

Évolution du tressage sur une plaine alluviale alpine: relevés combinés de granulométrie de surface, changements topographiques et répartition du débit liquide

Braiding evolution on an alpine floodplain: combined surveys of surface grain size distribution, topographic changes and water discharge repartition

Ivan PASCAL* (EPFL, Lausanne, Suisse), **Raphaël MIAZZA** (EPFL, Lausanne, Suisse), **Alexandre BARATIER** (Styx4d, Le Bourget-du-Lac, France), **Bob DE GRAFFENRIED** (EPFL, Lausanne, Suisse), **Alec FOGLIA** (EPFL, Lausanne, Suisse), **Johan BERTHET** (Styx4d, Le Bourget-du-Lac, France), **Christophe ANCEY** (EPFL, Lausanne, Suisse).

*ivan.pascal@epfl.ch

1. Contexte général

À travers le monde, de nombreuses études (p.ex. [1], [2]) se sont attachées à comprendre la façon dont le parcours des rivières est influencé par les apports d'eau et de sédiments ainsi que par les éléments environnants (structure préexistante du lit, végétation, enrochements, etc.). Une meilleure compréhension de l'évolution géomorphologique des rivières en tresse permettrait d'une part d'optimiser les interventions visant à prévenir les risques associés aux crues, et d'autre part d'améliorer l'efficacité des stratégies de protection et de gestion des ressources liées à ces milieux (eau, biodiversité, voies de communications, installations liées à la production hydroélectrique, etc.).

2. Site

Nous étudions depuis 2018 l'évolution du tressage de La Navisence, une rivière alpine qui prend sa source au pied du glacier de Zinal, dans les Alpes valaisannes (Suisse). Plus précisément, nos investigations sont centrées sur le secteur nommé Plat de la Lé, une plaine alluviale située à l'amont du village de Zinal (à 1660 mètres d'altitude), en aval de la gorge où la Navisence s'écoule après avoir parcouru la marge proglaciaire. Sur le Plat de la Lé, cette rivière a tendance à former des tresses du fait de la pente locale relativement faible (de l'ordre de 3 %) et de la fourniture abondante en sédiments issus de l'activité paraglaciale dans la partie supérieure du bassin-versant.

3. Objectifs de l'étude

Notre but premier est de saisir le lien entre les changements morphologiques de ce tressage et les pulsations du débit solide par charriage, des changements contraints par les apports d'eau et de sédiments typiques des régimes nivo-glaciaires. Les bifurcations et les confluences étant les éléments fondamentaux du tressage (voir p.ex. [3]), nous avons mené une campagne de mesures visant à caractériser la répartition du débit liquide, la variabilité de la granulométrie de surface ainsi que les changements topographiques.

4. Méthodes

Pendant la campagne de mesures effectuée en 2022, nous avons combiné des relevés photogrammétriques par drone avec des mesures de débit liquide réalisées sur la principale unité bifurcation-confluence de la plaine alluviale. Les relevés topographiques, effectués par drone, ont permis de reconstruire des modèles numériques de terrain (MNT) et des ortho-images en utilisant le logiciel Pix4DMapper [4]. Les MNT ont ensuite été utilisés pour détecter les changements topographiques du lit survenus entre deux dates, alors que les ortho-images ont permis une analyse granulométrique avec l'outil GALET [5]. Les données de granulométrie issues de cette analyse numérique ont été comparées avec les résultats d'une série d'échantillonnages manuels le long de lignes (méthode de Fehr [6]).

Les mesures de débit ont généralement été réalisées avec un instrument de type *Acoustic Doppler Velocimetry Profiler* (ADCP), spécifiquement développé pour des applications en eau peu profonde. Lorsque les conditions l'exigeaient (crues journalières rapides), des jaugeages par mesure de salinité ont été effectués en complément afin d'obtenir des valeurs de débit dans les différentes ramifications de la bifurcation à un moment précis.

5. Résultats et perspectives

L'analyse de la différence des MNT nous a permis d'identifier les changements topographiques du lit les plus marqués entre deux relevés. Nous avons observé une évolution importante de la topographie du lit à la bifurcation entre la fin juin et le début septembre 2022. Les érosions et dépositions localisées autour de ce nœud ont modifié la répartition du débit liquide entre les deux bras, ce qui a été confirmé par les mesures ADCP. La topographie du lit autour de la confluence a également subi des changements remarquables.

Les données issues de l'analyse des ortho-images par GALET nous ont permis d'estimer les tailles de grain caractéristiques (d_{16} , d_{50} , d_{84}) en surface autour de la bifurcation et de la confluence en automne 2022. Nous avons ainsi pu connaître l'état granulométrique de surface des zones identifiées comme ayant subi une déposition ou une érosion notables au cours de la saison. Une méthode indirecte d'estimation de la granulométrie de surface basée sur l'analyse de la rugosité du lit (à partir du MNT) a aussi été testée. La combinaison de ces informations partielles nous a permis de mieux comprendre l'évolution de cette unité bifurcation-confluence au cours de la dernière saison.

Nous avons également pu comparer les résultats des mesures ADCP avec les résultats de simulations hydrauliques effectuées avec IBER [7], un code numérique fondé sur les équations de Saint-Venant. Cette comparaison nous a permis de mieux évaluer la performance du code numérique, ce qui s'avère utile pour affiner la description des scénarios hydrauliques passés et futurs.

REFERENCES

- [1] Ashmore P, Bertoldi W, Gardner TJ. Active width of gravel-bed braided rivers. *Earth Surface Processes and Landforms* (2011); 36(11): 1510–21.
- [2] Misset C, Recking A, Legout C, Bakker M, Bodereau N, Borgniet L, et al. Combining multi-physical measurements to quantify bedload transport and morphodynamics interactions in an Alpine braiding river reach. *Geomorphology* (2020); 351: 106877.
- [3] Ragno N, Redolfi M, Tubino M. Coupled Morphodynamics of River Bifurcations and Confluences. *Water Resources Research* (2021); 57(1): e2020WR028515.
- [4] Pix4DMapper software (Pix4D SA, Switzerland).
- [5] Mörtl C, Baratier A, Berthet J, Duvillard PA, De Cesare G. GALET: A deep learning image segmentation model for drone-based grain size analysis of gravel bars. *Proceedings of the 39th IAHR World Congress* (2022). p. 5326–35. Disponible à l'adresse: <https://www.iahr.org/library/infor?pid=21387>.
- [6] Fehr, R. "Geschiebeanalysen in Gebirgsflüssen: Umrechnung und vergleich von verschiedenen Analyseverfahren". *Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich* (1987); 92.
- [7] Bladé E, Cea L, Corestein G, Escolano E, Puertas J, Vázquez-Cendón E, et al. "Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos". *Revista Internacional de Métodos Numéricos Para Cálculo y Diseño en Ingeniería* (2014); 30(1): 1–10.