

Diminution de la qualité des substrats de rivière par l'intrusion de sédiments fins – Revue sur les processus physiques

Romain DUBUIS, Giovanni DE CESARE
PL-LCH, EPFL, Lausanne, Suisse

EPFL

LCH
PLATEFORME DE CONSTRUCTIONS HYDRAULIQUES

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 et modifient le régime d'écoulement, avec une réduction des crues limitant la capacité de la rivière à se débarrasser des sédiments fins colmatant le lit. En parallèle, les purges de réservoir et certaines activités humaines occasionnent des concentrations élevées en sédiments fins. Afin de mieux comprendre les différents paramètres en jeu et leur influence sur le processus de colmatage, une revue des principaux facteurs est présentée.

Conditions d'écoulement

Le transport des sédiments fins et leur cycle d'entraînement et de déposition dans les cours d'eau dépendent principalement des conditions d'écoulement. Deux principaux types de colmatage physique sont présents dans les lits de rivières:

- Le colmatage de surface (Fig. 1a) correspond au dépôt par sédimentation des sédiments fins en surface, lorsque les turbulences ne permettent plus de les garder en suspension.
- Le colmatage interne (Fig. 1b) a lieu lorsque les conditions d'écoulement empêchent la formation d'une couche colmatée en surface. Les écoulements hyporhéiques, en partie liés aux conditions d'écoulement, permettent aux particules fines de se déposer dans les pores du substrat et former une couche colmatée.

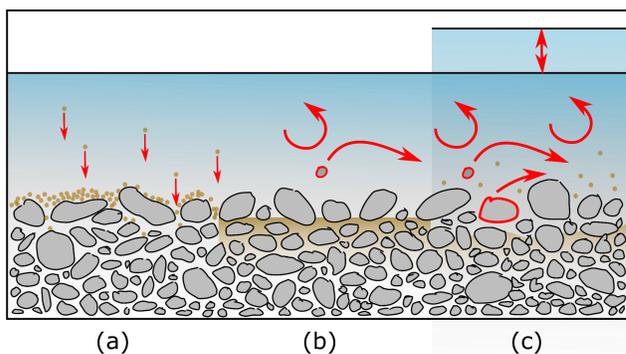


Figure 1: Colmatage de surface (a) et colmatage interne (b), en fonction des conditions d'écoulement. En présence de charriage, le colmatage ne peut avoir lieu dans la zone mobilisée. (c) décolmatage partiel

En cas de contraintes de cisaillement élevées, un décolmatage peut avoir lieu dans les zones avec colmatage de surface, mais également dans les zones avec du colmatage interne, pour autant que le lit de la rivière soit mobilisé.

Echanges hyporhéiques

L'accumulation de sédiments fins proches de la surface du substrat est favorisée par la présence d'un écoulement hyporhéique descendant. Le substrat joue un rôle de filtre. Un modèle de colmatage a notamment été développé en s'appuyant sur ce mécanisme. [1] En revanche, la présence d'écoulement ascendant, en direction de l'écoulement de surface, empêche la formation d'une couche colmatée.

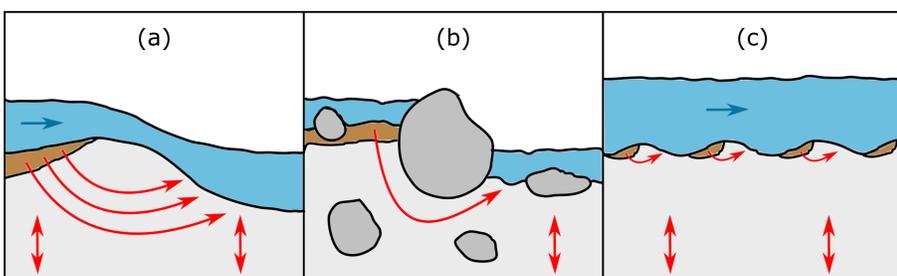


Figure 2: Echanges hyporhéiques favorisant ou empêchant la formation d'une couche colmatée (brun) pour différentes structures présentes dans les lits de rivières : seuils et bassins (a), blocs (b), dunes (c).

L'infiltration et l'exfiltration sont liés d'une part aux échanges entre la nappe et la rivière, mais également aux structures morphologiques présentes dans le lit de la rivière, en allant des dunes aux méandres, en passant par les radiers et bassins. (Fig. 2)

Granulométrie des sédiments

La profondeur de la couche colmatée dépend fortement de la distribution granulométrique des sédiments formant le lit ainsi que des particules en suspension. Le ratio entre le diamètre moyen du substrat d_s et des sédiments fins d_f , ainsi que l'écart-type de la granulométrie σ_s , détermine la profondeur que peuvent atteindre les fines. Au delà d'un ratio $d_s/(d_f\sigma_s)$ de 27, il a été observé que les sédiments fins peuvent traverser les substrats jusqu'à atteindre une couche plus fine [2]. En dessous de ce ratio, et en présence d'une granulométrie homogène, la proportion en sédiments fins formant la couche colmatée décroît de manière exponentielle avec la profondeur. (Fig. 3) [2,3]

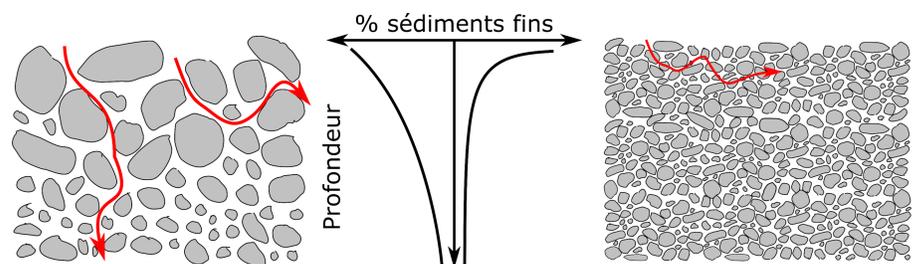


Figure 3: Influence de la granulométrie sur la profondeur de colmatage et l'écoulement hyporhéique. Une granulométrie très étendue ou plus fine forme une couche de colmatage dense et proche de la surface.

Conditions variables en rivière

Les rivières naturelles sont sujettes à une forte variabilité des conditions d'écoulement de part la morphologie du lit, mais aussi des crues régulières permettant de décolmater les substrats. Certaines zones se retrouvent ainsi temporairement colmatées, mais d'autres permettent aux benthos et frayères de se développer. Le colmatage physique est souvent également lié avec des processus biologiques et chimiques, avec le développement de biofilm et di-atomes, ainsi que la précipitation de substances présentes dans l'eau.

En absence de variation spatiale des conditions d'écoulement, et de crues suffisantes pour décolmater le lit, les sédiments fins s'accumulent de manière uniforme, occasionnant un fort colmatage, accompagné d'une consolidation du lit de la rivière.

Une haute concentration en sédiment fins dans l'écoulement, souvent associé aux crues, accélère le processus de colmatage. Une part importante des sédiments en suspension colmate le lit lors de la décrue. [4]

Prospectives et pistes pour de futures études

Bien que de nombreuses études sur le colmatage existent, certains aspects, notamment temporels, nécessitent encore d'être traités. En effet, le colmatage varie fortement en fonction des conditions d'écoulement, qui varient dans le temps. Une meilleure façon de déterminer le colmatage sur le terrain, au moyen d'un index permettrait de mieux comparer les tronçons et améliorer les choix lors de l'assainissement des cours d'eau. Finalement, les aspects biologiques et chimiques devraient également être plus étudiés.

Références

- [1] Schälchli, U. (1995). Basic equations for siltation of riverbeds." In : J of Hydraul Eng N°121(3), 10.1061/(ASCE)0733-9429(1995)121:3(274)
- [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] 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.
- [4] Park, J. and Hunt, J. R. (2017). Coupling fine particle and bedload transport in gravel-bedded streams. Journal of Hydrology, 552:532–543.