

Stabilisation d'une recharge de graviers : modélisations expérimentale et numérique

Stabilization of a gravel replenishment: experimental and numerical modelling

Kim-Jehanne LUPINSKI (LHSV, Chatou, France), **Guillaume BROUSSE** (LHSV et EDF R&D, Chatou, France), **Magali JODEAU** (LHSV et EDF R&D, Chatou, France), **Florian CORDIER** (EDF R&D, Chatou, France), **Laurent LACAZE** (IMFT, Toulouse, France), **Badar MUNIR** (IMFT, Toulouse, France), **Raphaël MAURIN** (IMFT, Toulouse, France)

1. Réapprovisionnement par recharge de graviers

Les ouvrages transversaux au lit d'une rivière tels que les barrages peuvent constituer un obstacle à la continuité écologique et sédimentaire du cours d'eau, notamment en piégeant les sédiments dans leur réservoir. Les modifications des débits liquide et solide peuvent générer des perturbations hydromorphodynamiques dans les tronçons en aval, et ainsi dégrader la qualité des habitats disponibles pour les biocénoses. Un déficit en graviers et en galets a été observé sur certains sites de la Dordogne très activement prospectés par les grands salmonidés pour la reproduction. Pour compenser ce déficit, des opérations de réapprovisionnement par recharge sédimentaire ont été mises en œuvre par EPIDOR et l'OFB sur 3 sites de frai sur la Dordogne, près d'Argentat, entre 2017 et 2020. L'objectif est d'améliorer la qualité des frayères en recréant les conditions hydromorphologiques nécessaires au développement de ces écosystèmes par un apport en graviers adapté aux salmonidés [1] : ni trop grossiers pour prévenir les risques de colmatage dans le temps, ni trop fins pour éviter l'érosion de la frayère. Pour assurer l'efficacité et la durabilité des frayères artificielles, les graviers doivent pouvoir être transportés périodiquement sur de courtes distances (de l'ordre de quelques mètres par an [2]). Les expérimentations mises en place par EPIDOR et l'OFB consistent à stabiliser suffisamment la recharge à l'aide de blocs non transportables par le cours d'eau, placés aux abords la recharge. Peu abordées dans la littérature, les conséquences de cette pratique ne bénéficient pas encore d'un REX satisfaisant dans l'ingénierie. Pour combler ce manque et dans le but d'identifier les conditions optimales de stabilité de la frayère, une étude basée sur un modèle expérimental à l'IMFT et des simulations numériques au LHSV a été menée.

2. Modélisation expérimentale de la stabilisation d'une recharge de graviers

Différentes configurations sont testées afin de déterminer la disposition des blocs la plus efficace pour réduire l'érosion de la recharge (Figure 1, configurations E, F, H et G).

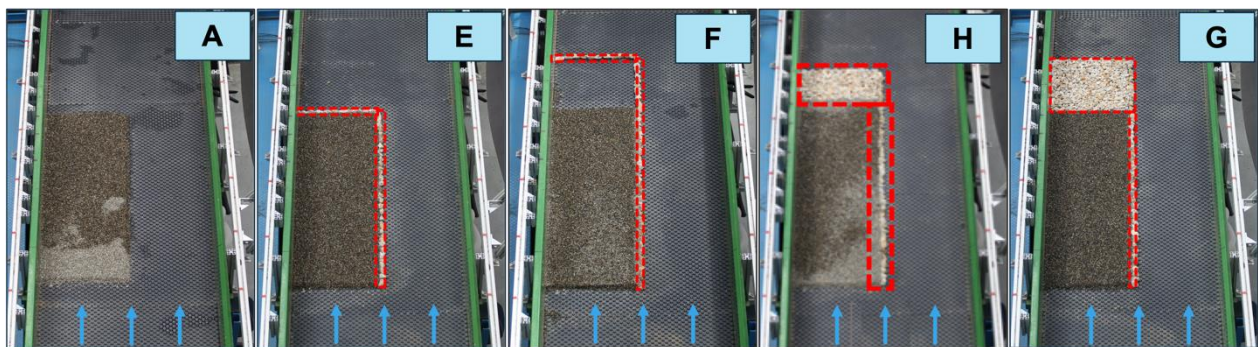


Figure 1 : Configurations expérimentales testées à l'IMFT à l'état initial (A, E, F, H et G). En rouge, les blocs sont disposés autour de la recharge afin de réduire son érosion. En bleu, les flèches indiquent le sens de l'écoulement.

Les essais expérimentaux sont réalisés dans un canal rectiligne de 7,5 m de long, 1 m de large et 50 cm de hauteur. La pente longitudinale du canal est fixée à 0,3%. En entrée du canal, une pompe permet de délivrer un débit de 75 l/s tandis que la sortie du canal se termine par une chute libre. Le fond du canal est recouvert de macro-éléments en forme de tronc de cône avec une rugosité absolue de 0,7 cm et un diamètre de 1,8 cm. La recharge de graviers (patch) a une longueur de 1,67 m et occupe la moitié de la largeur du canal, soit 50 cm (Figure 1, configuration A). Les sédiments réinjectés ont un diamètre comprise entre 2 et 4 mm ($d_{50} = 3,35$ mm). Des grains de 2 cm sont ensuite placés autour de la recharge dans le but de réduire son érosion.

Ces expériences de laboratoire sont complétées par une étude numérique développée au LHSV, laboratoire commun de l'École des Ponts et EDF R&D. L'objectif est d'évaluer la capacité des modules TELEMAT2D-GAIA du

système de modélisation open-source TELEMAC-MASCARET (www.opentelemac.com) à reproduire l'érosion et le transport de la recharge sédimentaire en canal. Le modèle numérique est calibré et validé par comparaison avec les mesures de l'évolution du fond sédimentaire et du taux d'érosion sur les configurations A et G (Figure 1). La fiabilité du modèle numérique est évaluée par le calcul d'indicateurs de performance [3]: Percent Bias (PBIAS), Root Mean Square Error (RMSE) et RMSE-observations standard deviation ratio (RSR). Une fois calibré et validé, le modèle numérique est appliqué sur les 7 autres configurations testées à l'IMFT afin d'enrichir les résultats d'essais de laboratoire.

3. Résultats de la modélisation numérique

On s'intéresse à la mobilisation des sédiments injectés. Les résultats des calculs numériques sont comparés aux évolutions topographiques mesurées par les sondes expérimentales ainsi qu'aux taux d'érosion mesurés dans la recharge (Figure 2) : évolution topographique dans le canal, (a) et (b), et taux d'érosion dans la recharge, (c).

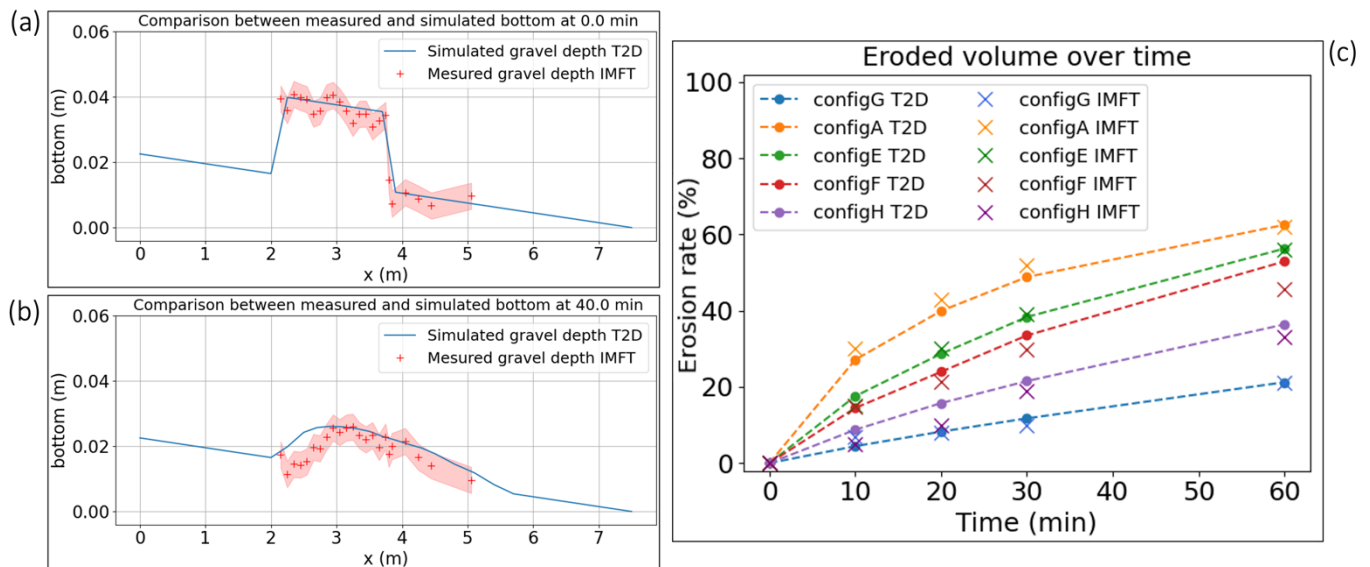


Figure 2 : Comparaison calculs-mesures. Profil longitudinal de la variable de fond pour la configuration A au temps initial (a) et au bout de 40min (b). Évolution temporelle du taux d'érosion dans la zone de réinjection pour les configurations A, G, E, F et H (c).

La comparaison des évolutions du fond calculées et mesurées montre une bonne cohérence dans le cas de la configuration A, figure 2 (a) et (b), et G (non montré ici). Le calcul des indicateurs de performance confirme cette observation : le PBIAS moyen calculé pour la configuration A (respectivement pour la configuration G) est de 17%. (respectivement 7%). Pour des valeurs de PBIAS inférieures à 30%, la performance du modèle est considérée comme bonne. On compare également l'évolution du taux d'érosion au niveau de la recharge pour les configurations A, G, E, F et H, figure 2 (c). Là encore, on constate une bonne corrélation entre les prévisions des modèles numériques et du modèle physique : l'écart moyen calculé (calcul du RMSE) pour l'ensemble des configurations (A à J) est de 4%. Le modèle numérique hydro sédimentaire 2D permet de bien rendre compte de la réduction de l'érosion dans la zone de la recharge en fonction des différents schémas d'aménagement et pourra ainsi servir d'outil prédictif afin d'orienter le choix des schémas d'aménagement pour de futures opérations d'injection sédimentaire sur la Dordogne.

REFERENCES

- [1] Kondolf, G.M., Sale, M.J., Wolman, M.G., «Modification of fluvial gravel size by spawning salmonids,» *Water Resour.*, 1993, <https://doi.org/10.1029/93WR00401>.
- [2] Peeters, A., Houbrechts, G., De Le Court, B., Hallot, E., Van Campenhout, J., Petit, F., «Suitability and sustainability of spawning gravel placement in degraded river reaches, Belgium,» *Catena*, vol. 201, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105217>.
- [3] Moriasi, D., Arnold, J., Van Liew, M., Bingner, R., Harmel, R., Veithn, T., «Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations.,» *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, vol. 50(3), pp. 885-900, 2007.