

# Mesure *in situ* de l'érodibilité des dépôts de sédiments fins dans les rivières à graviers

## *In situ measurement of fine sediment deposits erodibility in gravel bed rivers*

**Auteur correspondant :** Hanna Haddad, EDF-R&D LNHE & LHSV, 6 quai Watier, [hanna.haddad@edf.fr](mailto:hanna.haddad@edf.fr)

**Auteurs de la communication :** Magali JODEAU, EDF-R&D LNHE & LHSV, 6 quai Watier, Chatou, France  
Germain ANTOINE, EDF-R&D LNHE & LHSV, 6 quai Watier, Chatou, France  
Cédric LEGOUT, UGA, CNRS, IRD, Grenoble INP, IGE, Grenoble, France

### 1. Contexte et objectifs

Les flux de particules fines constituent la part la plus importante de la matière transportée dans la plupart des rivières. Bien que transportées en suspension, ces particules peuvent subir plusieurs phases de dépôt et de réentrainement au cours de leur transport depuis les zones sources jusqu'aux exutoires [1]. Les dépôts de sédiments fins, en partie cohésifs, peuvent affecter le fonctionnement des ouvrages hydroélectriques avec notamment des impacts conséquents sur les vannes de fond. De plus, la qualité des milieux peut parfois être affectée lorsque la rivière connaît de fortes concentrations en sédiments, par exemple sur des événements naturels comme les crues ou lors d'opérations de gestion sédimentaire [2].

Bien que les rivières à graviers contribuent à une grande partie des flux sédimentaires globaux, les processus menant au dépôt et au réentrainement des sédiments fins dans leurs lits sont peu compris. Les modèles numériques sont particulièrement sensibles aux propriétés des dépôts de sédiments fins comme leurs contraintes critiques [3] qui présentent une grande variabilité spatiale et temporelle [4]. L'objectif de ce travail est de développer une approche permettant de caractériser *in situ* la variabilité de l'érodibilité des dépôts dans deux rivières alpines : l'Isère en Combe de Savoie et le Galabre dans les Alpes du Sud.

### 2. Mesure de l'érodibilité des dépôts de sédiments fins

La mesure de l'érodibilité des sédiments, généralement réalisée en laboratoire, consiste à trouver la contrainte critique d'érosion ( $\tau_{ce}$ ) et une relation entre la contrainte appliquée sur le sédiment ( $\tau$ ) et le taux d'érosion ( $\varepsilon$ ). Cependant, des études ont montré une différence de plusieurs ordres de grandeurs sur ces variables entre des mesures réalisées sur des sédiments fins cohésifs au laboratoire et des mesures *in situ* [5]. Ces différences pourraient être dues aux perturbations lors du transport des échantillons ou à l'environnement de mesure.

Ainsi, des études se tournent vers l'utilisation d'appareils de mesures sur le terrain. Néanmoins, la plupart sont effectuées dans le milieu estuarien [6]. Peu d'études se sont concentrées sur l'analyse des propriétés des sédiments déposés dans les lits de rivières de montagne et à leur variabilité spatiale [4]. Parmi les différents dispositifs de mesure existants, deux appareils de mesures ont été sélectionnés pour déterminer les propriétés d'érosion des sédiments fins déposés en lien avec les spécificités des rivières à graviers : l'EROMES et le Cohesive Strength Meter (CSM) (Figure 1, Tableau 1).

L'EROMES [6], [7] permet d'isoler une surface de sédiments à l'aide d'un cylindre de 10 cm de diamètre et de réaliser en conditions submergées des mesures de l'évolution de la turbidité au cours des différents paliers successifs de contrainte générés par la rotation d'une hélice.

Le CSM [6] fonctionne sur le même principe sauf que sa surface de mesure est dix fois plus petite et que l'érosion est générée par un jet d'eau vertical nécessitant une calibration de la contrainte verticale en contrainte horizontale équivalente. Sa rapidité de mise en œuvre en fait un outil potentiellement intéressant pour mieux évaluer la variabilité spatiale.

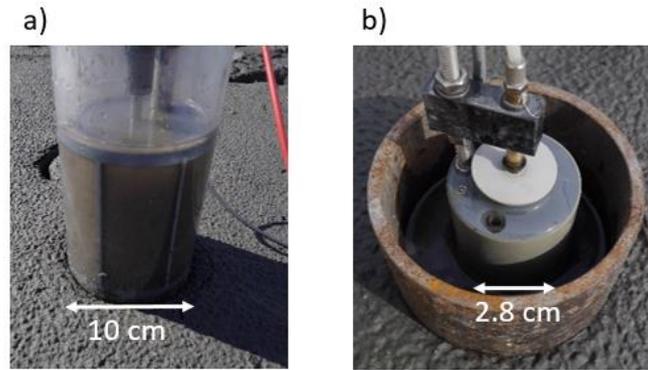


Figure 1 – Photos a) de l'EROMES chambre remplie et du b) CSM sur le terrain.

Tableau 1 – Caractéristiques des deux appareils

Appareil	Durée de la mesure	Consommation d'eau	Surface érodable (m <sup>2</sup> )	Gammes de contraintes
EROMES	20 min	1-2 L	0.0078	4 Pa
CSM	5 min	0.04 L	0.0007	Jet vertical jusqu'à 60 PSI

### 3. Utilisation du CSM et de l'EROMES sur les sites d'étude : Galabre & Isère

Ces appareils ont été déployés sur l'Isère et le Galabre lors de plusieurs campagnes de mesures en 2019 et 2020. Des zones favorables de dépôts ont été sélectionnées sous forme de transects pour le suivi des deux sites d'études. En particulier, la zone aval du chenal secondaire de Fréterive et les zones d'eau morte de certains chenaux du Galabre présentent de nombreux faciès de dépôt (humidité, minéralogie, granulométrie). Les premières mesures au CSM montrent que  $\tau_{ce}$  varie entre 0 et 15 PSI pour les dépôts marneux ( $d_{50}=20 \mu\text{m}$ ) et légèrement inférieur (0-10 PSI) pour la molasse ( $d_{50}=50 \mu\text{m}$ ) sur le Galabre. Sur l'Isère, les dépôts étaient plus sableux, plus humides et légèrement plus résistants. La variabilité est plus forte pour l'Isère (écart-type de 7.5 contre 5 PSI). La difficulté principale rencontrée, surtout avec les sédiments de texture plus grossière sur l'Isère, est l'infiltration d'eau au cours des essais d'érosion.

Différentes méthodes de traitements des signaux bruts mesurés par ces deux appareils sont testées et comparées pour dériver les variables d'intérêt ( $\tau_{ce}$  et  $\varepsilon$ ). Les premières analyses révèlent à la fois une bonne complémentarité et cohérence des deux appareils testés. En complément de la donnée rapide extraite par le CSM, l'EROMES a pour avantage de décrire plus précisément le taux d'érosion à différents paliers de contrainte. Cette donnée pourrait alimenter et enrichir la description spatiale et temporelle de l'érosion dans les modèles numériques.

#### Remerciements

Les auteurs remercient toutes les personnes ayant contribué aux campagnes de mesures sur le terrain, de l'IGE ainsi que d'EDF-R&D. Cette étude fait partie du projet ANR DEAR (ANR-18-CE01-0020).

### 4. REFERENCES

- [1] K. Fryirs, "(Dis)Connectivity in catchment sediment cascades: a fresh look at the sediment delivery problem: (DIS)CONNECTIVITY IN CATCHMENT SEDIMENT CASCADES," *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 38, no. 1, pp. 30–46, Jan. 2013, doi: 10.1002/esp.3242.
- [2] M. Tritthart, M. Haimann, H. Habersack, and C. Hauer, "Spatio-temporal variability of suspended sediments in rivers and ecological implications of reservoir flushing operations," *River Res Applic*, vol. 35, no. 7, pp. 918–931, Sep. 2019, doi: 10.1002/rra.3492.
- [3] H. Haddad, M. Jodeau, G. Antoine, N. Claude, and C. Legout, "Fine sediment deposits in gravel bed rivers: sensitivity analysis to particle properties using a 2D hydrodynamic and sediment model," *submitted to RiverFlow 2020*.
- [4] C. Legout, I. G. Droppo, J. Coutaz, C. Bel, and M. Jodeau, "Assessment of erosion and settling properties of fine sediments stored in cobble bed rivers: the Arc and Isère alpine rivers before and after reservoir flushing: Erosion and settling dynamics of fine sediments in cobble bed rivers," *Earth Surf. Process. Landforms*, vol. 43, no. 6, pp. 1295–1309, May 2018, doi: 10.1002/esp.4314.
- [5] T. J. Tolhurst, K. S. Black, and D. M. Paterson, "Muddy Sediment Erosion: Insights from Field Studies," *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 135, no. 2, pp. 73–87, Feb. 2009, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9429(2009)135:2(73).
- [6] J. Widdows, P. L. Friend, A. J. Bale, M. D. Brinsley, N. D. Pope, and C. E. L. Thompson, "Inter-comparison between five devices for determining erodability of intertidal sediments," *Continental Shelf Research*, vol. 27, no. 8, pp. 1174–1189, May 2007, doi: 10.1016/j.csr.2005.10.006.
- [7] M. E. Sengupta, T. J. Andersen, A. Dalsgaard, A. Olsen, and S. M. Thamsborg, "Resuspension and settling of helminth eggs in water: Interactions with cohesive sediments," *Water Research*, vol. 46, no. 12, pp. 3903–3912, Aug. 2012, doi: 10.1016/j.watres.2012.04.033.