

Suivi de la dynamique hydrogéomorphologique post déluge de deux cours d'eau du Saguenay (Québec).

Monitoring the post-flood hydrogeomorphological dynamics of two rivers in the Saguenay region (Quebec)

Maxime Gillet^{1,2}, Maxime Boivin^{1,2}, Johan Bérubé^{1,2}, Janie Vin Deslauriers^{1,2} et Thomas Buffin-Bélanger^{3,4}

mgillet@etu.uqac.ca

1 Laboratoire d'expertise et de recherche en géographie appliquée UQAC, Canada

2 Chaire de recherche sur les espèces aquatiques exploitées, UQAC, Canada

3 Département de Biologie, Chimie et Géographie, UQAR, Canada

4 Centre d'étude Nordique U Laval UQAR, Canada

RÉSUMÉ

Les rivières du Saguenay ont été grandement affectées par la crue de juillet 1996. L'intense réponse hydrologique de cet événement a eu comme conséquence de modifier la morphologie et la dynamique sédimentaire des cours d'eau de la région. En réponse à ces nouvelles conditions, des enrochements massifs de berges ont été réalisés impactant fortement les processus hydrogéomorphologiques (HGM).

L'objectif de ce projet est de caractériser la dynamique HGM pré et post déluge par une étude de deux cours d'eau du Saguenay ayant subis des enrochements massifs et plus spécifiquement par l'analyse des mobilités latérales et verticales des tracés fluviaux.

Les résultats permettent de caractériser les dynamiques sédimentaires de ces deux cours d'eau sur les deux périodes. Ils montrent ainsi l'impact de ces ouvrages qui limitent fortement la migration latérale des cours d'eau et réduisent ainsi leurs apports sédimentaires. Cette diminution des apports est compensée par une incision de ces cours d'eau. Cependant, bien que les processus soient similaires, leurs intensités varient fortement, avec des taux plus faibles pour la rivière présentant pourtant le taux d'enrochement le plus important. Cela s'explique par un apport important de sédiments de certains affluents qui limitent le déficit global et sont donc primordiaux à protéger. Cette étude souligne ainsi l'impact des enrochements dans la dynamique des cours d'eau et promeut le besoin d'une connaissance fine des processus afin de maximiser les opérations de restauration.

ABSTRACT

The Saguenay rivers were severely affected by the flood of July 1996. The intense hydrological response to this event resulted in changes to the morphology and sediment dynamics of the region's rivers. In response to these new conditions, massive bank riprap was constructed, with a strong effect on hydrogeomorphological processes (HGM). The objective of this study will therefore be to characterize HGM dynamics pre- and post-flood by studying two Saguenay rivers that have undergone massive riprap and more precisely by analyzing the lateral and vertical mobility of river trajectories.

The results allow us to characterize the sediment dynamics of these two rivers over the two periods. They show the impact of these constructions, which severely restrict the lateral migration of the streams and thus reduce their sediment input. This reduction in sediment input is compensated for by river incision. However, although the processes are similar, their intensities vary greatly, with lower rates for the river with the highest rate of riprap. This is due to the high sediment input of certain tributaries, which limit the overall deficit and are therefore essential to protect. This study underlines the impact of riprap on river dynamics and promotes the need for detailed knowledge of the processes involved in order to maximize restoration operations.

MOTS CLÉS

Dynamique hydrosédimentaire, enrochement, hydrogéomorphologie, liens sédimentaires, restauration.

Hydrosedimentary dynamics, riprap, hydrogeomorphology, sediment links, restoration.

1 INTRODUCTION : PROBLÉMATIQUE

Les rivières du Saguenay ont été grandement affectées par la crue majeure de juillet 1996 (communément appelé *le déluge du Saguenay*). L'importante réponse hydrologique à cet événement a eu comme conséquence de modifier la morphologie et la dynamique sédimentaire de plusieurs cours d'eau de la région. En réponse à ces nouvelles conditions et à la modification marquée du tracé du lit, d'importants travaux de réaménagement des cours d'eau ont été réalisés, incluant un enrochement massif de berges et l'ajout de seuils artificiels. L'ajout de ces ouvrages de stabilisation impacte les processus hydrogéomorphologiques (HGM) comme par exemple l'érosion des berges et le transport sédimentaire qui font partie des services écosystémiques des cours d'eau, et ce, autant pour l'habitat que pour la sécurité civile (Florsheim et al., 2008). L'aménagement d'enrochements le long des berges est souvent justifié et alimenté par la perception négative de l'érosion des berges si bien qu'ils sont parfois réalisés alors que peu d'enjeux les justifient. Ces enrochements contribuent aux problèmes de déconnexions des marges fluviales avec ses sources sédimentaires engendrant une diminution des sédiments nécessaires au maintien des processus HGM. D'ailleurs, la déconnexion des berges d'une rivière avec ses sources sédimentaires est reconnue pour provoquer d'importants ajustements morphologiques (p.ex. incision du lit) (Brierley et al., 2008; Buffington, 2012; Wohl et al., 2019), d'altérer la granulométrie (p. ex. pavage et lessivage de la fraction fine de sédiments) (Rice et al., 1998), provoquer la dégradation générale de systèmes fluviaux (Church, 2006; Brierley et al., 2008; Fryirs, 2017) et des habitats lotiques (Buffington, 2012). Ces dégradations de la qualité des habitats sont des enjeux majeurs pour les gestionnaires des cours d'eau du Saguenay liés à la préservation des services écosystémiques. Cet enjeu est d'ailleurs renforcé par les besoins de la pêche récréative, notamment du saumon, ce qui pousse à leur restauration. Les méthodes historiques et encore actuelles de restauration de l'habitat en rivière au Québec sont plus axées sur la création de formes (seuil statique, zones de frayère...), mais sans restaurer les processus en amont, ce qui engendre des formes qui ne perdurent pas ou très peu dans le temps et ont des coûts élevés pour les gestionnaires (Biron et al., 2018).

Cette étude vise la caractérisation et la quantification des processus HGM dans une optique de restauration par les processus. L'objectif plus spécifique est de réaliser une étude comparative de la dynamique HGM de deux cours d'eau du Saguenay ayant subi des enrochements massifs. Cela permettra ainsi de voir les spécificités de ces deux hydrosystèmes et de comprendre l'impact de leurs différences sur leurs dynamiques HGM.

2 MÉTHODE

2.1 Site d'étude

La rivière à Mars et la rivière Saint-Jean à L'Anse-Saint-Jean sont situées dans la région du Saguenay (Québec, Canada). Les deux bassins localisés à une quarantaine de kilomètres l'un de l'autre sont majoritairement forestier et s'étendent en grande partie sur des réserves naturelles (réserve faunique des Laurentides, Zec des martres ...). Ils présentent des tailles similaires (668 km² pour la rivière à Mars et 780 km² pour la rivière Saint-Jean) et possèdent une portion aval plus urbanisée. Les deux sections étudiées situées en aval présentent également un barrage quelques kilomètres avant le début de ces sections. Le lit de ces rivières graveleuses est composé de sédiments grossiers, formant un pavage dans la majeure partie du tronçon. Le régime hydrologique est de type pluvionival avec un débit annuel moyen pour la rivière à Mars de 11 m³/s, comportant des périodes de crues pouvant dépasser 150 m³/s et d'étiages atteignant 1 m³/s. Le choix de ces deux rivières s'explique par l'impact important du *déluge* sur ces deux bassins versants et de l'importance des travaux ayant été effectués sur ces rivières avec des taux d'enrochement de près de 70 % sur leurs portions aval.

2.2 Analyse

L'analyse de la dynamique HGM se fera principalement par l'étude de deux paramètres : la mobilité latérale (migration, élargissement, avulsion) et la mobilité verticale (incision, aggradation et avulsion). Pour le premier, cela a été fait par l'étude de photographies aériennes historiques sur une période allant de 1950 à 2020. L'analyse de ces photographies permet ainsi d'étudier l'évolution du lit du cours d'eau en cherchant notamment à quantifier la migration latérale tous les 10 ans. L'objectif sera ainsi de quantifier la migration latérale sur la période pré déluge (1950-1996) et sur la période postérieure (1996 – 2020). Pour les questions de mobilité verticale, une approche comparative sera réalisée entre une cinquantaine de transects topobathymétriques, pour chacun des cours d'eau, réalisés en 1997 (après les travaux de remaniement réalisés suite au déluge) et en 2023-2024 pour voir la tendance post *déluge* sur ce paramètre.

3 RÉSULTATS

Les analyses des patrons de mobilités latérale et verticale permettent d'inférer les dynamiques sédimentaires de ces deux cours d'eau pour les deux périodes. Pour la mobilité latérale, les analyses exposent une chute brutale de la migration latérale des deux cours d'eau depuis 1996. Pour la mobilité verticale, les analyses font ressortir une tendance à l'incision du chenal sur la période post-déluge. Cette chute de la migration latérale est liée à la massification des linéaires de berges enrochées sur les deux cours d'eau conduisant ainsi à une forte limitation des apports sédimentaires et, conséquemment, une incision du lit.

La figure 1b présente la mobilité latérale pour les périodes pré et post-déluge pour la rivière Saint-Jean. La figure révèle que la chute marquée de la migration latérale sur l'ensemble de la zone étudiée où d'importants enrochements ont été construits. La figure 1c indique également une tendance à l'incision du chenal comportant des taux de migration verticale variables selon la position sur le chenal.

La figure 1 permet aussi de lier la mobilité latérale et la mobilité verticale pour la Rivière Saint-Jean. Les secteurs présentant historiquement la migration latérale la plus marquée (B) sont ceux où les incisions du lit sont les plus importantes (C, secteur 2, de 1,8 à 3,6 km et secteur 4 de 7 à 10 km). Et inversement les sections présentant la migration latérale la plus faible sur la période pré déluge et qui ont eu une diminution plus faible de l'érosion sont ceux où l'incision et la plus faible (C, secteur 3, de 3,6 à 7 km et secteur 5 de 10 à 12,5 km).

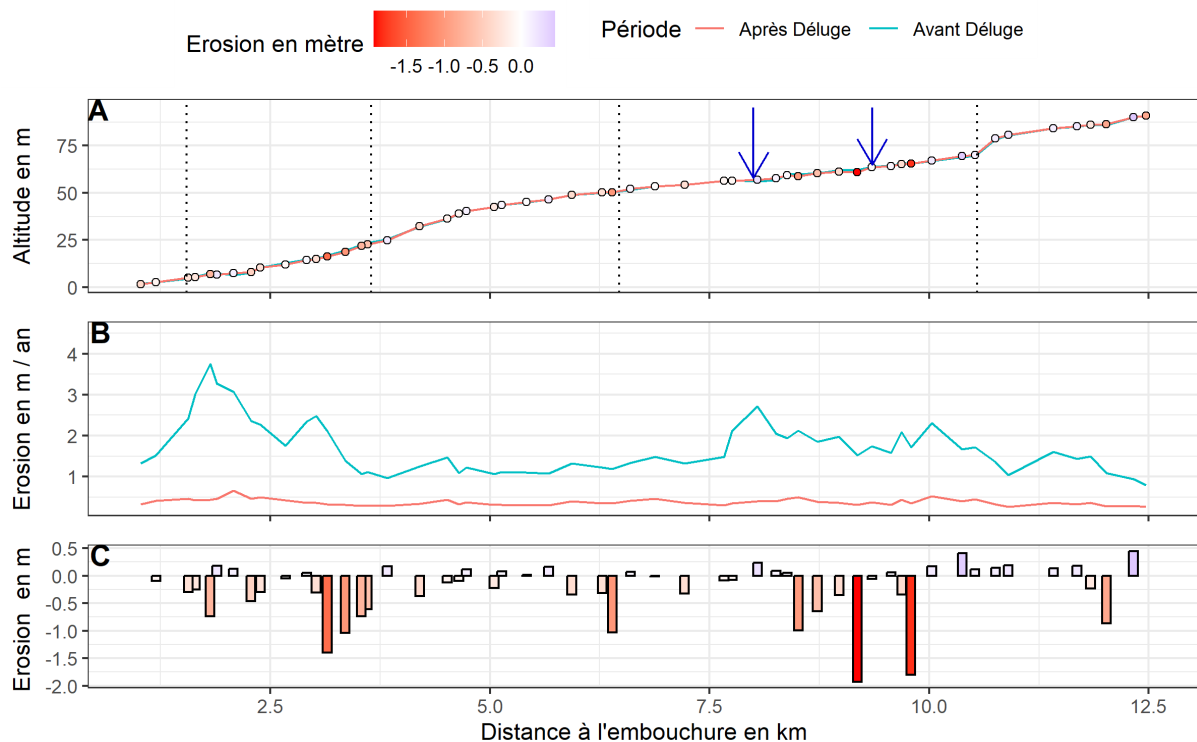


Figure 1 : Profil du cours d'eau (A) et relation entre la migration latérale (B) et verticale (C) sur la rivière Saint-Jean. Les tirets noirs marquent les limites des zones homogènes identifiées sur le cours d'eau et les flèches bleues la position des confluences des 2 tributaires principaux.

Ce déficit sédimentaire est d'ailleurs assez marqué pour ces cours d'eau avec des secteurs présentant de forte incision en 20 ans, avec des valeurs proches de 2 mètres sur certains tronçons. Cependant, bien que la dynamique d'incision soit similaire entre les deux cours d'eau, leurs intensités varient fortement. La rivière à Mars montre une incision beaucoup plus marquée que sur la Saint-Jean (41 cm en moyenne pour la rivière à Mars contre 13 cm pour la rivière Saint-Jean). Cette plus forte incision de la rivière à Mars présentant pourtant un taux d'enrochement plus faible peut s'expliquer par une pente légèrement plus forte pour cette rivière et également par une diminution de la largeur de la rivière depuis le *déluge* pouvant entraîner une hausse de la puissance spécifique. Cependant cette plus faible incision sur la rivière Saint-Jean peut aussi s'expliquer par un apport important de sédiments de certains affluents. Cet apport est perceptible sur la figure 1C où on constate que la présence de ces deux tributaires coïncide avec le passage d'un secteur en incision à un secteur en équilibre.

Cet élément est confirmé par des observations de terrain montrant la présence de larges sections dynamique sur ces tributaires et par des données de transport sédimentaires par transpondeurs montrant une vitesse de transfert des sédiments rapides des tributaires au cours d'eau principal.

4 DISCUSSION ET CONCLUSION

Ces résultats soulignent l'importance d'une meilleure prise en compte de l'impact des aménagements réalisés dans un contexte post événement morphogène. Les travaux majeurs effectués post-*déluge* sur les cours d'eau du Saguenay étaient nécessaires et cohérent au vu de l'urgence d'intervenir et des connaissances de l'époque au Québec. Cependant, presque 30 ans après ces événements, l'impact négatif de ces ouvrages est démontré et des projets de restauration, incluant le démantèlement d'une partie de ces enrochements, sont en voie de réalisation. Ces différents éléments alertent sur le besoin de repenser profondément les travaux d'aménagement des cours d'eau post événement au Québec et ailleurs.

Les résultats mettent également en lumière l'importance de l'apport sédimentaire de 2 tributaires dans la limitation du déficit sédimentaire pour un des cours d'eau (rivière Saint-Jean). Il est ainsi primordial de penser la gestion des cours d'eau avec une approche intégrée du bassin versant et d'ainsi mieux comprendre la connectivité sédimentaire sur l'ensemble de la zone étudiée. Cette réflexion au niveau globale est ainsi essentielle pour optimiser l'efficacité des projets de restaurations en prenant en compte les spécificités de chaque bassin et ainsi de rendre les restaurations plus durables.

BIBLIOGRAPHIE

- Biron, P., Buffin-Bélanger, T., and Demers, S. (2018). La restauration de l'habitat du poisson en rivière : l'angle de l'hydrogéomorphologie. *Vecteur Environnement*, 52 (02) : 34-39
- Brierley, G. J., Fryirs, K., Boulton, A., & Cullum, C. (2008). Working with Change: The Importance of Evolutionary Perspectives in Framing the Trajectory of River Adjustment. In G. Brierley & K. Fryirs (Eds.), *River Futures: An Integrative Scientific Approach to River Repair* (pp. 65–85). Island Press.
- Buffington, J. M. (2012). Changes in Channel Morphology Over Human Time Scales. *Gravel-Bed Rivers: Processes, Tools, Environments*, 434–463.
- Church, M. (2006). BED MATERIAL TRANSPORT AND THE MORPHOLOGY OF ALLUVIAL RIVER CHANNELS. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 34, 325–354.
- Florsheim, J.L., Mount, J.F., and Chin, A. (2008). Bank Erosion as a Desirable Attribute of Rivers. *BioScience*, Vol. 58: p. 519-529.
- Fryirs, K. A. (2017). River sensitivity: a lost foundation concept in fluvial geomorphology. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42(1), 55–70
- Wohl, E., Brierley, G., Cadol, D., Coulthard, T. J., Covino, T., Fryirs, K. A., Grant, G., Hilton, R. G., Lane, S. N., Magilligan, F. J., Meitzen, K. M., Passalacqua, P., Poepl, R. E., Rathburn, S. L., & Sklar, L. S. (2019). Connectivity as an emergent property of geomorphic systems. *Earth Surface Processes and Landforms*, 44(1), 4–26.