

ETUDE DES REINJECTIONS SEDIMENTAIRES DANS LES RIVIERES A GRAVIERS PAR MODELISATION NUMERIQUE MORPHODYNAMIQUE 2D

Replenishment study in gravel bed rivers by 2D numerical morphodynamic modelling

Auteur correspondant : **Guillaume BROUSSE**, EDF R&D LNHE LHSV, 6 Quai Watier, 78400 Chatou, guillaume.brousse@edf.fr

Auteurs de la communication : **Magali JODEAU**, EDF R&D LNHE LHSV, Chatou, France
Florian CORDIER, EDF R&D LNHE LHSV, Chatou, France

1. Contexte et objectifs

La réinjection sédimentaire est une des solutions possibles pour compenser les déficits sédimentaires et restaurer les habitats aquatiques en aval des barrages [1]. Généralement, l'injection de sédiments prend la forme de remblais, plus ou moins immergés, érodés en périodes de hautes eaux [2].

Les outils de modélisation numériques bidimensionnels pourraient être utilisés pour dimensionner les opérations d'injection sédimentaire et prévoir les effets des conditions hydrologiques sur l'érosion des remblais, par exemple l'hydrogramme requis pour l'opération, quantité et taille des sédiments à mobiliser, transport et stockage des sédiments à l'aval. Cela nécessite d'évaluer au préalable la capacité des codes numériques à reproduire les processus observés in situ, en particulier l'érosion des sédiments injectés et leur propagation vers l'aval. Par ailleurs, ces outils de modélisation hydro-sédimentaire pourraient être couplés avec des modèles d'habitats aquatiques pour quantifier les gains biologiques.

Cette étude propose d'évaluer la capacité d'un modèle numérique morphodynamique bidimensionnel, basé sur les modules TELEMAC-2D et GAIA du système de modélisation TELEMAC-MASCARET, à reproduire les processus hydro-sédimentaires inhérents à une opération de réinjection sédimentaire. Les enjeux principaux sont la calibration de l'érosion latérale des remblais artificiels et la propagation des sédiments vers l'aval sous forme de vague sédimentaire (épaisseur, largeur, longueur et célérité).

2. Méthodes

Les résultats encourageants obtenus sur un cas simple, bien documenté par une expérience de laboratoire [3] présentés au webinaire TSMR 2021, ont permis d'envisager une modélisation plus complexe (grandeur nature). Il s'agit de modéliser l'opération de réinjection sédimentaire en aval du barrage de Saint-Sauveur sur le Buëch (05).

Sur la base des données de suivi [4], un modèle numérique morphodynamique bidimensionnel a été construit (275 624 mailles < 1 m² dans le site de réinjection ; 7 km de long ; 212 ha). Le modèle simule uniquement le transport par charriage (avec une classe de sédiments correspondant à $D_{50} = 20,8$ mm) de sédiments non cohésifs. Ce modèle est calibré à partir de données de suivi acquises sur un événement morphogène (la crue de novembre 2016). La calibration consiste à régler les principaux paramètres des modules hydrodynamiques et morphodynamiques pour reproduire correctement – et de manière pertinente sur le plan physique – les observations de terrain selon trois critères principaux : 1) le volume et la surface érodés des remblais ; 2) la forme de l'érosion latérale des remblais et 3) l'extension de la vague sédimentaire générée par la réinjection.

3. Résultats et perspectives

Nos résultats montrent que le modèle est capable de reproduire l'érosion des remblais ainsi que la vague sédimentaire. Le bilan sédimentaire modélisé des remblais est particulièrement réaliste (Figure 1A). L'érosion des remblais est également bien représentée dans l'espace avec la conservation du remblai résiduel au centre (Figure 1B). L'érosion latérale et l'évolution de la bande active sont également bien reproduites (Figure 1C).

Selon les dépôts cumulés en aval du site de recharge, nous considérons que le modèle est cohérent pour reproduire la vague sédimentaire car le front et l'amplitude de la vague sont bien représentés. Le décalage à environ 1500 m en aval du barrage s'explique par une forte transition morphologique (cône alluvial d'un affluent en rive gauche) combinée à l'absence d'apports solides et liquides pour cet affluent (car non modélisés). Si le modèle numérique reproduit une diversité particulière de formes alluvionnaires (bancs alternés et chenaux tressés), des différences entre leurs localisations – simulées et réelles – sont observées.

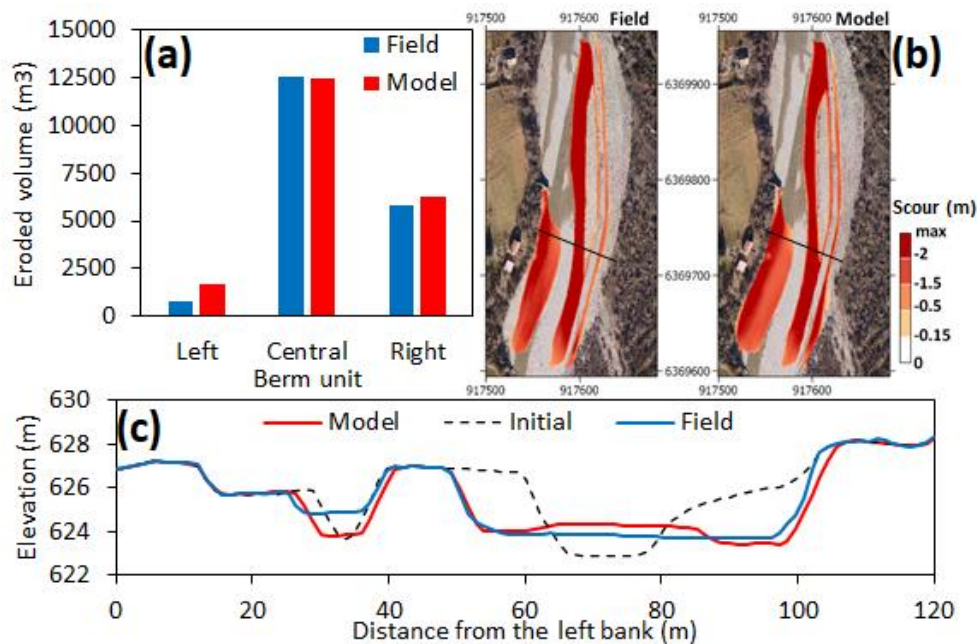


Figure 1 : Comparaison de l'érosion des remblais entre le terrain et le modèle après la crue de novembre 2016. A : Volume érodé ; B : Surface érodée ; C : Erosion latérale des remblais.

Contrairement aux études précédentes qui portaient soit sur l'érosion des remblais [5], soit sur la propagation des vagues sédimentaires [6] à petite échelle, notre modèle combine les deux processus à grande échelle. Comme le montrent les performances de notre modèle, il est désormais possible de reproduire l'érosion des remblais et la propagation des sédiments dans le même domaine de calcul. Ceci ouvre la voie à l'exploration de futures solutions de gestion des sédiments et notamment des opérations de réinjection. La reproduction des habitats aquatiques reste un défi pour aboutir à un modèle global/intégré de réinjection sédimentaire. Des essais sur un modèle physique pourraient aussi servir à compléter la calibration.

REFERENCES

- [1] Bunte K. (2004) Gravel Mitigation and Augmentation below Hydroelectric Dams: A Geomorphological Perspective. Engineering Research Center, Fort Collins, 144 p.
- [2] Ock G., Sumi T., Takemon Y. (2013) Sediment replenishment to downstream reaches below dams: implementation perspectives. Hydrological Research Letters, 7 (3), 54–59.
- [3] Battisacco E., Franca M.J., Schleiss A.J. (2016) Sediment replenishment: Influence of the geometrical configuration on the morphological evolution of channel-bed. Water Resources Research, 52, 8879–8894. doi:10.1002/2016WR019157
- [4] Brousse G., Arnaud-Fassetta G., Liébault F., Bertrand M., Melun G., Loire R., Malavoi J. R., Fantino G., Borgniet L. (2019) Channel response to sediment replenishment in a large gravel-bed river: The case of the Saint-Sauveur dam in the Buëch River (Southern Alps, France). River Research and Applications, 1, 14. doi.org/10.1002/rra.3527
- [5] Vonwiller L., Vetsch D., Boes R. (2018) Modeling Streambank and Artificial Gravel Deposit Erosion for Sediment Replenishment. Water, 10(4), 508. https://doi.org/10.3390/w10040508

- [6] Juez C., Battsacco E., Schleiss A.J., Franca M.J. (2016) Assessment of the performance of numerical modeling in reproducing a replenishment of sediments in a water-worked channel. *Advances in Water Resources*, 92, 10–22. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2016.03.010>