpes. Cependant, certains critères pourraient être utilisés pour établir une hiérarchisation de sites sensibles à ces phénomènes glaciaires :

- l'absence de torrent sous-glaciaire émissaire, au front du glacier, est un indice important - mais pas infaillible - de formation possible de poches d'eau intraglacières ;
- la vulnérabilité en aval des glaciers pourrait être à prendre en compte

La combinaison de différents critères pourrait aboutir à un système de gestion équivalent à la classification des Sites Sensibles aux Avalanches (convention Cemagref / DGPR). Une démarche de ce type est en cours sur les glaciers à risques dans le cadre du projet GlaRiskAlp, programme Alcotra France-Italie).

En France un problème majeur est de savoir qui assure le financement (désengagement de l'Etat). Il serait envisageable de la part des services techniques de prévoir un budget spécifique dans une enveloppe financière globale pour assurer le suivi scientifique de façon plus précise, à condition que les scientifiques fassent part de leurs besoins en termes chiffrés.

En Vallée d'Aoste, un classement de dangerosité de tous les glaciers du territoire a été réalisé sur la base du cadastre des glaciers, de la vulnérabilité et de l'historique des événements, afin de pointer les sites à surveiller en priorité.

Impact du changement climatique sur les avalanches (N. Eckert + [Discussion générale 3](#))

Les avalanches sont des phénomènes contrôlés de façon assez directe par les conditions météorologiques (chutes de neige récentes, métamorphisme du manteau neigeux, etc.), et donc potentiellement par le climat. Toutefois la réponse de l'activité avalancheuse au changement climatique est difficile à quantifier (collecte de données difficile, d'où un manque de séries de données suffisamment longues, diversité des types d'avalanche, complexité des facteurs de contrôle, différentes échelles spatiales et temporelles imbriquées à prendre en compte, méthodes statistiques à améliorer et mieux alimenter en données)

Les résultats principaux sont issus (1) de l'analyse des données directes (basé en France sur l'Enquête Permanente sur les Avalanches, véritable observatoire maintenu par les agents de l'ONF et du RTM depuis le tout début du vingtième siècle), (2) des données indirectes ou « fossiles », essentiellement issues d'observations géomorphologiques (dendrochronologie et lichénométrie), (3) de simulations de l'évolution du manteau neigeux, aussi bien sur les périodes récentes que dans des scénarios de changement basés sur des projections climatiques. Ils montrent :

- l'absence durant les dernières décennies, à certains endroits, d'avalanches majeures qui se produisaient au Petit Âge Glaciaire, ce qui tendrait à confirmer l'existence d'un certain contrôle de l'activité avalancheuse par le climat ;
- une possible augmentation de la proportion d'avalanches de neige humides par rapport aux avalanches de neige sèche. Ce résultat pourrait avoir des conséquences pour la gestion du risque, car le type de neige intervient dans le régime d'écoulement et ainsi dans les distances que parcourent les avalanches ;
- un maximum relatif, malgré la forte variabilité interannuelle, du nombre d'avalanches observées chaque hiver autour de 1980, suivi par une décroissance du nombre d'avalanches. On retrouve ce motif de manière amplifiée dans les altitudes d'arrêt atteintes par les avalanches, qui présentent également un minimum relatif autour de 1980.

L'augmentation relative de l'activité avalancheuse sur la période 1960-1980 pourrait correspondre à des hivers plus rigoureux, par ailleurs bien documentés par d'autres indicateurs climatiques. Le « recul des avalanches » observé dans les années 1980-2005 s'inscrit quant à lui dans une période de réchauffement marqué. Par contre, depuis 2005, même si le recul manque, on observe à nouveau des hivers plus froids avec davantage d'avalanches d'intensité importante, (épisode de décembre 2008 dans les Alpes du Sud et en Haute Maurienne). Des travaux sont actuellement en cours avec Météo France pour tenter de mieux comprendre ces évolutions et les relier directement aux évolutions du manteau neigeux à l'échelle hivernale.

Pour conclure, le « contrôle climatique » de l'activité avalancheuse sur le temps long commence à être assez bien documenté, même si il s'agit d'une thématique de recherche encore émergente, dont les résultats doivent de ce fait être regardés avec prudence. En revanche, en ce qui concerne l'évolution des épisodes plus courts d'activité avalancheuse intense, et en particulier leur réponse aux précipitations hivernales plus fortes postulées par les modèles climatiques sous scénarii de changement, on ne dispose quasiment pas d'élément de réponse pour l'instant et le problème est très certainement plus complexe.

Pour les services techniques (CG73, CG38), l'élément le plus marquant est la modification des périodes d'occurrence des coulées de neige provenant des talus routiers, qui surviennent de plus en plus en plein hiver, dès qu'il y a un phénomène de gel/dégel (alors qu'elles se produisaient plutôt à partir du mois de mars auparavant, en période de fonte des neiges).

En terme de gestion du risque d'avalanche, il faut bien faire la distinction entre les tendances, observées sur des fenêtres temporelles plus ou moins longues, et les événements individuels qui les composent : si certaines tendances indiquent une diminution de la fréquence et/ou de la distance de parcours des avalanches, il n'en demeure pas moins qu'à l'échelle du siècle surviendront toujours des phénomènes exceptionnels...

L'adaptation en termes de gestion dépend du pas de temps considéré. La réponse est différente pour le pas de temps de la gestion quotidienne du risque d'avalanche sur les pistes et celui de l'aménagement du territoire, qui nécessite une fenêtre temporelle d'observation beaucoup plus large pour assoir des décisions. La question a en pratique déjà été soulevée depuis quelques années par certaines communes, plus particulièrement dans les Alpes du Sud, qui voudraient pouvoir considérer que le réchauffement climatique fait disparaître les avalanches à basse altitude et autoriser ainsi la construction (en référence aux études sur la diminution de l'enneigement à basse altitude, mesures faites au Col de Portes, près de Grenoble – France). Or même si la poursuite du réchauffement du climat moyen entraîne une diminution de l'enneigement et de la fréquence des avalanches à basse altitude, il n'empêche que lors d'épisodes froids et très neigeux, même très ponctuels, des avalanches se déclencheront à basse altitude comme elles le faisaient avant (ex. avalanche du col du Coq, 1400m, 2 morts en décembre 2010). **Il est donc particulièrement important de faire comprendre aux décideurs que l'observation d'une tendance à une diminution de l'extension maximum des avalanches depuis les années 1980 ne permet pas pour autant de modifier les règles d'urbanisme** (la tentation d'extrapoler à partir d'une petite fenêtre d'observation étant d'autant plus grande que l'aménagement du territoire a des implications fortes sur la valeur du foncier).

Impact du changement climatique sur les écroulements rocheux en haute montagne / dégradation du permafrost ([P. Deline](#) + [Discussion générale 2](#))

L'étude de la relation entre les éboulements rocheux en haute montagne et la dégradation du permafrost sous l'effet du changement climatique est assujettie à :

- une bonne connaissance du permafrost, non visible « à l'œil nu » (préciser sa localisation, sa distribution en profondeur et son évolution dans le temps) ;
- une connaissance précise de la relation entre l'occurrence des écroulements et l'éventuelle dégradation du permafrost ;
- une appréciation de l'évolution de la fréquence/magnitude des écroulements dans le temps (en tenant compte des possibles biais liés à l'intérêt croissant porté à ces phénomènes et à l'amélioration des moyens d'observation).

L'analyse historique des écroulements dans la vallée de Chamonix (face ouest des Drus et versant nord des Aiguilles de Chamonix ; analyse de photographies depuis 150 ans) a permis de mettre en évidence deux périodes de fréquence accrue des écroulements : une première à la fin des années 1940 / début des années 1950, puis une seconde à partir des années 1980 (augmentation du nombre et du volume d'événements).

La **corrélation est forte avec les périodes les plus chaudes observées à Chamonix** au XXe siècle (record de températures moyennes en 1947, forte augmentation des températures moyennes (annuelles et estivales) au cours des deux dernières décennies).

Pour les écroulements actuels, une analyse par un réseau d'observateurs sur les versants chamoniard et italien du massif du Mont Blanc (2007-2010, projets *PERMAdataROC* puis *PermaNET*) montre une étroite correspondance entre l'occurrence des événements et les périodes chaudes (par exemple entre le 10 août et début septembre en 2009, et pendant les trois premières semaines de juillet 2010).

L'exploitation de l'imagerie satellitaire montre une tendance identique (comparaison été 2003, très chaud /été 2009).

Bien que la série d'observation soit assez courte, on retrouve donc pour un **pas de temps beaucoup plus court** la relation mise en évidence sur les derniers 150 ans entre l'occurrence des écroulements en haute montagne et les conditions climato-météorologiques dans lesquelles ils s'inscrivent.

Des études plus fines sont en cours pour mieux comprendre les processus d'écroulement et leurs relations avec l'évolution des températures mesurées sur les parois (relevés par laser-scanning, capteurs de température de la roche), couplées avec une étude du permafrost (projet *PermaNET* à l'Aiguille du Midi, mesures en continu des températures dans la roche).

Pour les écroulements de haute montagne, secteurs à permafrost qui présentent une sensibilité particulière aux vagues de chaleur, l'augmentation des températures induit donc assez nettement une augmentation de la fréquence des phénomènes. Malgré l'observation d'événements de grande ampleur lors de l'été 2003 (en Suisse en particulier), les données ne sont pas encore suffisantes pour conclure sur l'impact de l'évolution des températures sur les volumes (la durée des vagues de chaleur pourrait avoir un effet, mais à la dégradation du permafrost en profondeur s'ajoute des effets de circulation d'eau complexes).

Impact du changement climatique sur les autres phénomènes gravitaires

Toutefois, une grande partie des éboulements engendrant des risques pour les territoires (menace sur linéaires routiers ou sur le bâti) se produisent à plus basse altitude et proviennent de zones affectées par les phénomènes de gel-dégel, soumis à des processus différents.

Pour les chutes de pierre en général (tous secteurs et gammes d'altitude confondus), une étude du RTM montre également que **la fréquence du phénomène varie en fonction des conditions climatiques (pics en 1999-hiver froid- et 2003-été chaud), alors que l'intensité semble rester stable**. Les services techniques constatent au quotidien (CG73, CG38) :

- une apparente augmentation des événements de type chutes de blocs, y compris en hiver ; cette observation effectuée en Savoie ([A. Lescurier](#)) et en Isère ([V. Le Bidan](#)) est à moduler par deux remarques concernant le Valais (J.D. Rouiller) où (1) les interventions liées aux chutes de pierres tendent plutôt à diminuer, vraisemblablement en raison (en partie) de la multiplication des mesures de protection, et où (2) l'on constate une augmentation de la sensibilité aux problèmes de chutes de pierres (plus d'événements signalés sur les routes, notamment via des appels téléphoniques d'utilisateurs – influence du téléphone portable) ;
- que plus les périodes de gel sont longues, plus les chutes de pierres sont nombreuses au moment du dégel (augmentation difficile à quantifier) : plus la vague de froid est longue plus l'onde de froid pénètre en profondeur, ce qui permet de mobiliser des volumes plus importants lors du dégel.

Dans le même ordre d'idée, les CG 73 et 38 constatent une recrudescence des glissements superficiels/phénomènes de type érosif, mais pas d'évolution notable concernant les glissements profonds.

En matière de gestion préventive des risques de chutes de pierres, cette évolution pose donc la **question de la fréquence du phénomène de référence** (plutôt celle de son volume) à prendre en compte pour dimensionner les structures de protection.

Thème 2 : la vulnérabilité du territoire

De façon très générale, l'utilisation du sol a changé dans les dernières décennies et a presque partout augmenté, générant un accroissement des situations de risques. En particulier, les villes, qui concentrent les enjeux, ont une vulnérabilité de plus en plus forte à aléa constant (F. Gillet).

Le problème des vulnérabilités, qui doit être pris en compte dans la gestion des risques en parallèle des aléas, concerne non seulement la vulnérabilité physique des biens et des personnes, mais aussi ([Discussion générale 1](#)) :

- les vulnérabilités fonctionnelles des établissements qui reçoivent du public : hôpitaux, écoles, administrations...
- les vulnérabilités de tous les réseaux (communications + énergie), qui peuvent poser des problèmes graves quand ils sont désorganisés, notamment dans les lieux à forte concentration de population ;
- les vulnérabilités organisationnelles.

Le changement climatique est un élément parmi d'autres qui devrait pousser les gestionnaires à se préoccuper davantage de ces vulnérabilités ; en terme de gestion il est fondamental de savoir comment les réduire, ou du moins les stabiliser, alors que dans les faits elles continuent d'augmenter régulièrement (nouveaux permis de construire).

En Vallée d'Aoste ([H. Stévenin](#)), les services ne disposent pas encore de véritables cartes de vulnérabilité. **La Commune a la charge d'évaluer la vulnérabilité sur son territoire** pour la définition des plans de protection civile, obligatoires en théorie pour chaque commune mais nécessitant en pratique encore beaucoup de travail (quatre communes pilotes travaillent sur cette question); La Région souhaite arriver à une **intégration des plans de protection civile au niveau régional**, pour gérer les situations de crises intercommunales : une amélioration importante est donc à prévoir dans les 10 prochaines années.

En France ([Discussion générale 3](#)), **l'acquisition des données concernant les vulnérabilités dans leurs diverses formes est encore très difficile**. De nombreuses informations existent mais réparties dans de nombreux services : par exemple les Conseils Généraux ont à la fois une mission de gestion des routes mais aussi une mission pour les établissements recevant du public, une autre pour les collèges, pour les transports routiers ; or la circulation des données entre les différentes directions est difficile. Elle est encore plus difficile à destination d'utilisateurs « externes » (par exemple les scientifiques, pour qui ces données offrent une nouvelle fenêtre de lecture du phénomène utile pour calibrer les modèles) : il existe un vrai problème d'accessibilité aux données, lié à la crainte d'afficher l'exposition au risque d'un usager sur une structure donnée. (ex. d'A. Lescurier la Base de données Risques du CG73 n'est pas mise à disposition du territoire comme la BD Ouvrages pour des raisons de responsabilités).

D'autre part, en France et en Italie le **système d'assurances** ne permet pas l'accès à des données très utiles pour la définition (économique) des dommages aux biens, aux activités et aux personnes, contrairement à ce qui se pratique en Suisse.

La question de la vulnérabilité pose également celle de l'acceptation du risque. Dans certaines régions, le risque est tout à fait accepté (ex. en Isère - gorges de la Bourne - élus et citoyens souhaitent limiter les travaux de sécurisation). Pourtant, dans les Alpes de façon générale, **la culture du risque a diminué**, en partie du fait du brassage des populations (arrivée de populations citadines dans les zones de montagne, plus ou moins indépendante du changement climatique). Les exemples sont nombreux pour montrer que ces nouvelles populations cherchent davantage de responsables en cas de survenance de phénomène naturel destructeur : avalanche d'Evolène – Valais, route des gorges de la Bourne (contraste frappant avec l'acceptation de la population locale citée plus haut). En Italie, il semble d'après I. Voyat que cette culture du risque n'existe pas, même chez les locaux : la protection doit être assurée à 100% par le gestionnaire. La législation réagit toujours dans le sens de la population qui cherche un responsable.

La notion d'acceptation du risque peut également être liée au problème du **seuil d'acceptabilité**, qui de l'avis général des experts demande un positionnement clair de la part des élus.

Réduction de la vulnérabilité des personnes :

Aujourd'hui, dans la plupart des cas, les citoyens sont peu impliqués dans les politiques de gestion des risques ([Discussion générale 4](#)). En particulier la majorité ne sait pas quel comportement adopter face à un phénomène naturel (ex. coulée de boue du Grand Bornand). Seules les populations qui subissent des événements répétitifs – inondations, cyclones aux Antilles – commencent à savoir comment réagir. Il est donc nécessaire, si l'on pense être confrontés dans le futur à une plus grande fréquence d'événements extrêmes potentiellement dommageables, de traiter cette question d'une manière plus approfondie qu'on ne l'a fait jusqu'alors.

Même avec une information de qualité, il est difficile de faire changer les comportements des adultes. Il semble plus efficace de **viser l'éducation des enfants**, qui sont plus réceptifs (exemple du tri sélectif). Il paraît malgré tout important de former l'ensemble de la population à la gestion de crise par des exercices pratiques, comme au Japon en cas de séisme.

Les règles d'urbanisation et l'interdiction ou non de construire dans les secteurs à risque sont également fondamentales. En Valais, une loi sur l'aménagement du territoire interdit de construire en zone de danger et une loi sur la construction précise qu'une construction en zone de danger n'est possible qu'après un préavis favorable de l'expert cantonal. Sur les 560 préavis par an rendus par T. Arborino pour des projets en zone inondable de plaine, la plupart interdit la construction, afin d'éviter une inflation de la vulnérabilité (indépendante changement climatique) qui conduirait à une inflation des ouvrages de protection.

Thème 3 : l'information des collectivités territoriales et du public

La question de l'information a essentiellement concerné lors de ce séminaire l'information du public.

Etat des lieux de l'information au public :

En Vallée d'Aoste ([H. Stévenin](#)), le maire a obligation légale d'informer les citoyens des risques présents sur le territoire communal, tâche difficile pour un élu. Sa responsabilité sera atténuée devant un tribunal s'il a accompli ce devoir d'information de la population.

Les bulletins d'information diffusés au grand public étant souvent mal compris, des experts en communication ont parfois été engagés pour simplifier et rendre plus concret le message, avec l'objectif de ne pas être inutilement alarmiste tout en faisant passer des informations correctes.

Pour le moment la communication sur les risques naturels n'aborde pas la question des effets du changement climatique.

En France ([Discussion générale 4](#)) tous les Plans de Prévention des Risques, ainsi que les documents d'urbanisme (PLU), sont systématiquement soumis à enquête publique : la population est donc informée à cette occasion. Le maire a ensuite obligation de mettre en place un Plan Communal de Sauvegarde (PCS), qui définit les mesures à prendre et notamment les règles à appliquer par les citoyens au niveau individuel. Le PCS s'accompagne de Plans Particuliers de Mise en Sécurité (PPMS) dans les établissements scolaires (élèves + personnel) : ce dispositif paraît prometteur dans la mesure où les enfants sont un bon vecteur de changement culturel et d'adaptation de la société.

De plus, le maire d'une commune soumise à des risques (environ 1/3 des 36 000 communes françaises) a obligation d'informer régulièrement les habitants (environ tous les 2 ans). Cette obligation (loi de 1987, modifiée depuis) permet entre autre aux nouveaux arrivants d'être informés au même titre que ceux qui avaient pu participer à l'enquête.

D'autre part, il y a obligation, au moment de l'acquisition ou de la location d'un bien, de porter le risque à connaissance : le propriétaire ou le notaire doit informer le locataire / l'acquéreur des phénomènes naturels qui concernent ou ont concerné le bien ; ceux-ci doivent apparaître sur l'acte notarié. Cette règle s'applique jusque dans les de campings, où le propriétaire doit afficher l'exposition aux risques pour les vacanciers louant un emplacement.

L'information directe du citoyen semble un aspect très important pour éviter de renforcer le sentiment du citoyen que le risque est du ressort de l'Etat, au détriment du sentiment de responsabilité individuelle (impression actuelle des experts, difficile à mesurer).

Ces réglementations ne sont pas liées au changement climatique. On pourrait imaginer fournir le même type d'information si on disposait d'hypothèses fiables en matière d'évolution des aléas naturels, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui.

En Valais ([Discussion générale 4](#)), les projets de zones de danger doivent être soumis à l'enquête publique, avec possibilité d'opposition, ce qui engendre des débats publics importants. Cette obligation récente fait suite à un jugement du Tribunal Fédéral qui a rappelé que le fait de pouvoir s'opposer à une décision administrative qui le lèse est un droit fondamental du propriétaire.

En termes de communication, un exemple intéressant est celui du Japon où tout nouvel arrivant reçoit nominativement et avec accusé de réception la carte de dangers du secteur où il habite ainsi qu'une information sur le système d'évacuation en cas de problème. Cet exemple devrait nous amener à réfléchir à la possibilité d'informer systématiquement la population sur les règles de conduite en cas de danger (T. Arborino): associer information sur la carte des dangers /Plan de Prévention des Risques et les règles face au danger.

Enfin, pour F. Berger, il est important de faire comprendre à la population qu'elle a des droits mais aussi des devoirs en matière de risque (ex. droit d'attaquer la carte de dangers au tribunal, mais devoir de se comporter civilement, en informant les autres en cas de survenue de phénomènes anormaux et en adoptant le comportement qui convient).

Rôle des médias :

Le changement climatique n'est pas un phénomène nouveau (il est connu depuis 150 ans) ; par contre la prise de conscience est relativement récente. Selon J. Liévois, **l'arrivée massive des médias et du discours autour de ce phénomène constitue la vraie nouveauté pour les praticiens et les acteurs de la prévention des risques naturels, bien plus que l'évolution des aléas eux-mêmes**. Le monde politique a pareillement perçu progressivement l'effet mobilisateur du discours sécuritaire dans ce domaine. Or les différents acteurs peuvent avoir des références temporelles différentes pour répondre à cette demande sociétale :

- La population exige d'être protégée ou rassurée maintenant et en permanence.
- Les médias affichent leurs « produits » de manière souvent saisonnière et renouvellent régulièrement les sujets.
- Les scientifiques progressent dans leur savoir mais de manière irrégulière au rythme de leurs programmes pluri annuels et des financements obtenus.
- Les politiques, qui décident des financements, exigent quant à eux d'obtenir des effets rapidement.

Les problèmes de communication rencontrés par les praticiens et les gestionnaires du risque peuvent résulter assez largement de ces différentes échelles de temps prises en compte par les différents acteurs.

Il faut pourtant souligner le **rôle différent des médias dans les différents pays**. D'après J.D. Rouiller, en Suisse les techniciens communiquent directement avec la presse, ce qui permet plus facilement de faire passer et de répéter des messages au gré des circonstances. C'est aussi un moyen très efficace pour sensibiliser le public à la politique de gestion des risques. Il semble qu'en France et en Italie les techniciens et les politiques communiquent entre eux, mais n'utilisent pas suffisamment les médias pour informer régulièrement la population.

De nombreux autres aspects liés à l'information ont peu été abordés lors des débats. Les questions suivantes mériteraient par exemple d'être davantage approfondies :

- Le niveau d'obligation d'informer (collectivités, public...) peut-il être une base des stratégies d'adaptation ?
- A chaque étape du cycle de gestion des risques, la chaîne d'information est-elle assez rodée, efficace, complète pour pouvoir s'adapter rapidement (notamment en cas de gestion de crise).
- Quid des nouvelles technologies qui permettent une information rapide en temps réel ?

Question 1 : identification des manques

Compte tenu de la synthèse des connaissances disponibles et publiées, renforcée par les constats dressés ci-avant, les experts mettent en avant une série d'aspects encore insuffisamment développés pour mener complètement des diagnostics sur les impacts du changement climatique sur les différents risques naturels en montagne (les phénomènes naturels et leur prévention-gestion), étape indispensable avant la définition de politiques d'adaptation pertinentes.

Les données

De l'avis de tous les experts, les premières évaluations disponibles sur les changements déjà observés (voir § *Phénomènes*) ne suffisent pas pour établir des prévisions pour le futur, les hypothèses étant encore trop souvent de type qualitatif.

Il y a donc encore actuellement un manque important de données sur les phénomènes naturels ; les acteurs de la gestion des risques ressentent le besoin, pour envisager des stratégies d'adaptation au changement climatiques, d'analyser des **séries de données plus abondantes et homogènes, tant spatialement que temporellement.**

Efforts en court :

En Vallée d'Aoste, des travaux sont consacrés à l'amélioration du réseau météorologique notamment en altitude (passé de 16 stations en 2000 à 110 stations en 2010).

En Savoie, le Conseil Général investit dans un petit réseau de pluviographes : les stations Flowcapt (initialement destinées au suivi du transport de neige par le vent) ont été équipées avec des pluviomètres pour intensifier le réseau de surveillance et améliorer la couverture des secteurs connus pour être les plus sensibles aux fortes précipitations – glissements superficiels, coulées de boues... ([A. Lescurier](#)).

En Valais, plusieurs sites font l'objet de suivi continu et détaillé dans le cadre de programmes de recherche (ex. glacier Bonnard, [E. Bardou](#)).

Les manques les plus flagrants :

- Peu de données historiques sur les débits ([M. Lang et A. Bard](#)). De plus, il est difficile de reconstruire le débit naturel des cours d'eau influencés de longue date par les activités humaines (anthropisation, prélèvements/relâchements à buts hydroélectriques ou irrigation).
- Un déficit de stations pluvio-hydrométriques sur les massifs montagneux est constaté depuis déjà plusieurs années. Le manque de données hydrométéorologiques est ainsi encore plus criant pour les torrents que pour les bassins versants de plus grande taille ([D. Richard](#)).
- Peu de données en haute altitude, en particulier pour quantifier les hauteurs de neige ([H. Stévenin](#), [A. Lescurier](#)).
- Manque d'adéquation entre la qualité/quantité des données et la capacité des outils existants (ex.: modélisations de chutes de bloc sophistiquées appliquées sur MNT avec un pas de 10 mètres).
- Discordance d'échelle entre les données disponibles et la décision/l'action même si on dispose de réseaux de mesure performants ([H. Stévenin](#)).

- Echange de données amorcé mais encore insuffisant. Les échanges sont plus faciles entre organismes publics (en Vallée d'Aoste : [H. Stévenin](#)), mais ils présentent encore des difficultés, du fait des différences de format de données, et de problèmes liés à la propriété des données. Il faut renforcer ces échanges :
 - **au niveau régional**, collaboration (dans les deux sens) avec les gestionnaires de l'industrie hydroélectrique
 - **au niveau alpin**, via les projets Interreg qui favorisent les échanges transnationaux.

Les inventaires :

La notion d'inventaire n'est pas toujours suffisamment définie : recouvre-t-elle une base de données, système d'information, système qui capitalise des informations sur les phénomènes ? Des inventaires des phénomènes naturels existent (ex. cadastre des glaciers en Vallée d'Aoste). Pourtant pour beaucoup d'entre eux, initiés dans le cadre de projets de courte durée, le problème récurrent est celui de l'organisation après la fin du projet pour que l'inventaire en question soit maintenu à jour (ex. inventaire des phénomènes glaciaires en France initié dans le projet GLACIORISK). A. Lescurier fait remarquer le **manque de liaison** entre les résultats d'un inventaire (ici GLACIORISK) et leur **prise en compte par les gestionnaires**, « il manque un chaînon ».

Besoin d'observatoires des phénomènes naturels :

De façon générale, tous les avis convergent vers l'idée qu'il faut d'une part **augmenter le réseau de mesures**, mais également **centraliser toutes les informations pertinentes dans un observatoire** ad hoc, observatoire parfaitement instrumenté quel que soit l'aléa concerné. Pour couvrir de façon à peu près homogène les territoires alpins, l'idée d'un **réseau d'observatoires**, qui dépasse largement un territoire national est évoquée (F. Berger). Ces constatations soulèvent des problèmes variés :

(1) En termes d'acquisition et d'échange de données, l'idéal serait de parvenir à **décloisonner les réseaux**, c'est-à-dire à mettre en réseau les réseaux qui existent sur des unités spatiales variées (D. Richard). Exemple à prendre sur l'accord Vallée d'Aoste-Piedmont dans le cadre du projet stratégique Alcotra RiskNat, à envisager à l'échelle internationale (ex. réalisé dans un cadre Interreg mais n'a pas été pérennisé). Il faut en particulier veiller à respecter les points suivants ([Discussion générale 3](#)) :

- **Importance de l'harmonisation des données** (types de données et protocoles de mesure) pour qu'elles soient comparables entre les différents services, régions ou pays. En particulier la demande de maillage du terrain peuvent être différente en fonction de l'utilisateur (scientifique ou technicien) et dont donc être définie très en amont.
- **Importance d'obtenir une mise à disposition gratuite des données.** (Par exemple en Vallée d'Aoste, les services techniques ont accès librement aux données de débit des producteurs d'hydroélectricité en échange d'une collaboration sur le modèle hydrologique qu'ils espèrent utiliser pour les prévisions de production).

Ces considérations s'inscrivent parfaitement dans le cadre de la Directive européenne INSPIRE.

(2) Dans une optique d'observation de l'évolution climatique, la mise en place aujourd'hui de nouveaux réseaux de mesure implique des moyens importants (densité importante d'observations nécessaire), que les décideurs ne sont pas encore forcément prêts à mettre en œuvre. En effet, un tel observatoire ne donnera de résultats exploitables qu'à long terme. Cependant, l'exemple des avalanches en France montre que c'est grâce à l'initiative de Mougin, il y a plus de 100 ans, que l'on dispose de séries de données d'observation relativement longues sur les avalanches, exploitables aujourd'hui pour l'analyse des effets du changement climatique. Il semble donc indispensable **que les financeurs s'approprient le problème.**

La recherche pour la gestion des risques

Les constats suivants développés par [C. Vincent](#) à propos des risques glaciaires peuvent être en partie élargis aux autres phénomènes naturels :

- Les laboratoires de recherche étudient les risques uniquement en marge de leurs activités ; les chercheurs ne sont de ce fait pas facilement mobilisables lorsque des phénomènes naturels générateurs de risque se manifestent et qu'il faut intervenir rapidement pour gérer la crise.
- Les phénomènes naturels nécessitent des compétences scientifiques pointues et variées, impliquant le plus souvent des approches multidisciplinaires encore trop peu répandues (ex. poche d'eau de Tête Rousse, réunion de trois laboratoires) : besoin de mise en réseau plus forte des scientifiques.
- Il y a généralement un manque de réactivité des pouvoirs publics (préfet, maires...) lorsque la situation n'est pas déclarée alarmante, sans quoi il est très difficiles d'obtenir les moyens d'étudier le phénomène (ex. : Taconnaz) => besoin d'allouer des moyens spécifiques à la recherche.
- Lorsque des phénomènes glaciaires générateurs de risques se manifestent, peu de place est laissée aux scientifiques pour mener en parallèle des recherches pour mieux comprendre ces phénomènes. C'est pourtant justement dans les situations de crise (ex. glacier de Tête Rousse) qu'il faudrait mettre en œuvre les moyens nécessaires à la recherche, afin d'acquérir l'expérience nécessaire à l'analyse du risque (expérience limitée compte tenu de la rareté des phénomènes) => moyens à prévoir pour la recherche au sein de la gestion de crise.

Gestion intégrée

Prendre en compte le risque dans ses différents aspects n'est pas chose aisée, étant donné le nombre important d'intervenants dans le cycle de la gestion des risques naturels. Pourtant, la difficulté à faire travailler ensemble ces différents acteurs, encore souvent constatée aujourd'hui (F. Gillet), représente un problème d'importance croissante. En effet, dans un contexte de changement climatique, plus il y aura d'événements difficiles à gérer, avec des grandes incertitudes, plus il faudra travailler sur cette organisation, afin de mieux prendre en compte les problèmes de manière intégrée. Il s'agit donc de développer davantage la **notion de gestion intégrée des risques**, qui consiste à prendre dans leur ensemble les problèmes de prévention, de protection, d'alerte, de gestion de crise et de gestion post-crise par des retours d'expérience, et à faire mieux travailler ensemble les différents acteurs. Les exemples français de Rochemelon ou de Tête Rousse montrent l'importance des articulations entre les scientifiques, les opérationnels, les politiques, etc.

En France un problème à souligner est celui de l'articulation entre les services de prévention et les services de gestion de crise (coordonnés par la Protection Civile). Le cas de la tempête Xynthia, sur la côte Atlantique française en 2010, est un exemple frappant de manque de coordination et de niveau de veille insuffisant (V. Le Bidan).

D'autre part les scientifiques sont encore le plus souvent en marge de ces dispositifs de gestion des risques. Le monde judiciaire est également absent de ce schéma, alors que les questions de responsabilité des différents acteurs de la chaîne sont fondamentales.

En Suisse la gestion intégrée des risques, qui est plus développée que dans d'autres pays, n'est toutefois pas forcément systématiquement mise en œuvre car elle paraît à certains imposée par la Confédération. L'articulation entre les services qui gèrent les systèmes de prévention/protection et les services qui gèrent l'urgence, même si elle présente parfois des difficultés (T. Arborino, [Discussion générale 4](#)), est rendue cohérente par le principe suivant : toute demande de diagnostic/solution mandatée par le spécialiste cantonal du danger en question (hydrologue, géologue cantonal) à un bureau spécialisé inclut à la fois la carte de dangers, le concept de protection et le plan d'intervention d'urgence. En demandant les trois produits simultanément, le spécialiste cantonal s'assure qu'une réflexion (un cerveau) unique conçoit tout et assure ainsi la cohérence de l'ensemble ; il ne reste alors plus qu'à transférer le tout à la commune qui gère le plan d'intervention d'urgence. Enfin, la Protection Civile, responsable de la mise en œuvre et de l'intervention des états major de crise, agit toujours avec l'appui du spécialiste cantonal du phénomène impliqué (J.D. Rouiller).

La réglementation du sol est plus directement liée à la carte de danger (« carte d'aléa », selon la terminologie française) qu'en France, où la gestion du territoire est davantage du ressort de la commune.

Culture du risque et risque résiduel

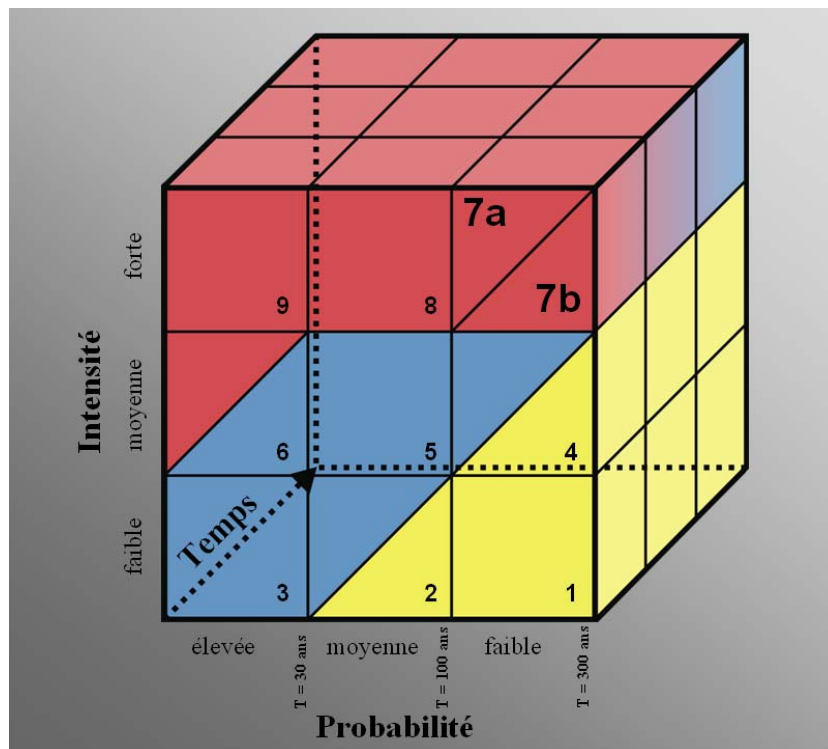
La **faible culture du risque actuelle** au sein des populations, signalée sur presque tous les territoires (voir § *Vulnérabilité*), induit différentes faiblesses qui ont des incidences importantes sur la gestion actuelle des risques naturels et les possibilités d'adaptation au changement climatique :

- un manque d'**auto-responsabilité** et d'autoprotection des individus (jusqu'à l'absence même de ces concepts en Italie, selon [H. Stévenin](#));
- un manque d'acceptation du **risque résiduel**, de la part du système judiciaire comme de la part de la population. Ce manque sociétal est amplifié par l'absence d'une définition harmonisée des **seuils d'acceptabilité**. Dans la pratique, les services techniques doivent choisir les seuils de probabilité garantissant la sécurité des biens et des personnes, alors qu'il pourrait, voire qu'il devrait revenir aux politiques (et aux citoyens) d'assumer ces choix.

L'introduction du paramètre « temps »

Pour [Tony Arborino](#), la non prise en compte de la vitesse de propagation des phénomènes dans l'analyse du risque représente actuellement un frein important à l'élaboration de stratégies d'adaptation pertinentes. En effet pour des phénomènes assez lents (inondations, glissements de terrain), les mesures existantes de gestion du territoire, d'intervention d'urgence et de culture du risque peuvent permettre de vivre avec ce danger, même dans le cas d'événements assez intenses susceptible de se produire plus fréquemment avec le changement climatique.

L'introduction du paramètre « temps » pourrait permettre de mieux valoriser les systèmes d'intervention d'urgence et de gestion du risque sur le territoire et d'économiser des moyens de construction pour les phénomènes à temps de propagation long (ce qui exclut les chutes de pierres, avalanches et en partie les laves torrentielles). Elle rendrait également plus pertinentes des analyses de sensibilité, fonction de scénarios d'évolution climatique, portant sur les phénomènes (le danger) mais aussi sur la vulnérabilité (les dégâts).



Introduction du paramètre « temps » dans la matrice des risques « intensité / probabilité » (T. Arborino)

Question 2 : stratégies d'adaptation possibles et difficultés pratiques de mise en œuvre

Le PARN a souhaité recueillir l'expérience des experts en matières de stratégies d'adaptation au changement climatique déjà mise en œuvre, ou à défaut leur avis sur la nécessité d'élaborer de telles stratégie (du diagnostic à la stratégie d'action), de façon générale ou pour chacun des risques naturels. Faut-il renforcer les divers aspects de la politique actuelle de gestion des risques, utiliser des mesures, méthodes et instruments nouveaux ? Quelles peuvent être les difficultés concrètes pour s'engager dans une telle démarche ?

L'ensemble des gestionnaires de territoire sollicités s'accorde à dire que la politique de gestion des risques naturels mise en œuvre en Italie, France et Suisse (et plus généralement au niveau européen) est globalement bonne et doit être conservée, sans nécessairement modifier ses éléments fondamentaux. Le savoir faire et l'organisation des différents acteurs sont le fruit d'une longue expérience en matière de gestion de crise liée aux phénomènes naturels. De ce point de vue, le changement climatique ne modifie pas grand-chose.

D'autre part, comme détaillé dans le § *Thème 1*, les premières évaluations disponibles sur évolutions liées au changement climatique ne suffisent pas pour établir des prévisions pour le futur, étape nécessaire pour intégrer des scénarios d'évolution fiables dans les politiques de gestion des risques.

Ainsi, en pratique, la majorité des services techniques n'ont pas mis en place d'actions spécifiques d'adaptation au changement climatique au niveau opérationnel (ex. Vallée d'Aoste, cf. [H. Stévenin](#)).

Pourtant la Directive Inondation¹ indique clairement qu'il faudra prendre en compte le changement climatique ([Discussion générale 3](#)). Pour les gestionnaires du risque, il paraît indispensable **d'étudier une stratégie commune** pour mettre en œuvre la Directive Inondation de manière coordonnée dans les différents pays alpins. Cette stratégie pourrait aller dans le sens de la formalisation d'une adaptation nécessaire ou au contraire d'une absence d'adaptation spécifique ; la question reste aujourd'hui ouverte.

D'autre part, le discours sur le réchauffement climatique, très médiatisé depuis une quinzaine d'années exacerbe les interrogations sur l'évolution de la probabilité d'occurrence des événements et de leur intensité ([J. Liévois](#)). En l'absence de réponse encore claire sur cette question (voir § Q1, *Données*), la réponse des experts est unanime sur le fait qu'il faut :

- apprendre à mieux travailler dans l'incertitude ;
- se donner les moyens de mieux surveiller le territoire ;
- concevoir des systèmes de protection robustes et souples qui permettent de gérer le risque résiduel.

Gestion de l'incertitude

A l'heure actuelle, il existe déjà de nombreuses incertitudes en matière de connaissance des aléas ; de plus la réponse du milieu naturel aux sollicitations climatiques (températures/précipitations) est variable. La prise en compte du changement climatique, auquel on peut difficilement donner une valeur absolue, ajoute une incertitude supplémentaire, particulièrement en ce qui concerne l'évolution des précipitations. Mais il est important de noter que, pour ce qui concerne les phénomènes naturels, l'ordre de grandeur des évolutions liées au changement climatique rentre le plus souvent dans la fourchette d'incertitude qui accompagne la définition actuelle des aléas : la **tendance liée à d'éventuels changements climatiques est noyée dans un mélange d'incertitudes et de variabilité naturelle existantes**.

A ces paramètres naturels s'ajoutent pour la gestion des risques des incertitudes financières, des incertitudes sur la façon dont le risque est perçu par la population et par les médias... Ces incertitudes fonctionnelles semblent évoluer plus vite que l'aléa climatique en lui-même.

¹ Directive Européenne 2007/60/CE du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation

En conséquence, en termes de gestion des risques, les experts préconisent d'apprendre à mieux gérer les incertitudes. Le changement climatique ne remet pas directement en cause les différentes approches utilisées pour gérer le risque, mais les gestionnaires devraient pouvoir mieux **analyser les conséquences de l'incertitude** (en intégrant mieux l'incertitude dans les solutions techniques), pour permettre aux politiques de faire les bons choix en matière de protection/prévention/aménagement du territoire. Un système cohérent de gestion des incertitudes devrait être basé sur des analyses de la vulnérabilité, un choix intelligent des valeurs de référence, et une prise en compte raisonnée du risque résiduel.

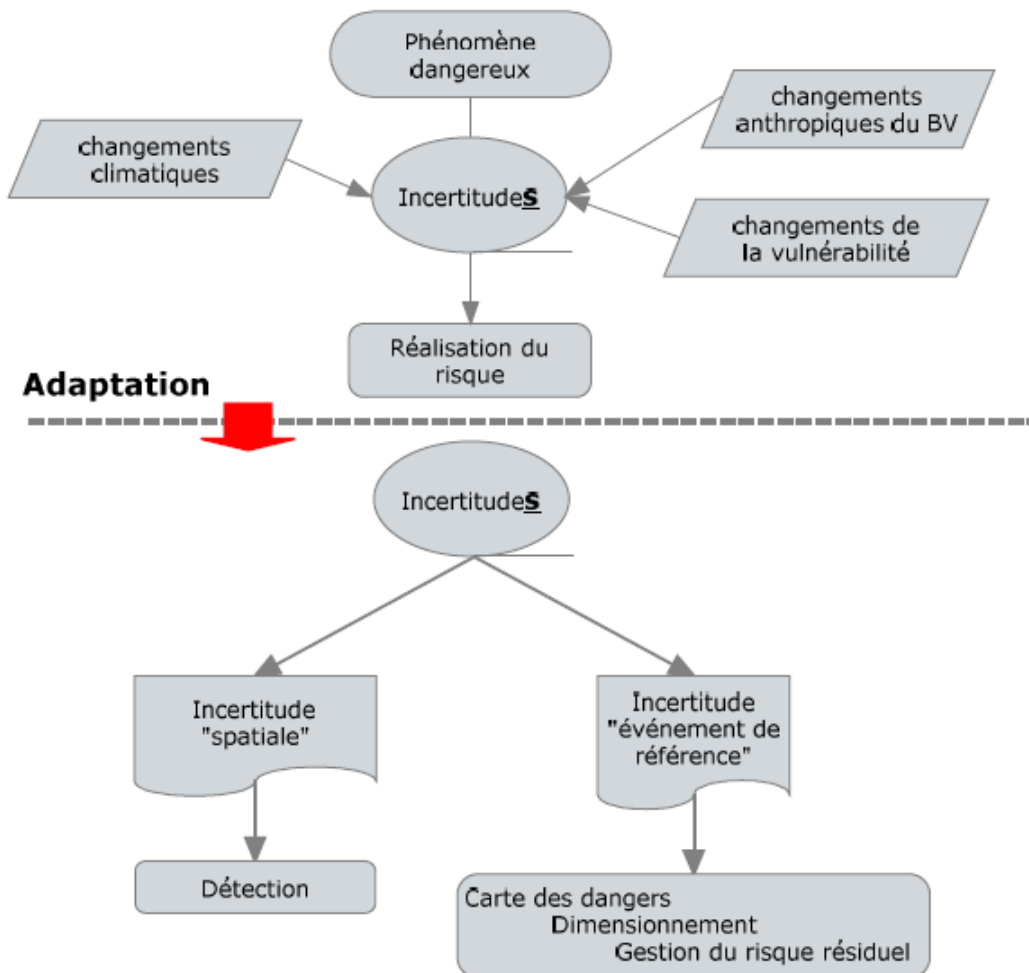


Schéma de la stratégie d'adaptation / gestion de l'incertitude en Valais (E. Bardou)

Surveillance du territoire

Afin (1) d'une part de combler le déficit de données permettant d'obtenir des prévisions d'évolution et (2) de suivre en temps réel les phénomènes générateurs de risque, l'**intensification de la surveillance dans l'espace et le temps** a été identifiée par les gestionnaires de territoires comme une réponse pour mieux se préparer à faire face à des phénomènes naturels potentiellement plus intenses et/ou fréquents. Plusieurs initiatives locales présentées au cours de la journée ont été saluées par les experts comme des démarches à généraliser.

Des exemples concrets :

Le Conseil Général de Savoie a pris la décision en 2010 d'équiper toutes les stations Flowcapt (initialement destinées à suivre le transport de neige par le vent) avec des pluviomètres pour intensifier le réseau de surveillance des phénomènes météorologiques intenses et localisés et améliorer la couverture des secteurs connus pour être les plus critiques (sensibles aux fortes précipitations – glissements superficiels, coulées de boues... cf. [présentation A. Lescurier](#)).

La Vallée d'Aoste ([H. Stévenin](#)) vise un **contrôle systématique et détaillé de son territoire** :

- des travaux sont consacrés à l'amélioration du réseau météorologique notamment en altitude (passé de 16 stations en 2000 à 110 stations en 2010).
- des vols hélicoptérés systématiques sont organisés au moins une fois par an pour détecter d'éventuels changements (entre autres formation de lacs glaciaires). Il est très important d'avoir les moyens de mettre à jour les inventaires le plus régulièrement possible.
- Les professionnels en prise directe avec les milieux de haute montagne sont sollicités pour faire des suivis systématiques très réguliers, afin d'être en mesure de détecter au plus tôt les situations dangereuses. Ex : RAVA fait appel aux guides de haute montagne pour effectuer des mesures de stabilité du manteau neigeux.

Piste de recherche :

D. Richard évoque sa réflexion autour d'un outil de classification multicritères par niveaux de sensibilité au risque. Le travail réalisé pour les avalanches (SSA – Sites Sensibles aux Avalanches, financé par le ministère français de l'environnement) pourrait être adapté pour les sites torrentiels (réflexions en cours), les sites glaciaires (abordé dans la discussion). Ce type de démarche soulève de nombreuses questions : quel en est l'usage ?, quels sont les utilisateurs ?, comment communiquer dessus ?, en direction de qui ?, etc.

Événement de référence : augmentation ou non des valeurs seuil

Pour de nombreux phénomènes, l'événement de référence sert de base aux politiques de prévention et de protection contre les risques naturels. Dans un contexte de changement climatique, le risque d'avoir des phénomènes extrêmes plus fréquents existe. La question est de savoir si la valeur seuil choisie pour l'établissement de la carte de danger / d'aléa (événement centennal par exemple) doit être majorée pour prendre en compte la modification climatique observée. Comme évoqué dans les § *Introduction* et *Thème 1*, il faut noter que les modifications de températures sont identifiées et quantifiées selon divers scénarii, mais qu'il n'en est pas de même pour les précipitations et pour les débits, qui présentent une importante variabilité spatiale et pour lesquels même le sens du changement reste incertain. Ainsi, il semble en l'état difficile de fonder une décision d'augmentation des valeurs seuils sur des bases scientifiques solides.

Les services inondation de Bavière sont à ce jour, à notre connaissance, les seuls gestionnaires de risques naturels à mettre en pratique une augmentation systématique de l'événement de référence. La prise en compte du changement climatique est inscrite réglementairement dans la loi sur l'eau depuis 2004 Bayerisches Wassergesetz, Art.43 à 50, (entre autre suite aux grandes crues de 2002 en Europe Centrale). Une majoration de 15% de la crue centennale calculée est recommandée pour le dimensionnement de nouveaux travaux de protection contre les crues. Il s'agit bien d'une recommandation, faite aux responsables des services inondation (Wasserwirtschaftsämter), qui émane d'une note interne du Ministère Bavarois de l'Environnement et de la Santé (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit).

Remarque de T. Loipesberger (WP6 AdaptAlp) : cette valeur de 15% rentre dans la fourchette de tolérance que la précision des modèles hydrauliques peut atteindre.

Remarque :

La notion d'événement de référence définit le niveau au-delà duquel la protection coûte trop chère ou est trop difficile à mettre en œuvre. Il existe donc un compromis social, qui fait l'objet de discussions, par rapport à la population, qui souhaiterait en majorité une protection totale. Les règles de définition varient d'un pays à l'autre.

En France l'événement de référence centennal, couramment évoqué dans les politiques de gestion des risques liés aux phénomènes récurrents, n'est en fait inscrit dans les textes que pour les problématiques d'inondation. Les tentatives pour insérer un élément dans ce sens pour les avalanches sont restées infructueuses. Les événements de référence sont définis par l'Etat, via le préfet qui approuve l'événement de référence pris en compte pour chaque aléa dans chaque plan de Prévention des Risques (sur une même commune, l'événement de référence peut changer en fonction du type d'aléa).

En Suisse, ce sont les techniciens responsables fédéraux qui ont force de règle pour fixer les événements de référence, en dehors de toute intervention politique. Pour les inondations, l'événement de référence est volontairement fixé par « une limite floue », entre 100 et 300 ans, au-delà de laquelle le risque devient résiduel. Cette souplesse permet d'adoucir la courbe de risque au-delà de l'événement de référence (voir [Discussion générale 4](#)).

T. Arborino **propose de ne pas modifier les valeurs seuils**, en tout cas pour les phénomènes d'inondation de plaine.

Un des arguments en ce sens est que la modification climatique est déjà partiellement intégrée par la simple prise en compte dans les analyses hydrologiques des derniers événements réalisés : en Valais, les crues de '87, '93, 2000 et 2005 sont peut-être le fruit d'une modification climatique et les valeurs enregistrées lors de ces crues influencent déjà les statistiques de débit).

Cette position est par contre adossée à l'élaboration d'une stratégie de protection qui permet de prendre en compte les effets éventuels du changement climatique (voir ci-dessous, § *Concept de protection*).

Concernant les phénomènes de type érosif (ruissellement, coulées de boue, glissements superficiel), le service des routes du Conseil Général de l'Isère, confronté de manière croissante aux problèmes de gestion des dommages sur son réseau, conclut quant à lui à la nécessité de **revoir le seuil du caractère exceptionnel** de ces phénomènes ([V. Le Bidan](#)). Pour l'instant rien n'a été formalisé en ce sens.

De l'avis de chacun, il convient de poursuivre l'effort scientifique pour mieux définir l'évolution des phénomènes naturels et disposer à moyen terme, le cas échéant, de nouvelles valeurs seuils (voir § *Q1 > Observatoires*).

Mais plus largement, les experts expriment le besoin d'une réflexion dans un cadre plus large que le seul cercle technique autour de cette problématique. Tous mettent en avant la nécessité d'une **définition harmonisée des seuils d'acceptabilité**, avec la question centrale de savoir qui (quelle instance) doit fixer les valeurs seuils. Dans la pratique, les services techniques doivent choisir les seuils de probabilité garantissant la sécurité des biens et des personnes, alors qu'il pourrait, voire devrait, revenir aux politiques d'assumer ces choix. Pour l'instant les autorités laissent les juges décider au coup par coup, souvent en fonction du niveau d'atteinte de la victime et non pas en fonction d'un référentiel général ([Discussion générale 4](#)).

Cette question, à la fois technique, politique et sociétale, est assez complètement sous-tendue par la **question du risque résiduel et de son acceptation**.

Gestion du risque résiduel

Globalement, le risque résiduel est encore assez peu pris en compte dans les politiques de gestion des risques, plus particulièrement pour les risques de montagne (exception pour les inondations, voir § ci-dessus).

En matière d'inondation, des changements vont être introduits par la Directive Inondation ([Discussion générale 4](#)). Il faudra s'intéresser à 3 aléas : faible, moyen, fort. L'aléa moyen étant relatif à la crue centennale, il faudra de fait s'intéresser à des crues plus fortes que celles envisagées aujourd'hui, ce qui renverra forcément à la notion de risque résiduel. La Directive prévoit également de cartographier l'« événement exceptionnel ». La méthodologie est en cours d'élaboration (en Valais) pour savoir s'il faudra cartographier l'événement historiquement connu (déjà pris en compte normalement en matière d'inondation s'il est supérieur à la crue centennale), ou un événement supérieur.

D'autre part la Directive instaure l'obligation de mettre en place (d'ici 2015) des plans de gestion, qui devront être réactualisés tous les 6 ans. T. Arborino espère qu'il y ait une meilleure concertation entre tous les acteurs.

Une stratégie d'adaptation possible est celle mise en œuvre au Conseil Général de l'Isère : la politique de gestion en cours d'élaboration au service des routes **prévoit notamment de fonctionner en mode**

dégradé, en associant une communication spécifique auprès des usagers pour les informer de ce mode de gestion en mode dégradé. Ce mode de fonctionnement est déjà la règle en matière de déneigement des routes, pour lequel est privilégié le rétablissement des accès les plus stratégiques, avec un fonctionnement en mode dégradé pour les accès à enjeux moindres. Cette démarche s'inscrit également dans un contexte politique de restriction de moyens.

Les concepts de protection

Le concept de protection élaboré pour la 3^e correction du Rhône en Valais prévoit, dans le contexte de changement climatique, une **stratégie de gestion souple et robuste** en matière d'ouvrages de protection et de contrôle de la vulnérabilité (cf. [présentation et note technique de T.Arborino](#), + discussions). Pour les raisons détaillées plus haut (§ *Evénement de référence*), les débits de projet ne sont pas augmentés de façon systématique (mais le calcul tient compte de l'incertitude supplémentaire liée au changement climatique). Le système de protection est conçu pour pouvoir résister à une large gamme de débits, y compris une augmentation possible liée au réchauffement climatique : le principe est de **gérer un risque de débordement possible** plutôt que de concevoir des ouvrages parfaitement dimensionnés pour une crue de référence susceptible d'évoluer :

- éviter les ruptures de digue avec des systèmes de déversement ;
- inondation contrôlée de secteurs réservés dans la plaine pour toucher un minimum d'habitants et d'habitations, avec élaboration de plans de secours = **système de gestion du risque résiduel**.

L'objectif est d'obtenir un aménagement de protection **très peu sensible aux variations climatiques**, qui peut absorber des crues plus importantes provenant de modifications climatiques avec un minimum de dégâts et pourra être adapté plus facilement le jour où un changement du débit de dimensionnement sera éventuellement décidé à cause de l'effet climatique...ou de l'augmentation des dégâts potentiels.

Le Conseil Général de la Savoie a formalisé une politique relative au **choix du niveau de sécurisation** contre les chutes de blocs le long des itinéraires routiers ([Discussion générale 2](#)). Il s'agit ici d'une politique essentiellement liée aux contraintes budgétaires mais qui peut également servir de base à une stratégie d'adaptation à l'augmentation de phénomènes naturels (fréquence et intensité) dans un contexte de changement climatique.

Le choix a été fait d'assurer un niveau de sécurisation homogène (mais non maximal) sur tout l'ensemble d'un linéaire plutôt que d'avoir une protection maximale ponctuellement. Cette politique est aujourd'hui adoptée au niveau du département, partagée par les élus. Elle n'est par contre pas connue du public et soulève plusieurs problèmes :

1- Devant un juge, le gestionnaire est toujours seul pour défendre la politique choisie, il n'est pas appuyé par un critère d'acceptabilité qui devrait être dicté par directive nationale (voir § *Evénement de référence*) ;

2- L'information au citoyen est très délicate quand il s'agit de lui faire entendre que toute la protection possible n'est pas mise en œuvre à un endroit particulièrement sensible parce qu'il vaut mieux traiter tout l'itinéraire avec un niveau de protection qui correspond aux phénomènes les plus courants.

Cette politique est couplée à une politique de conservation du patrimoine (routier + ouvrages de protection), également écrite et partagée par les élus ([A. Lescurier](#) + discussion) ; le principe est d'être capable, en cas d'accident, de justifier devant un juge comment nos travaux sont orientés.

Pour faire face aux coulées de neige (plus fréquemment étalées sur la saison), la **multiplication des trépieds** semble être une solution efficace ([A. Lescurier](#)).

Gestion de crise : augmenter la réactivité

Afin de mieux faire face à l'augmentation possible de phénomènes potentiellement plus intenses (et localisés, donc difficilement prévisible), il est important que les services techniques et les services de gestion de crise aient une réactivité importante.

L'expérience du Conseil Général de la Savoie en la matière est par exemple intéressante à partager : tous les événements se produisant sur les routes du réseau départemental (veille permanente 24h/24) font l'objet d'une information au centre de gestion centralisée (Centre d'Information et de Gestion du Trafic OSIRIS basé à Albertville), qui les répercute aux différents acteurs en charge de la gestion de crise, en coordination avec la Protection Civile ; la **présence d'un coordonnateur dans chaque vallée** permet également d'assurer une bonne coordination dans la gestion d'urgence ; l'information aux usagers est assurée via OSIRIS et la radio locale France Bleu Pays de Savoie.

Conclusions et Recommandations

Les présentations faites au cours de ce séminaire par les gestionnaires de territoire et les scientifiques ont permis de nourrir des discussions intenses d'une grande richesse, qui ont fait ressortir quelques grands éléments quant à l'adaptation de la gestion des risques naturels au changement climatique.

Sur la base des constats dressés, le PARN et les experts sollicités proposent une série de recommandations destinées aux gestionnaires de territoires mais également aux décideurs.

De l'avis de tous les experts, les premières évaluations disponibles concernant les évolutions liées au changement climatique des phénomènes naturels générateurs de risques sont actuellement insuffisantes pour établir des prévisions fiables pour le futur. Afin d'avancer dans cette direction, il semble indispensable d'**intensifier les efforts en matière d'acquisition de données** : données météorologique d'une part via des réseaux de mesure, base de données événements d'autre part via des inventaires. Cette démarche doit viser un double objectif :

- la surveillance en temps réel du territoire pour la gestion à très court terme des événements (meilleure anticipation des phénomènes localisés) ;
- l'analyse de longues séries de données utilisables pour des prévisions fines.

Les données recueillies doivent être (1) d'une densité importante dans l'espace et le temps (suivi avec mise à jour régulière) (2) homogènes dans l'espace et le temps pour pouvoir être comparées, (3) mise à disposition facilement et gratuitement, (4) mutualisables.

Pour faciliter la centralisation, l'échange et l'analyse des données, les experts préconisent la **mise en place d'un réseau d'observatoires des phénomènes naturels, pérenne et à l'échelle de tous les territoires alpins.**

Un tel observatoire pourrait intégrer un volet important sur les **données de vulnérabilité** (toutes les formes de vulnérabilité), encore trop souvent négligées dans bases de données actuelles.

Ces améliorations indispensables autour de l'acquisition des données ne sont envisageables que si **les financeurs s'approprient le problème ; les élus doivent donc être sensibilisés à l'importance de cette démarche**, qui ne portera ces fruits qu'à moyen/long terme.

En l'absence de données suffisantes pour intégrer quantitativement le changement climatique dans la gestion actuelle des risques naturels, les orientations principales sont les suivantes :

Le changement climatique ajoute des incertitudes aux incertitudes déjà existantes (variabilité des phénomènes naturels, incertitude des modèles, des financements...). Il renforce la nécessité de **mieux intégrer l'incertitude dans les politiques de gestion des risques**, d'une part dans les modèles mathématiques mais également (surtout) dans la logique globale de gestion des risques.

Dans ce cadre, l'importance de **développer une gestion intégrée des risques** devient fondamentale. Progresser vers une meilleure articulation de tous les acteurs, y compris les scientifiques, est sans doute une des voies pour faire face à un nombre croissant d'événements difficiles à gérer, avec des grandes incertitudes. En particulier, la vulnérabilité devrait être prise en compte de manière plus globale (une organisation plus adaptée des secours et de la gestion de crise contribue à réduire la vulnérabilité).

Plusieurs recommandations principales recouvrent ce thème très transversal :

- (1) **Assurer la cohérence du système de prévention/protection/secours**, en suivant par exemple la pratique valaisanne qui **couple (1) la carte de danger/le PPR (qui régit l'occupation du sol), (2) le concept de protection et (3) le plan d'intervention d'urgence / PCS (qui définit les modalités de réaction)**, au point de le faire réaliser dans le même élan et par le même bureau d'études.
- (2) Travailler sur une **logique de gestion des risques résiduels plus puissante et implémentée**. Cette démarche requiert une définition claire de la limite entre le risque contre lequel on veut se protéger et le risque résiduel. Si les recommandations ne sont pas unanimes sur l'opportunité d'augmenter ou non les valeurs seuils, selon les types d'aléas, le besoin est par contre clairement d'arriver à une **définition harmonisée des seuils d'acceptabilité**. Il devrait revenir aux politiques / décideurs de se positionner sur le choix de ces seuils.
- (3) Développer des **concepts de protection souples** (facilement adaptable à de nouvelles exigences) **et robustes** (capable d'encaisser un dépassement de l'événement de dimensionnement sans dégâts trop considérables), qui seront peu sensibles aux variations climatiques (ex. 3^e correction du Rhône); à défaut ou en parallèle, prévoir de pouvoir **fonctionner en mode dégradé** suite à un événement ;
- (4) Contrôler la vulnérabilité dans les zones exposées : liens plus étroits entre les gestionnaires de risque et l'aménagement du territoire.
- (5) Améliorer la **réactivité des services** (à défaut de la prévention, certains phénomènes devenant plus imprévisibles) pour gérer l'urgence. La pratique savoyarde peut donner un exemple à suivre, avec **la présence d'un coordonnateur dans chaque vallée** pour assurer une coordination au plus près de la gestion d'urgence.

Les progrès en matière d'acceptabilité du risque passeront probablement par un renforcement de la diffusion d'information auprès des collectivités et de la population, en particulier les enfants : **développer l'éducation** en matière de risque naturels dans les territoires de montagne (culture du risque).

Pour mieux impliquer la population dans la gestion du risque et réduire la vulnérabilité des personnes, il faudrait **associer systématiquement l'information sur la carte des dangers/risques à une information sur les règles à suivre en cas de danger**.

Pour répondre aux obligations croissantes de prendre en compte le changement climatique, il paraît indispensable **d'étudier une stratégie commune aux différents gestionnaires du risque**, en particulier pour mettre en œuvre la Directive Inondation de manière coordonnée dans les différents pays alpins. Cette démarche passe par une concertation entre les techniciens concernés mais devrait aussi s'appuyer sur une **harmonisation des lois** nationales, locales, cantonales...

Enfin, concernant la recherche sur les aléas et son lien avec les gestionnaires de territoire, plusieurs recommandations peuvent être faites :

- rapprocher les équipes qui ont des approches scientifiques variées, y compris des entreprises privées (réseau de compétences) ;
- affecter des moyens sur les diagnostics des risques potentiels sans attendre la situation de crise ;
- encourager et investir dans la recherche en parallèle de la gestion opérationnelle des risques, afin d'étendre les connaissances et de développer l'expérience sur l'analyse du risque.
- approfondir la réflexion sur un outil de classification multicritères des sites par niveaux de sensibilité au risque, sur la base du travail réalisé pour les Sites Sensibles aux Avalanches (SSA) et adapté pour les sites torrentiels, les sites glaciaires...

De façon générale, il paraît important **d'impliquer davantage les scientifiques**, qui sont encore souvent en marge des dispositifs de gestion des risques. L'établissement de liens plus étroits entre scientifiques et gestionnaires pourrait passer notamment par des **journées d'échange** (l'exemple de ce séminaire d'expert paraît fructueux).