

PROCESSUS D'ÉROSION DE BERGES : DONNÉES DE TERRAIN ET MODÉLISATION ANALYTIQUE – CAS DE L'ALLIER ALLUVIAL

Bank erosion processes: Field survey data and analytical modeling – Case of the Allier River

Auteur correspondant : Aurélien LACOSTE, EA 6293 GÉHCO, Université de Tours, Parc Grandmont, 37200 Tours, aurelien.lacoste@univ-tours.fr

Auteurs de la communication : Stéphane RODRIGUES, UMR 7324 CITERES, Université de Tours, Tours
Philippe JUGÉ, CETU ELMIS, Université de Tours, Chinon
Alain ZANELLA, David PEIGNÉ, Géosciences Le Mans, UMR 6112 LPG, Université du Maine, Le Mans
Magalie RAMBOURDIN, CEN Allier, Châtel-de-Neuvre

1. Contexte et Méthodologie

La compréhension des processus responsables de déstabilisations de berges est abordée de manière principalement qualitative [e.g. 1 ; 2]. Peu d'études ont été menées en vue de quantifier l'influence respective de chacun des paramètres forçants sur les processus érosifs. Les présents travaux visent à établir des liens entre régime hydrologique du cours d'eau, fréquence et intensité des épisodes de crues, nature lithologique du pied de berge et érosion de berge le long d'un cours d'eau majeur du bassin versant de la Loire, afin d'apporter aux différents acteurs des éléments fondamentaux d'une telle connaissance et permettre le développement d'outils visant à une meilleure estimation des taux d'érosion en fonction du contexte géologique et climatique.

Un site d'étude a été identifié (commune de Contigny, Allier) sur la base de critères dynamiques (retrait latéral de berge >1 m/an), d'occupation du sol (sommet de berge non végétalisé) et d'accessibilité. Diverses campagnes de terrain réalisées depuis février 2018 ont permis l'analyse sédimentologique et géotechnique des alluvions impliquées dans les déstabilisations ainsi qu'un suivi morphologique haute résolution à partir de levés GPS (RTK Leica Viva) et LiDAR terrestre (FARO S350). Des comparaisons diachroniques de ces levés ont été réalisées (logiciel CloudCompare) afin de quantifier pour chaque période le retrait latéral et les volumes érodés. Les données sédimentologiques et mécaniques ont été insérées en entrée du Bank Stability and Toe Erosion Model (BSTEM ; <https://www.ars.usda.gov/southeast-area/oxford-ms/national-sedimentation-laboratory/watershed-physical-processes-research/research/bstem>). Le BSTEM permet alors d'estimer les retraits de berge associés à un événement hydrologique donné et d'établir des comparaisons entre données de terrain et résultats modélisés.

2. Résultats et Discussion

Les valeurs de distance moyenne de retrait de la berge obtenues par analyses diachroniques entre nuages de points sont concordantes avec les mesures GPS. Toutefois, des différences notables subsistent dans les valeurs ponctuelles de retrait le long de la berge, qui peuvent être expliquées par le fait que les valeurs tirées des levés GPS ne tiennent compte que de points acquis en sommet de berge, alors que les moyennes tirées des nuages de points ont été réalisées sur l'ensemble des points de la berge.

Les analyses diachroniques suggèrent également des périodes d'érosion (par exemple entre sept. 2018 et juin 2019) et de légère aggradation (par exemple entre juin 2019 et octobre 2019). Les plus faibles valeurs de retrait en période d'érosion sont localisées au sommet de la berge. L'occurrence de crues de forte amplitude mais dont la hauteur d'eau n'a pas atteint le niveau sommital induit certainement des érosions substantielles en pied de berge, par cisaillement hydraulique [3]. L'aggradation observée pendant les périodes de plus faibles débits pourrait alors marquer la chute de blocs subséquente depuis la partie sommitale de la berge [4 ; 5].

Les valeurs de retraits latéraux obtenus *via* le BSTEM (en simulant tous les épisodes de crue dont le débit était $>$ Module) sont fortement surestimées : entre 36,6 m et 59,6 m pour la période fév. 2018 - oct. 2019, selon le coefficient d'érodabilité considéré (Fig. 1).

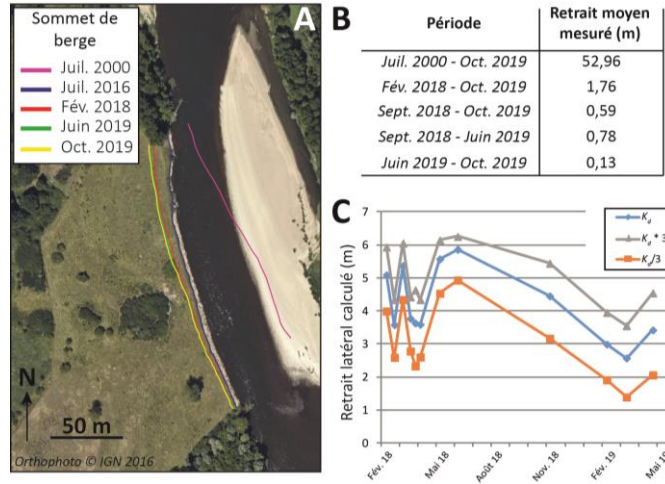


Figure 1 : Retraits de berge sur le site d'étude. A : Evolution de la position du sommet de berge entre 2000 et 2019 ; B : Retraits mesurés sur le terrain ; C : Retraits calculés par le BSTEM pour chaque épisode de crue ($Q > \text{Mod}$) entre Fév. 2018 et Oct. 2019.

Ces résultats sont fortement dépendants des conditions initiales en entrée du modèle. Ainsi, la présente étude met en exergue les points de discussion suivants : 1/ la géométrie du système est simplifiée. Le pied de berge est renseigné dans le modèle comme monogénique alors que les observations de terrain montrent des lentilles d'unités sableuses, moins résistantes au cisaillement hydraulique que les graviers ; 2/ la détermination du coefficient d'érodabilité et de la contrainte cisailante critique est complexe dans ce cas de milieux granulaires non cohésifs [6] ; 3/ les tests géotechniques montrent que la cohésion des 2 niveaux de base n'est pas nulle, et qu'elle varie avec leur saturation en eau. Ces observations questionnent l'utilisation de modèles d'érosion de pied de berge basés sur la nature non cohésive de matériaux sablo-graveleux. Ainsi, il est nécessaire de mieux contraindre les données en entrée du BSTEM, en réalisant des analyses mécaniques complètes, en déterminant au mieux les coefficients utilisés et en caractérisant précisément les intensité et durée des événements hydrologiques.

Le couplage entre suivi morphologique et modélisation analytique apporte de nombreux éléments de compréhension et quantification des processus d'érosion de berges dans ce contexte alluvial. Des analyses complémentaires (évolution des pressions de fluide dans la berge, comportement mécanique des alluvions) permettront de préciser les liens entre instabilités de berges et facteurs forçants hydrologiques et climatiques.

REMERCIEMENTS

Ces travaux s'inscrivent dans le projet de recherche COSAL, opération cofinancée par l'Agence de l'eau Loire-Bretagne (dossier n°170158601 ; n° RIC 135383) et l'Union Européenne (convention n°2017-EX001782), l'Europe s'engageant sur le bassin de la Loire avec le Fonds Européen de Développement Régional et le projet BIP, financé par le programme APR-IR de la Région Centre-Val-de-Loire.

REFERENCES

- [1] Luppi, L., Rinaldi, M., Teruggi, L. B., Darby, S. E., & Nardi, L. (2009). Monitoring and numerical modelling of riverbank erosion processes: a case study along the Cecina River (central Italy). *Earth Surface Processes and Landforms*, 34(4), 530-546.
- [2] Rinaldi, M., & Nardi, L. (2013). Modeling interactions between riverbank hydrology and mass failures. *Journal of Hydrologic Engineering*, 18(10), 1231-1240.
- [3] Julian, J. P., & Torres, R. (2006). Hydraulic erosion of cohesive riverbanks. *Geomorphology*, 76(1-2), 193-206.
- [4] Wood, A. L., Simon, A., Downs, P. W., & Thorne, C. R. (2001). Bank-toe processes in incised channels: the role of apparent cohesion in the entrainment of failed bank materials. *Hydrological Processes*, 15(1), 39-61.
- [5] Nardi, L., Rinaldi, M., & Solari, L. (2012). An experimental investigation on mass failures occurring in a riverbank composed of sandy gravel. *Geomorphology*, 163-164, 56-69.
- [6] Midgley, T. L., Fox, G. A., & Heeren, D. M. (2012). Evaluation of the bank stability and toe erosion model (BSTEM) for predicting lateral retreat on composite streambanks. *Geomorphology*, 145, 107-114.