



Matthieu PECHARD – FDPPMA35

Le colmatage : résulte d'un dysfonctionnement sédimentaire

Définition

Le **colmatage** désigne les dépôts de sédiments fins ou de matière organique qui recouvre le substrat benthique et s'infiltrent dans les interstices de l'hyporhéique

(Wood & Armitage, 1997 ; Datry *et al.*, 2015)

Sédiments fins = éléments inférieurs à 2mm

Nom de la classe granulométrique	Classes de taille (diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe)	Code utilisé
Rochers	> 1024	R
Blocs	256-1024	B
Pierres Grossières	128-256	PG
Pierres Fines	64-128	PF
Cailloux Grossiers	32-64	CG
Cailloux Fins	16-32	CF
Graviers Grossiers	8-16	GG
Graviers Fins	2-8	GF
Sables Grossiers	0,5-2	SG
Sables Fins	0,0625-0,5	SF
Limons	0,0039-0,0625	L
Argiles	< 0,0039	A

Classification de Wentworth (1922)

(Zweig & Rabeni, 2001 ; Gayraud *et al.*, 2002 ; Bo *et al.*, 2007)



@Pechard

Le colmatage : résulte d'un dysfonctionnement sédimentaire

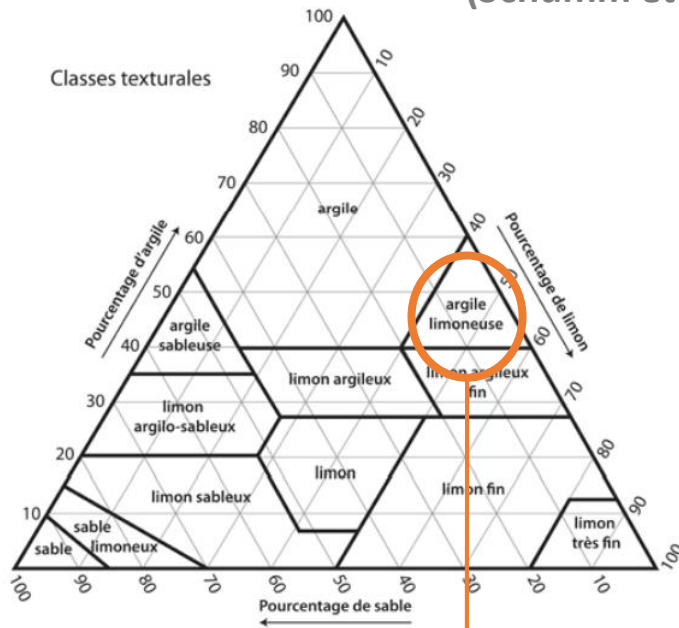
Principales origines du colmatage

Contexte naturel : taux d'argile limoneux dans le sol

(Schumm *et al.*, 1963)

Facteur anthropique : occupation du sol (densité bocagère, ruissellement, drainage...)

(Kail *et al.*, 2015)



@Péchard



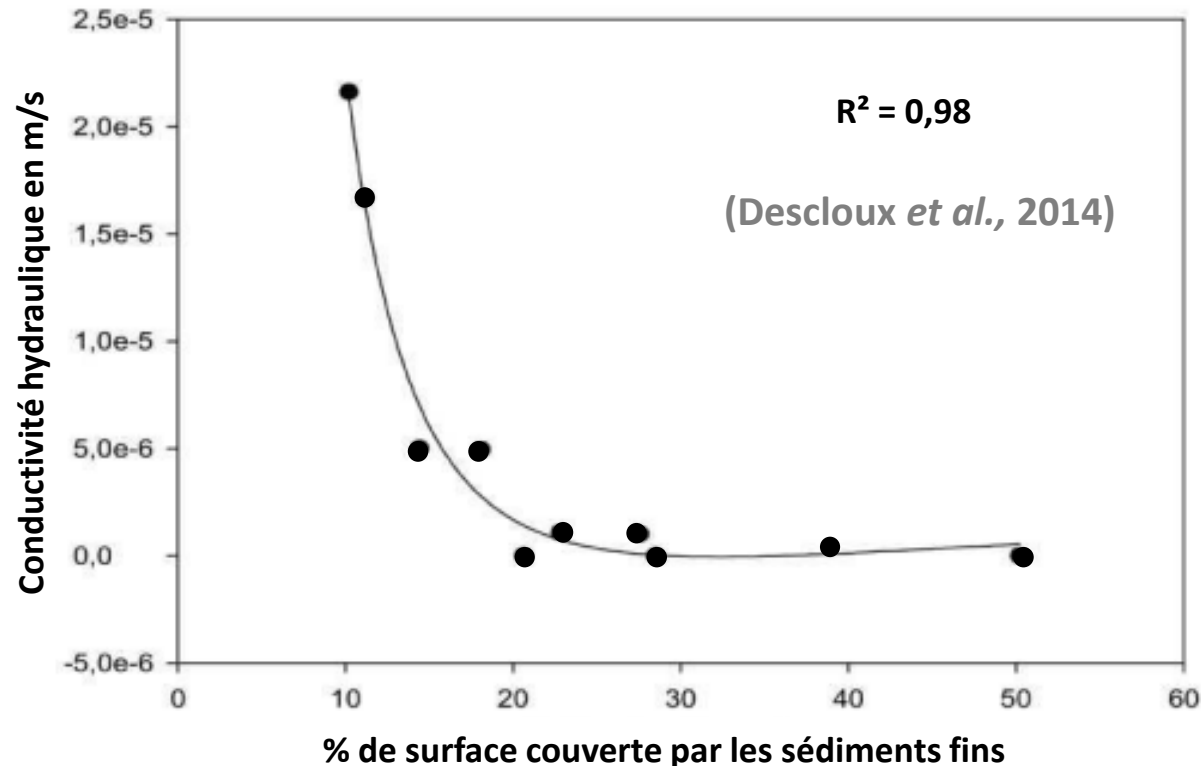
@Péchard

Le colmatage : résulte d'un dysfonctionnement sédimentaire

Impacts physico-chimiques

- Diminution de la perméabilité du substrat
- Moindre efficacité des échanges d'air et d'eau
- Baisse des interactions eau de surface/interstitielle

(Scrivener & Brownlee, 1989 ; Schubert, 2004 ; Caldwell, 2012 ; Rehg, 2005)



Nature du sédiment	Conductivité hydraulique (m/s)	Vitesse d'écoulement pour $i = 10^3$ (m/j)
Gravier moyen	$3,10^{-01}$	63
Sable grossier	$2,10^{-03}$	0,5
Sable fin	$2,10^{-05}$	0,007
Limon	$3,10^{-08}$	0,000085
Limon argileux	$1,10^{-09}$	0
Argile	$5,10^{-10}$	0

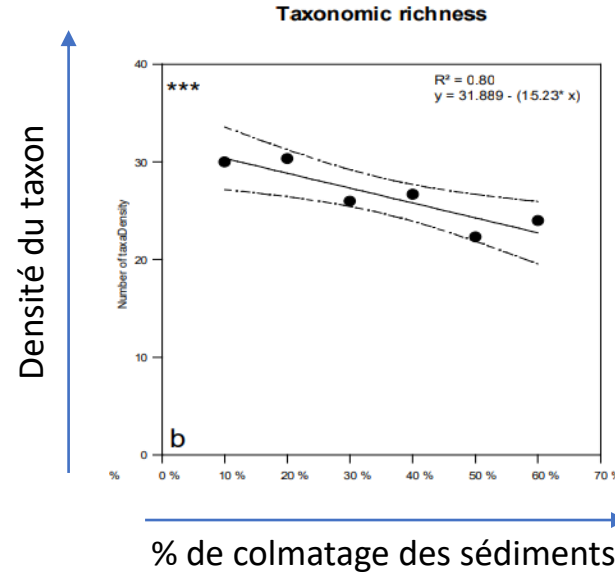
Le colmatage conduit à une diminution de la conductivité hydraulique des sédiments du lit de la rivière (réduit la circulation interstitielle de l'eau) et diminue les apports d'oxygène en provenance de l'eau de surface

(Descloux et al., 2014)

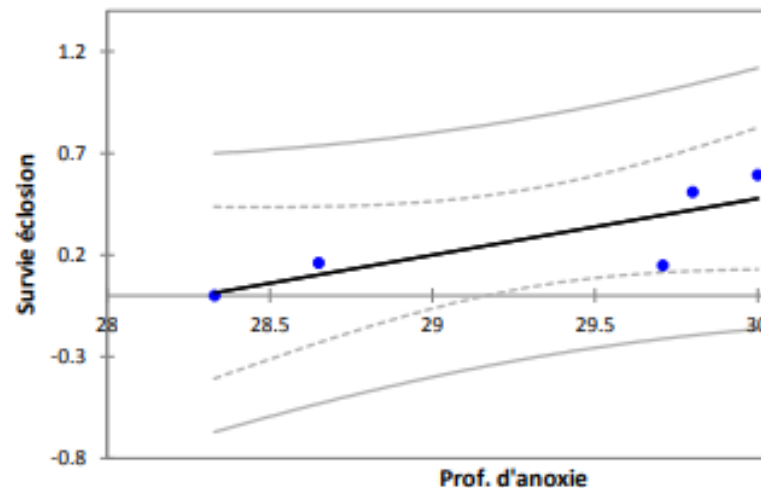
Le colmatage : résulte d'un dysfonctionnement sédimentaire

Impacts biologiques

- Dysfonctionnement des frayères
- Dégradation des habitats benthiques
- Diminution de la richesse taxonomique (Lake *et al.*, 2010)
- Facteur de stress persistant (Sundermann *et al.*, 2011)



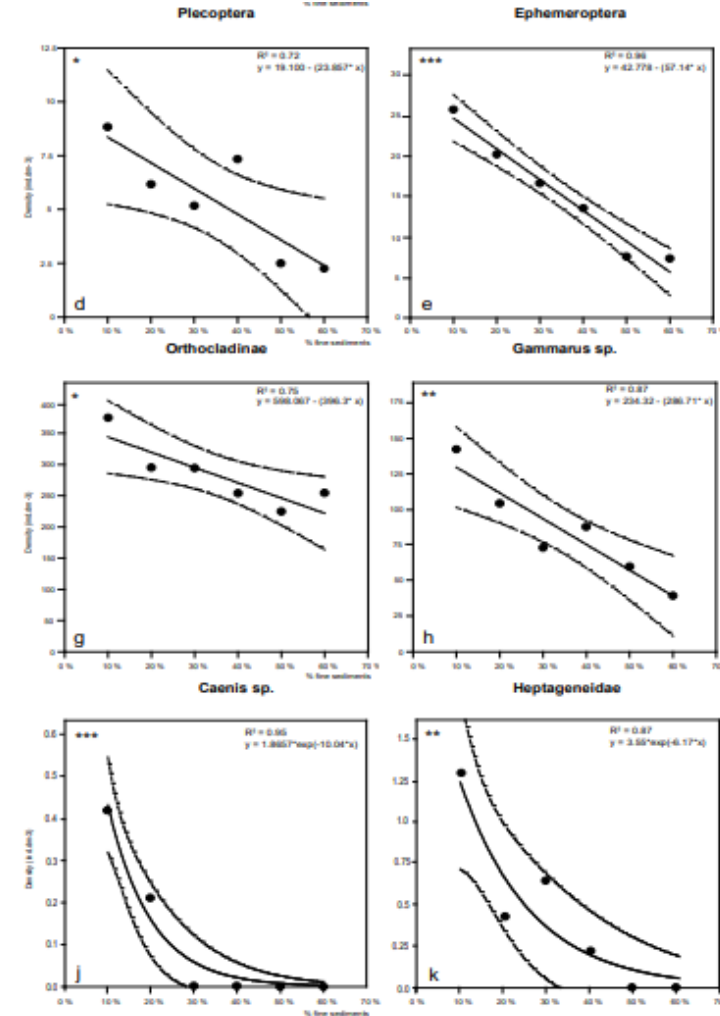
Survie à l'éclosion en fonction de la prof. d'anoxie ($R^2 =$



(Masseboeuf, 2012)

Les espèces sensibles adaptées aux substrats grossiers disparaissent au profit des espèces adaptées aux sédiments fins

(Gayraud *et al.*, 2002 ; Descloux, 2014)



Activité de bioturbation dans les sédiments

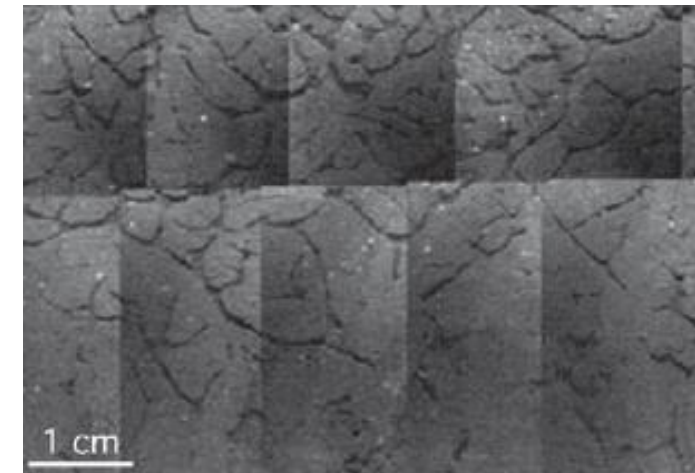
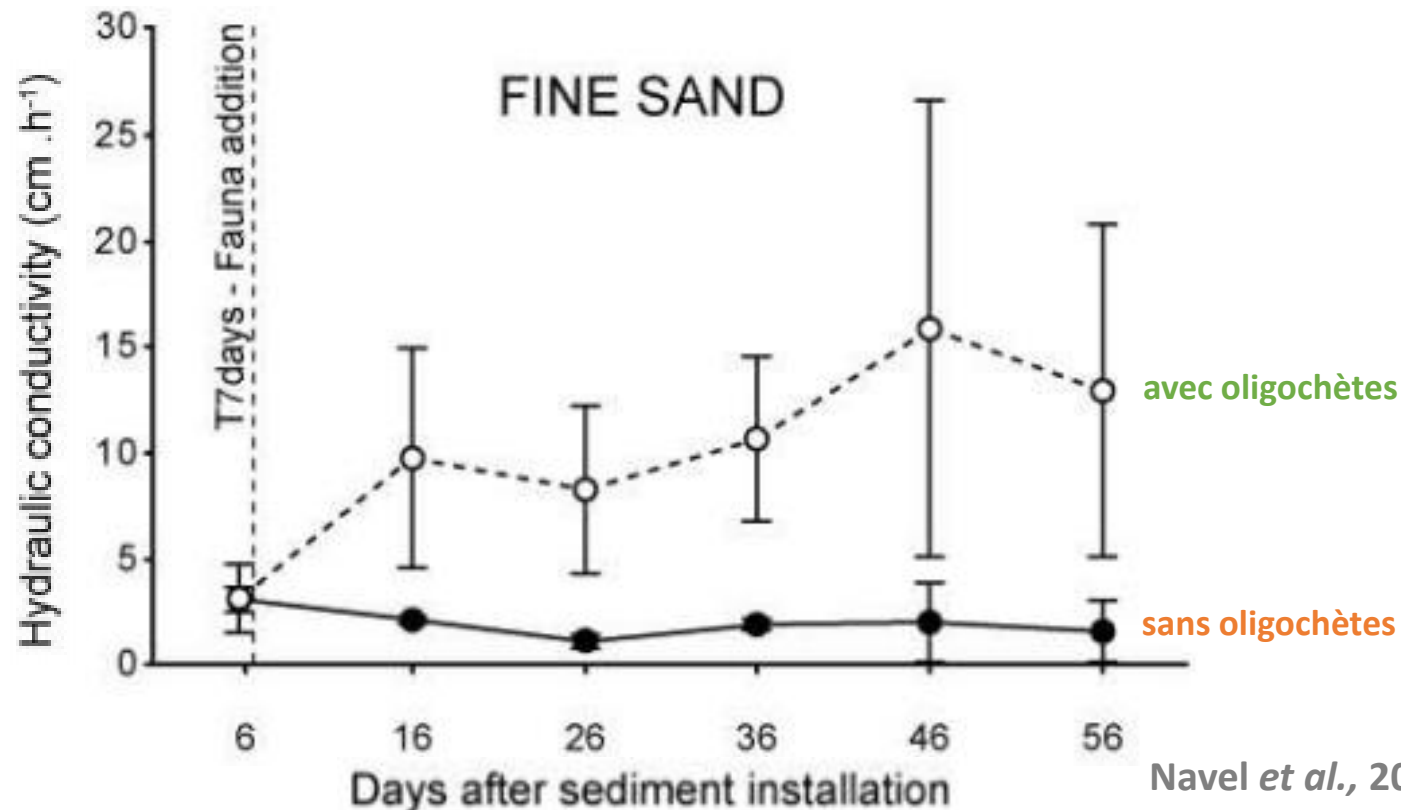
Bioturbation et conductivité hydraulique

bioturbation = mouvement de particules sédimentaires lié à l'activité de la faune

Phénomène permettant les flux d'eau et de nutriments dans des sédiments colmatés ou en voie de colmatage (Nogaro *et al.*, 2006, Navel *et al.*, 2012 ; Datry *et al.*, 2015).



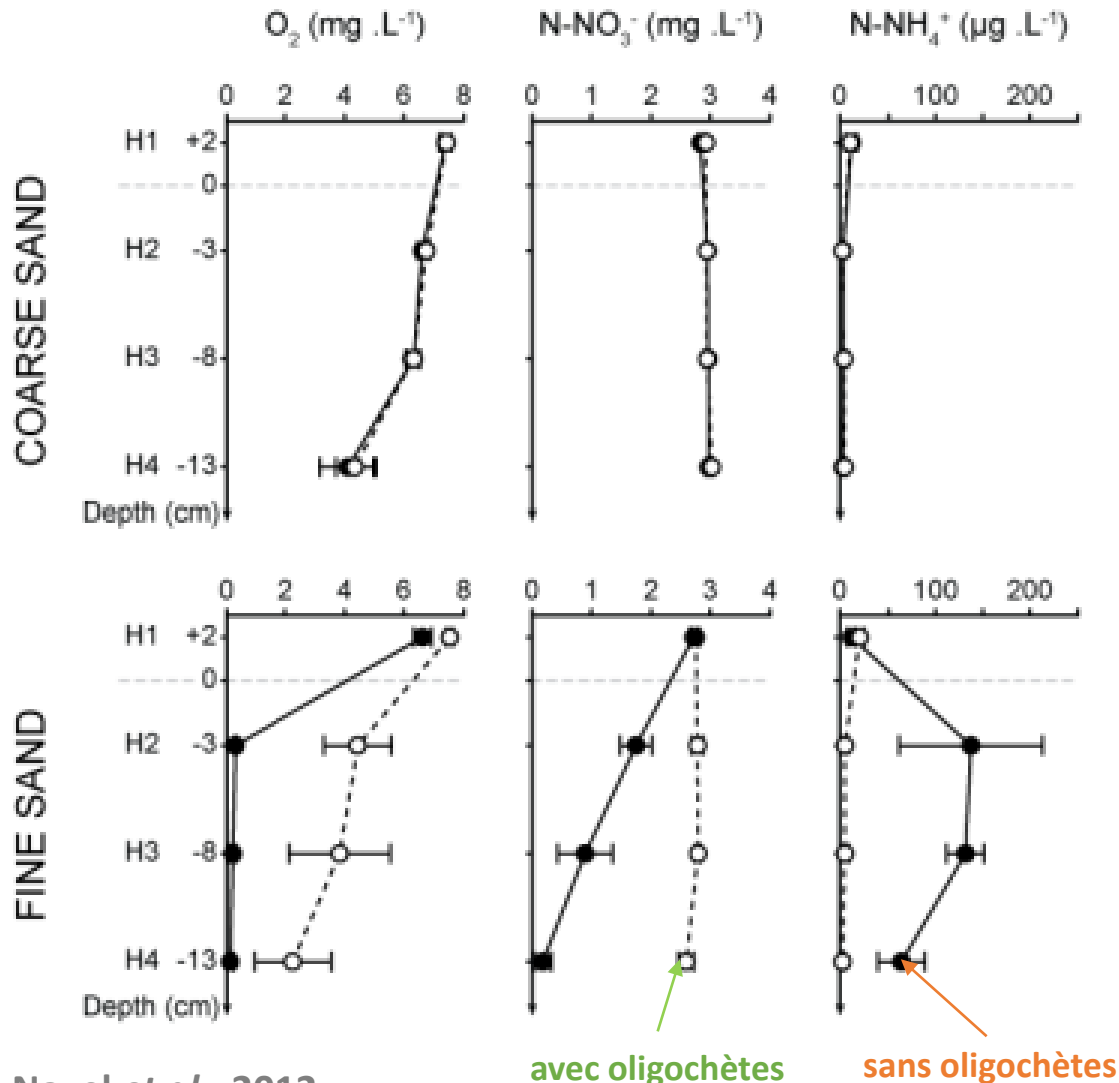
Modifie la porosité et la perméabilité des sédiments hyporhéiques sur plusieurs décimètres de profondeur par la création de galeries (Mermillod-Blondin *et al.*, 2003 ; Boulton, 2007)



(Datry *et al.*, 2015)

Activité de bioturbation dans les sédiments

Bioturbation et conductivité hydraulique



Navel *et al.*, 2012

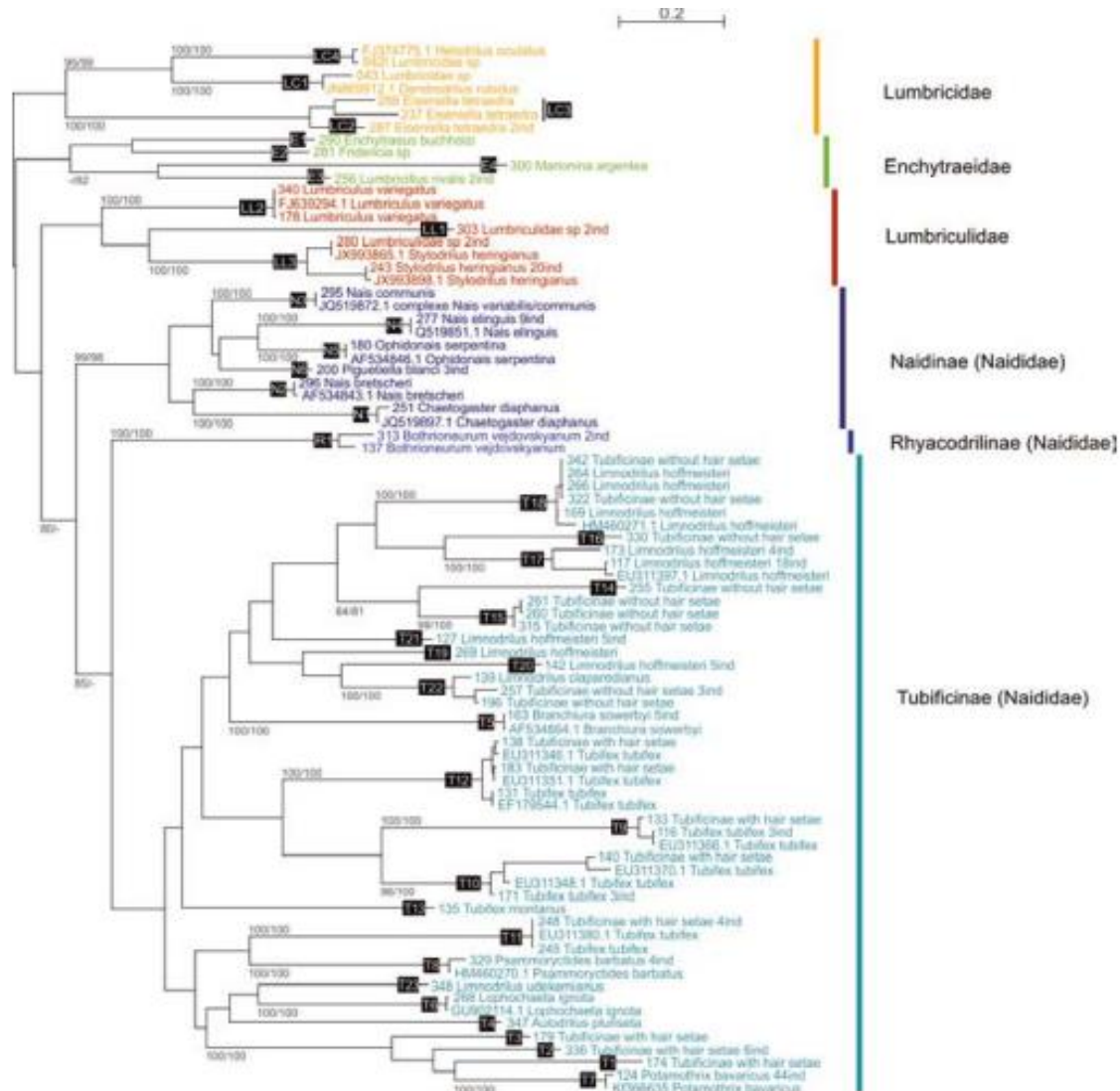
Des sédiments colmatés peuvent avoir la même réponse que des sédiments non colmatés en terme de concentration en éléments grâce à la présence des oligochètes

Faune hyporhéique importante dans des systèmes colmatés pour maintenir des flux : récupérer les matériaux de l'ancien lit (même un peu colmaté) pour l'installation des oligochètes

(Nogaro *et al.*, 2006, Navel *et al.*, 2012 ; Datry *et al.*, 2015)

Indice oligochète de bio indication des sédiments (IOBS)

Vers une promotion de cette méthode bioindicatrice ?



Les oligochètes aquatiques se prêtent bien à l'évaluation biologique de la qualité des sédiments (nombreuses espèces présentant une sensibilité très variable aux polluants) mais des difficultés de détermination des espèces font obstacle à leur utilisation en tant qu'indicateurs.

Vivien et al., 2015



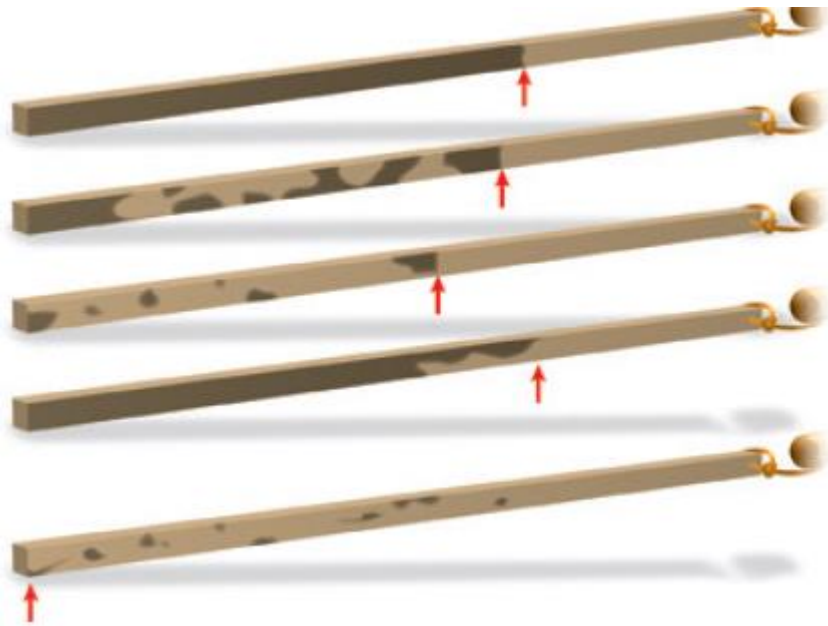
Une approche basée sur les codes-barres génétiques pourrait faciliter cette détermination et promouvoir l'essor de la méthode

Vivien et al., 2016

Méthodes d'appréciations du colmatage des sédiments

Evaluation indirecte : méthode des bâtonnets

Pour évaluer le colmatage de la zone hyporhéique, Marmonier *et al.*, (2004) ont proposé d'utiliser la profondeur de l'anoxie dans le matelas alluvial, détectée au moyen de processus biogéochimiques sur des piquets de bois insérés pendant plusieurs semaines dans le substrat



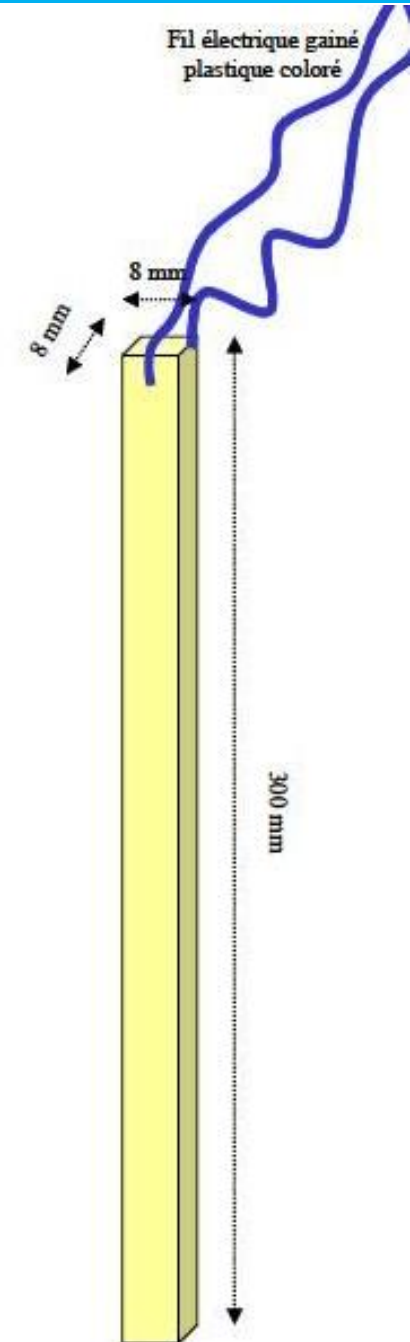
Résultats du jeu de données issue du protocole CARHYCE (ONEMA/AFB) de 2009 à 2017 :

Grande variabilité intra radier et intra bâtonnet



Arrêt et renvoi vers une démarche de R&D

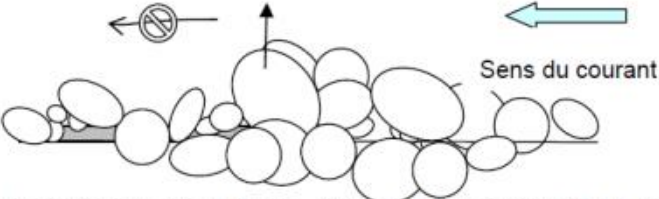
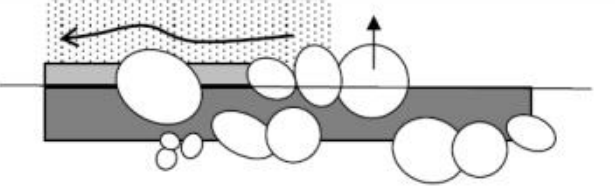
Direction générale OFB 2018

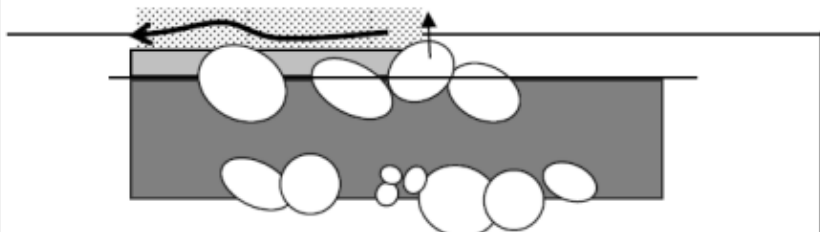
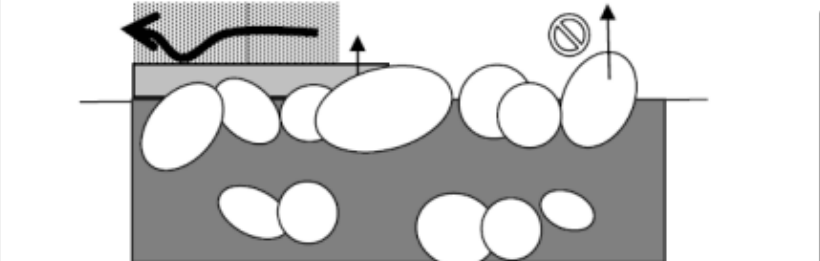


Méthodes d'appréciations du colmatage des sédiments

Evaluation visuelle du colmatage de surface : protocole Archambaud

Estimation visuelle des pourcentages de sédiments fins par l'intermédiaire du niveau d'enchâssement des éléments grossiers du substrat (Archambaud *et al.*, 2005)

Code	Classes de Colmatage	Représentation du degré de colmatage (lorsque l'on soulève un élément du fond)
1	] 0 - 25%]	 Sens du courant Les éléments sont posés. On peut observer soit un dépôt fin de limons peu colmatant (cas de gauche) soit aucun dépôt (cas de droite)
2	] 25 - 50%]	 sous-couche de limon Les éléments sont collés par une sous-couche de limon (avec ou sans limon en dépôt). Le nuage de limon qui se soulève est peu dense.
3	] 50 - 75%]	 Les éléments sont légèrement enchâssés et provoquent un nuage de limon assez épais lorsqu'ils se désolidarisent de la sous-couche.

4	] 75 - 90%]	 Les éléments sont très enchâssés et provoquent un nuage épais de limons (accentué ou non par un dépôt de limons)
5	] 90-100%]	 Les éléments sont recouverts de limons et provoquent un nuage très épais (cas de gauche) ou bien sont entièrement cimentés dans la sous-couche et impossibles à soulever (cas de droite)

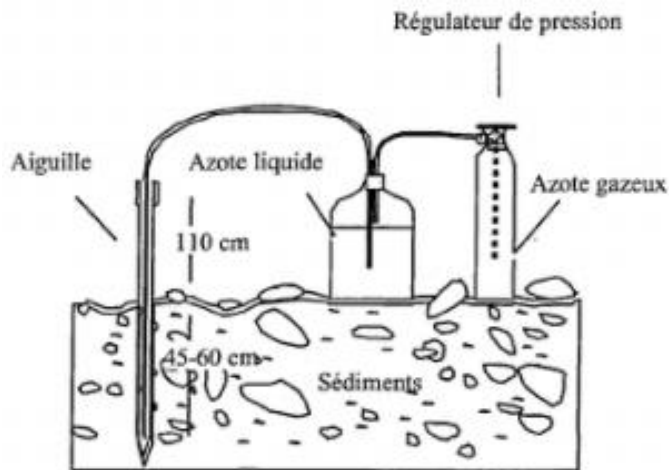
Cette méthode est largement utilisée, facilement reproductible mais reste relativement subjective car l'évaluation dépend de la sensibilité et de l'expérience de l'observateur

(Sennatt *et al.*, 2006 ; Sennatt *et al.*, 2008)

Méthodes d'appréciations du colmatage des sédiments

Evaluation directe du colmatage : carottage cryogénique

Précis pour étudier les quantités de sédiments fins interstitiels et leur distribution verticale dans la colonne du matelas alluvial (Bretschko & Klemens, 1986 ; Lisle & Eads, 1991 ; Milan *et al.*, 2000 ; Kondolf *et al.*, 2003)



Cette méthode est destructrice, relativement chère, lourde et chronophage. Elle semble donc impossible à utiliser sur le long terme et à grande échelle pour suivre le colmatage du lit des petits cours d'eau.

(Gayraud 2001 ; Gayraud & Philippe, 2003)

Tableau IV-1 : Pourcentage moyen de sédiments fins (< 2 mm) obtenu par carottage cryogénique (Petts *et al.*, 1989). T = Portrail Water River, A = Dear River, B1 à C = stations aval confluence des 2 rivières réparties sur environ 5 km.

Depth below armour layer (cm)	T	A	B1	B2	B3	B4	B5	C
0-15	10.0	6.8	5.2	37.0	8.0	1.0	1.0	2.0
15-30	14.6	31.0	21.7	46.0	24.8	13.9	22.0	15.4
n	10	12	9	6	9	9	6	10

Réduire le colmatage pour la réussite des opérations de restauration et relancer la fonctionnalité des écosystèmes en tête de bassin versant

Action au sein du lit mineur : limiter les apports de « fines » lors de la recharge

Le colmatage est présenté comme une limite à l'atteinte des objectifs de la restauration (Mueller et al., 2014)

Eviter les gammes 0 – X dans la recharge lors d'un apport granulométrique : C'est la loterie !



ATTENTION!

répartition	Gamme granulométrique d'un 0-80	
1/5	0-6	0-10
2/5	6-10	20-40
2/5	10-80	40-80



Réduire le colmatage pour la réussite des opérations de restauration et relancer la fonctionnalité des écosystèmes en tête de bassin versant

Actions hors lit mineur : réduction du colmatage « à la source »

- système de ralentissement des écoulements dans les fossés
- déconnecter fossés bord de route
- modifier la gestion des fossés de bord de route

(Morin & Bizet, 2020)



- dé-drainer
- déconnecter les drains
- restaurer les ZH
- recréer haies + bocage
- élargir les bandes enherbées
- restaurer les ripisylves et bandes boisées
- installer talus rupture de pente
- déplacer les entrées de champs
- supprimer les obstacles à la continuité



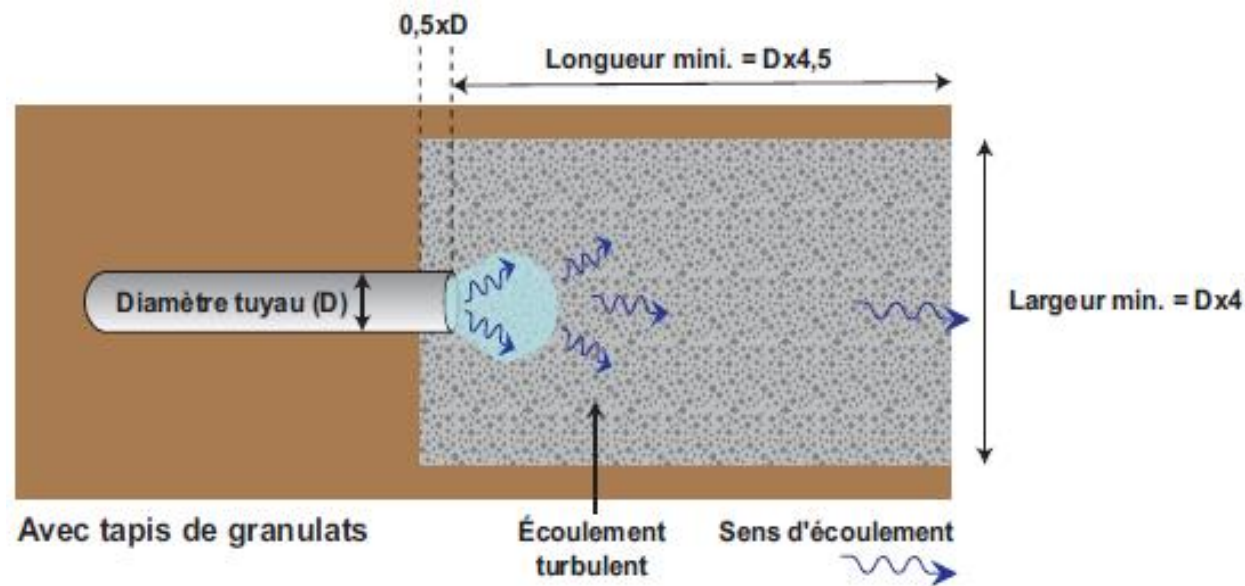
Réduire le colmatage pour la réussite des opérations de restauration et relancer la fonctionnalité des écosystèmes en tête de bassin versant

Précautions en phase chantier : préservation des milieux aquatiques

L'objectif de ce guide national rédigé par l'OFB en 2018 est d'éviter, ou à défaut de réduire, tous les potentiels impacts négatifs lors des chantiers sur le milieu naturel (Macdonald *et al.*, 2018)

Un peu long mais très exhaustif, il faut piocher les infos dans les paragraphes concernés selon le type de travaux mis en place

schéma de principe de dispositif de filtration : tapis de granulats grossiers



Exemple dimension dispositif filtrant en fonction du dispositif de rejet et du débit

Diamètre du dispositif de rejet (cm)	Débit (m³/s)	Longueur maximale du tapis de granulats (m)	Diamètre minimal des granulats (c)
30	0,14	3	10
	0,28	4	15
46	0,28	3	15
	0,57	5	20
	0,85	7	30
	1,13	8	41
61	0,85	5	20
	1,13	8	20
	1,41	8	30
	1,70	9	40



Temps d'échanges

Références bibliographiques

- **ARCHAMBAUD, G., GIORDANO, L., & DUMONT, B. (2005).** Description du substrat minéral et du colmatage. *Note technique. Cemagref Aix-en-Provence, UR Hydrobiologie.*
- **BO, S., MINGZHOU, Q., JACKSON, R. H., ZHONGJIN, Y., & JACKSON, M. W. (2007).** The effects of sediment-laden waters on irrigated lands along the lower Yellow River in China. *Journal of environmental management*, 85(4), 858-865.
- **BOULTON, A. J. & JENKINS, K. M. (2007).** Detecting impacts and setting restoration targets in arid-zone rivers: aquatic micro-invertebrate responses to reduced floodplain inundation. *Journal of Applied Ecology*, 44(4), 823-832.
- **BRETSCHKO, G. & W. E. KLEMENS, (1986).** Quantitative methods and aspects in the study of the interstitial fauna of running waters. *Stycologia* 2: 279–316.
- **CALDWELL, P. V., SUN, G., MCNULTY, S. G., COHEN, E. C., & MOORE MYERS, J. A. (2012).** Impacts of impervious cover, water withdrawals, and climate change on river flows in the conterminous US. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(8), 2839-2857.
- **DATRY, T., LAMOUROUX, N., THIVIN, G., DESCLOUX, S., & BAUDOIN, J. M. (2015).** Estimation of sediment hydraulic conductivity in river reaches and its potential use to evaluate streambed clogging. *River Research and Applications*, 31(7), 880-891.
- **DESCLOUX, S., DATRY, T., & USSEGLIO-POLATERA, P. (2014).** Trait-based structure of invertebrates along a gradient of sediment colmatation: Benthos versus hyporheos responses. *Science of the Total Environment*, 466, 265-276.
- **GAYRAUD, S. (2001).** *Les sédiments du lit des cours d'eau: quantification de leur influence sur les peuplements de macro-invertébrés par une approche multi-sites* (Doctoral dissertation, Doctorat, Université Claude Bernard Lyon I).
- **GAYRAUD, S., HÉROUIN, E., & PHILIPPE, M. (2002).** Le colmatage minéral du lit des cours d'eau: revue bibliographique des mécanismes et des conséquences sur les habitats et les peuplements de macroinvertébrés. *Bulletin français de la pêche et de la pisciculture*, (365-366), 339-355.
- **GAYRAUD, S., & PHILIPPE, M. (2003).** Influence of bed-sediment features on the interstitial habitat available for macroinvertebrates in 15 French streams. *International Review of Hydrobiology: A Journal Covering all Aspects of Limnology and Marine Biology*, 88(1), 77-93.
- **KAIL, J., BRABEC, K., POPPE, M., & JANUSCHKE, K. (2015).** The effect of river restoration on fish, macroinvertebrates and aquatic macrophytes: A meta-analysis. *Ecological Indicators*, 58
- **KONDOLF, G. M., LISLE, T. E., & WOLMAN, G. M. (2003).** Bed sediment measurement. *Tools in fluvial geomorphology*, 347, 395.
- **LAKE, P. S REICH, P., MCMASTER, D., BOND, N., & METZELING, L. (2010).** Examining the ecological consequences of restoring flow intermittency to artificially perennial lowland streams: patterns and predictions from the Broken—Boosey creek system in Northern Victoria, Australia. *River Research and Applications*, 26(5), 529-545.
- **LISLE, T. E., & EADS, R. E. (1991).** Methods to measure sedimentation of spawning gravels. *Research Note PSW-411, Berkeley, California: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, US Department of Agriculture*. 7 p.

- **MARMONIER, P., LEFEBVRE, S. & PINAY, G. (2004).** Stream regulation and nitrogen dynamics in sediment interstices: comparison of natural and straightened sectors of a third-order stream. *River research and applications*, 20(5), 499-512.
- **MC DONALD D., DE BILLY V. & GEORGES N., (2018).** Bonnes pratiques environnementales. Cas de la protection des milieux aquatiques en phase chantier : anticipation des risques, gestion des sédiments et autres sources potentielles de pollutions des eaux. Collection Guides et protocoles. Agence française de la biodiversité. 148 pages.
- **MERMILLOD-BLONDIN, F., GAUDET, J. P., GÉRINO, M., DESROSIER, G., & CREUZÉ DES CHÂTELLIERS, M. (2003).** Influence of macroinvertebrates on physico-chemical and microbial processes in hyporheic sediments. *Hydrological Processes*, 17(4), 779-794.
- **MORIN F., BIZET V., (2020).** Entretien des fossés et des bas côtés routiers, Guide technique départemental. Conseil Départemental des Côtes-d'Armor. 48 pages.
- **MUELLER, E. R., GRAMS, P. E., SCHMIDT, J. C., HAZEL JR, J. E., ALEXANDER, J. S., & KAPLINSKI, M. (2014).** The influence of controlled floods on fine sediment storage in debris fan-affected canyons of the Colorado River basin. *Geomorphology*, 226, 65-75.
- **NAVEL, S., MERMILLOD-BLONDIN, F., MONTUELLE, B., CHAUVET, E., & MARMONIER, P. (2012).** Sedimentary context controls the influence of ecosystem engineering by bioturbators on microbial processes in river sediments. *Oikos*, 121(7), 1134-1144.
- **NOGARO, G., MERMILLOD-BLONDIN, F., FRANÇOIS-CARCAILLET, F., GAUDET, J. P., LAFONT, M., & GIBERT, J. (2006).** Invertebrate bioturbation can reduce the clogging of sediment: an experimental study using infiltration sediment columns. *Freshwater Biology*, 51(8), 1458-1473.
- **REHM, K. J., PACKMAN, A. I., & REN, J. (2005).** Effects of suspended sediment characteristics and bed sediment transport on streambed clogging. *Hydrological Processes: An International Journal*, 19(2), 413-427.
- **SCHUMM, S. A. (1963).** Sinuosity of alluvial rivers on the Great Plains. *Geological Society of America Bulletin*, 74, 1089– 1100.
- **SCRIVENER, J. C., & BROWNLEE, M. J. (1989).** Effects of forest harvesting on spawning gravel and incubation survival of chum (*Oncorhynchus keta*) and coho salmon (*O. kisutch*) in Carnation Creek, British Columbia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46(4), 681-696.
- **SENNATT, K. M., SALANT, N. L., RENSHAW, C. E., & MAGILLIGAN, F. J. (2006).** Assessment of Methods for Measuring Embeddedness: Application to Sedimentation in Flow Regulated STREAMS1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 42(6), 1671-1682.
- **SENNATT, K. M., SALANT, N. L., RENSHAW, C. E., & MAGILLIGAN, F. J. (2008).** Reply to Discussion—"Assessment of Methods for Measuring Embeddedness: Application to Sedimentation in Flow Regulated Streams" by John P. Potyondy and Traci L. Sylte 1, 2, 3. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 44(1), 262-264.
- **SUNDERMANN, A., STOLL, S., & HAASE, P. (2011).** River restoration success depends on the species pool of the immediate surroundings. *Ecological Applications*, 21(6), 1962-1971.
- **VIVIEN, R., LAFONT, M., FERRARI, B.J.D. (2015)** Utilisation des communautés d'oligochètes pour l'évaluation de la qualité biologique et du fonctionnement des cours d'eau : un bilan à partir de données genevoises (Suisse). *Archives des sciences* 68: 105-116
- **VIVIEN, R., LEJZEROWICZ, F., PAWLOWSKI, J. (2016)** Next-Generation Sequencing of Aquatic Oligochaetes: Comparison of Experimental Communities. *PLoS ONE* 11(2): e0148644
- **WOOD, P. J., & ARMITAGE, P. D. (1997).** Biological effects of fine sediment in the lotic environment. *Environmental management*, 21(2), 203-217.
- **ZWEIG, L. D., & RABENI, C. F. (2001).** Biomonitoring for deposited sediment using benthic invertebrates: a test on 4 Missouri streams. *Journal of the North American Benthological Society*, 20(4), 643-657.