

3.2.2. Prévision et gestion des crues en Valais : le projet MINERVE

Dominique BÉROD (*Etat du Valais- service des routes et des cours d'eau*)

Dominique Bérod présente MINERVE, un programme récent en Valais mis en place pour la surveillance du haut bassin versant du Rhône, la prévision des crues et leur régulation par les barrages hydroélectriques.

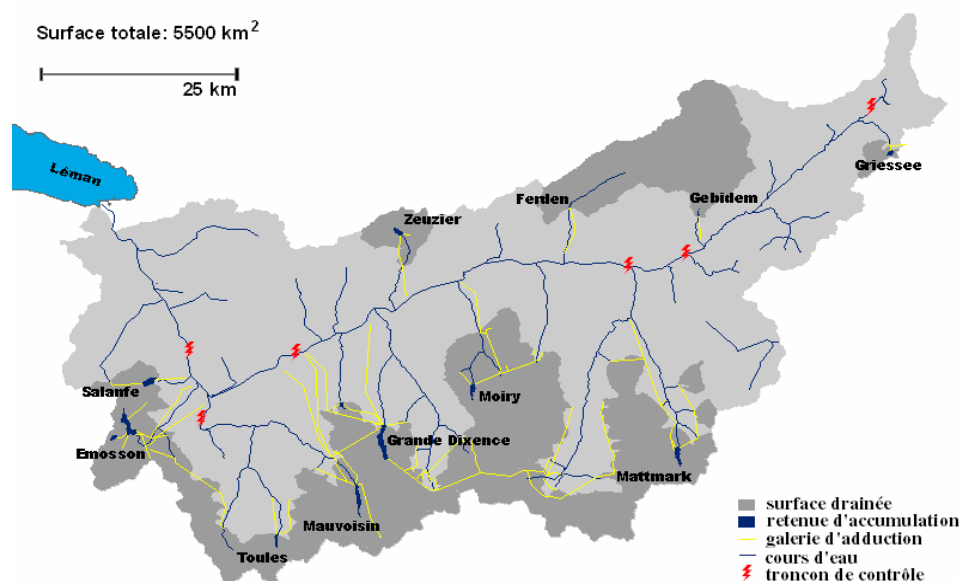
Stratégie de protection contre les crues en Valais

Dans la stratégie générale de protection contre les crues, l'accent est mis sur l'identification des processus et des zones de danger (cartographie), mais surtout sur la gestion des crues, y compris les risques résiduels lorsque des travaux sont effectués :

1. Organisation en cas de crise dans les communes : appui à l'aide d'outils d'aide à la décision ;
2. Prévision de crues à 2-3 jours (là où cela est possible) et gestion des retenues hydroélectriques : c'est l'objet du projet MINERVE, né à partir de l'observation, sur les crues de 1993 et 2000, que les barrages ont eu un effet positif sur les crues, celles du Rhône en particulier ; cet effet n'était pas escompté lors de la conception des grandes retenues hydroélectriques en Valais ;
3. Réseau d'observateurs pour les petits bassins versants qui sortent du cadre de MINERVE : projet IFKIS HYDRO.

Les projets d'aménagement viennent en queue de liste des priorités stratégiques, même si 10-15 millions d'euros sont investis chaque année dans ce domaine.

Bassin versant du Rhône amont



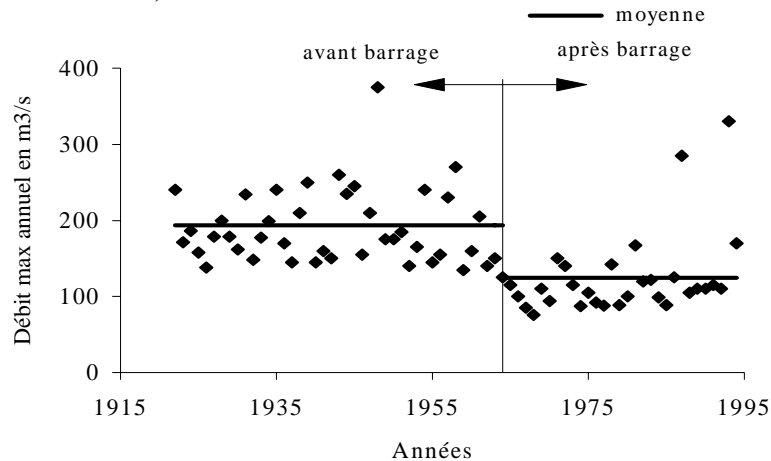
Le Valais a une surface totale de 5 500 km², qui correspond à peu près au bassin versant du Rhône à l'amont du Léman.

Le volume de stockage total des grands barrages est de 1 200 millions de m³. Ces barrages sont habituellement pleins en septembre-octobre, période des grandes crues possibles du Rhône et de ses principaux affluents. Il reste malgré tout dans ces moments environ 5%-10% du volume des barrages disponibles, ce qui correspond à 150 millions de m³, qu'on peut comparer au volume typique d'une crue du Rhône, environ 200 millions de m³ : il paraît donc très intéressant de profiter des barrages pour mieux gérer les crues.

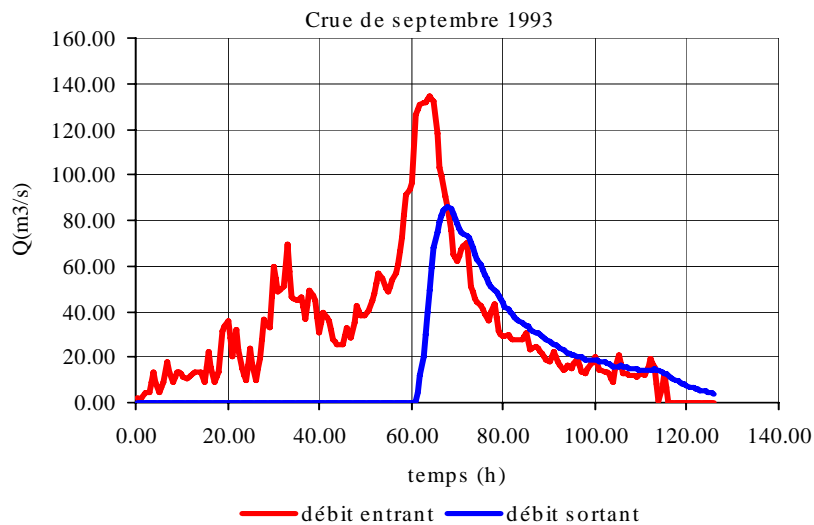
Quelques chiffres complémentaires

Surface drainée dans les retenues : 1430 km²
 Potentiel de dérivation : 346 m³/s
 Débit de pointe crue 2000 (Léman) : 1360 m³/s
 Effets observés 1987, 1993, 2000 : 100 - 300 m³/s

Effet des retenues hydroélectriques sur les crues (exemple de Mattmark, situé dans la vallée voisine de celle de Zermatt) :



On observe que le débit annuel moyen (courbe noire) diminue fortement après la construction du barrage ; par contre les débits de crue maximaux (carrés noirs) restent à des niveaux pratiquement équivalents.



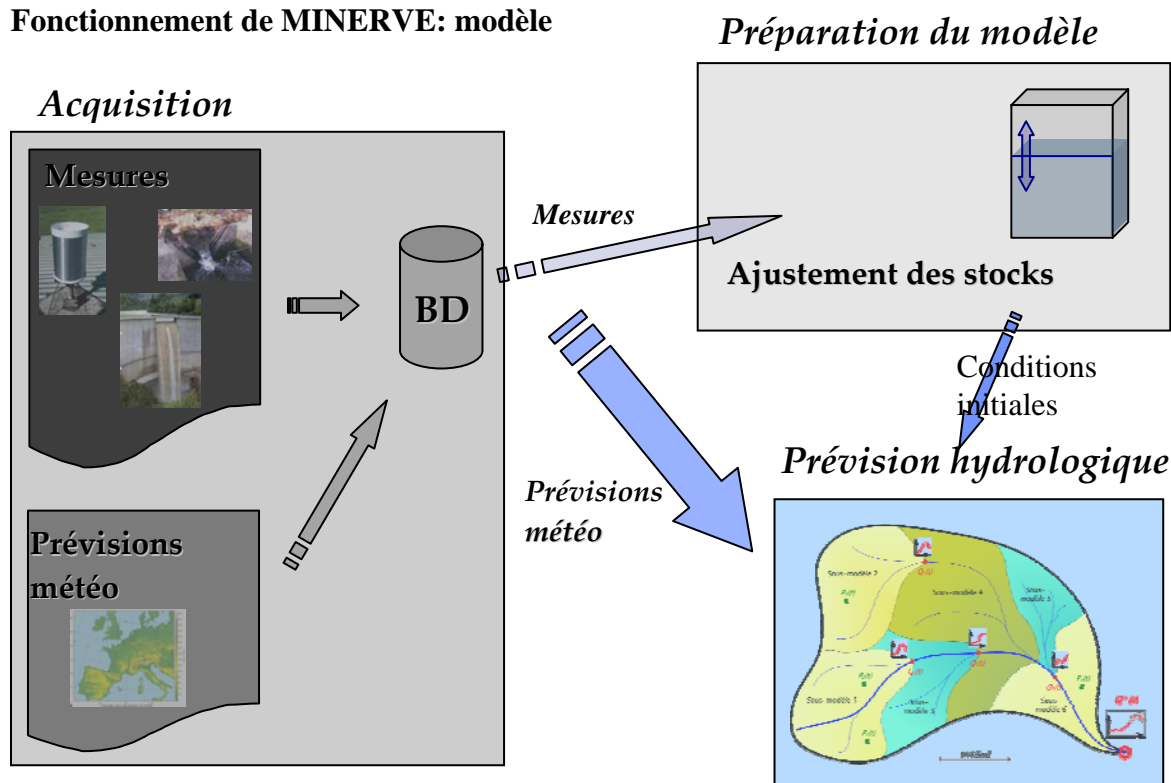
La courbe ci-dessus présente, en bleu, les débits réels observés à l'aval du barrage lors de la crue de 1993, et en rouge une crue simulée qui montre les débits entrants : la différence significative prouve tout l'intérêt qu'il y aurait à utiliser les barrages pour la protection contre les crues et non seulement pour la production d'électricité.

Le projet MINERVE

Le projet a démarré en 2002, avec comme initiateur le Canton du Valais, comme cofinancier important la Confédération Suisse (Office fédérale de l'environnement, OFEV). Le mandat est essentiellement réalisé par l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Laboratoire des constructions hydrauliques et Laboratoire d'hydrologie et d'aménagement), avec un appui très fort de Météosuisse pour les données et les prévisions.

L'objectif in fine de MINERVE est de pouvoir développer un système d'aide à la décision pour la protection contre les crues. A plus court terme, il s'agit de développer un outil de prévision et de gestion des crues en temps réel, du moins de suivre en temps réel les précipitations et les écoulements sur l'ensemble du réseau (centralisation au SRCE) ; dans un tout premier temps, il permet déjà de disposer d'un modèle de calcul hydrologique et hydraulique convivial pour les moyens et grands bassins valaisans.

Fonctionnement de MINERVE: modèle

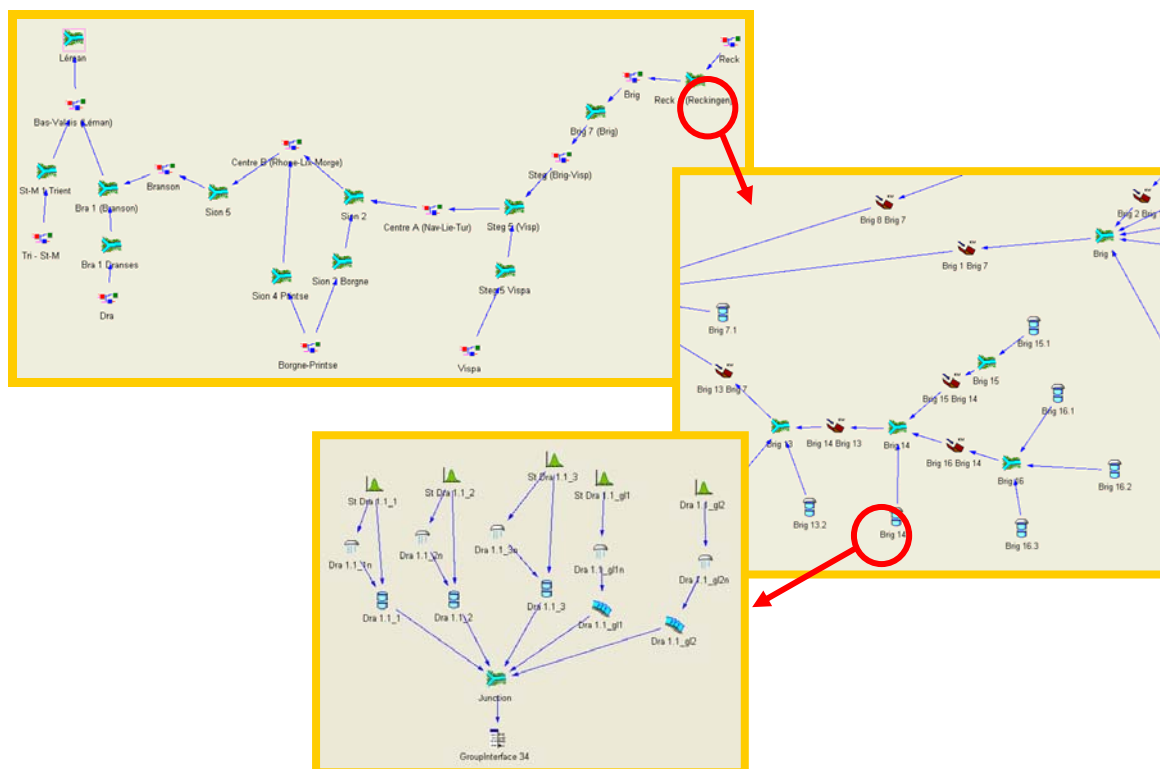


Source : F. Jordan, LCH-EPFL

Les données sont à la fois des données météorologiques (précipitations, températures, pressions) et des données de débits qui viennent d'une part des stations de mesures fédérales et d'autres part de structures privés comme sociétés hydroélectriques (débits turbinés, débits pompés...); les prévisions météo sont réalisées à partir du modèle ALMO. L'ensemble est stocké dans une Base de Donnée MINERVE, ce qui permet d'avoir quotidiennement une bonne connaissance des stocks des différents bassins. Un modèle en continu réalise ensuite des simulations hydrologiques à trois jours, sur la base de prévisions météorologiques à trois jours et des conditions initiales des stocks.

Modèle hydrologique

Il s'agit d'un modèle conceptuel semi-distribué à réservoirs. La principale difficulté n'a pas été le développement du modèle hydrologique en soit mais la description du bassin versant dans sa complexité, avec les bassins versants naturels mais aussi toutes les interactions liées aux ouvrages hydro-électriques. Le modèle intègre au total 240 points de calcul, qui correspondent à tous les ouvrages hydro-électriques du canton (schéma ci-dessous en zooms successifs).



Source : F. Jordan, LCH-EPFL

Fonctionnement opérationnel de MINERVE:

Partant de la base de données, un premier calcul est réalisé sans tenir compte des barrages : on obtient des débits naturels aux points stratégiques que l'on souhaite surveiller. Un second calcul avec les barrages permet de voir le gain possible, selon l'état actuel de remplissage des barrages.

Le gros avantage de MINERVE est de mettre en réseau l'ensemble des ouvrages pour lancer un calcul d'optimisation, permettant d'évaluer si un turbinage préventif sur un ou plusieurs barrages pour minimiser une crue sur un ou dix points du territoire du Valais était requis, et de quel ordre. Un nouveau calcul est alors réalisé avec les barrages optimisés ; la boucle calcul-optimisation-calcul peut être réitérée jusqu'à obtenir un résultat jugé satisfaisant.

Un ordre de police peut alors être donné aux barragistes, si possibles avec 36-48h d'avance, pour turbiner de manière à vider préventivement une partie des barrages.

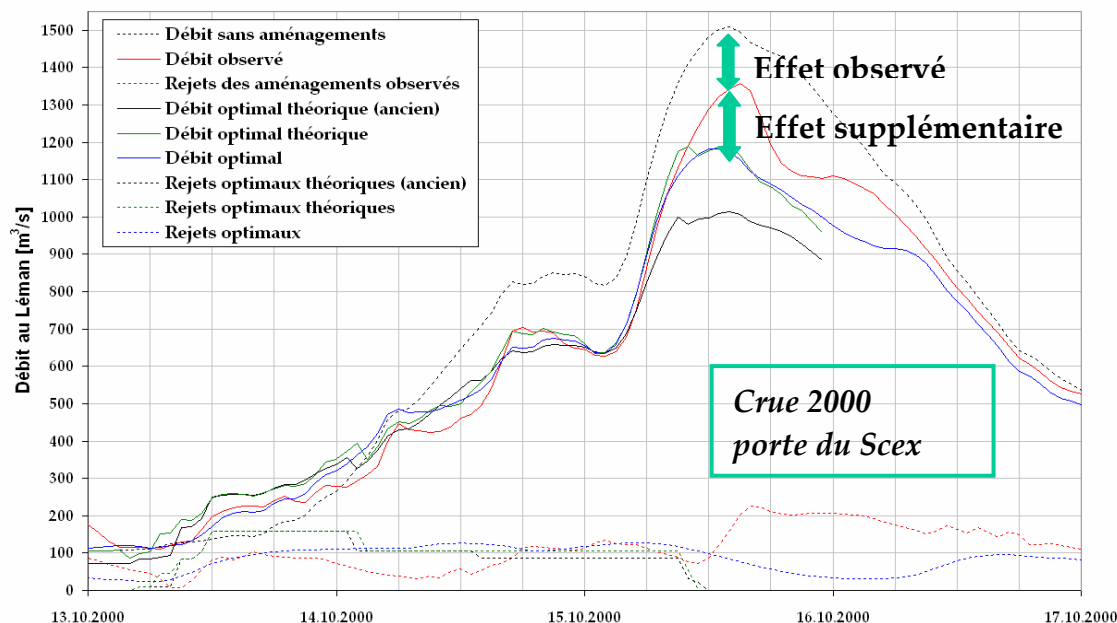
Les prévisions météorologiques arrivant toutes les 12h, le calcul peut être revu 12 ou 24h plus tard pour minimiser les erreurs.

Relations avec les sociétés hydroélectriques

Les sociétés hydro-électriques fournissent les données de précipitations et de débits qu'elles enregistrent de manière privée, en contrepartie des résultats fournis par le modèle (qui peuvent leur permettre d'optimiser leur gestion, mais qui sont sans garantie). Cet échange de données est réglé par une convention signée entre l'Etat et chacune des sociétés.

Les demandes de turbinage préventif (3 jours d'avance) doivent émaner d'ordre de police. Une seconde convention règle par ailleurs le coût de la mesure demandée (perte d'énergie, de qualité, de souplesse) : le Canton doit pouvoir dédommager le barragiste si le turbinage préventif entraîne une perte d'exploitation, par exemple si les précipitations annoncées ne viennent pas remplir à nouveau le barrage.

Comparaison calcul – simulation



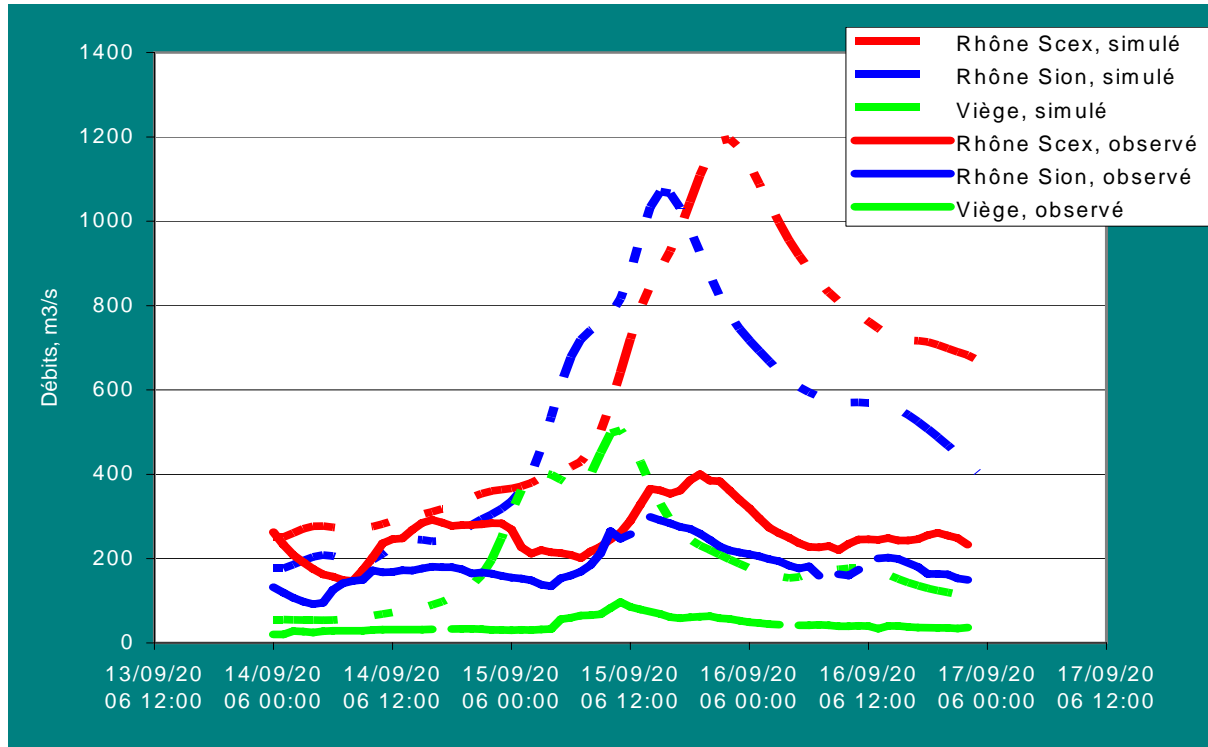
Source : F. Jordan, LCH-EPFL

La comparaison entre les courbes « débit observé » et « débit sans aménagement » (simulation de la crue sans les barrages), donne une idée du gain apporté par les barrages lors de la crue d'octobre 2000 : c'est l'« effet observé » de 200-300 m³/s, soit 50 cm de hauteur d'eau sur certains points du Rhône. L'« effet supplémentaire » correspond au gain que l'on aurait pu avoir en donnant des ordres de vidange préventifs aux barrages (à nouveau environ 200 m³/s). Avec une crue telle que celle de la courbe pointillée bleu, il y aurait eu des débordements majeurs sur tout le canton ; la crue observée a provoqué certains débordements, qui n'auraient pas eu lieu avec des débits optimisés (courbe bleue, débit optimal). Cette simulation a posteriori montre tout l'intérêt d'utiliser le programme MINERVE, qui n'était pas encore opérationnel lors de la grande crue d'octobre 2000.

Prévision du 13-15 septembre 2006

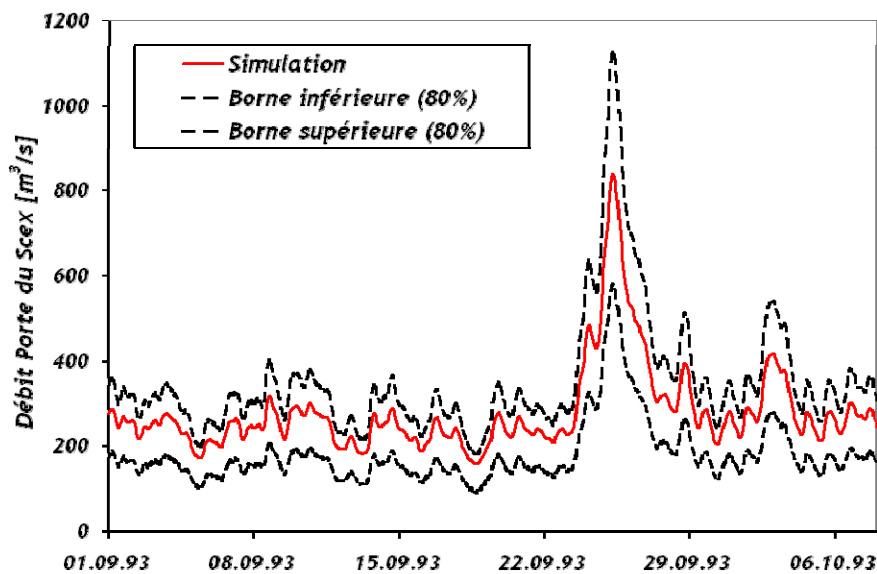
L'alerte météo reçue le 13 septembre 2006 a déclenché pour la première fois le programme MINERVE. Le graphique ci-dessous montre les exemples de trois points parmi tous les autres calculés : les 3 courbes les plus hautes correspondent aux débits simulés et les plus basses aux débits effectivement observés. Dans la ville de Viège par exemple, les simulations prévoyaient des débits d'environ 450 m³/s, alors que la Viège (affluent du Rhône) a à cet endroit une capacité maximale d'environ 400 m³/s, ce qui laissait attendre des débordements.

En fait, le modèle ALMO de prévision météo a largement surestimé toutes les précipitations sur la partie haute du canton, d'où une surestimation également des débits de crue. Les simulations réalisées ensuite avec les précipitations observées ont montré des débits de crue très proches de ceux observés (80 m³/s) pour la Viège : le modèle hydrologique n'est donc pas remis en cause, à l'inverse des prévisions météorologiques.



Source : F. Jordan, LCH-EPFL

Pour améliorer la prise de décision, le souhait des spécialistes est de ne pas se baser sur une seule valeur, mais sur une fourchette qui tienne compte de toutes les incertitudes sur les paramètres hydrologiques (sans parler pour l’instant des incertitudes météo) : une fourchette à 80% donne une appréciation moins précise mais plus fiable pour prendre des décisions.



Exemples d'incertitudes (sans la météo) : modèles hydrologique du Rhône (Source : F. Jordan, LCH-EPFL)

Intégration dans la stratégie générale

Le programme MINERVE est avant tout **un outil d'aide à la décision**, un appui à la gestion des risques résiduels des projets importants, uniquement sur de grands bassins versants : le Rhône et ses principaux affluents, la Viège (Vispa), la Dranse...

L'objectif final est d'intégrer ce programme dans le système beaucoup plus général des plans d'alarme (cantonal pour le Rhône, communal pour les affluents).

En collaboration avec le géologue cantonal (J.D.Rouiller), le Service des Routes et Cours d'Eau met en place une **cellule scientifique de crise**, qui doit appuyer au mieux les autorités qui prennent des décisions, avec des arguments aussi clairs que possibles : les données de MINERVE, centralisées et ordonnées, font partie de ces arguments.

Des problèmes déjà identifiés...et des recommandations

L'expérience de septembre 2006 a montré la dépendance du programme à la qualité des prévisions météo ; il peut être intéressant de tenir compte de l'avis des prévisionnistes, qui diffère parfois des résultats des calculs de prévisions mais ne peut pas être intégré dans un modèle. MINERVE devrait donc pouvoir gérer des aspects qualitatifs également (en septembre, les prévisionnistes avaient « senti » que les précipitations resteraient sur le Sud, mais ne pouvaient pas le garantir).

Les données disponibles sont encore lacunaires : certains bassins versants disposent de très peu d'information.

Le programme calcule des chiffres et des courbes qu'il faut absolument pouvoir interpréter, ce qui nécessite de l'expérience ; il n'est pour l'instant pas envisageable d'intégrer directement les résultats bruts dans des systèmes experts. Il faudrait ainsi entre 5 et 7 spécialistes capables de faire tourner le modèle et d'interpréter ses résultats, ce qui n'est pas encore le cas aujourd'hui.

Pour améliorer le système, il est clair qu'il faut continuer d'améliorer la qualité des prévisions météorologiques: Almo2 (doit densifier le réseau en portant la maille de 5 km actuellement à 2km), COSMO LEPS (prévisions probabilisées), Méthode des analogues (basée sur un historique fiable, fait des prévisions par similarité avec des cas du passé – développée à Grenoble).

Pour densifier le réseau de mesures, le canton instrumente actuellement les bassins versants où il y a les plus grandes lacunes (débitmètres, pluviomètres, radar météo sur le Petit Cervin).

Il est également important d'assurer des formations (ateliers, exercices), non seulement pour les spécialistes de MINERVE, mais aussi pour tous les intervenants de la chaîne de décision : élus, pompiers, police...

En tout état de causes, même avec les lacunes actuelles, « *Il est interdit de ne pas essayer* ».

Conclusions

Les principales forces du modèle MINERVE reposent sur :

- La centralisation des données existantes : elle permet d'avoir une vision d'ensemble sur le canton le jour où un phénomène se passe (ce qui n'était pas le cas le jour des crues de 2000);
- La simulation de différents scénarios pour apprécier une situation ;
- L'aide à la décision, support important en cas de crise.

Ses principales faiblesses tiennent aux incertitudes dans les modèles et prévisions météorologique, au manque de personnel (budget pour mettre à disposition du personnel supplémentaire) et au manque d'expérience actuel sur un modèle encore récent.

Le modèle doit être en évolution continue : il a connu un premier essai en 2006, va fonctionner de manière pilote dès 2007, pour tourner en routine dès 2008.

Enfin, ce type de modèle repose sur des coopérations multiples: travail d'équipe entre les prévisionnistes météo, les hydrologues, les responsables de barrages, les forces d'interventions.

MINERVE n'est en fin de compte qu'un **outil d'aide à la décision**, ce n'est en aucun cas le modèle qui prend la décision.

Minerve est à l'origine la déesse de la guerre et de la sagesse : guerre contre les crues, sagesse dans notre position envers les phénomènes naturels, face auxquels il faut savoir rester très modeste.

Discussion (7) – Télésurveillance des bassins versants

Philippe Raviol (DIREN Rhône-Alpes) : « Ce projet semble très ambitieux, entre autre parce qu'il concerne un bassin versant complexe, avec de nombreux ouvrages qui ne sont a priori pas prévus pour être des écrêteurs de crue, ce qui doit poser des problèmes en terme de gestion des ouvrages :

- (1) Comment ont été appréhendées les capacités de stockage de ces ouvrages en cas d'événements exceptionnels successifs ?
- (2) Le système à un objectif de prévision et d'alerte. En France il y a des exemples de « problèmes » liés à des utilisations en tant qu'écrêteurs de crues d'ouvrages non prévus pour, et même pour des ouvrages spécifiques des questions se posent en terme de capacité.
- (3) Y a-t-il eu des vellétés d'utiliser ce dispositif dans un objectif d'aménagement du territoire, comme ce qui s'est fait en France sur la Loire : il a été question d'utiliser un dispositif de gestion des crues pour aménager des zones potentiellement moins soumises à ces crues 'optimisées' ».

D.Bérod : « Les grandes crues de 1987, 1993 et 2000 étaient des crues à plusieurs pointes. Les développements hydrologiques du modèle permettent sans aucun problème de prendre en compte ces événements successifs. Il est possible d'agir sur le barrage pour autant que la sécurité de l'ouvrage lui-même n'est pas mise en cause : la limite imposée aux moyens d'action est la cote maximale d'alerte, à laquelle le gestionnaire du barrage reprend en main la sécurité.

MINERVE est un outil de gestion du risque qui n'appelle aucune modification de la situation de danger en aval. Il n'y a aucune possibilité de modification du zonage, donc de l'aménagement du territoire ».

E.Leroi : « Ce problème d'aménagement est plus général et peut s'élargir par exemple aux mouvements de terrain, pour lesquels il y a aussi des vellétés de construire à l'aval d'ouvrages de protection ou de systèmes de surveillance. C'est une tendance dangereuse. Sur ce point la position de l'état français est très clair (pas de modification du zonage), mais c'est un aspect difficile à faire comprendre à la population ».