

Caractérisation de l'érodabilité des sédiments fins cohésifs de retenue au fil de l'eau pour optimiser la gestion sédimentaire du Rhône à long terme

Characterization of fine sediments erodibility in run-of-river reservoirs on the Rhone River to optimize long-term sediment management

Auteur correspondant : Damien ALLIAU, Compagnie Nationale du Rhône, 4 rue de Chalon sur Saône – 69007 Lyon, d.alliau@cnr.tm.fr

Auteurs de la communication : Damien ALLIAU, Compagnie Nationale du Rhône, Lyon, France
 Matthieu MIOLANE, Optifluides, Lyon, France
 Stefan HAUN, IWS Université de Stuttgart, Stuttgart, Allemagne
 Christophe PETEUIL, Sylvain REYNAUD, Thierry FRETAUD, Compagnie Nationale du Rhône, Lyon, France

1. Principes de la gestion sédimentaire du Rhône

La sédimentation des réservoirs est une problématique mondiale qui est devenue critique depuis plusieurs décennies. Elle affecte des domaines vitaux pour l'humanité 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, gestion de la retenue, dragage, 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 industrielle engagée par CNR sur l'ensemble du bassin versant du Rhône (France). Le retour d'expérience sur différents tests menés depuis 2014 (*Jet Erosion Test, Erosion Function Apparatus*) a démontré les limites techniques (analogie de contrainte avec un écoulement fluvial, déstructuration des matériaux avant test) et organisationnelles (tests récurrents) de telles voies de mesure. C'est pourquoi la CNR porte aujourd'hui en propre l'ensemble du processus (prélèvements *in situ*, essais, interprétation, extrapolation), dont l'érodimètre fait partie. La première étape consiste à caractériser l'érodabilité des dépôts de retenue par essais sur banc d'érosion en laboratoire : l'érodimètre, conçu en partenariat avec l'Université de Stuttgart [1], permet aujourd'hui d'accéder à la mesure des processus fondamentaux de l'érosion des sédiments fins cohésifs, avec une précision inédite de la contrainte de cisaillement. Les volumes potentiellement remobilisables sont ensuite évalués en mettant en œuvre un modèle numérique 3D à surface libre [3] intégrant les données d'entrée précédentes et simulant les conditions hydrauliques correspondant à divers scénarios.

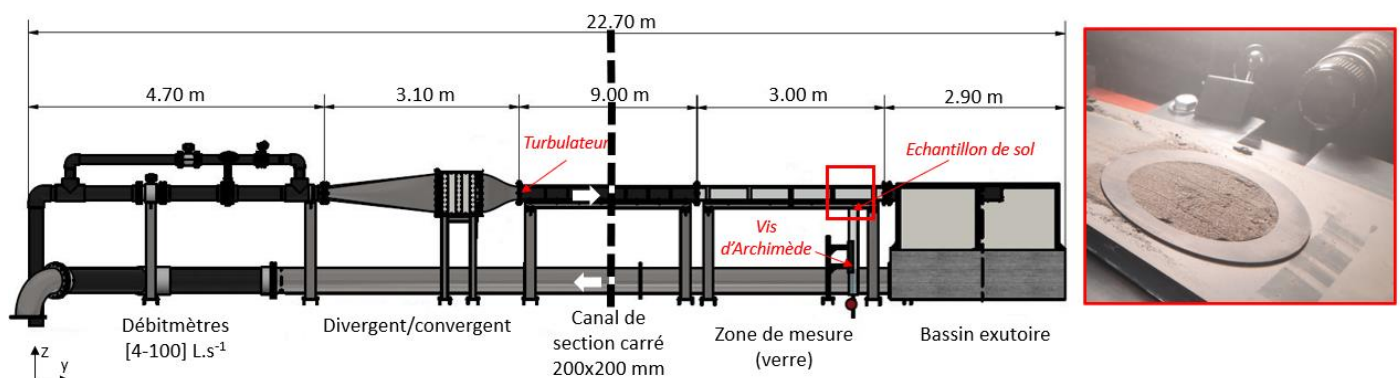


Figure 1 -Plan schématique de l'érodimètre SETEG². Les systèmes de mesures par PIV et PHOTOSED ne sont pas représentés sur cette figure.

2. Erodimètre SETEG²

Inspiré par le canal d'érosion de l'IWS (nommé SETEG, *acronyme allemand*), l'érodimètre SETEG² construit au sein du laboratoire d'hydraulique de la CNR à Lyon (CACOH), permet la génération d'une veine fluide turbulente en charge de section 200x200 mm sur un linéaire de 12 m pour une gamme de débit noté $Q = [4-100] \text{ L.s}^{-1}$, soit l'équivalent d'une

vitesse moyenne d'écoulement de 5 cm.s^{-1} à 2.50 m.s^{-1} ($Re \geq 20.10^3$) et d'une gamme de contrainte $[5.10^{-2}-15] \text{ Pa}$ conforme aux domaines couverts par le Rhône. La précision de mesure de débit est garantie inférieure au % près par des débitmètres électromagnétiques en tête de l'installation. La zone de mesure, située en partie aval, permet d'observer et de mesurer l'érosion de carottes prélevées sur le terrain de diamètres intérieur \varnothing 85, 100 et 135 mm. Le réglage vertical de la carotte par vis d'Archimède de précision $1/10^{\text{ème}}$ de mm, autorise la mesure d'érosion à différents horizons. De façon générale, les essais consistent à exposer l'échantillon, placé initialement à niveau égal du fond du canal, à des débits croissants, et donc par extension à des contraintes hydrauliques de cisaillement croissantes notées τ^* , avec mesure optique de l'érosion volumique du système PHOTOSSED [2] de précision minimum 15 mm^3 . Visible sur la figure 2C ci-dessous, l'intérêt de ce système est d'objectiver le seuil de valeur de contrainte de mise en mouvement, et également de réaliser une mesure continue de l'érosion fonction du temps, à énergie du fluide croissante.

3. Mesure de la contrainte de cisaillement

Un des défis majeurs du système est la mesure précise de la contrainte de cisaillement, exercée au niveau de l'échantillon de sol, utilisable par la relation $Q-\tau^*$. Cette grandeur est calculée en mesurant le tenseur de Reynolds, qui reflète la contrainte turbulente de l'écoulement (1), par méthode optique PIV (*Particle Image Velocimetry*) en champ proche (aire de mesure égale à 2.89 cm^2) sur un nombre de paires d'images suffisamment convergé ($n > 5\,000$).

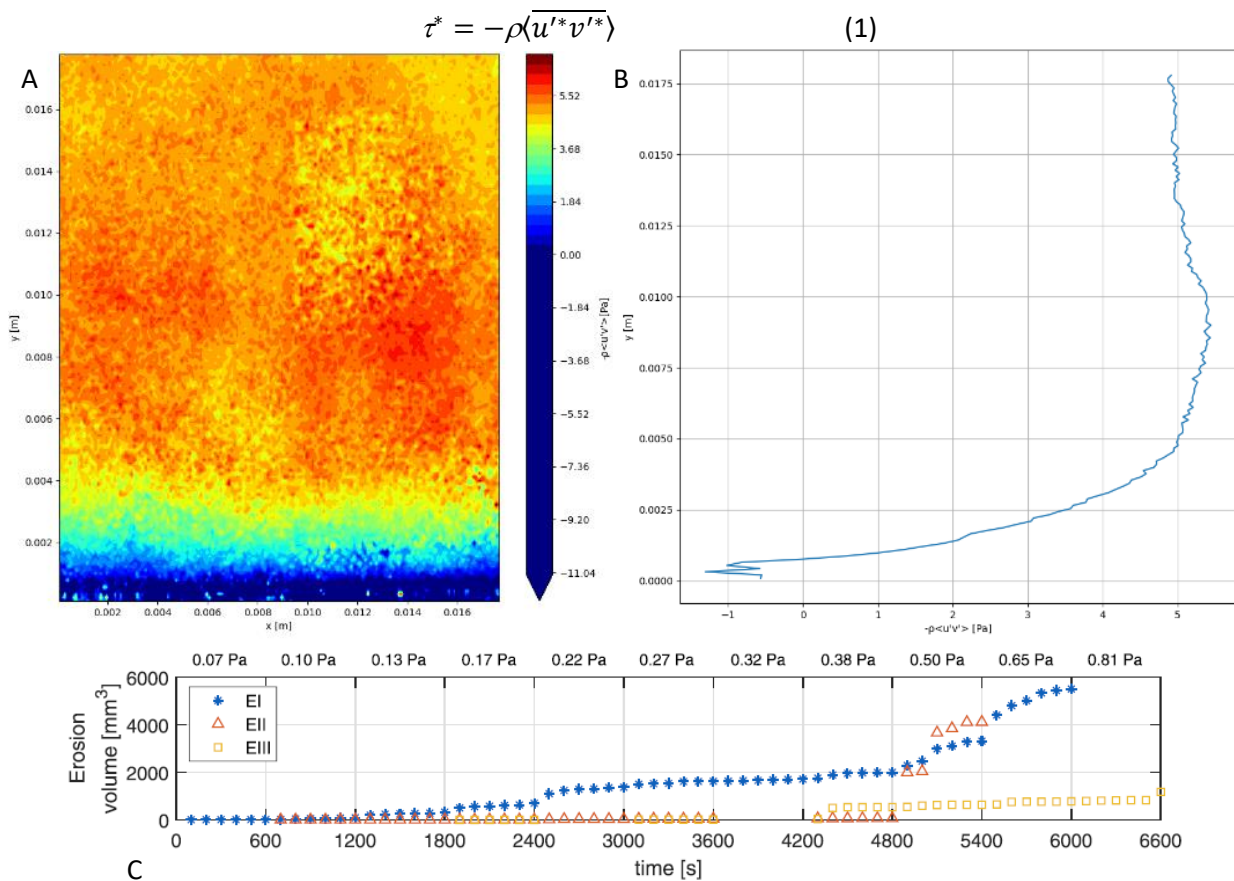


Figure 2 -Haut : Résultats de mesure de τ^* à 80 L.s^{-1} (A : moyenne temporelle du champ de contrainte turbulente avec 5 000 paires d'images ; B : moyenne spatiale et temporelle de la contrainte turbulente verticale), Bas : exemple de mesure d'érosion sur un échantillon de sol par PHOTOSSED (source : IWS)

REFERENCES

- [1] Beckers, F., Haun, S., Noack, M., 2018. Experimental investigation of reservoir sediments. E3S Web of Conferences 40, 03030. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184003030>
- [2] Noack, M., Schmid, G., Beckers, F., Haun, S., Wieprecht, S., 2018. PHOTOSSED—PHOTOgrammetric Sediment Erosion Detection. Geosciences 8, 243. <https://doi.org/10.3390/geosciences8070243>
- [3] Alliau et al., 2016, Evaluating 3D hydraulic conditions to favor sediment transport and erosion through a reservoir: the case study of Champagneux run-of-river dam on the Rhône River, Proceedings XXIIIrd TELEMAR & MASCARET User Conference, Paris, France.