

DIMINUTION DE LA QUALITÉ DES SUBSTRATS DE RIVIÈRE PAR L'INTRUSION DE SÉDIMENTS FINS – REVUE SUR LES PROCESSUS PHYSIQUES

Reduction of riverbed substrate quality through intrusion of fine sediments - Review of physical processes

Auteur correspondant : Romain DUBUIS, PL-LCH, EPFL, CH-1015 Lausanne, romain.dubuis@epfl.ch

Auteurs de la communication : Romain DUBUIS, PL-LCH, EPFL, Lausanne, Suisse
Giovanni DE CESARE, PL-LCH, EPFL, Lausanne, Suisse
Christophe ANCEY, LHE, EPFL, Lausanne, Suisse

1. Contexte

La connectivité entre la zone hyporhéique des rivières et l'écoulement de surface est essentielle pour le développement des organismes benthiques ainsi que le succès des frayères. L'intrusion de sédiments fins conduit au colmatage des substrats, avec une réduction de la porosité ainsi que des échanges entre la zone hyporhéique et l'écoulement de surface. Ceci affecte la survie des embryons de poissons en réduisant l'apport d'oxygène et l'élimination des déchets métaboliques.

Les infrastructures hydrauliques influencent le transport naturel de sédiments, y compris de sédiments fins. Ces infrastructures modifient également le régime d'écoulement, avec une réduction des crues limitant la capacité de la rivière à se débarrasser des sédiments fins colmatant le lit. De manière à rétablir le flux sédimentaire, des purges/chasses de réservoir sont ponctuellement effectuées, occasionnant des fortes concentrations en sédiments fins. De plus, l'activité humaine a également augmenté la quantité de sédiments fins présente dans les cours d'eau, que ce soit par les pratiques agricoles ou l'exploitation de gravières. Le colmatage des substrats a donc augmenté dans de nombreuses rivières dont le régime d'écoulement a été modifié. Il a notamment été observé que les éclusées augmentent ce phénomène, par exemple dans le Rhône et le Rhin alpin.

Dans le but d'étudier plus en profondeur le colmatage des substrats de rivière, une revue de la littérature a été entreprise afin de synthétiser l'état de la recherche et faire ressortir les besoins de recherche supplémentaire. Cette revue de l'état de l'art s'insère dans une étude du projet de recherche intitulé "Aménagement et écologie des cours d'eau" mené par l'Office Fédéral de l'Environnement Suisse (OFEV). Elle se concentre sur le colmatage physique, à distinguer du colmatage biologique et chimique.

2. Processus physiques du colmatage des rivières

La problématique du colmatage des rivières par les sédiments fins a déjà été étudiée par de nombreux chercheurs dans le but de comprendre les paramètres influençant le processus. Les mécanismes complexes à l'œuvre dans le colmatage des rivières rendent l'évaluation du phénomène difficile à quantifier. De nombreux paramètres tels que les caractéristiques d'écoulement, la distribution granulométrique des sédiments du lit et des sédiments en suspension, les échanges avec la nappe et la concentration interviennent simultanément et évoluent dans le temps.

Trois principales formes de colmatage sont généralement identifiées, le colmatage de surface, observable dans les zones à faible vitesse d'écoulement, le colmatage interne, correspondant à la formation d'une couche de sédiments fins sous la surface des gravières formant le lit de la rivière, et la percolation non entravée des sédiments, avec un remplissage des pores depuis une couche moins perméable.

La profondeur de la couche colmatée dépend de la distribution granulométrique des sédiments formant le lit ainsi que des particules en suspension. Ces dernières se déposent par gravité ou en fonction de l'écoulement hyporhéique qui les amène à se déposer dans des interstices. Les particules plus fines sont alors également filtrées par les particules

déposées précédemment, en remplissant tous les interstices possibles. Différentes approches ont été développées pour estimer la quantité de sédiments fins en fonction de la profondeur [1,2]. L'étude de l'évolution dans le temps de la conductivité hydraulique – qui diminue avec le colmatage du lit – a également permis l'élaboration d'un modèle inspiré de la filtration sur gâteau pour un lit de rivière avec un écoulement vers la nappe [3]. Les observations principales de nombreuses recherches font état d'une augmentation du colmatage en présence d'écoulement vers la nappe (infiltration), de haute concentration en sédiments fins et de distribution granulométrique étendue du lit. Les conditions d'écoulement jouent également un rôle avec une plus forte diminution de la conductivité hydraulique en présence de contrainte de cisaillement adimensionnelle élevée. A l'inverse, l'apport d'eau depuis la nappe empêche la formation d'une couche de colmatage dense.

3. Évolution du colmatage dans une rivière

De par la grande variété d'environnements observables au sein même d'un tronçon de rivière, due par exemple à la variation de la profondeur, différents degrés de colmatage peuvent être rencontrés. Une rivière avec un régime d'écoulement et un transport de sédiment naturel est soumise à un cycle régulier de colmatage et décolmatage, au gré des crues. Lors de ces dernières, une partie voire la totalité des substrats composant le lit de la rivière est mise en mouvement, ce qui permet la libération des sédiments fins colmatant le lit. Il s'ensuit alors une nouvelle période de colmatage [4].

Ce cycle est perturbé dans les rivières soumises aux éclusées d'une centrale électrique ou en présence d'un barrage. En l'absence de crues suffisantes pour mobiliser les graviers, le degré de colmatage ne fait que croître jusqu'à atteindre un niveau maximum. De plus, des concentrations plus importantes en sédiments fins sont mesurées lors des éclusées, augmentant encore le degré de colmatage du lit.

4. Besoins de recherche

De nombreuses questions nécessitent un approfondissement de la recherche, notamment en ce qui concerne l'effet des conditions d'écoulement, de la présence d'une couche de pavage et des échanges hyporhéiques sur l'intrusion de fines dans les substrats. Aussi, le processus de décolmatage est encore mal documenté. Enfin, l'influence de conditions d'écoulement variable sur le colmatage, notamment dans le cas de mobilisation du lit associée à une forte concentration de sédiment n'a pas encore été étudiée.

5. Étapes suivantes

Le projet dans lequel s'inscrit cette revue a pour but d'étudier l'effet de différents paramètres sur le colmatage, permettant ainsi de mieux appréhender son développement dans les cours d'eau. L'influence du gradient d'infiltration, des conditions d'écoulement et de la couche de pavage seront étudiés de manière systématique. Des conditions d'écoulement variant dans le temps seront reproduites afin de mieux comprendre comment le colmatage se forme durant une crue avec et sans mobilisation du lit. Les conditions de vidange de réservoir ainsi que le rinçage éventuel du lit seront également analysées. Les tests seront effectués sur un canal expérimental en laboratoire, en analysant des paramètres tels que la conductivité hydraulique, la distribution des sédiments fins dans les substrats et le taux de déposition.

REFERENCES

- [1] Wooster, J., Dusterhoff, S., Cui, Y., Sklar, L., Dietrich, W. E., and Malko, M. 2008. "Sediment supply and relative size distribution effects on fine sediment infiltration into immobile gravels." *Water Resour. Res.*, 44, W034244.
- [2] Huston D, Fox J. (2015). Clogging of fine sediment within gravel substrates: dimensional analysis and macroanalysis of experiments in hydraulic flumes. *J Hydraul Eng*, 141:04015015.
- [3] Schälchli, U. (1993). Die Kolmation von Fließgewässersohlen: Prozesse und Berechnungsgrundlagen. Diss. ETH Nr. 10293.
- [4] Park, J. and Hunt, J. R. (2017). Coupling fine particle and bedload transport in gravel-bedded streams. *Journal of Hydrology*, 552:532–543.