

4. Risques hydrogéologiques et changement climatique

4.1 Film : « Alerte au climat »

Ce film - quelque peu alarmiste - aborde de manière démonstrative la question des **impacts du changement climatique régional sur les risques naturels en montagne**, à travers l'exemple du **Valais**. Différents spécialistes chercheurs ou experts des risques naturels et/ou des milieux d'altitude témoignent des connaissances et des interrogations auxquelles les conduisent leurs recherches et leur expérience. La problématique est abordée sous l'angle de récents événements catastrophiques qui ont marqué les esprits par leur ampleur exceptionnelle en Valais :

(Début)

«

- avril 1991 : un pan de montagne déstabilisé par un ancien retrait glaciaire s'écroule et détruit le village de **Randa**. 30 millions de m³ de rochers descendent. On ne déplore heureusement que des dégâts matériels.
- septembre 1993 : le Valais est battu par des pluies torrentielles. La ville de **Brig** est frappée de plein fouet par une crue dévastatrice de la Saltina. Avec l'eau, du limon et des matériaux rocheux envahissent le centre-ville sur une hauteur de 4m. Surprises chez elles, deux personnes perdent la vie.
- octobre 2000 : les pluies frappent encore et font 9 morts à **Gondo**. Le village est détruit par une ovaïlle (coulée de boue) qui frappe en pleine nuit et de multiples inondations affectent tout le Valais.

- Pendant que les experts discutent la part de l'influence humaine dans le réchauffement... :

Martine Rebetez, climatologue à l'institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), auteur du livre « *La Suisse se réchauffe* » :

« *Pendant le XXe siècle, on a eu un réchauffement de 0,7°C pour l'ensemble du globe. En Suisse, c'était le double, avec 0,5°C d'augmentation au cours des 30 dernières années. Le réchauffement prévu au XXIe siècle est compris entre 1,5 et 6°C pour la planète, et vraisemblablement approximativement le double pour la Suisse, soit entre 3 et 12 degrés au cours des 100 prochaines années (!)* ». La latitude du pays combiné à son éloignement des océans entraîne ici un réchauffement plus rapide que la moyenne.

« *Le réchauffement actuel est extrêmement rapide. Quelques degrés supplémentaires sur une aussi courte période, c'est quelque chose qu'on n'a jamais vu sur la terre, donc il n'est pas évident qu'on puisse s'y adapter. Aujourd'hui, il est tout à fait clair que le réchauffement observé est dû à l'influence de l'homme* ».

- ... les premières « victimes » du réchauffement sont les glaciers :

Martin Funk, glaciologue à l'école polytechnique de Zurich, spécialiste du glacier qui donne naissance au Rhône : « *Le front du glacier du Rhône en 1856 est marqué par une bande (crête morainique), qui représente la dernière avancée du glacier. Depuis lors il s'est retiré de plus de 1 km et il a perdu en moyenne plus de 30m d'épaisseur. Il s'agit d'un des plus grands glaciers des Alpes et il va certainement survivre encore 50 ans, mais il est sûr que si les prévisions climatiques actuelles se confirment, on va le voir progressivement disparaître* ».

S'il reste environ un demi-siècle à vivre au plus gros glacier suisse, il reste probablement beaucoup moins pour les plus petits. Le rythme de la fonte a considérablement accéléré et l'on s'attend à ce que les ¾ des glaciers disparaissent d'ici la moitié du XXIe siècle.

- Au musée alpin de Berne, le glacier est déjà présenté comme une relique :

Wilfried Haerberli, glaciologue, directeur de l'Observatoire Mondial des Glaciers (le département qu'il dirige à l'Université de Zurich depuis 23 ans est une référence internationale pour la glaciologie) :

« *Les glaciers font partie du patrimoine suisse, tout le monde regrette qu'ils disparaissent... Le retrait glaciaire s'accélère beaucoup depuis 1980 à peu près et l'on a maintenant l'impression que c'est l'influence de l'homme sur la composition de l'atmosphère qui joue un rôle décisif sur ce changement des glaciers, qui est une expression des changements climatiques. La différence de 3 à 5°C entre aujourd'hui et le climat vers 2100 est équivalente à la différence entre une période glaciaire et aujourd'hui. Nous faisons donc une expérimentation « énorme » avec la seule différence que l'homme fait cette expérience sur une échelle de temps de quelques dizaines d'années au lieu de quelques milliers d'années. C'est la vitesse du changement qui causera les problèmes principaux* ».

Sur le glacier du Rhône, une crête morainique marque l'étendue maximum du glacier à la fin du Petit Age Glaciaire (PAG) vers 1850. Depuis lors, le glacier s'est constamment abaissé, s'est retiré et l'on assiste actuellement au début de la formation d'un lac glaciaire (au front du glacier).

- Le retrait glaciaire est potentiellement générateur d'aléas :

M. Funk (spécialiste des glaciers dangereux) : « *Le problème est que le lac va s'agrandir avec l'intensification du retrait du glacier. Les icebergs qui vont s'en détacher flottent en direction de l'exutoire et risquent de boucher momentanément l'écoulement normal du Rhône. De ce fait, le niveau du lac peut monter et créer une accumulation d'eau qui risque de céder brutalement. Les conséquences peuvent être une onde de crue à l'aval causant des dégâts à Gletsch voire plus bas dans la vallée de Conches* ». En Suisse, une cinquantaine glaciers dangereux ont été répertoriés, dont le glacier du Rhône.

A côté des risques liés aux purges des lacs glaciaires, un autre danger est à craindre : **M. Funk** : « *Avec le réchauffement climatique, les glaciers suspendus au rocher peuvent dégeler et tomber. Avec la rapidité actuelle du retrait, on a quelques peines à suivre les zones qui pourraient constituer une source de dangers* ».

- Aujourd'hui, le pergélisol fond et les terrains bougent :

Au col des Gentiannes, sur les hauts de Verbier dans la vallée de Bagnes à 2900m d'altitude (Valais), un forage a été réalisé pour mesurer les températures du pergélisol (sol gelé en permanence, qui agit comme un ciment en stabilisant les pentes et les flancs de montagne, appelé aussi permafrost ...).

Emmanuel Reynard, géographe à l'Institut de géographie de l'Université de Lausanne (IGUL), spécialiste du pergélisol : « *C'est un pergélisol que l'on peut qualifier d'assez « chaud » malgré l'altitude : les températures à 20m de profondeur restent au-dessus de -1°C. Il sera donc certainement intéressant d'observer ce site à l'avenir puisque étant assez proche de 0°C, il risque de connaître une évolution assez dynamique* ». Pour analyser les mouvements du terrain, l'équipe d'E. Reynard utilise le GPS. A partir d'un point fixe, on effectue les mesures sur des repères qui bougent avec le sol.

Sur ce site, le sol fond et se tasse continuellement. Les exploitants des remontées mécaniques ont ainsi observé un tassement de 3m de la moraine sur laquelle repose l'aile nord d'une station de téléphérique, (heureusement, le bâtiment repose sur le substrat rocheux à 20m de profondeur). L'étude du pergélisol a commencé il y a environ 30 ans et beaucoup reste à découvrir sur son évolution. En certains endroits, la fonte du sol sera source de dangers pour l'homme.

E. Reynard : « *Il est certain que l'on assiste à une accélération du système. L'été caniculaire de 2003 et la première partie relativement chaude de l'été 2006 (suivie d'un net refroidissement) constituent des sortes de « coups de chalumeau », qui ont des répercussions notables. Contrairement aux glaciers qui réagissent extrêmement vite aux variations des températures et des apports en neige, le pergélisol semble être nettement plus stable d'une certaine manière. Par contre, on peut tout de même s'attendre à ce que dans des cas particuliers et à certains moments, des catastrophes liées au réchauffement du permafrost se produisent sur des secteurs localisés, également en lien avec des événements de précipitations extrêmes* ».

- Des « catastrophes » liées à la fonte du pergélisol ? :

Dans la nuit du 25 juillet 2006, suite à un orage violent en montagne, la crue du torrent Durnand qui charriait une grande quantité de boue et de rochers a entraîné l'évacuation d'un train à proximité de Martigny (le conducteur a été alerté par des cailloux sur la voie), puis son déraillement (cf. J.-D. Rouiller, § 2.3.3, p. 42). 400m de rails et un pont ferroviaire ont été emportés « comme de vulgaires bouts de bois ». Cette crue est l'exemple type d'un accident naturel qu'on n'attendait pas :

Jean-Daniel Rouiller, géologue cantonal du Valais : « *Environ 35 000 m³ de matériaux sont arrivés en bas. C'est un cas typique de quelque chose qu'on ne connaissait pas. Dans notre inventaire, ce site n'était pas ressorti comme prioritaire à investiguer. Il s'agit typiquement d'un problème de glacier rocheux, c'est-à-dire, de débris de roche pris dans de la glace interstitielle, que la fonte déstabilise. « Ce type de sites va poser problème si l'on a ce phénomène de réchauffement climatique progressif, parce que des masses importantes de sédiments peuvent être libérés puis entraînés par des événements pluviométriques tels que celui du 25 juillet 2006* ». Dans la zone de départ (2400-2500m d'altitude), les rigoles d'érosion creusées par le ravinement mettent en évidence les volumes importants mobilisés. Des blocs de taille imposante ont été déplacés avec l'ensemble.

- La fonte du pergélisol est impliquée dans la déstabilisation de ces dépôts sédimentaires :

J.-D. Rouiller : « Ces matériaux qui ont été gelés pendant plusieurs milliers d'années dégèlent progressivement. Des masses importantes sont mises en suspend et attendent simplement d'être poussées à l'aval par un phénomène météorologique. Sans l'orage du 25 juillet, ces masses ne seraient pas arrivées en bas. L'orage a favorisé les choses, « il a dissolu tout ça » et entraîné les 35 000 m³ de matériaux jusqu'au niveau de Bovernier, avec les conséquences que l'on connaît sur le train, l'effet barrage et l'évacuation de Martigny ».

Des blocs rocheux ont été transportés 2000 m plus bas, jusqu'à la confluence du torrent Durnand avec la Dranse. On trouve des blocs de plus de 100 tonnes à proximité de l'embouchure. Le pont sur le Durnand a été emporté par une lave torrentielle, dont le front s'est propagé jusqu'à la Dranse, entraînant la création d'une « poche d'eau » (retenue par effet barrage). La menace que représentait le lac qui s'est créé à l'amont est à l'origine de l'évacuation de Martigny pendant quelques heures, par mesure de sécurité (cf. témoignage de Mr Dumas, § 2.3.3 p.46). L'évacuation (quelques milliers d'habitants) s'est effectuée de nuit, mais dans le calme, la plupart des personnes ayant déjà été évacuées lors des intempéries d'octobre 2000.

J.-D. Rouiller : « Il est possible que le même phénomène se reproduise au même endroit d'ici une dizaine ou une vingtaine d'années, avec la possibilité de devoir évacuer Martigny une nouvelle fois. A ma connaissance, il n'y a pas d'autre site avec ce problème de permafrost dans cette vallée, mais il y en a dans d'autres. Avec le changement climatique, ce sont ces zones de permafrost qui vont nous habituer peut-être à des phénomènes de laves torrentielles en provenance de ces altitudes 2400-2500m, où a lieu justement la fonte de ce matériau ». Tous dangers de phénomène gravitaire confondus, une quinzaine de sites critiques menaçant routes et villages sont actuellement surveillés en permanence par le service du géologue cantonal.

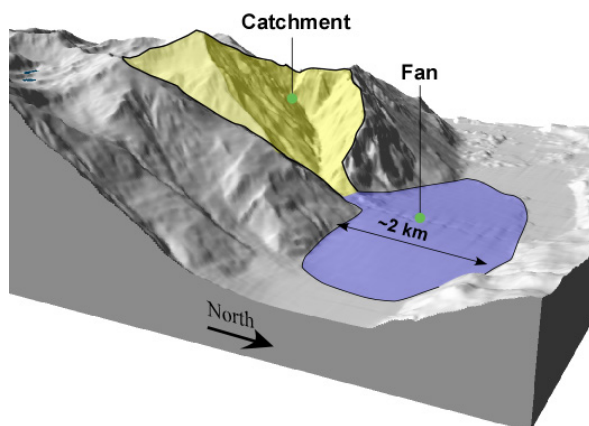
M. Rebetez : « En montagne, on a toujours eu des coulées de boue. Les laves torrentielles et la fonte des glaciers ne sont pas des phénomènes nouveaux. Ce qui est nouveau, c'est la recrudescence de ces phénomènes. Lorsqu'on a des températures très élevées comme celles de juillet 2006, des événements catastrophiques se produisent jour après jour en lien avec la fonte des glaces des glaciers ou du sol ».

- Recherches sur le phénomène des laves torrentielles :

Une vidéo illustre ensuite la viscosité et la capacité de transport d'une lave torrentielle (« des blocs de pierre de plusieurs tonnes portés comme de simple bouts de bois par une boue très dense... »). Le site du torrent de l'Illgraben près de Susten (l'un des plus actifs en Suisse) permet d'étudier ce phénomène mal connu d'un point de vue théorique, grâce à la fréquence « extraordinaire » de ses laves torrentielles : on compte 5 ou 6 laves par an (contre une lave tous les 15 ans ailleurs...). Ces laves sont capables de remodeler très rapidement le lit du torrent : le lit actuel d'une profondeur de 15m a été formé en l'espace d'une heure, après comblement de l'ancien lit sur 15m de hauteur en l'espace d'une lave torrentielle ! Ces images illustrent la force extrême du phénomène ainsi que sa puissance de destruction.

Question : « Faites-vous un lien entre la recrudescence de ces laves torrentielles et le réchauffement climatique ? »

François Dufour : « Très certainement, étant donné qu'on sait que les laves torrentielles sont dépendantes des intensités de pluie, qui elles-mêmes sont plus importantes qu'avant, donc on aura un potentiel de laves torrentielles plus important. Je ne dirais pas qu'on va tout d'un coup être « inondés de laves torrentielles », mais il est clair que le potentiel de danger va augmenter avec les intensités de pluie ».



Vue 3D du BV de l'Illgraben - Source : www.quanterra.org
(3D view from Atlas of Switzerland, Swisstopo)



Passage du front de la lave torrentielle du 3 juin 2000
(~ 5 km/h et 10 000 m³) - Source : www.crealp.ch_ena-vs

Pour étudier les laves torrentielles venant du cirque montagneux, l'institut fédéral de recherche sur la neige et le paysage (WSL) a équipé le lit du torrent avec divers instruments de mesure permettant de filmer, peser, calculer la vitesse des laves et même de donner l'alarme. Le dispositif se déclenche automatiquement dès que le sol se met à trembler sous l'effet des laves. Sur la vidéo, la lave filmée s'écoule au-dessus d'un seuil au niveau d'une section transversale de 10 m de large. Le front mesure 3m de haut, mais « *on peut envisager un front de 10m lors d'un événement beaucoup plus important et alors, ça déborderait* ». L'écoulement très dense porte des blocs pesant entre 10 et 20 tonnes, dans un bruit assourdissant. L'effet est dévastateur : « *si par hasard une lave torrentielle comme celle-là déborde, rien ne lui résiste ; seule une digue de 10 à 20m de haut pourrait la dévier, mais pas lui résister, donc il est clair que si elle arrive sur un village, elle provoque une catastrophe* ».

- Le point sur les risques géologiques en Valais :

J.-D. Rouiller :

« *Du point de vue des risques naturels, le Valais est dangereux, par rapport au plateau suisse ou à Genève. Dès l'instant où l'on a des falaises, des pentes, il y a quelque chose qui risque de glisser sur la pente. Il y a une mode actuellement qui fait que l'on voudrait être garanti et couvert contre tout type de risque, mais cette mode coûte cher : si l'on veut l'appliquer en Valais, c'est 3 milliards de FrCH pour la protection des 2200 km de routes cantonales. Tout le monde sait que ce n'est pas possible, donc la réalité c'est de vivre avec, et puis d'essayer de limiter au maximum les gros événements ; malheureusement on ne peut pas toujours prévoir les petits événements, à moins qu'on fasse tout en tunnel...* »

- Le risque torrentiel à Brigue :

Dominique Bérod, est responsable valaisan des routes et cours d'eau. Sa tâche consiste à gérer les risques liés aux rivières proches des installations humaines. A ce titre, la crue dévastatrice de Brigues en 1993 est un des pires souvenirs de sa carrière. La catastrophe est encore dans toutes les mémoires. Presque 5 ans de travaux ont été nécessaires pour revenir à la normale et réaliser divers aménagements de protection. Le montant des dégâts et de la reconstruction : 500 millions de FrCH. Question : La rivière causera-t-elle encore des ravages ?

D. Bérod : « *En septembre 1993, on a connu une crue qu'on pensait être gigantesque, en octobre 2000 la crue était encore plus importante, donc il y a toujours des scénarios possibles... Par contre, grâce aux travaux effectués entre 1993 et 2000, avec une crue encore plus importante, les dégâts sont aujourd'hui cent fois moindre. On a donc des moyens pour trouver les bonnes solutions* ». La bonne solution est un pont levant sur la Saltina : en 2000, le dispositif a très bien fonctionné. En montant, le pont a laissé plus d'espace aux débris et à l'écoulement, et ainsi évité la formation d'un bouchon qui en 1993 avait fait déborder la rivière. Ce dispositif efficace est nécessaire : à Brigue, pas moins de 3 crues dites centennales se sont succédées en l'espace de 13 ans.

D. Bérod : « *Mon sentiment est que l'on va avoir à la fois une répétition d'orages très violents, que l'on a déjà vu en intensité mais peut-être pas en durée, et en tout cas pas de manière aussi fréquente. Les fortes crues et les fortes précipitations qui durent 2 ou 3 jours entre août et septembre pourraient se produire sur une durée plus étendue, de juillet à fin octobre voire novembre, avec des précipitations sur une durée de 5 jours au lieu de 3 jours. Donc pas forcément de grandes nouveautés, mais des petites variations qui peuvent faire une grande différence sur la formation des crues* ».

Les périodes à risques seront donc plus étendues et plus fréquentes. La cause principale serait le réchauffement de la Méditerranée, qui produit plus d'humidité. Sous l'effet de cette énorme pompe à chaleur, les nuages passeraient plus facilement la barrière du Simplon, arrosant les versants nord des Alpes et augmentant le risque de crue.

- L'évolution de la ressource hydro-électrique :

Le réchauffement climatique est source de dangers pour les uns et source de profits pour d'autres. S'il est aujourd'hui des gens que la modification du climat réjouit, ce sont bien les exploitants d'usines hydro-électriques, et les propriétaires de barrages.

Jean-Michel Bonvin : « *Evidemment pour nous la fonte des glaciers en tout cas à court ou moyen terme, c'est du pain béni, puisque nous sommes en train de fondre des précipitations qui sont tombées il y a quelques dizaines, centaines ou milliers d'années. Cette diminution de stock, pour nous, c'est de l'eau qui va être stockée dans le barrage et qui va produire de l'énergie* ».

Question : « *N'avez-vous pas le sentiment que le capital sera bientôt épuisé ? Est-ce que ça vous inquiète* ». Réponse : « *Dans un terme d'une dizaine d'années, effectivement, les premiers soucis peuvent venir, mais qu'on soit là ou non, l'eau va quand même couler, donc ce n'est pas nous qui*

entamons le capital. Le capital fond par le réchauffement des températures. Il faut donc intercepter l'eau puis la turbiner, la prendre au passage ».

Au barrage de la Grande Dixence, la moitié des eaux sortant du collecteur principal est d'origine glaciaire. A raison de 50 m³/s, le lac d'accumulation doit son existence à la fonte de 35 glaciers avoisinants, qui représentent une véritable manne naturelle, du moins pour le moment...

« On ne va pas le chercher ce profit, ce profit est là, et la disparition des glaciers se produira de toute façon. Si nos parents ont réussi à faire des aménagements comme Grande Dixence, nos enfants pourront se débrouiller en quelques siècles, j'espère... ».

- Le coût des risques torrentiels en Valais :

En attendant, dans la plaine, ce sont plutôt les problèmes qu'on encaisse : l'heure est aux dépenses. Par exemple, en octobre 2000, au moment où Brig échappait à une deuxième catastrophe, le village de Baltschieder, près de Visp, a été dévasté par une lave torrentielle.. Un fort débordement d'environ 200 000 m³ de matériaux fins à grossiers se sont déversés à travers une bonne partie du village. D'importants travaux de protection ont été entamés juste après la crue, dont certains sont encore en voie d'achèvement. Une digue a été construite pour protéger le village.

D. Bérod : *« Les événements eux-mêmes ont été absolument tragiques, ça a été un grand choc pour la commune, qui a dû réapprendre à vivre avec cette rivière avant de voir se développer le projet puis les travaux... ».* En amont, un barrage de 20m a été édifié pour retenir les matériaux charriés par la rivière. Les premiers travaux ont coûtés 5 millions de FrCH et 4 millions de FrCH supplémentaires ont été investis pour les étapes ultérieures (seconde digue à l'arrière), ainsi que quelques millions de FrCH prévus pour les travaux définitifs.

En Valais, 20 millions de FrCH sont dépensés chaque année pour contrer le danger des rivières. A ce jour, personne n'a pu établir le montant de la facture globale du réchauffement climatique en Suisse. A l'avenir, elle pourrait s'élever à des dizaines de milliards de FrCH. Il faudra payer pour gérer le trop d'eau mais aussi le trop peu, car à terme, c'est tout le cycle de l'eau qui pourrait être bouleversé.

- Le cycle de l'eau bouleversé ? :

W. Haerberli : *« Aujourd'hui on a l'impression qu'on va toujours avoir de l'eau parce que les glaciers et la neige fondent, et que même s'il fait très sec et chaud en été comme en 2003, il y aura toujours les montagnes qui vont donner de l'eau. Mais si l'on imagine un été 2003 vers la fin du XXIe siècle avec la disparition des glaciers et la fonte des neiges, alors qu'est-ce qui va alimenter le Rhin et le Rhône ? On pourrait avoir des conditions de sécheresse avec des implications très graves pour l'énergie nucléaire, les poissons, l'agriculture, la végétation, etc. »*

- Conclusions du film :

M. Rebetez : *« Il faut éviter de reporter l'effort sur les générations futures. Ces efforts doivent être faits aujourd'hui parce que c'est aujourd'hui que ça coûte le moins cher, avec les conséquences les plus favorables. On est au début du réchauffement, s'il l'on évite d'injecter trop de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, la diminution sera beaucoup plus facile. Plus on prend les choses en main tôt, plus on pourra être efficace ».*

Pour certains experts, le climat serait déjà déterminé jusqu'en 2030. Des mesures entreprises aujourd'hui ne produiraient donc guère d'effet avant la moitié du XXIe siècle. Les impacts futurs du réchauffement génèrent encore beaucoup d'incertitudes, sauf peut-être pour ceux qui se projettent bien au-delà, dans des millions d'années :

J.-D. Rouiller : *« Un jour, on aura une pénéplaine : les montagnes seront complètement érodées, la vallée du Rhône aura été réhaussée par les matériaux déchargés et l'on aura une belle plaine ressemblant au plateau suisse. Il n'y aura sûrement plus de valaisans à ce moment là ».*

»

(Fin)

Discussion (10) – L'impact des changements climatiques sur les risques naturels en montagne

E. Leroi : *« Ce film embrasse une thématique beaucoup plus large que celle qui est traitée dans le cadre du projet RiskYdrogé. L'intérêt de le montrer était multiple : d'une part pour montrer les problèmes liés à la communication, il est évident qu'il ne faut pas prendre au pied de la lettre tout ce qui est dit dans ce reportage, avec des scénarios un peu catastrophistes ; d'autre part il pose le problème de l'évolution, notamment à travers les approches statistiques, avec des séries temporelles*

qui vont évoluer et qui n'auront plus de stabilité dans le temps : il faut identifier les problèmes que ça nous pose, y compris sur les questions de prévision, de prédiction et de dimensionnement ».

J.-M. Vengeon : « Je voudrais vous informer du démarrage dans le cadre du programme Interreg Espace Alpin (qui va de la Côte d'Azur à la Slovénie) d'un projet stratégique (regroupant non pas des organismes scientifiques mais des administrations régionales et nationales, avec 22 partenaires dans l'arc alpin) nommé ClimChAlp. Il traite de l'impact du changement climatique sur les risques naturels mais aussi sur l'économie, les transports, le tourisme, l'attractivité naturelle des territoires, etc. Ce projet a démarré en mars 2006 et se termine en avril 2008. Il préfigure l'un des axes essentiels du futur programme Espace Alpin - Interreg IV (reconduit sur la période 2007-2013) : cette thématique sera au centre d'une bonne partie du programme.

Dans l'espace alpin qui est sous dominance germanophone, la question environnementale et la question de l'impact du changement climatique sur le milieu, sur les stratégies de gestion du milieu, sur les nécessités d'adaptation, sur les opportunités économiques vont être au cœur du programme. Il était intéressant de faire le lien car pour l'instant, dans les échanges transfrontaliers, cette dimension n'a pas été tellement mise en avant au niveau des Alpes occidentales. On s'est plutôt préoccupé des méthodes et des outils pour mieux gérer et mieux prendre en compte les risques naturels, avec des hypothèses de travail et les données existantes aujourd'hui. Mais on ne peut pas faire l'impasse sur la question suivante : est-ce que les données et les hypothèses de travail qui servent à concevoir et à dimensionner nos stratégies de gestion des risques naturels sont amenées à changer ?

Dans ce contexte, pour le compte de la région Rhône-Alpes, le Pôle Grenoblois met en place une plateforme bibliographique et de recueil d'avis d'experts à destination de la communauté à la fois scientifique, technique et administrative, pour essayer de faire le tri dans l'abondante bibliographie existant sur ce sujet (et qui rend difficile le choix des hypothèses à prendre en compte...). Cette plateforme sera mise en ligne sur le site internet du Pôle Grenoblois (<http://www.risknat.org>) à partir du printemps 2007. L'objectif est de séparer pour les différents impacts, ce qui est réellement observé (qui résulte de mesures), ce qui est modélisé ou qui résulte de calculs, et ce qui est du domaine de la simple conjecture ou hypothèse, de l'extrapolation (farfelue ou non) non avérée sur de possibles déviations des données extrêmes qui sont bien souvent à l'origine des risques naturels. On essaie de faire ce tri pour que les scientifiques et les techniciens puissent plus facilement évaluer dans quelle mesure ils ont à prendre en compte une modification de leurs hypothèses de travail à l'avenir ».

J.-D. Rouiller : « Sur ce film, j'aimerais ajouter que la position de Mme Rebetez n'engage qu'elle. Ce film a précédé un débat sur la Télévision Suisse Romande (TSR), où elle a été « opposée » au professeur Georges Rossi, géographe à l'université de Bordeaux. Elle n'a pas pu vraiment étayer son pessimisme. Contrairement à ce que laisse penser le film, Mme Rebetez n'est pas une scientifique « pure et dure » du changement climatique, elle ne travaille pas sur les modèles ; sa formation littéraire en fait avant tout une géographe apte à vulgariser les résultats scientifiques. Pour situer, on pourrait dire que dans ce sens elle est une « mini Le Roy Ladurie », en référence aux travaux de l'historien Emmanuel Le Roy Ladurie, qui lui accompagne au moins son texte de graphiques qui étayaient ses affirmations. Dans ce débat le professeur Rossi a été beaucoup plus réaliste : il estimait que les pronostics de Mme Rebetez - qui parle de +5°C en l'espace de 50 à 100 ans, voire le double en Suisse, étaient totalement exagérés et n'avaient pas de base avérée.

Donc ce que je retiens, c'est que au sein des variations climatiques qui n'ont cessé d'agiter la terre durant le Quaternaire, nous sommes actuellement dans une phase de réchauffement qui a succédé à celle de refroidissement du Petit Age Glaciaire. Comme l'a démontré Leroy Ladurie, à l'état naturel ces variations progressent très lentement. Le PAG s'est étendu sur une durée de 400-500 ans, tandis que les périodes chaudes peuvent s'étendre sur plus de 1000 ans.

On a donc un phénomène naturel à la base, qui est certainement en train d'être amplifié ou accéléré par les conséquences de l'activité humaine. Mais il ne faut pas faire croire que le jour où l'on aura maîtrisé les émanations de gaz à effet de serre, le réchauffement va cesser. Il sera moins intense. *Les variations climatiques en soi ne sont absolument pas sous contrôle humain, par contre l'homme est certainement responsable des pointes telle celle dans laquelle nous entrons aujourd'hui* ».

J.-M. Vengeon : « Il y a 2 angles dans ce débat : d'une part l'angle « réalité » et impacts de l'activité humaine sur le climat (et nous ne sommes pas la communauté scientifique et technique la plus appropriée pour mener ce débat) et d'autre part la question de savoir comment prendre en compte les changements déjà observés (à l'échelle du XXe siècle) et les hypothèses des groupes internationaux ou nationaux (IPCC/GIECC) qui projettent une augmentation des températures de 1,5 à 6°C d'ici à 2100.

C'est sur ce deuxième aspect que notre communauté thématique dédiée aux risques naturelle doit se mobiliser. On ne peut prendre aucun chiffre comme donnée de travail sans sa fourchette d'incertitude, qui est énorme (entre 1,5 et 6°C, avec des variations spatiales qui peuvent être importantes, comme cela a été observé jusqu'à présent). On ne peut pas prendre en compte quelque chose de « brutal » comme hypothèse de travail. La question à creuser est : *quelle sont nos capacités d'adaptation et de flexibilité dans nos stratégies de gestion et d'intervention pour faire face au fil du temps aux changements qui vont effectivement se produire ?*

Il s'agit aussi d'évaluer dans nos stratégies ce qui nous engage pour trop longtemps, par exemple sur des données de dimensionnement relativement rigides, qui peuvent s'avérer contre-productives dans le cadre de changements des hypothèses de travail dans quelques décennies. C'est, je crois - plutôt dans cette direction là que les problèmes vont se poser et que les projets et les échanges vont s'organiser. A titre d'exemple, dans la plateforme bibliographique du PGRN, on essaie de lister dans la bibliographie les impacts traités sur les différents types de risques, et d'ouvrir un dialogue au sein du groupe d'experts (qu'on espère voir s'élargir au fil du temps), afin de savoir, pour un aléa donné, si l'on peut s'attendre à une modification de l'intensité, de la fréquence, de la temporalité (période d'apparition) ou de l'extension géographique des phénomènes naturels générateurs d'aléas ? Sur le très bon exemple vu dans le film du problème des laves torrentielles liées à la fonte du pergélisol, est-ce que de nouvelles zones vont être affectées par cet aléa ?

On ne peut plus faire l'impasse sur cette question et il faut arriver à faire un travail relativement rationnel de remise en cause progressive et assez douce de nos hypothèses de travail. Il faut également se mettre en état de veille et choisir les moyens que l'on se donne pour observer l'évolution effective des conditions naturelles et environnementales dans les milieux que l'on gère ».

J.-D. Rouiller : « Nous, praticiens qui sommes plutôt intéressés par les effets météo-climatiques sur le sol, nous ne pouvons que prendre acte du réchauffement actuel. Ce que l'on sait notamment c'est que les chutes de pierres sont et resteront en grande partie imprévisibles. Aux endroits où il y a de l'activité, on les prend en compte, mais là où il n'y a pas d'activité, c'est un peu le hasard. La nature est ainsi faite que l'altération des roches ne cessera pas de produire des chutes de pierres au bas d'une pente... Par contre, ce qui n'est plus acceptable aujourd'hui c'est de ne pouvoir prévoir ou du moins anticiper les événements de grande ampleur comme les éboulements en masse du type Randa en 1991 et Val Pola en 1997. Comme aussi les laves torrentielles issues de la fonte du permafrost qui pourraient affecter les zones d'activités humaines (habitat, voies de communication, etc.).

Les *inventaires* d'aujourd'hui ne doivent plus porter sur les zones de permafrost. On sait que celui-ci est grosso modo partout au-dessus de 2400 m selon l'exposition des pentes. Il faut surtout procéder au recensement des zones à risque, à savoir tous les sites « permafrostés » pouvant libérer potentiellement des laves torrentielles qui pourraient toucher les zones d'activité humaine. La crue torrentielle du Durnand n'était pas prévue ; le torrent était bien dans l'inventaire, mais pas prioritaire, peut-être parce qu'on n'est pas assez incisifs et assez rapides dans nos inventaires, mais aussi parce que le dernier événement s'était produit il y a 100 ans, et le phénomène d'oubli joue... Concernant les grands événements, ce n'est plus excusable de ne pas les prévoir ».

A la question de savoir ce qu'en pensent les juges suisses, J.-D. Rouiller : « Dans l'affaire des avalanches d'Evolène (12 morts en 1999), où ont été aussi bien touchées des chalets que la route cantonale, le tribunal fédéral, qui est en Suisse la dernière instance de recours, a confirmé le jugement du tribunal cantonal, à savoir la condamnation pénale avec sursis d'un mois pour le maire et deux mois pour l'observateur habilité à donner un préavis quant à la dangerosité de l'état du dépôt neigeux en altitude. Ses conclusions étaient: ces bâtiments étaient cartographiés dans une zone bleue. Or la dangerosité déterminée à ce moment-là par l'institut fédéral de la neige et du paysage proposait l'évacuation préventive de ce type de zone, ce qui n'a pas été fait ».

J.-M. Vengeon : « Sur cet aspect juridique et réglementaire de la prise en compte des risques, on peut rappeler la définition en France du Plan de Prévention des Risques (PPR), qui s'applique au risque naturel *connu prévisible*... Dans la définition même de ces outils, il y a donc à la fois une notion de connaissance et aussi d'extrapolation des connaissances du passé dans le futur (qui dit « prévisible » dit projection...). Le problème est qu'on a du mal à projeter dans le futur des scénarios d'évolution de ces données. Donc l'aspect réglementaire et juridique qui s'enclenche en aval de ces processus et de ces outils de gestion des risques est quand même mis en cause par cette question du changement progressif des conditions naturelles prévalentes dans les Alpes ».

E. Leroi : « Je voudrais faire un commentaire à destination des gestionnaires, par rapport à ce qui a été dit par J.-D. Rouiller sur les nombreux petits phénomènes fréquents dont on a du mal à prévoir la localisation et surtout sur les grands phénomènes, contre lesquels il faut se prémunir. Je ne partage pas nécessairement ce point de vue : je pense que les grands phénomènes ne seront pas forcément ceux qui vont poser le plus de problèmes dans nos pays en termes de gestion et de dommages vis-à-vis des personnes.

Il me semble que les changements climatiques ne doivent pas correspondre à « l'arbre qui cache la forêt » : les activités anthropiques génèrent aussi des changements très importants et beaucoup plus rapides que les changements climatiques. Les mutations d'activités sur le territoire tels que l'abandon de l'agriculture (que connaissent très bien les gestionnaires du RTM) entraînent des mutations très importantes au niveau des écoulements superficiels.

Par exemple, à Menton en 2000, un phénomène pluvieux, d'intensité assez forte mais pas exceptionnelle, a déclenché 400 glissements de terrain superficiels. Simplement, il n'y avait plus d'agriculture pour entretenir les versants, pour canaliser l'eau, ce qui fait qu'avec un seul événement. Pour une commune, ce genre de petits phénomènes avec des routes coupées et 70 MFrF à prévoir pour les travaux après l'événement participe largement à la déstabilisation du tissu économique. Ce ne seront donc pas forcément les grands phénomènes qui seront les plus difficiles à gérer. Sur ce sujet, je souhaiterais avoir le point de vue des gens de terrain et des gestionnaires ».

J.-P. Requillart : « Côté Français, on n'est peut-être pas tout à fait dans la même situation que nos collègues du Valais et du Val d'Aoste, au moins concernant les phénomènes de haute montagne. Ce qui me trouble un peu par rapport à ce qui vient d'être dit, c'est qu'on attribue peut-être trop facilement au changement climatique beaucoup d'événements, dans la mesure où l'on n'a pas d'observatoire sur le passé qui soit solide, sauf dans de rares domaines. Aujourd'hui, lorsqu'il se produit un phénomène, on n'a peut-être pas une analyse suffisante des causes amont, parce qu'on n'a pas assez de temps pour discriminer ce qui doit être mis sur le compte de tel ou tel facteur... ».

J.-M. Vengeon : Je pense que J.-P. Requillart a tout à fait raison. Il y a une vraie difficulté à appréhender la réalité non pas du réchauffement, mais de ses effets. Par exemple, une thèse très intéressante a été menée sur cet aspect au Cemagref de Lyon par Benjamin Renard, sous la direction de Michel Lang. Ils ont cherché dans les séries hydrométriques disponibles de toutes les rivières de France (mesures de débits) sur les 120 et plus particulièrement 40 dernières années s'il y avait une modification non pas du régime moyen caractéristique de ces cours d'eau mais des extrêmes, à la fois en étiage et en crue. Il y a donc eu un traitement statistique particulier pour essayer de traiter ces problèmes d'extrêmes, avec un aspect méthodologique, qui est aussi une voie de recherche et d'amélioration des connaissances (sur l'aspect « reconstruction des séries de données », la France n'est pas à la pointe de la constitution de bases de données utilisables et valorisables dans le temps...).

Les résultats de ces recherches montrent que sur les 40 dernières années, on n'observe pas de modification significative des extrêmes de débits des cours d'eau français attribuable au changement climatique. Il n'y en a pas globalement même si certaines rivières connaissent des changements sur les extrêmes, mais ce n'est pas organisé régionalement de manière à ce que l'on puisse dire qu'il y a une influence locale du climat qui contrôle ces évolutions.

Ces efforts d'observation de paramètres pertinents pour les risques naturels (que sont les extrêmes de débits) commencent à se mettre en place et il faut absolument les soutenir et les maintenir. En effet, ces méthodes statistiques désormais disponibles (qu'on pourrait peut-être encore améliorer), ces séries de données et cette question du changement climatique renforcent l'intérêt qu'on peut avoir en temps

que gestionnaire de différents ouvrages ou de différentes données pour bien les archiver, les stocker et les valoriser au niveau national. Et ce n'est pas parce qu'on n'a pas distingué d'évolution avec cette méthode là que l'on n'en détectera pas s'il on refait le même exercice dans 20 ans. C'est aussi ça de se préparer aux impacts du changement climatique : se préparer à les détecter... ».

Manlio Ramasco (Arpa Piémont) : Je suis complètement d'accord avec J.-P. Requillart. Effectivement, on dispose d'au moins 150 ans de connaissances sur l'histoire de ces phénomènes... Je trouve qu'il est risqué d'attribuer chaque phénomène nouveau au changement climatique. Les données disponibles nous racontent l'histoire de phénomènes qui se sont passés dans le domaine alpin mais aussi dans le domaine extra alpin (reliefs collinaires), qui peut être confronté à des situations très problématiques. La dernière est celle de 2000, où se sont déclenchés des glissements de terrain soit superficiels soit profonds, qui sont liés à des systèmes de pluie et des situations météorologiques qui s'étaient déjà produites dans les années passées.

Il faut donc faire attention à la façon dont on interprète les phénomènes. Il peut être réducteur de penser que les changements climatiques entraînent systématiquement la fonte du pergélisol. C'est vrai qu'ils sont la cause de certains phénomènes localisés, mais il y a toute une série de phénomènes sur les Alpes, tels que les glissements de terrain qu'on avait déjà étudié en 1990, qui sont liés à des situations très particulières. Selon moi, il faut bien distinguer les caractéristiques de chaque type de phénomène : à chaque type de phénomène correspond une problématique très particulière.

J.-D. Rouiller : « J'aimerais compléter... L'idée, ce n'est pas de mettre tout sur le dos du changement climatique. Parlons plutôt des variations climatiques qui ont toujours affecté la surface terrestre et continueront inévitablement de le faire. Si l'on va vers le froid, cela fige la dégradation des roches (il n'y a qu'à voir en hiver, quand tout est gelé et que rien ne se passe et que tout se déchaîne au printemps avec la fonte...). Si l'on va vers une période de réchauffement, cela va accélérer la dégradation des roches ; je crois que c'est tout... Ce qu'on peut dire dans les Alpes, c'est que le permafrost se situe au-dessus de 2400m d'altitude et que le réchauffement va agir surtout à ce niveau là en altérant la roche.

S'il se produit les éboulements de haute altitude comme ceux qui se sont produits récemment dans le massif du Mont Blanc en Suisse ou ailleurs, tant qu'ils n'ont pas un impact direct sur les activités humaines (à part peut-être sur les alpinistes), on ne s'en occupe pas. Par contre, si ces variations climatiques ont à terme un impact sur les dépôts d'altitude tels que les glaciers rocheux, qui par le biais de torrents peuvent être amenés à toucher les zones d'activité humaine, il faut alors s'en occuper. Je crois qu'il ne faut pas aller plus loin... ».

J.-M. Vengeon : « Je crois qu'il était important d'avoir cette ouverture ce matin car c'est une question transversale aux différents risques naturels, qui se pose sur la façon même de les prendre en compte. Concernant l'influence de la température sur l'altération des roches, certes..., mais le principal moteur de déclenchement des phénomènes hydro-géologiques, ce sont surtout les précipitations. La fourchette d'incertitude est déjà relativement importante sur les températures, mais en ce qui concerne la modélisation et les hypothèses sur les précipitations dans un climat changeant, il y a carrément absence de consensus sur un scénario global et même local ou régional. On sait que cette question est posée et concernant par exemple la modélisation de l'humidité dans l'atmosphère, on ne sait pas prévoir la tendance régionale pour les Alpes, même si la tendance globale commence à être cernée. Le challenge des prochaines années porte donc plutôt sur *l'observation et la modélisation des précipitations à venir* ».