

4. Prise en compte du changement climatique dans la gestion du risque inondation : l'exemple du Rhône en Valais – Tony ARBORINO (VS-Rhône)

Cette présentation expose l'expérience acquise en Valais dans le cadre de la stratégie de protection contre les crues mise en place pour la troisième correction du Rhône, « un système particulier qui a l'intérêt d'être à une échelle suffisamment grande pour qu'on y retrouve tous les phénomènes en jeu dans la protection contre les crues ». Le « haut Rhône » présente des caractéristiques de rivière torrentielle, et pose des problèmes de gestion des ouvrages suite aux ruptures de digue qui se sont produites lors des crues d'octobre 2000.

1. Identification des risques

En matière d'analyse hydrologique, il existe déjà aujourd'hui énormément d'incertitudes ; **Les variations climatiques sont une source d'incertitude supplémentaire.**

Le Valais réalise des cartes de dangers (Fig. 16) et travaille sur les dégâts potentiels, donc travaille sur une analyse de type risque ». Par contre ce qui manque, c'est (1) d'implémenter dans cette méthodologie les nouveaux scénarios d'évolution climatique et (2) de faire des analyses de sensibilité portant sur l'hydrologie, sur l'hydraulique (le danger) et sur la vulnérabilité (les dégâts).



Fig.16. Scénario d'inondation dans la plaine du Rhône en Valais

2. Stratégies d'adaptation et difficultés

Il s'agit de **prendre en compte l'incertitude supplémentaire** entraînée par les modifications climatiques dans la définition de scénarios de réalisation de l'aléa sur le terrain et dans la gestion territoriale, **en dimensionnant les ouvrages de manière adéquate** et **en interdisant l'habitat et la construction dans les secteurs exposés.**

La politique de gestion des risques mise en œuvre en Suisse (et de manière semblable au niveau européen) est basée sur :

- une analyse des aléas,
- l'élaboration de scénarios,
- une définition du danger qui croise les notions d'intensité et de probabilité,
- l'estimation des dommages (dégâts potentiels),
- la définition de mesures de protection durables résistant à ces incertitudes et souples face aux inévitables adaptations futures.

Il s'agit d'éléments absolument fondateurs, qui sont aujourd'hui stables et qu'il paraît fondamental de porter à connaissance et de valoriser auprès des décideurs politiques et de la population. Il paraît **important de ne pas perdre cette chaîne logique et de la valoriser**, même si elle est aujourd'hui perturbée par de nouvelles hypothèses. Cette politique de gestion du risque est bonne et doit être conservée, sans nécessairement modifier ses éléments fondamentaux. Il faut «juste» intégrer ce nouvel aléa-scénario et mieux réfléchir les solutions durables.

En matière d'analyse de dangers dans la plaine du Rhône, la valeur précise de la période de retour des crues débordantes (par ex. 90, 100 ou 110 ans) n'est pas fondamentale ! Ce sont les règles d'urbanisation et l'interdiction ou non de construire dans ces secteurs qui sont fondamentales. « La carte de danger aujourd'hui vire au rouge avec les outils de gestion du danger » (Fig. 17) et il faudrait normalement interdire la construction dans toute la plaine (quand la hauteur d'eau dépasse 2 m).

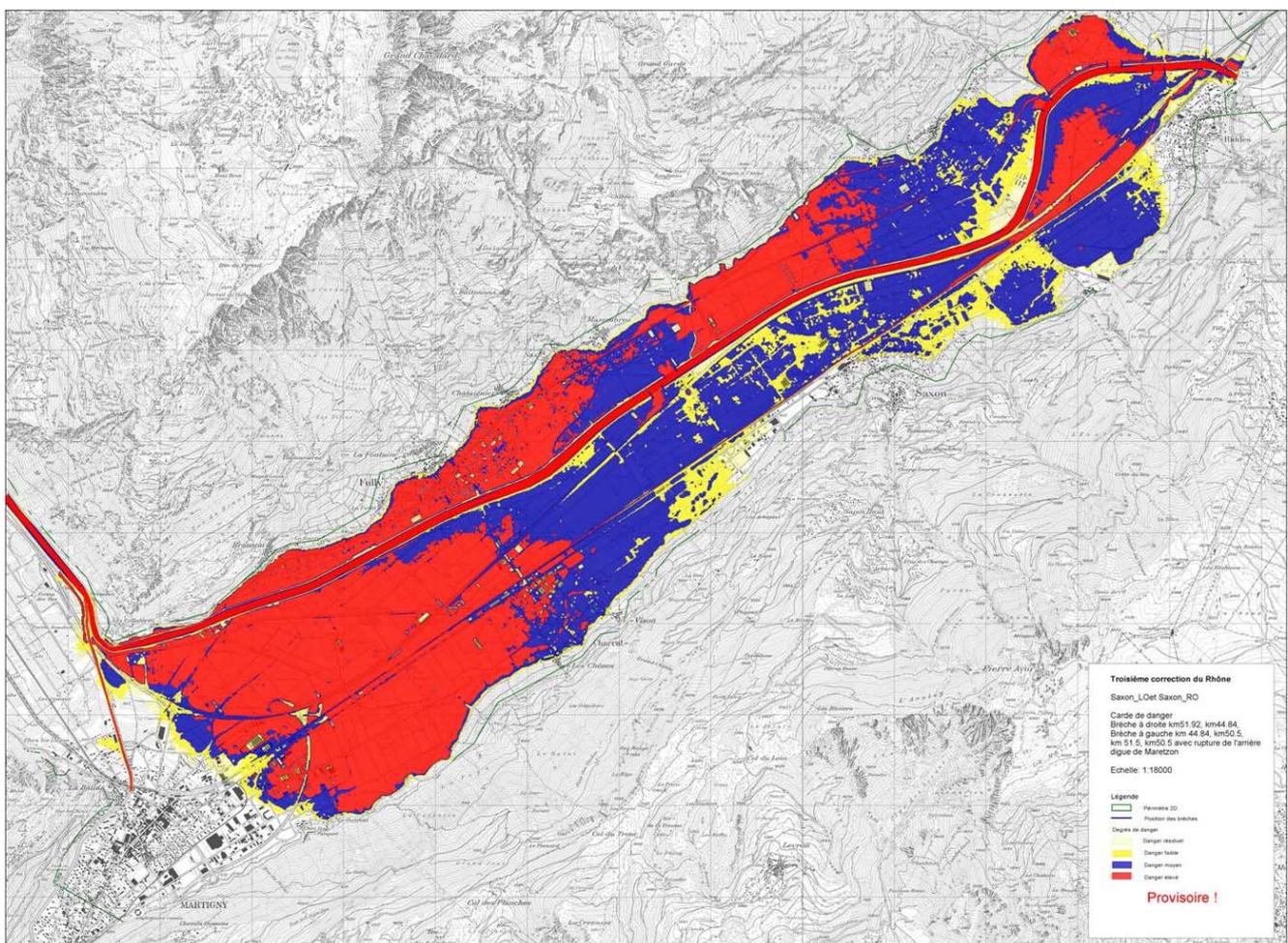


Fig. 17. Exemple de carte de dangers « inondation » du Rhône en amont de Martigny (Valais)

Dans la démarche actuelle d'analyse du risque, le danger est défini selon deux paramètres : la probabilité d'occurrence et l'intensité du phénomène, qui constituent les deux axes de la matrice des dangers utilisée pour les cartographier (Fig. 18A), mais on peut porter un regard critique sur cet outil et compléter cette démarche, notamment en ajoutant la notion de temps. Actuellement, la vitesse du phénomène n'est en effet pas prise en compte dans l'appréciation du danger, ce qui constitue un manque important.

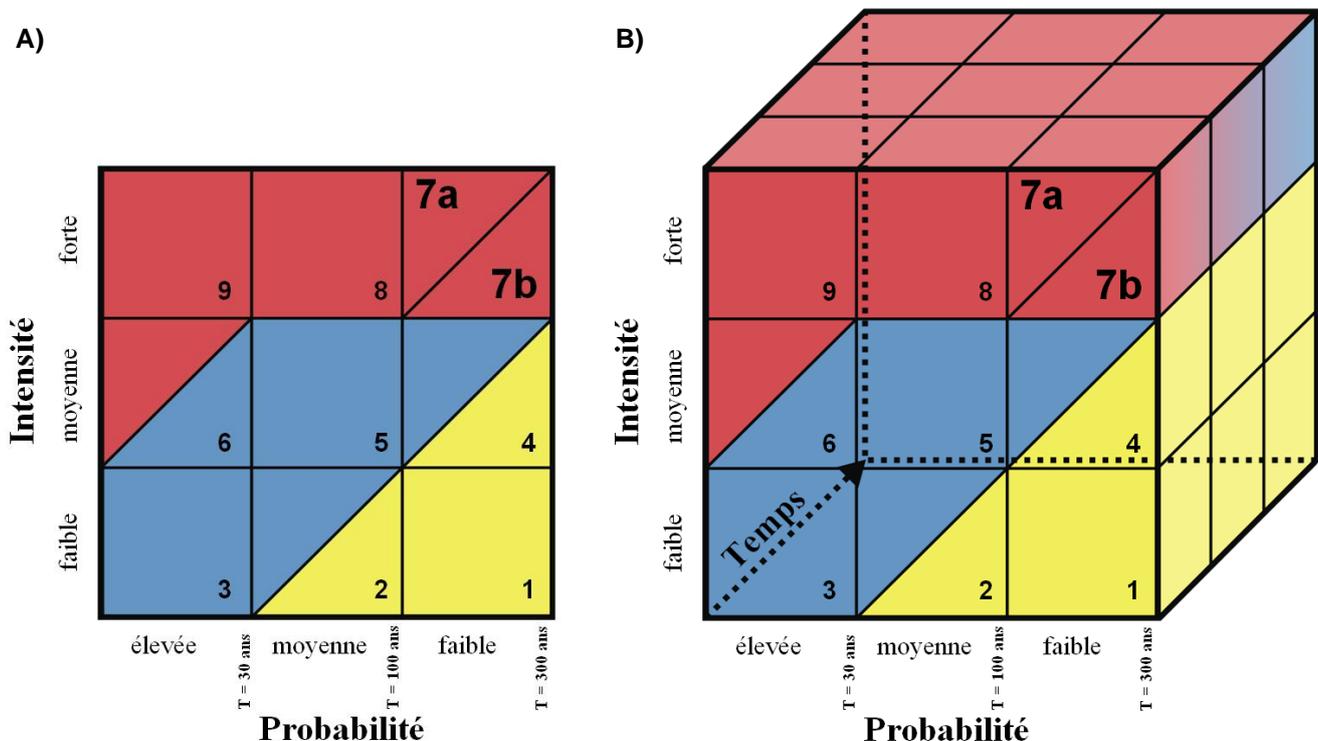


Fig. 18. (A) Matrice utilisée en Suisse pour l'appréciation des dangers ; (B) Proposition d'évolution

L'introduction du paramètre « temps » dans l'analyse du risque (soit un troisième axe dans la matrice : Fig. 18B) montre que si le temps de propagation du phénomène est assez lent, même dans le cas d'un événement assez intense (par exemple l'événement centennal avec une hauteur d'eau supérieure à 2 m), les mesures existantes de gestion du territoire, d'intervention d'urgence et de culture du risque peuvent permettre de vivre avec ce danger et d'économiser des moyens de construction. Si on ne prend pas en compte le temps de réalisation de l'aléa, notre système d'intervention d'urgence et de gestion du risque sur le territoire ne peut pas être valorisé. Il paraît donc important de compléter cette logique, qui présente aujourd'hui une limite au raisonnement.

Les mesures de gestion des situations de danger sur le Rhône comprennent la remise en état des abords du fleuve suite aux crues, l'entretien (avec des directives pour débiter les matériaux) et nécessitent une appréciation claire de la situation de danger associant des prescriptions à la construction (comme le rehaussement des habitations), la prévision des crues (en collaboration avec le géologue cantonal), la gestion des barrages pour écrêter au maximum et l'organisation de la gestion d'urgence sur la base de seuils prédéfinis.

La mise en évidence des points faibles pouvant conduire à des débordements dans la plaine par surverse ou par rupture de digue permet de définir ponctuellement les endroits à surveiller. L'ensemble permet de définir un projet global incluant des mesures ponctuelles et la réalisation de travaux.

On retrouve ce schéma (réparation après l'événement, entretien, connaissance du danger, prescription territoriale, prévision, gestion et intervention, travaux) dans chaque type de danger naturel ; même s'il faut maintenant compléter ce panel avec des hypothèses nouvelles, il demeure assez universel.

Pour bien analyser l'influence des modifications du climat sur l'efficacité des mesures de protection (Climat → Débit → Projet), il importe de garder à l'esprit que ces modifications sont très difficiles à cerner, mais surtout de considérer que dans la démarche actuelle utilisée depuis les années 1980, des approximations importantes sont introduites en assimilant une crue de période de retour donnée à une valeur fixe de débit, alors qu'il faut prendre en compte non pas une valeur ponctuelle de débit (Fig. 19A) mais sa variation dans le temps (Fig. 19B).

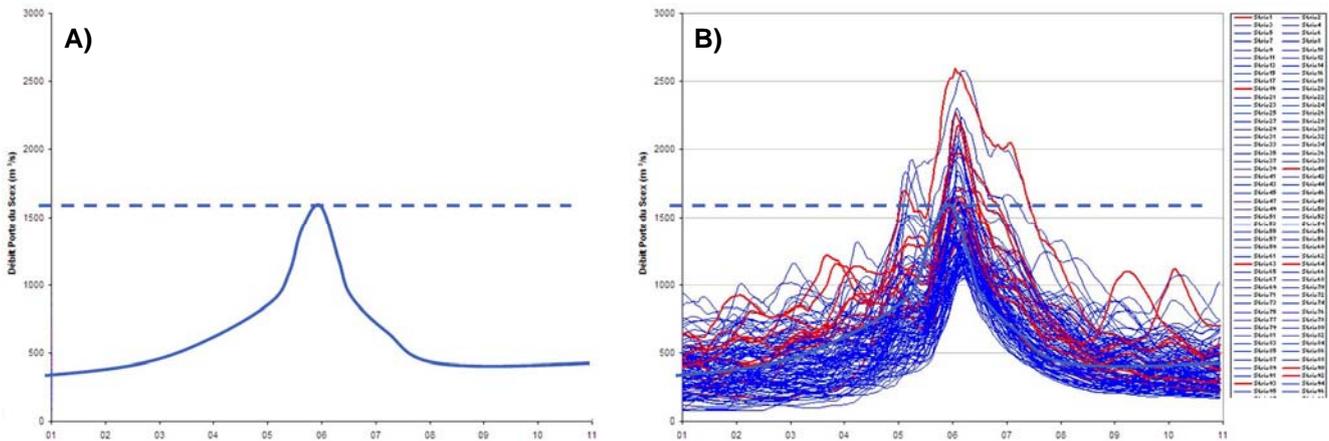


Fig. 19. Exemple d'hydrogramme des crues de référence prise en compte :
(A) valeur ponctuelle « idéalisée » ; (B) valeurs historiques

Il convient donc de définir la bonne valeur seuil mais aussi d'admettre de travailler dans l'incertitude, en prenant en compte les incertitudes sur les changements climatiques à venir en plus des incertitudes déjà existantes sur de nombreux paramètres (les pluies, l'altitude de l'isotherme 0°, la perméabilité des sols, le rôle des barrages, les vitesses de propagation des crues, la concomitance des pointes de crue, etc.).

Cela constitue l'élément fondamental d'une **stratégie de gestion souple et robuste**, avec deux points à améliorer : (1) la connaissance des variations climatiques et de leurs conséquences et (2) l'intégration et la formation à l'intégration de l'incertitude dans la solution technique.

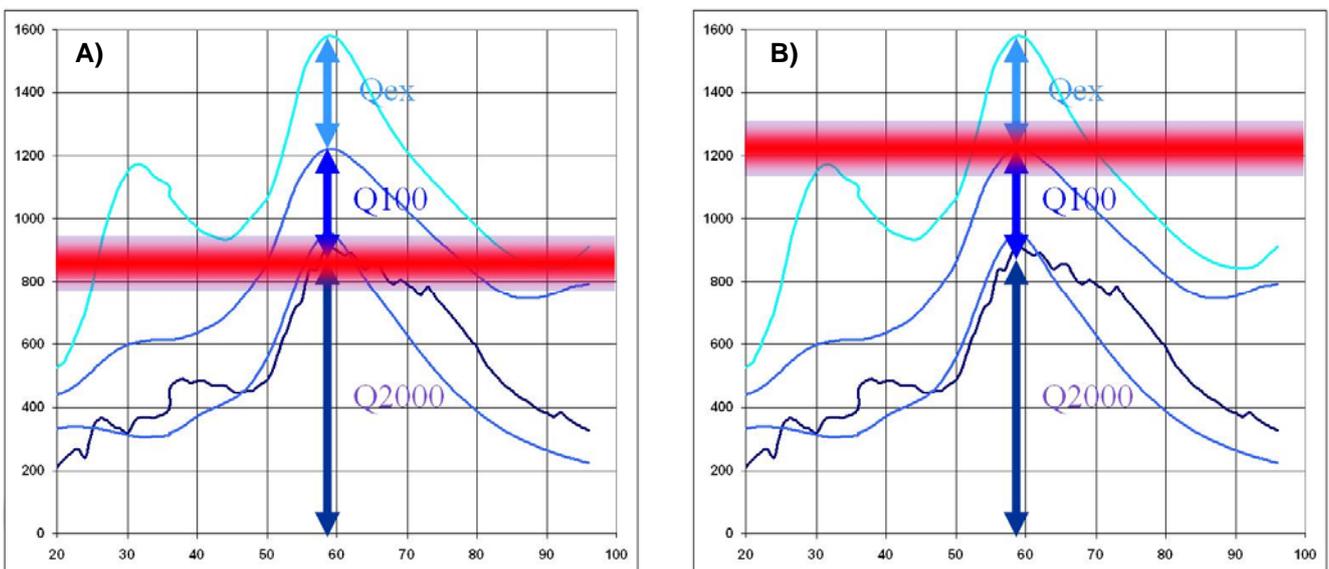


Fig. 20. Evolution de la gamme de débits prise en compte

Dans l'exemple du Rhône valaisan, les gammes de crue centennale prises en compte admettent une incertitude de + ou - 20% avec des débits compris entre 1000 et 1200 m³/s (Fig. 20), et la gamme des crues extrêmes s'étend jusqu'à 1600 m³/s (environ deux fois supérieures aux débits des crues historiques). La stratégie mise en œuvre consiste à **définir un système capable de résister à l'entière gamme de débits** : si le débit centennial, aujourd'hui de 1000 m³/s (évalué d'après les valeurs historiques), passe à 1100 m³/s avec le réchauffement climatique, il faut pouvoir s'affranchir de cette incertitude et définir un système avec lequel cette modification n'entraîne pas de conséquences fâcheuses.

Pour affronter demain cette gamme de débits, trois éléments de gestion se dégagent : (1) la gestion du débit du Rhône dans son chenal principal en fonction de sa capacité d'écoulement, avec une valeur seuil de débit principal qu'on peut définir en tenant compte de la réalité du terrain et des enjeux et intérêts existants, l'important étant de prévoir les actions à mettre en œuvre en cas de dépassement de cette valeur seuil (ce qui risque toujours d'arriver, quel que soit le seuil), (2) le stockage d'un maximum d'eau dans les barrages quand ce seuil est dépassé (Fig. 21), et si cette mesure ne suffit pas, (3) **l'inondation contrôlée de secteurs réservés dans la plaine** pour toucher un minimum d'habitants et d'habitations.

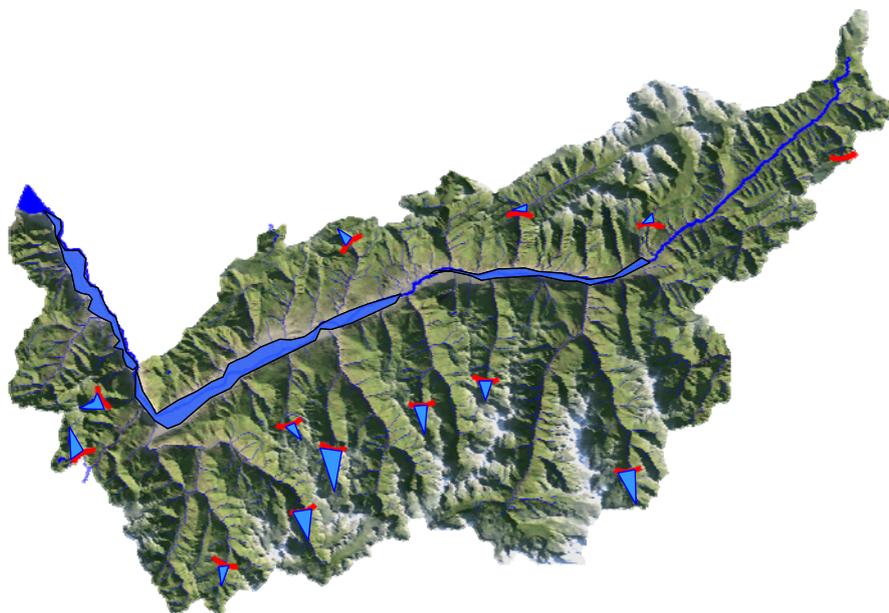


Fig. 21. Distribution des barrages utilisables pour réguler le débit du Rhône en Valais

Finalement, que ce système « Rhône » déborde pour un seuil de débit d'une période de retour de 85, 105 ou 110 ans a peu d'importance, parce qu'au-delà un autre système prend la relève, qui lui-même comporte un **système de gestion du risque résiduel**, qui garantit la robustesse de ce système de protection contre les crues.

Il s'agit typiquement d'éviter les ruptures de digue avec des systèmes de déversement, en prévoyant « que le pire peut arriver », et non pas « de nous battre pour savoir si ce système est parfaitement dimensionné pour une crue centennale » : acceptons « que ça déborde un jour ou l'autre et trouvons la solution pour éviter que ce débordement n'entraîne des catastrophes », notamment en gérant ce risque de débordement avec des ouvrages capables d'y résister.

Pour conclure, la Fig. 22 illustre le cadre historique dans lequel s'inscrit la troisième correction du Rhône.

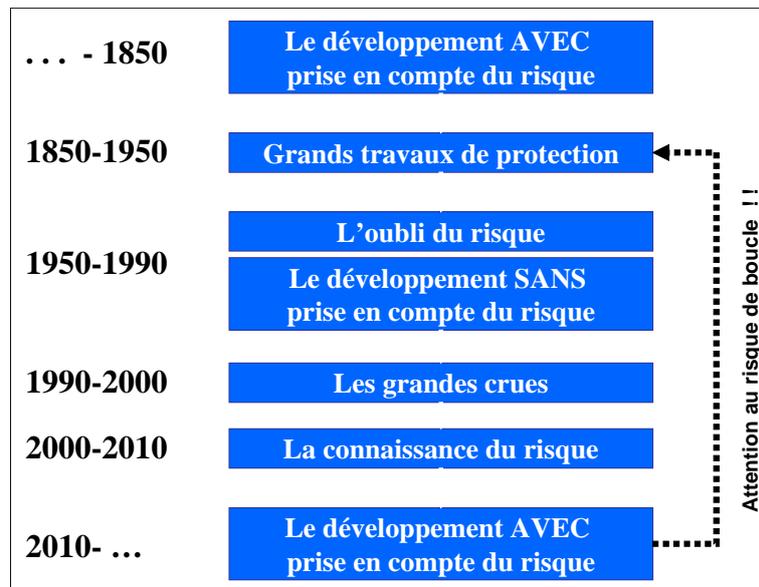


Fig. 22. Cadre historique de la troisième correction du Rhône en Suisse

Remarque

Ce type de système de protection contre les crues paraît plus simple à mettre en place en tête de bassin versant (comme sur le Rhône suisse) qu'en aval...

Document annexe transmis après l'expert-hearing (pages suivantes)

Arborino, T. « Prise en compte des modifications climatiques dans la gestion des risques d'inondation », Note interne-R3-F/V1.0, 27.01.2011.

Affaire R00
Traité par. TA

Aux intéressés

Notre réf. Note intégration variation climatique dans gestion des risques.doc

Sion, le 27.01.2011

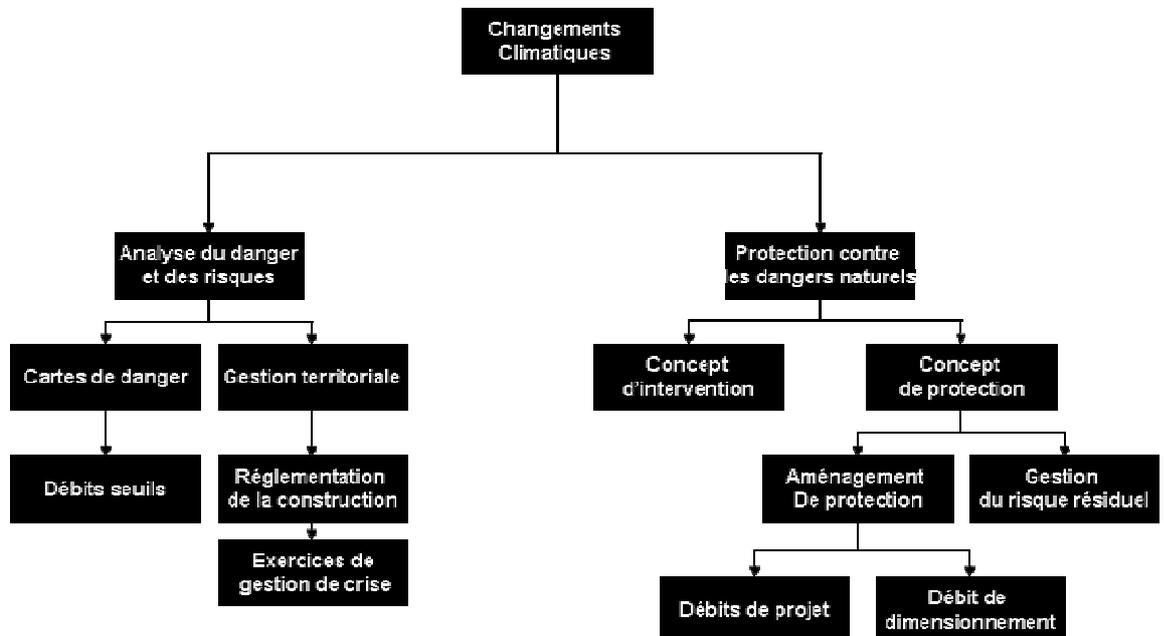
Prise en compte des modifications climatiques dans la gestion des risques d'inondation

1 Introduction

Les modifications climatiques sont à prendre en compte dans deux aspects distincts dans la protection contre les dangers naturels :

- L'analyse de danger / risque
- Le concept de protection

Il convient d'analyser séparément ces deux aspects, selon le schéma suivant.



2 Effet des changements climatiques sur l'analyse de danger

La question est de savoir si la valeur seuil choisie pour l'établissement de la carte de danger (le débit centennal par exemple) doit être majorée pour prendre en compte la modification climatique observée. Il est à noter que, si les modifications de

Merci de mentionner le numéro d'affaire dans votre correspondance. / Bitte erwähnen Sie die Dossiernummer in Ihrer Korrespondenz.

températures sont identifiées et quantifiées selon divers scénarii, il n'en est pas de même pour les débits, et il semble difficile de fonder sur des bases scientifiques solides une décision d'augmentation des valeurs seuils.

Compte tenu de cela., et du fait que les analyses hydrologiques habituelles (statistiques et stochastiques) présentent déjà de grandes incertitudes et que, d'une certaine manière, la modification climatique est partiellement intégrée à ces modèles par la simple prise en compte des derniers événements (les crues de '87, '93, 2000 et 2005) sont peut-être le fruit d'une modification climatiques et influencent déjà les statistiques de débit), je proposerai de ne **pas modifier les valeurs seuils**.

Par contre, il est essentiel de transposer ces analyses de danger dans le territoire et d'assurer une **règlementation stricte** des extensions de zones et constructions sur la base de la carte de danger.

De même, il convient de poursuivre l'effort scientifique pour normer ces changements et disposer à moyen terme, cas échéant, de nouvelles valeurs seuils. Pour cela, il s'agit d'augmenter le réseau de mesures et de centraliser toutes les informations pertinentes dans un **observatoire** ad hoc.

3 Effet des changements climatiques sur le concept de protection

La modification climatique a potentiellement une influence sur les débits de projet (gamme de débits avec incertitudes à prendre en compte dans le concept de protection) et de dimensionnement (débit de référence servant au dimensionnement de l'ouvrage).

Pour les mêmes raisons qu'évoquées ci-dessus pour les valeurs seuils de détermination du danger, je pense que **les débits de projet ne doivent pas être modifiés** par une augmentation systématique par exemple (selon le modèle allemand semble-t-il). Par contre, il est essentiel de prendre en compte ce facteur comme nouvelle incertitude dans le choix itératif du débit de dimensionnement.

Les débits de projet doivent donc se présenter sous la forme de fourchette estimant la valeur plausible (souvent un fuseau médian sur une statistique). Pour le Rhône par exemple, la crue centennale est estimée entre 1060 et 1260 m³/s.

Le choix du débit de dimensionnement dans cette fourchette se fait alors en prenant en compte le rapport coût/efficacité (ratio du dégât potentiel et du coût de l'aménagement) nécessaire pour se protéger contre ces valeurs et les possibilités de gestion des valeurs supérieures (risques résiduels). Cela passe par la mise en évidence des seuils. Par exemple, si sur un cours d'eau on doit refaire tous les ponts à partir d'un certain débit, compris dans la gamme inférieure des valeurs de référence, on peut décider de prendre une valeur faible de dimensionnement vu le seuil important que franchiraient les coûts d'aménagement sinon, et compléter le concept par un seuil déversant amont par exemple garantissant qu'en cas de dépassement de la valeur de dimensionnement les dégâts soient moindre.

Dans tous les cas, un deuxième aspect est à prendre en compte et assurer : la durabilité de l'aménagement de protection.

Cette **durabilité** est d'autant plus cruciale que les incertitudes augmentent. Elle peut se résumer, pour les aspects techniques, à deux critères : la souplesse et la robustesse.



La **souplesse** caractérise la facilité d'un concept/ouvrage de protection à être modifié par la suite pour accepter de nouvelles exigences (nouveaux débits de dimensionnement par exemple). Typiquement, les solutions de type surélévation des digues, abaissement du fond du cours d'eau, sont souvent moins souples que l'élargissement du cours d'eau, car en cas de modification de débit, il faut complètement changer le système.

La **robustesse** caractérise la fiabilité du système pour les cas de charge supérieurs (débits supérieurs, nouveaux aléas). Elle s'analyse par la prise en compte du cas de surcharge mais pas seulement. Elle se base aussi sur des principes simples prenant en compte l'aléa technologique. Un signe de robustesse pour une variante d'aménagement de cours d'eau est par exemple le niveau d'eau en crues (en cas de présence de digue). L'aménagement présentant le niveau le plus bas mettra forcément moins en danger la population en cas de défaillance du système (rupture de digue imprévue par exemple). C'est pour cela aussi que les solutions d'élargissement sont souvent meilleures pour la sécurité (...dans le cas des grands aménagements de cours d'eau avec des digues hautes).

Au terme d'un processus de recherche de solution suivant ce schéma, on obtient un aménagement de protection **très peu sensibles aux variations climatiques**. Il peut absorber des crues plus importantes provenant de modifications climatiques avec un minimum de dégâts et il pourra être adapté « facilement » le jour où un changement du débit de dimensionnement sera décidé à cause de l'effet climatique...ou de l'augmentation des dégâts potentiels.

C'est la voie que je propose de suivre en attendant que l'observatoire nous permette, cas échéant, de définir de nouveaux débits.

4 Social learning

Cette manière de faire doit être complétée par un travail sur l'**intervention d'urgence**, selon un concept de protection intégrée des risques développé en une fois et prenant tous les éléments en compte. L'éducation de la population est centrale pour la gestion de crise. La mise à l'enquête de la carte de danger, ou de l'aménagement de protection sont des phases importantes pour sensibiliser la population aux risques. Dans le cas du danger Rhône, nous permettons la construction en certaines zones de danger uniquement si la commune a mis sur pied son plan d'intervention d'urgence, nommé son état major et fait un exercice d'évacuation chaque 4 ans (période politique).

5 Organisation des compétences

La gestion intégrale des risques (esquissée ci-dessus) présente des difficultés de mise en œuvre car elle s'appuie sur des compétences très diverses, des hydrologues aux ingénieurs en passant par les spécialistes de l'intervention d'urgence et de la gestion du risque et du territoire.

Ces compétences sont souvent regroupées verticalement (dans un organigramme), dans des services, divisions ou département différents, alors qu'elles sont toutes nécessaires pour appréhender globalement la question.

La solution passe souvent par la création d'une **Equipe de projet**, transversale à l'organisation administrative et regroupant toutes les compétences nécessaires. Cette organisation opérationnelle peut être mise sur pied par décision du politique sans changement des organigrammes (ce qui prendrait trop de temps). Cette décision



politique pourrait aussi préciser les objectifs de cette Equipe, ce qui permettrait de disposer d'un socle politique fort traversant les législatures.

6 Autres dangers naturels

N'étant pas spécialiste des autres dangers naturels, je ne mesure pas la pertinence de cette analyse dans le cas des avalanches ou chutes de blocs, bien qu'il me semble qu'il s'agisse de principes assez généraux.

Il convient cependant d'ajouter en tous cas un élément supplémentaire pour les aléas (au sens suisse du terme) directement liés à la température comme la fonte du permafrost. Dans ce cas, je pense qu'un nouveau scénario (toujours au sens suisse du terme) devrait systématiquement être analysé, p. ex. avec un + 2°, pour évaluer les volumes de matériaux mobilisables et analyser la sensibilité de la carte de danger en conséquence.

Tony Arborino
L'ingénieur du Rhône

Annexe : -

Copie : -

