

Apport des investigations expérimentales et de la modélisation hydro-sédimentaire 3D pour caractériser la dynamique sédimentaire d'une retenue au fil de l'eau sur le Rhône

Contribution of experimental investigations and 3D hydro-sedimentary modeling for characterizing the sediment dynamics in a run-of-river reservoir on the Rhône River

Auteur correspondant : **Thierry FRETAUD**, Compagnie Nationale du Rhône, 4 rue de Chalon sur Saône – 69007 Lyon, t.fretaud@cnr.tm.fr

Auteurs de la communication : **Thierry FRETAUD**, Compagnie Nationale du Rhône, Lyon, France
Pierre NUNES, Compagnie Nationale du Rhône, Lyon, France
Felix BECKERS, Université de Stuttgart, Stuttgart, Allemagne

1. Introduction

La sédimentation des réservoirs est une problématique mondiale qui est devenue critique depuis plusieurs décennies. Elle affecte des domaines vitaux pour l'humanité (eau potable, irrigation agricole, énergie...) et constitue un enjeu majeur de développement durable et de performance économique pour les concepteurs et exploitants d'ouvrages. Pour assurer la continuité sédimentaire et limiter l'accumulation de sédiments dans les réservoirs, plusieurs solutions techniques durables visant à éviter, réduire ou compenser la sédimentation peuvent être mises en œuvre : transfert des sédiments entrant par abaissement préventif de la retenue en cas de crue, gestion de la retenue facilitant une remobilisation naturelle en crue, dragage avec remise en suspension ou réinjection, chasse des sédiments déposés avec régulation strict du débit solide sortant... Pour évaluer si la remobilisation des dépôts en place est faisable et peut être optimisée, deux prérequis sont nécessaires : (1) connaître la résistance à l'érosion des dépôts et (2) évaluer les conditions hydrauliques nécessaires pour remettre en mouvement les sédiments déposés.

L'objectif de cette communication est de présenter la démarche appliquée par CNR dans le cas du barrage de Chautagne sur le Haut-Rhône (France). La première étape consiste à caractériser les dépôts existants en termes de composition, résistance à l'érosion et répartition spatiale 3D au sein de la retenue. Pour cela, des mesures acoustiques, des échantillonnages et des tests d'érosion en laboratoire sont réalisés. Les volumes potentiellement remobilisables sont ensuite évalués en mettant en œuvre un modèle numérique 3D à surface libre intégrant les données d'entrée précédentes et simulant les conditions hydrauliques correspondant à divers scénarios.

2. Matériels et méthode

2.1 Le site d'étude

Le réservoir de Motz (aménagement de Chautagne) est situé sur le Rhône français. Il fait partie d'une cascade de 19 barrages construits et exploités par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) entre la frontière suisse et la mer Méditerranée. Le réservoir de Motz alimente une centrale hydroélectrique de basse chute au fil de l'eau en détournant le débit principal vers un canal d'amenée. Tous les trois ans environ, le Haut-Rhône français est concerné par des opérations de chasse organisées à l'initiative des exploitants des barrages suisses. Les flux de sédiments fins libérés par ces ouvrages sont acheminés tout au long des aménagements exploités par CNR afin de prévenir autant que possible leur sédimentation (Peteuil, 2013 [1]). Malgré ces précautions, une partie de ces flux se dépose de manière plus ou moins temporaire au fil des retenues.

2.2 Investigation du réservoir

Afin de caractériser la structure des accumulations successives de sédiments, la retenue a été inspectée à l'aide de plusieurs équipements : un sonar latéral pour réaliser une cartographie préliminaire des dépôts de surface, une caméra vidéo subaquatique pour confirmer visuellement et ponctuellement la nature des fonds et un sondeur de sédiments pour évaluer le degré d'hétérogénéité verticale des dépôts. Des prélèvements de surface et des carottages manuels ont ensuite été réalisés sur plusieurs sites représentatifs identifiés à l'issue de ces inspections préalables. La granulométrie et la teneur en éléments fins de ces prélèvements ont été analysés en laboratoire. Il s'avère ainsi que la retenue est composée d'une gamme de sédiments allant du gravier aux argiles en passant par les sables et les limons.

2.3 Erodabilité des dépôts

En plus de ces investigations, plusieurs échantillons intacts ont été prélevés au niveau de trois régions du réservoir avec un carottier (Beckers et al., 2018 [2]). La densité apparente et la granulométrie des sédiments collectés ont été évaluées. La détermination de la contrainte critique d'érosion de ces dépôts a été réalisée à partir d'un canal érodimètre (SETEG) combiné avec une analyse photogrammétrique des formes d'érosion réalisée en temps réel pendant toute la durée de l'essai (Noack et al., 2018 [2]). La résistance à l'érosion en fonction de la profondeur est exprimée par le seuil critique d'érosion τ_{crit} (Pa) pour chaque couche étudiée. La contrainte critique d'érosion a été dérivée du volume d'érosion cumulé par un critère de gradient qui indique l'augmentation continue du volume érodé (Beckers et al., 2019 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Les densités apparentes et la contrainte critique d'érosion en fonction de la profondeur sont présentées sur la Figure 1. Les mesures indiquent un mélange cohésif pour la carotte A – MZ-C (Figure 1 – A) et un mélange non cohésif pour la carotte C - MZ-NC (Figure 1 – A). À l'exception des 5 premiers centimètres, le faciès et la densité apparente de ces prélèvements restent homogènes sur la verticale. Néanmoins les résultats sont spatialement hétérogènes et il est nécessaire d'en tenir compte dans la modélisation en identifiant correctement les différentes zones avec leurs contraintes respectives.

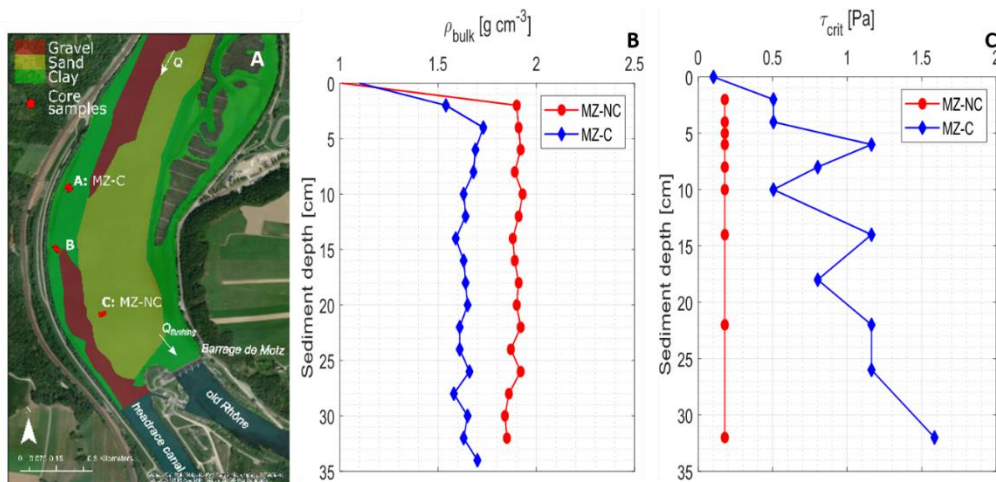


Figure 1 – Résultats de la campagne de terrain (A : cartographie des sédiments en place et position des prélèvements ; B : masse volumique apparente [kg.m⁻³] en fonction de la profondeur ; C : contrainte critique d'érosion [Pa] en fonction de la profondeur)

3. Modèle numérique

Afin d'évaluer les conditions hydrauliques nécessaires pour favoriser la remobilisation des dépôts, un modèle numérique 3D a été créé à partir de la suite de calcul opentelemac. A l'instar d'un calage hydraulique (i.e. calage des coefficients de frottement) une étape de calage hydro-sédimentaire est nécessaire. Pour se faire les différents faciès, leurs contraintes critiques d'érosion ainsi que leurs érodabilités sont spatialisés dans le modèle, tant horizontalement que verticalement. La contrainte critique de dépôt ainsi que la vitesse de chute sont constantes dans l'ensemble du modèle. Pour l'ensemble des classes granulométriques l'érosion est calculée à partir d'une loi de type Partheniades (E.Partheniades, 1986 [4]). Afin de valider ces hypothèses deux épisodes réels sont rejoués : une crue et une période de chasse. La comparaison entre différentiel bathymétrique et les résultats du modèle permet de valider la capacité du modèle à reproduire de manière pertinente la dynamique sédimentaire observée in-situ.

REFERENCES

- [1] C.Peteuil & al – 2013. Sustainable management of sediment fluxes in reservoir by eco-friendly flushing : the case study of the Genissiat dam on the upper Rhone River (France) – 12th International Conference on River Sedimentation
- [2] F.Beckers & al – 2018. Experimental investigation of reservoir sediments – MATEC Web of Conferences and report CNR
- [3] M.Noark & al – 2018. PHOTOSSED—Photogrammetric sediment erosion detection – geosciences 8070243
- [4] Partheniades, E., 1986. A fundamental framework for cohesive sediment dynamics. In Estuarine cohesive sediment dynamics. Springer, NY