

Modélisation morpho-dynamique hybride, physique/numérique, de la difffluence de la brèche de Neyron pour la gestion sédimentaire des champs captant d'eau potable de la régie Eau publique du Grand Lyon.

Hybride physical/numerical morpho-dynamical model of the Rhône river at the Neyron breach difffluence to improve the coarse sediment management within the clean water well fields of Lyon City.

CASSEL Mathieu¹, GONZALES DE LINARES Matthieu¹, GUTA Hélder¹, RIELLAND Pierre-Alain¹, RONZANI Florian¹, LOPEZ Arthur¹, PERRISSIN Anne², GILLES Guillaume³

¹ : ARTELIA – correspondant : mathieu.cassel@arteliagroup.com

² : Régie Eau Publique du Grand Lyon - anne.perrissin@eaudugrandlyon.com

³ : Ginger – Burgeap : g.gilles@groupeginger.com

RÉSUMÉ

Les modifications constatées dans l'équilibre et le fonctionnement hydro-sédimentaire de l'ouvrage de la brèche de Neyron, marquant la difffluence entre canal de Miribel et Vieux-Rhône, entraînent des conséquences importantes pour l'alimentation des champs captant de Crépieux-Charmy et l'eau potable de la Métropole de Lyon : (i) des débits trop faibles dans le Vieux-Rhône à l'étiage et (ii) de colossaux volumes de sédiments déposés lors des crues, astreignant à de fréquentes et coûteuses opérations de curage et gestion sédimentaires. Malgré les nombreuses études de terrain (topo-bathymétrie, traçage sédimentaire), les processus hydro-sédimentaires restent mal connus durant les crues.

Ainsi, la régie Eau publique du Grand Lyon a commandé à ARTELIA une étude reposant sur une modélisation morpho-sédimentaire hybride : physique (maquette au 1/50^{ème}) et numérique (3D) dont les objectifs sont (i) de parvenir à modéliser et comprendre la dynamique hydro-sédimentaire actuelle, puis (ii) tester et optimiser une nouvelle solution de l'aménagement de la difffluence pour améliorer la répartition des flux liquides et solides.

Les résultats du modèle physique présentent une similitude remarquable avec les données de terrain ce qui permet de les utiliser avec une certaine confiance pour le calage des modèles numériques (hybridation). Ces modèles numériques simulent ensuite plusieurs scénarios morphogènes : à plus larges échelles spatiales (ensemble du champ captant) et temporelles (décennales) sans/avec solution de réaménagement de la brèche.

ABSTRACT

The evolutions observed in the equilibrium and hydro-sedimentary functioning of the Neyron breach structure, marking the difffluence between the channels of Miribel canal and the Old-Rhône, have significant consequences on the Crépieux-Charmy well fields and the supply of clean water of the city of Lyon. Among these consequences: (i) low flow rates in the Old-Rhône channel during low water periods and (ii) colossal volumes of sediments supplied during floods, necessitating frequent and costly sediment dredging operations. Despite numerous field studies (topo-bathymetry, sediment tracing), hydro-sedimentary processes remain poorly understood at infra-flood scale.

Thus, the Eau publique du Grand Lyon commissioned ARTELIA to carry out a study based on a hybrid morpho-sedimentary modeling: physical (1/50th scale model) and numerical (3D), whose objectives are (i) to model and understand the current hydro-sedimentary dynamic at the difffluence, then (ii) test and optimize a new structure configuration of the breach to improve the distribution of liquid and solid flows.

The results of the physical model show remarkable similarity with the field data, which allows their confidence utilization for the calibration of numerical models (hybridation). These numerical models then simulate several scenarios, including with a redevelopment solution at larger spatial (entire field of capture) and temporal scales.

MOTS CLÉS

Charriage, Difffluence, Modèle hydro-sédimentaire, Modèle hybride physique/numérique
Bedload, Difffluence, hydro-sedimentary model, hybride physical/numerical modelling

1 CONCEPTION ET CALAGE DES MODELES

1.1 Modèle Physique

La maquette présente une emprise spatiale de 15m de long, 7m de large avec une largeur moyenne de chenal de 3m et englobe la brèche de Neyron et les piles du viaduc de Sermenaz (Figure 1). Elle permet de reproduire des débits jusqu'à $2210 \text{ m}^3/\text{s}$ ($\sim Q_{10}$) dans la réalité. Les berges sont figées mais les fonds sont mobiles, composés d'un mélange de sables fins et grossiers reproduisant la granulométrie grossière provenant du canal de Miribel à l'amont de la zone d'étude. Le contrôle du modèle et les mesures sont assurés par (i) 7 capteurs de hauteur d'eau et 2 volets de régulation des conditions avals permettant son calage hydraulique : niveaux d'eau et répartition des débits entre les deux bras (par rapport aux niveaux d'eau et jaugeages *in situ* de 45 à $1187 \text{ m}^3/\text{s}$) ; et par (ii) deux pièges à sédiments et des scans 3D permettant d'établir les bilans sédimentaires après les différents débits ou chroniques simulées.



Figure 1. Photographie annotée du modèle physique et de ses équipements de suivis et contrôles.

1.2 Modèles Numériques

Deux modèles numériques, opérant tous deux avec TELEMAC-3D et module GAIA, ont été mise en place : le premier a la même emprise que le modèle physique et sert à l'hybridation du modèle numérique (c-à-d le calage des paramètres) ; le second a une emprise plus large, englobant tous les champs captant et intégrant tous les ouvrages fluviaux (ponts, seuils, etc... - Figure 2), sert aux simulations à grandes échelles spatiale et temporelles (des cycles de la courbe des débits classés sont répétés jusqu'à 30 ans). Leurs calages sont réalisés avec les mêmes données que celles utilisées pour le modèle physique.



Figure 2. Emprise spatiale du modèle numérique global.

2 RESULTATS DES SIMULATIONS

2.1 Modèle physique

A l'état d'aménagement actuel, le séquençage des essais avec des répétitions des débits d'études, entre lesquels sont intercalés d'autres débits morphogènes plus ou moins élevés, a permis de :

- reproduire, la répartition globale du flux solide entrant entre le Vieux-Rhône de Neyron (65%) et le canal de Miribel (35%) observée sur le terrain ($2/3 - 1/3$)^(1, 2) par combinaison de bilans sédimentaires et de RFID.
- faire apparaître des phénomènes de décorrélation des flux liquides et solides ainsi que le rôle des conditions antérieures à l'essai en cours ;
- identifier des compartiments du secteur aux fonctionnements hydro-sédimentaires différenciés selon les débits simulés.

ID du secteur	Débits d'essais					
	350 m³/s	750 m³/s	1 150 m³/s	1 600 m³/s	2 110 m³/s	
MIR AM	Pas/Peu de transport	Transport solide visible mais sporadique (temps et espace), non généralisé	Transport généralisé avec formation de dunes migrant lentement vers l'aval	Transport intense avec plusieurs dunes migrant rapidement vers l'aval	Multiples dunes qui migrent rapidement vers l'aval	
MIR MID			Ralentissement de la migration des formes de fond et			
MIR AV	Pas de transport		Transport avec un tri marqué et dépôts			
La Brèche	Pas ou peu de transit (sauf en fin ou post-crue)		Transit par l'échancrure (voir par la crête en en fin ou post-crue)	Transit sur toute la section		
VR AM	En E2 : Formation de la fosse, transport des matériaux de la fosse vers l'aval et dépôts à droite de la fosse		Comblement lent de la fosse	Comblement rapide de la fosse et transport aussi par la droite du viaduc		
VR AV	En E2 : Dépôts des matériaux exportés depuis la fosse		Dépôts, reprise et transport des matériaux vers la limite aval du modèle			

Tableau 1. Synthèse des observations du fonctionnement morphologique des 5 compartiments du secteur d'étude.

2.2 Modèles Numériques

2.2.1 Hybridation à échelle locale

Les résultats de l'hybridation (l'évolutions des fonds à l'échelle locale) des modèles physiques et numériques montrent une bonne similitude aux débits morphogènes les plus élevés (Figure 3).

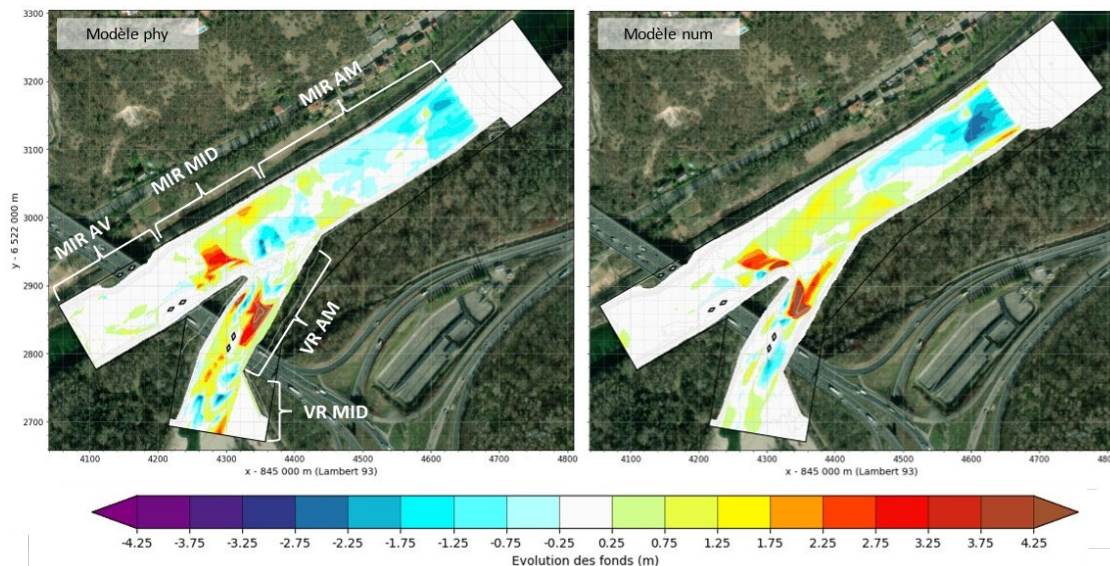


Figure 3. Comparaison de l'évolution des fonds des modèles locaux (physique à droite et numérique à gauche).

2.2.2 Simulation long terme à échelle globale

Dans l'état d'aménagement actuel, il résulte des simulations long-terme une sédimentation importante dans le delta de Neyron mais aussi et surtout dans le Vieux-Rhône en aval de la station d'alerte avec des exhaussement des fonds du lit pouvant atteindre + 4m. Une sédimentation dans le canal de Miribel est également observée (en aval ET en amont de la brèche) où les valeurs d'exhaussement du lit sont moindres (jusqu'à 1m) mais concernent un linéaire plus grands que dans le Vieux-Rhône (Figure 4).

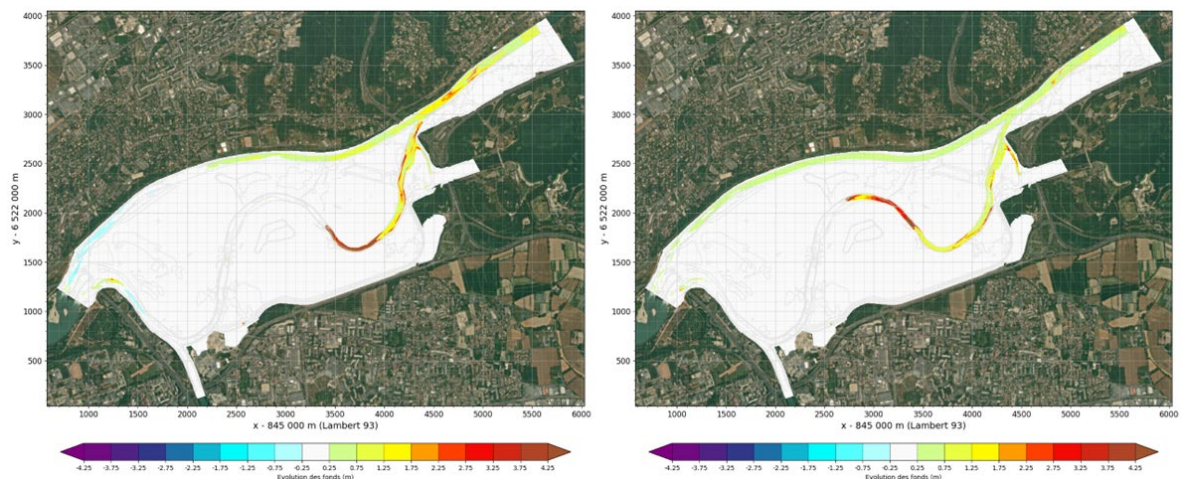


Figure 4. Evolutions des fonds du lit du modèle large échelle à +10 ans (à droite) et + 20 ans (à gauche).

3 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'approche par modélisation hybride (physique + numérique et locale + globale), calée à l'aide des données de terrain, a permis de :

- (i) observer et caractériser les processus à infra-crue observés sur la maquette durant les simulations.
- (ii) d'affiner le paramétrage du modèle physique et ainsi de renforcer sa fiabilité par rapport aux modèles numérique morpho-sédimentaires précédents.
- (iii) de reproduire avec une bonne similitude les données collectées sur le terrain et donc les processus en place.

Ces constats permettent d'envisager avec certaine sérénité la poursuite de l'exploitation du modèle hybride pour la détermination d'une solution de réaménagement de l'ouvrage de la brèche de Neyron (modification de la géométrie de la brèche ou ajout d'aménagement complémentaire) afin de modifier l'équilibre hydro-sédimentaire au niveau de la diffuence mais aussi d'anticiper les changements induits par ce nouvel équilibre.

BIBLIOGRAPHIE

1. G. Gilles, F. Laval, C. Jouanneau, M. Cassel, T. Depret, A. Perrissin-Fabert, Hydrosedimentary diagnosis of the Rhône River in Lyon urban area from the confluence with the Ain River to the Pierre-Benite Dam ----- Diagnostic Hydrosédimentaire du Rhône dans l'agglomération de Lyon depuis confluence avec l'Ain jusqu'au barrage de Pierre-Bénite. doi: 10.13140/rg.2.2.36036.53127 (2018).
2. T. Dépret, H. Piégay, M. Cassel, B. Noirot, L. Vaudor, L. Bultingaire, S. Yousefi, K. Michel, V. Dugué, B. Camenen, "OSR4 Action I.2 : Mesures et modélisations du fonctionnement hydrosédimentaire du secteur de Miribel" (Lyon, 2018).