

## **Apport de la modélisation numérique pour les projets de redynamisation sédimentaire des cours d'eau - exemple de l'Ain**

Numerical modelling contribution to sedimentary redynamisation projects in the Ain River

Grégoire Naudet, Benoît Camenen, Jérôme Le Coz, André Paquier, Hervé Piégay

Irstea, UR HHLy, 5 rue de la Doua, CS 70077, 69626 Villeurbanne cedex, France, (corresponding author : gregoire.naudet@irstea.fr)

### **RÉSUMÉ**

Sous l'influence de nombreux facteurs naturels ou anthropiques, l'Ain connaît un appauvrissement de sa morphodynamique. Face à ce constat, les gestionnaires du cours d'eau ont décidé d'une part de mener des études visant à mieux comprendre la dynamique sédimentaire du cours d'eau et d'autre part de réinjecter des matériaux issus de l'excavation de chenaux secondaires anciens ou créés dans le lit majeur. La modélisation hydraulique 1D nous a permis d'estimer que, à condition qu'il se produise des crues supérieures à 300m<sup>3</sup>/s, les injections envisagées devraient subir une érosion et ne pas se fixer, diminuant ainsi leur emprise dans le lit mineur et donc les élévations de niveaux qu'elles engendrent. La modélisation hydro-sédimentaire 2D, calée à partir des suivis de traceurs PIT-tags, permet quant à elle de définir plus finement les conditions de mise en mouvement des particules, les distances et les trajectoires de transport ainsi que les effets des recharges sur la géométrie et la distribution granulométrique.

### **ABSTRACT**

Because of many anthropogenic and natural factors, a sedimentary deficit is observed in the Ain River that causes a reduction of the morphodynamics. Facing this problem, river managers carried out scientific studies to better understand the sediment dynamics as well as some test operations for sediment injection. Most of these operations consisted in pouring sediments digged in old channels. The 1D hydraulic numerical software RubarBE showed that, if sufficiently large floods occur, poured sediments should be eroded and transported, thus reducing the local water level rise the injections are responsible for. The 2D hydraulic and sedimentary numerical software Rubar20-TS was calibrated using the Pit-tags data. It gives a description of the minimum conditions for sediment motion, and calculates the transport distances and trajectories. Effects of the sediment input on the river geometry and particle size distribution are discussed.

### **MOTS CLES**

Ain, recharge sédimentaire, redynamisation fluviale, restauration physique, simulation hydraulique

## 1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Sous l'influence de nombreux facteurs naturels ou anthropiques, l'Ain connaît un appauvrissement de sa morphodynamique. Face à ce constat, EDF a monté en juillet 2010, en association avec la ZABR, un séminaire d'échange pour mieux comprendre le fonctionnement de l'Ain et dont l'un des axes concerne les habitats écologiques. Parallèlement à cela, le Syndicat de la Basse Vallée de l'Ain et le Conservatoire d'espaces naturels Rhône-Alpes ont fait émerger des projets de réinjection de sédiments issus de l'excavation de chenaux secondaires anciens ou créés dans le lit majeur.

L'objectif de cette étude est de montrer l'intérêt et les limites des différents outils de simulation numérique dans l'aide à la compréhension des phénomènes hydro-sédimentaires et à la définition des scénarios de recharge sédimentaire.

## 2 OUTILS UTILISES

Nous avons utilisé le logiciel MAGE pour les calculs hydrauliques 1D et le logiciel RubarBE 20 TS pour les calculs hydro-sédimentaires 2D. Tous deux sont développés par Irstea. La topographie nécessaire à l'élaboration des modèles est constituée de profils en travers issus de mesures par profileur Doppler (ADCP) pour le lit mineur complétées par des données LIDAR. La condition limite aval est une courbe de tarage. Enfin, les coefficients de Strickler ont été calés à partir de lignes d'eau mesurées à différents débits. Les données sédimentaires utilisées sont le diamètre médian ( $d_{50}$ ) et l'étendue granulométrique des sédiments ( $\sigma$ ).

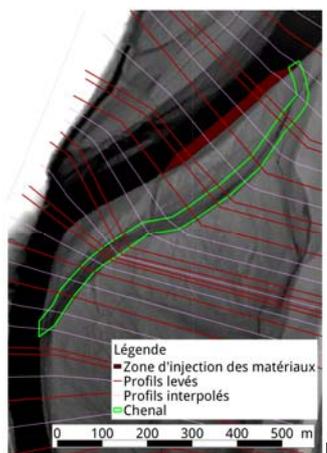
## 3 RESULTATS

### 3.1 Apports de la modélisation hydraulique 1D

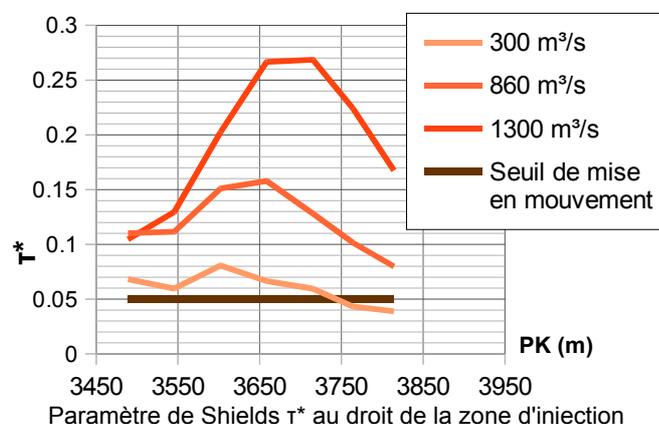
L'exemple étudié est un projet d'injection d'un volume de 20 000 m<sup>3</sup> de sédiments issus de l'excavation d'un paléo-chenal. La zone d'injection envisagée a une longueur d'environ 300m, une largeur égale à 1/3 du lit mineur et une cote supérieure correspondante à celle de la berge naturelle. Le chenal doit être en eau pour un débit de 300m<sup>3</sup>/s.

La comparaison des résultats issus des modèles hydrauliques 1D de l'état de référence et de l'état avec injection a permis dans un premier temps de déterminer que les élévations de niveaux en amont de la zone d'injection dues à la réduction de la largeur d'écoulement pouvaient atteindre localement une cinquantaine de centimètres pour la crue décennale. Cependant, la ligne d'eau calculée reste en dessous des enjeux répertoriés.

L'analyse des contraintes de cisaillement au fond calculées à partir des paramètres fournis par le modèle (vitesses moyennes, rayons hydrauliques, coefficients de Strickler) montre que, à condition que se produisent des crues supérieures à 300 m<sup>3</sup>/s (fréquence de dépassement de l'ordre de 3,7%), l'injection devrait subir une érosion généralisée et ne pas se fixer. Cette tendance à l'érosion permet de relativiser les élévations non négligeables des niveaux d'eau liées à l'emprise des réinjections de sédiments. Cette emprise devrait diminuer naturellement et avant que n'arrivent les pics des crues les plus fortes.



ocalisation de l'injection et du chenal (fond de carte LIDAR)



Paramètre de Shields  $\tau^*$  au droit de la zone d'injection

Enfin, la cote de connexion des chenaux a été déterminée à partir de

la modélisation de l'état de référence. Une simulation multi-biefs a permis d'estimer la répartition des débits entre les chenaux et l'Ain ainsi que les paramètres de Shields au sein des chenaux. Les résultats montrent que les matériaux éventuellement charriés en amont de ceux-ci auront tendance à se déposer plus en aval entraînant un rééquilibrage de leur pente.

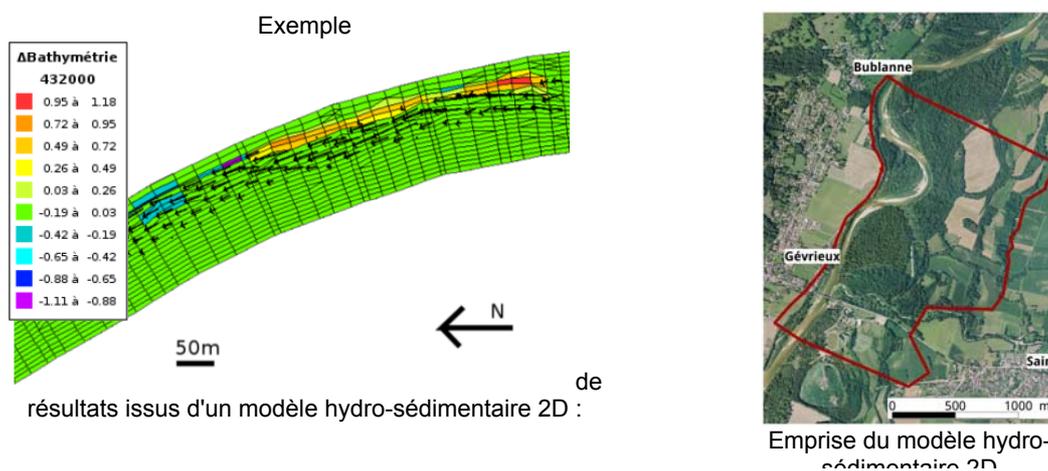
### 3.2 Apports de la modélisation hydro-sédimentaire 2D

Le tronçon que nous allons modéliser en 2D a été choisi pour deux raisons. D'une part, des recharges sédimentaires y ont été effectuées, d'autre part des PIT tags y ont été déposés en 2006, 2008 et 2013 et recherchés en 2012 et 2013 avec un taux de recouvrement variant de 10 à 37 %.

La modélisation numérique 2D permet de déterminer les contraintes locales de cisaillement en chaque point du maillage et donc par exemple de différencier celles au fond du lit de celles sur bancs ou les zones d'injection. Il sera alors possible de mieux comprendre les processus d'érosion/dépôt ainsi que leur chronologie probable. De plus, nous visualiserons la déviation du courant induite par les injections. Cela permettra de vérifier qu'elles n'entraîneront pas d'érosion non désirée de la berge opposée.

Le modèle 2D utilisé permet de représenter les trajectoires des particules. L'utilisation d'une chronique de débits adéquate permettra de comparer les trajectoires modélisées avec celles issues du suivi des PIT tags. Il sera alors possible de commenter les résultats du modèle et éventuellement d'expliquer en partie le faible taux de recouvrement des PITs.

Enfin, il sera possible de simuler l'évolution de la distribution granulométrique due aux recharges.



## 4 CONCLUSION

L'utilisation des simulations numériques offre une aide précieuse pour la définition et l'analyse des scénarios de recharge sédimentaire. La complexité des modèles utilisés (1D, 2D, finesse de la topographie) doit être choisie en fonction des résultats recherchés et des données disponibles. Ainsi, un modèle hydraulique 1D permet de localiser les zones favorables aux injections, de bien évaluer les effets de ces recharges sur les lignes d'eau et de déterminer le comportement moyen de la zone d'injection (fixation ou reprise). Les résultats sont des valeurs moyennes sur une section en travers. En revanche, un modèle hydro-sédimentaire 2D permet de comprendre les phénomènes locaux liés au transport des particules (mise en mouvement, transport et propagation, dépôt) et ainsi de mieux appréhender l'impact à plus ou moins long terme qu'auront les injections sur la géométrie du cours d'eau. Ces résultats sont très utiles pour optimiser la forme et la localisation des injections. Enfin, il est prévu de coupler les différents résultats avec des modèles d'estimation de préférences d'habitat afin de voir l'impact des recharges sur la dynamique des habitats piscicoles.

## BIBLIOGRAPHIE

Arnaud, F., Piégay H., Michel K., Bultingaire L., Collery P., Drissi N., Tissot C. (2014). Caractérisation de la dynamique sédimentaire et des habitats aquatiques d'une rivière régulée: l'exemple de l'Ain dans sa haute et basse vallée, IS Rivers 2015.

Béraud, C. (2012). Modélisation numérique des impacts de recharges sédimentaires en rivière aménagée. Cas du Vieux-Rhin entre Kembs et Breisach. Thèse de doctorat. Université Claude Bernard – Lyon 1