

La construction des modèles EGRIAN

EGRIAN a construit deux modèles hydrauliques

1 Une maquette numérique

Un modèle hydraulique est une maquette numérique qui représente, virtuellement, les vallées avec les lits : mineur, endigué et majeur.

Le modèle est alimenté en eau en injectant aux entrées de la maquette différents débits liés à des crues d'importances variables.

Ces débits sont caractérisés par leur période de retour ou survenance.

Une fois réalisée, cette maquette permet de comprendre les inondations, de simuler des crues plus grosses et d'estimer les effets des aménagements envisagés.

2 Construire en plusieurs étapes

La construction d'un modèle comprend des étapes successives, tel que :

- Définir les objectifs.
- Connaître les caractéristiques du terrain.
- Caractériser les crues existantes.
- Comprendre le fonctionnement hydraulique et le transcrire mathématiquement.
- Vérifier et caler le modèle avec des crues connues.
- Connaître les conditions d'écoulement des différentes crues.
- Simuler les impacts des aménagements en modifiant le modèle.

3 Les modèles EGRIAN sont complémentaires

Les modélisations dites 1D prennent en compte les écoulements, les débordements, et l'impact des obstacles. Elles permettent de modéliser de grands linéaires et de quantifier les impacts très en amont et très en aval.

Les modélisations dites 2D décrivent en détail le territoire à partir d'un maillage très serré. Elles sont donc plus fines mais beaucoup plus lourdes numériquement.

Pour construire les modèles, les démarches diffèrent non pas dans la connaissance du terrain et des phénomènes, mais dans les outils informatiques, leurs complexités, leurs utilisations et les réponses attendues (dimension, précision).



1 Définir les objectifs avant de modéliser

En fonction des objectifs recherchés (impacts géographiques et dimensions ou finesse et quantification), les modélisations ne sont pas les mêmes. Pour EGRIAN, deux maquettes numériques complémentaires ont été réalisées.

La première, dite 1D, a pour objectif d'évaluer l'impact des crues sur un territoire large allant de Decize et Moulins en amont à Saint-Satur en aval.

La seconde modélisation, dite 2D, est construite pour être plus détaillée de façon à permettre une meilleure évaluation des impacts sur un espace plus restreint et de mieux adapter les propositions d'aménagements pour un territoire sensible.

- Hypothèse de chemin de l'eau dans le val
- Ouvrage SNCF à fermer
- Déversoir possible
- Ouverture de l'arche du pont
- Déplacement de la digue
- Modification du pont de Loire
- Entretien et restauration du lit
- Surstockage d'eau en amont



Carte des scénarios d'aménagement étudiés sur le val de Nevers

3 Caractériser les crues réelles ou statistiques

Pour classer les crues selon leur force, on prend en compte une hiérarchisation des débits en un certain point. Plus le débit est élevé, moins la crue a de chance de se produire. Ce constat a été interprété statistiquement avec ce que l'on appelle la période de retour. Cette probabilité s'exprime en année ou en chance de survenir dans l'année.

Une crue cinquantennale (T=50 ans) a 1 chance sur 50 de survenir dans l'année.

Une crue cinq-centennale (T=500 ans) a 1 chance sur 500 de survenir dans l'année.

Pour autant, il est tout à fait possible que deux crues de force identique surviennent deux années de suite, voir la même année.

Pour EGRIAN, les crues retenues ont des périodes de retour de 50 ans, 70 ans, 100 ans, 170 ans, 200 ans et 500 ans. La crue de 2003 a été classée un peu en dessous de T=50 ans à Nevers.

Les crues sont testées dans les modèles pour bien comprendre les inondations et en mesurer les impacts.



Inondation lors de la crue de novembre 2008

5 Caler les modèles sur des crues connues

Pour ajuster les modèles, les techniciens injectent des crues connues dans la maquette numérique. Il faut que les résultats calculés avec le modèle coïncident avec les observations lors des inondations antérieures.

Pour EGRIAN, le calage des modèles a été réalisé, en particulier avec la crue de 2003. Les modélisations EGRIAN sont très fiables.

Le modèle 1D EGRIAN restitue à + ou - 10 cm 82% des 107 niveaux d'eau observés par les services de l'Etat lors des crues de référence et 97% de ces niveaux à + ou - 15 cm.

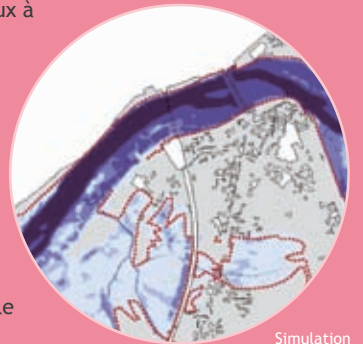
Le modèle 2D s'écarte de + ou - 5 cm des niveaux relevés. Toutes ses valeurs sont inférieures à + ou - 10 cm.

Pendant la crue de 2003, une photographie aérienne de la Loire à Nevers et à son aval a été prise le 7 décembre à 10h00, soit environ 41h après le pic de la crue.

Cette photographie montre l'étendue de la crue, notamment dans les vals des Brouères et de Saint-Antoine, ainsi que dans le lit majeur non endigué en aval de Nevers.



Photographie de la crue de 2003 prise le 07/12/03



Simulation de la crue de 2003. Les pointillés rouges représentent l'étendue de la crue réelle prise en photo ci-dessus

2 Connaître parfaitement le terrain

Les caractéristiques des espaces inondables doivent être bien connues. Les grandes lignes du relief du territoire et une bonne connaissance du lit des rivières (bathymétrie) sont indispensables.

Pour le modèle 2D, il faut un modèle numérique de terrain. La modélisation va calculer, noeud par noeud les impacts des crues.

La densité des noeuds détermine la précision du modèle.

Ce sont donc avec des levés topographiques et des relevés d'ouvrages ou d'obstacles que l'on peut définir l'architecture des modèles.



Pont-canal comportant un seuil à son pied



Ouvrage hydraulique dans le remblai SNCF laissant passer le ruisseau de Peully

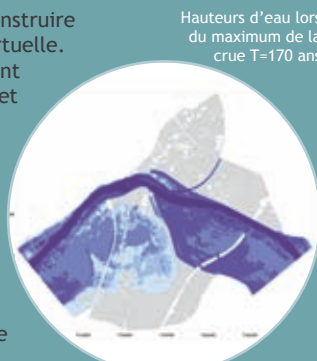
4 Construire les modélisations numériques

Modéliser une rivière revient à construire numériquement une maquette virtuelle. Les étapes précédentes permettent de définir à la fois l'architecture et les flux d'eau à mettre en oeuvre selon des importances de crues caractérisées.

Les modèles crédibilisent les enseignements sur le fonctionnement hydraulique de la rivière. C'est le cas lors d'un débordement dans le lit majeur ou d'une surverse au-dessus d'une levée.

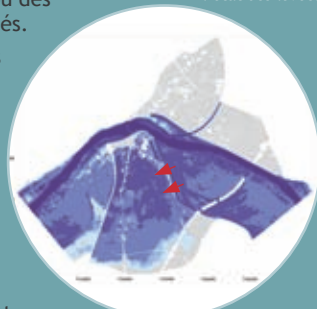
Les niveaux d'eau issus des débits injectés, superposés aux niveaux des sols ou des ouvrages sont des résultats calculés.

Cependant, d'autres phénomènes peuvent être testés. C'est le cas lorsque l'on prend en considération l'état des ouvrages qui peuvent céder par exemple. Pour EGRIAN, deux cas ont été étudiés avec une première série de résultats calculés en considérant que les levées résistent (état des levées) alors que des scénarios ont été construits en prenant en compte des fragilités constatées.



Hauteurs d'eau lors du maximum de la crue T=170 ans

Simulation sans prise en compte de l'état des levées



Simulation avec prise en compte de l'état des levées. Deux brèches se forment dans la levée de Sermoise.

6 Exploiter les modèles pour comprendre les crues et tester les aménagements

Une fois considérés comme fiables, les modèles sont utilisés pour connaître précisément les conditions d'écoulement des crues de référence et cela pour les deux hypothèses d'état des levées ou des banquettes (bon état = pas de brèche, état réel = possibilité de brèches).

Les techniciens étudient des hypothèses d'aménagements. Ils peuvent limiter l'expansion des crues avec des protections, faciliter les écoulements avec un lit mieux entretenu, permettre des débordements localisés pour éviter les brèches...

Ces modifications introduites dans les modèles permettent de quantifier les changements apportés par les aménagements.

A travers ces scénarios, les décideurs peuvent élaborer des stratégies. Elles permettent de comparer les impacts et, si elles sont croisées avec les atteintes aux enjeux inondables, de calculer la réduction des dommages.



Port de Nevers