

Diagnostic à large échelle du colmatage des cours d'eau

Grégory DUPEUX¹, Yvonnick FAVREAU¹

¹ HYDRO CONCEPT Bureau d'études, 29 avenue Louis Breguet, Château d'Olonne – e-mail: hydro.concept@wanadoo.fr

RÉSUMÉ. – Au travers d'expériences de terrain accumulées, ce papier traite de la notion de colmatage et de son appréciation à l'échelle d'un bassin versant entier. Plusieurs méthodes à l'échelle stationnaire sont décrites brièvement, comme le carottage cryogénique, les bâtonnets en bois, la conductivité hydraulique ainsi que la pénétrométrie. Cependant, nous présentons également une méthode adaptée à partir de celle d'Archambaud (2005) que nous appelons « appréciation du colmatage ». Cette méthode est utilisée pour des diagnostics à large échelle du colmatage des cours d'eau (allant de plusieurs mètres à plusieurs centaines de kilomètres).

Mots-clés : colmatage de surface, diagnostic de cours d'eau, estimation du colmatage, sédiment

Wide-scale diagnosis of clogging of rivers

ABSTRACT. – This study analyzed sediment deposition and bed clogging at the catchment scale using field observations. Several methods frequently employed in other studies for evaluating clogging are briefly presented (e.g. freeze coring, wooden stake, hydraulic conductivity measurements and penetrometry). A new method adapted from Archambaud (2005) is developed and applied at scales ranging from several meters to hundreds of kilometers.

Key-words: Surface clogging, River state analysis, Clogging estimation, Sediment

I. INTRODUCTION

La Directive Cadre européenne sur l'Eau (2000), transcrite dans la législation française par la Loi sur l'Eau (2006), impose un retour au bon état écologique des différentes masses d'eau. Le diagnostic de masses d'eau superficielles se doit d'être systémique, afin d'englober tous les compartiments composant l'hydrosystème. La détermination de l'état écologique d'un cours d'eau repose sur sa qualité biologique, mais également sur les paramètres du milieu soutenant la biologie comme la physico-chimie et l'hydromorphologie. Des indices normés ainsi que des grilles de notes sont utilisées pour les deux premiers paramètres. Pour le dernier, il est nécessaire d'inventorier et de déceler toutes les causes et altérations subies par le cours d'eau étudié : pressions anthropiques, dysfonctionnement du cours d'eau, disparition/perde de fonctionnalité écologique ... Le colmatage du substrat est un phénomène naturel, mais fortement modifié par certaines pressions anthropiques : présence d'ouvrages structurants, piétinement bovin, rectification / recalibrage des cours d'eau, L'augmentation du colmatage entraîne des conséquences néfastes pour la faune aquatique (diminution des habitats aquatiques, perte de frayères piscicoles, modification des communautés d'invertébrés benthiques et hyporhéiques, ...), une réduction des échanges hydriques (impossibilité/diminution d'échanges hyporhéiques) et une modification des processus biochimiques.

Il n'existe aucune méthode normée de mesure du colmatage à l'échelle d'un bassin versant. En effet, plusieurs méthodes existent à l'échelle locale (carottage cryogénique, conductivité hydraulique, pénétrométrie, bâtonnets Carhyce), mais ne sont pas adaptées pour un diagnostic rapide à l'échelle d'un bassin versant. Ces techniques s'intéressent au colmatage d'un linéaire de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres, avec une précision assez fine pour

certaines méthodes. L'objectif n'est pas le même puisqu'elles s'intéressent à une estimation précise du colmatage, notamment dans la zone hyporhéique, et aux modifications des échanges hydriques et des processus biochimiques. Une estimation visuelle, basée sur la méthodologie d'Archambaud (2005), permet une « appréciation du degré de colmatage » reproductible pour un linéaire de cours d'eau de 1, 10 ou 100km. Cette appréciation du colmatage est applicable sur tous les types de cours d'eau, y compris pour ceux qui sont situés en tête de bassin versant.

II. MÉTHODOLOGIE

II.1. Estimation du colmatage à l'échelle stationnaire

Plusieurs méthodes d'estimation du colmatage existent à l'échelle stationnaire, pour la couche de surface ainsi que pour la zone hyporhéique. Des techniques d'analyses directes sont utilisées, comme le carottage cryogénique (prélèvement des sédiments ainsi que des invertébrés en place), ou bien indirecte comme la mise en place de bâtonnets en pin non traités (visualisation de la profondeur d'oxygénation du substrat via le développement de bactéries sulfo-réductrices) [Kreutzenberger *et al.*, 2010]. D'autres méthodes indirectes sont possibles, comme la mesure de la conductivité hydraulique (mesure de la durée d'infiltration d'un volume connu à l'intérieur d'un piézomètre placé dans les sédiments) [Rouch, 1992] ou bien de la pénétrométrie (évaluation du niveau de compactage du substrat et de la granulométrie des sédiments).

D'après Descloux [2014], la méthode de conductivité hydraulique est considérée comme la plus précise et la plus robuste pour estimer le colmatage des cours d'eau. Néanmoins, cette technique s'intéresse essentiellement à la zone hyporhéique sans prendre en compte le colmatage de

surface. De plus, cette mesure ne permet pas de s'intéresser à des bassins versants présentant des caractéristiques physiques et biologiques hétérogènes.

Cependant, ces méthodes sont intéressantes à l'échelle stationnaire en lien avec une action de restauration de lit mineur et/ou d'aménagement d'un ouvrage hydraulique, mais ne permettent pas souvent d'obtenir une synthèse du degré de colmatage d'un bassin versant de plusieurs dizaines voire centaines de kilomètres de cours d'eau.

II.2. Appréciation du colmatage à large échelle

L'évaluation du colmatage sur une section sera différente en fonction des faciès d'écoulement, notamment les plats lents (moins de 30cm/s,) [Malavoi J.R & Souchon Y, 2002] et les mouilles qui sont des zones de dépôts privilégiées des sédiments fins. L'appréciation doit être plus fine sur les radiers, et notamment sur les zones d'infiltration des eaux de surface vers la zone hyporhéique [Brunke et Gonser, 1997], où les sédiments peuvent se retrouver piégés dans le substrat lors d'écoulements hyporhéiques. De plus, la période de prospection joue sur l'intensité de colmatage du cours d'eau. Une période de sortie d'hiver, avec des débits plus importants et des faciès lotiques, va « chasser » les sédiments fins présents et modifier l'observation. À l'inverse, en période d'étiage, une surestimation du colmatage n'est pas à négliger (diminution de la vitesse nécessaire à la mobilisation des sédiments fins comme le montre le diagramme de Hjølström).

Les cours d'eau sont également soumis à un « colmatage naturel ». L'érosion des berges, l'érosion des matériaux du lit mineur, la dégradation organique des végétaux et le relargage des zones humides entraînent également une forme de colmatage au sein des cours d'eau qui ne peut pas être apparentée à une altération mais plutôt au fonctionnement classique du cours d'eau.

Pour un diagnostic à large échelle, il n'existe pas de méthodologie normée pour estimer le colmatage. De plus, des contraintes apparaissent du fait du type d'études financées : impossibilité en moyens financiers, humains et manque de temps pour réaliser des mesures précises à l'aide d'appareillages sur l'ensemble du linéaire prospecté ; une même quantité de sédiments ne permet pas de classer un cours d'eau en « colmaté ou non » en fonction du type de granulat présent dans le milieu. Les cours d'eau possédant une granulométrie grossière (dominance de pierres et galets) sont sujets à une pénétration des sédiments fins au sein de la zone hyporhéique sans pour autant causer un colmatage « marqué ». De plus, les cours d'eau à dominance de sable ou bien avec une couche d'armure relativement imperméable peuvent voir apparaître un colmatage pour une quantité de sédiment moindre. La littérature scientifique admet que tous les substrats se colmatent à partir d'une proportion importante de sédiments fins déposés.

L'analyse (Figure 1) se base sur la méthodologie d'Archambaud (2005) qui émet des classes de colmatage pour les sections de cours d'eau prospectés. C'est une analyse du colmatage minéral. Cette évaluation nécessite de « remuer » le fond du lit mineur et d'observer le dépôt de sédiments sur le substrat par l'intensité du nuage soulevé par l'observateur.

Cette observation sur une largeur de cours d'eau s'effectue préférentiellement dans le chenal plutôt que dans les zones naturelles de dépôts en proximité de berge. L'intensité du colmatage est donc variable : « nulle » s'il y a absence ou dépôt très fin de limon sur le substrat, « faible » s'il existe un colmatage partiel sur un seul type de substrat (gravier,

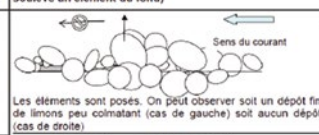
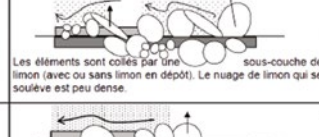
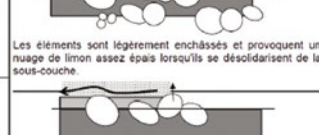
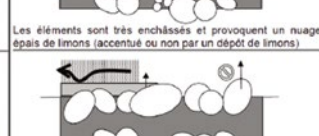
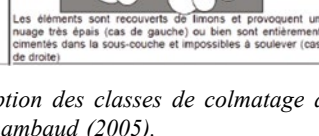
Code	Classes de Colmatage	Représentation du degré de colmatage (lorsque l'on soulève un élément du fond)
1	[0 - 25%]	 Les éléments sont posés. On peut observer soit un dépôt fin de limons peu colmatant (cas de gauche) soit aucun dépôt (cas de droite).
2	[25 - 50%]	 Les éléments sont collés par une sous-couche 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).

Figure 1 : Description des classes de colmatage des cours d'eau d'après Archambaud (2005).

sable), « moyenne » si le colmatage ne touche pas tous les habitats ou « forte » si le colmatage est généralisé et que les éléments sont totalement enchâssés dans ce dépôt.

Cette méthodologie sert de base pour notre analyse de cours d'eau, et elle est couplée avec une estimation visuelle par séquences de cours d'eau. On parle alors plutôt « d'appréciation du colmatage », adaptée pour diagnostiquer rapidement le colmatage à large échelle. Cette information est prise sur une séquence de cours d'eau homogènes pour différents paramètres : faciès, granulométrie, gabarit du cours d'eau, ... qui s'étend de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres. L'obtention d'une intensité ainsi que celle d'un linéaire précis permettent de travailler ensuite à l'échelle d'un bassin en compilant les informations. La mise en place d'une telle méthode s'appuie sur une forte expérience de terrain ainsi que sur des recherches bibliographiques.

Les données récupérées (intensité du colmatage sur un linéaire précis de cours d'eau – Figure 2) sont toutes intégrées sur un outil cartographique ainsi que dans une base de données, pour compiler et synthétiser les informations à l'échelle d'une masse d'eau (Figure 3 et 4).

II.3. Limites / Biais de la méthode

Cette technique ne permet qu'une appréciation du colmatage sur la couche de surface et, en aucun cas, le colmatage de la zone hyporhéique.

Cette méthodologie se basant sur une observation empirique présente des biais de plusieurs types. Une expérience de terrain de la reconnaissance du colmatage est nécessaire afin d'homogénéiser les données récoltées entre les différents observateurs. En effet, sur les relevés situés en limite de classe, une différence d'appréciation du colmatage peut être perçue entre plusieurs opérateurs sur un même linéaire. Une prospection préliminaire regroupant l'ensemble des observateurs sur chaque nouveau bassin versant étudié est indispensable afin que chacun analyse de la même manière

le colmatage du cours d'eau. Cependant, c'est une observation majoritairement subjective ne se basant pas sur la prise de métriques. Il est donc difficile de vérifier *a posteriori* la donnée récoltée (un nouveau passage sur le terrain pour validation ne donnera pas nécessairement lieu aux mêmes paramètres que lors du premier passage). Après de nombreux retours sur le terrain, il n'a jamais été observé une différence d'appréciation du colmatage supérieure à une classe entre plusieurs observateurs de terrain.

La période de prospection est prépondérante pour plusieurs raisons : régime hydraulique, fond visible ou non,

avant/après période de crue, ... L'appréciation du colmatage peut être influencée par ces différents paramètres, qui doivent être pris en compte dans l'analyse des données. De plus, aucun suivi temporel de l'évolution du colmatage n'a encore été réalisé, faute de temps et de moyens financiers, ne permettant pas la création de modèles statistiques.

Certains bassins versants possèdent des caractéristiques particulières, rendant l'évaluation du colmatage subjective : exemple d'un bassin versant à substrat essentiellement sableux, d'un réseau hydrographique de type « artificiel » provenant d'anciens marais asséchés il y a plusieurs centaines d'années, ...

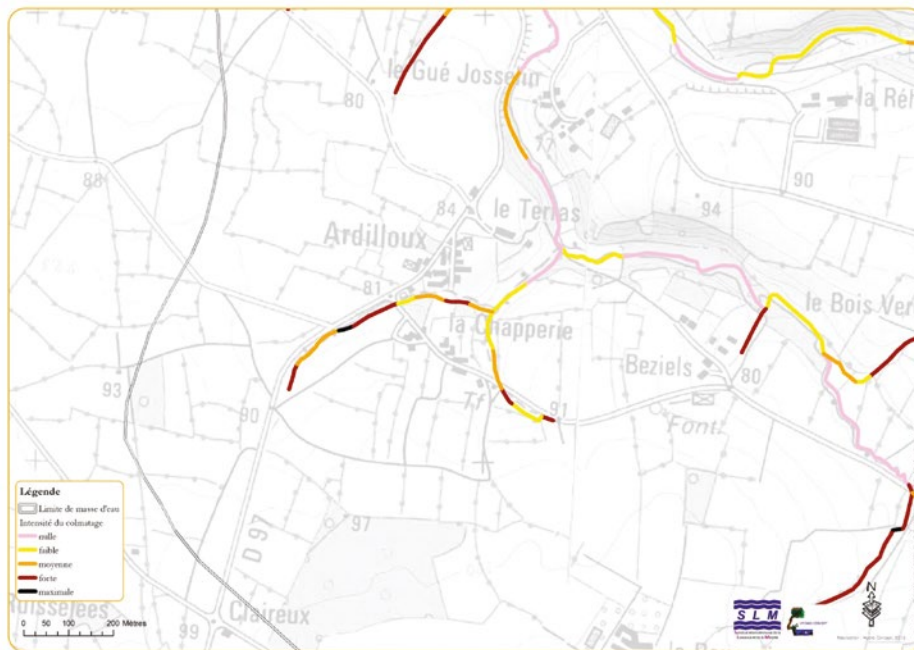


Figure 2 : Description précise de l'intensité du colmatage et du linéaire associé sur chaque cours d'eau, dont celui de l'Ardilloux (au centre) sur le bassin de la Loisanche et de la Minette en Ille-et-Vilaine (Source : Hydro Concept et SLM)

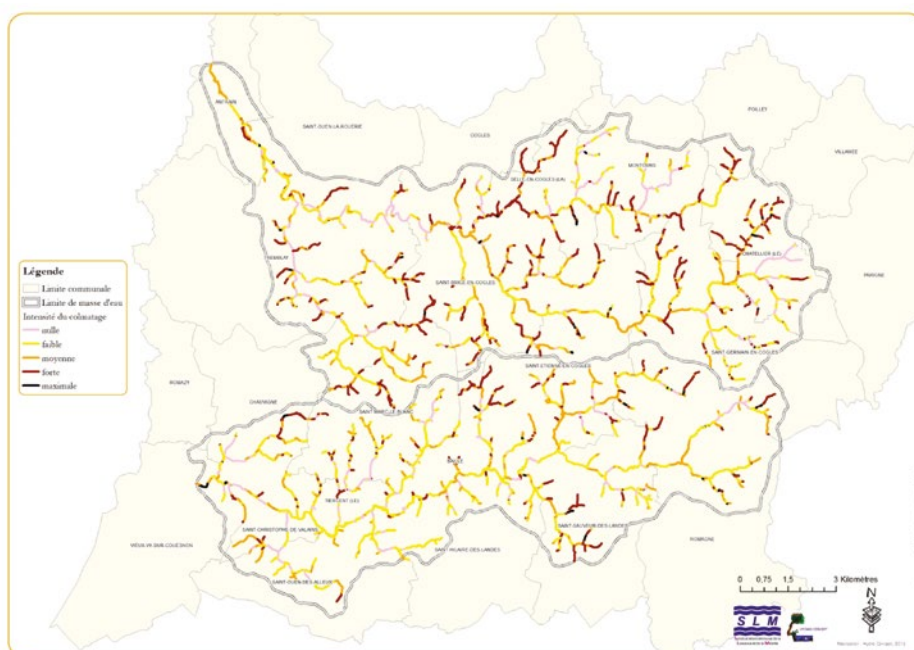


Figure 3 : Compilation de l'ensemble des données d'intensité à l'échelle des deux masses d'eau d'étude de la Loisanche et de la Minette en Ille-et-Vilaine (Source : Hydro Concept et SLM)

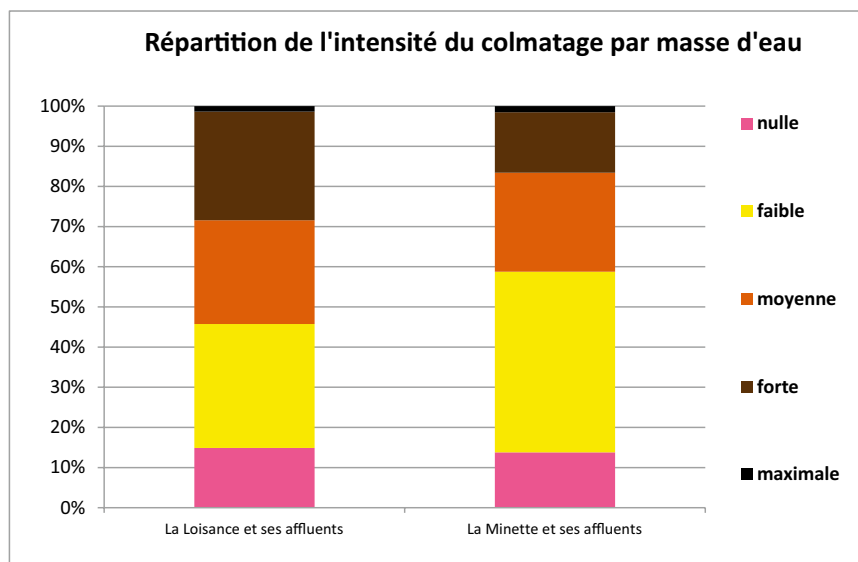


Figure 4 : Compilation de l'intensité de colmatage de l'ensemble du linéaire des deux masses d'eau considérées (Source : Hydro Concept et SLM)

III. INTERPRÉTATION

III.1. Contexte de l'étude

Chaque bassin versant possède des caractéristiques précises que ce soit en termes de géologie du sol, perméabilité des sols, topographie, etc ... Une synthèse des données géologiques et hydrologiques est nécessaire afin d'appréhender les granulats qui vont être retrouvés dans le lit mineur et sur les berges. Par exemple, sur le bassin du Beuvron (départements 41, 45 et 18), le sol du territoire est constitué de sables et d'argiles du Miocène moyen et supérieur, de l'Eocène, et de calcaires lacustres de l'Oligocène au Miocène, et d'alluvions de différentes périodes également. Le substrat dominant sur les cours d'eau prospectés est de type sableux (fin et grossier), mais on y trouve également des argiles. Une évaluation

d'un colmatage par les sables serait erronée de par la composition même du sous-sol. Sur d'autres secteurs (exemple zones à truite), un colmatage par les sables fins est évalué et sera pénalisant pour la reproduction piscicole (Figure 5).

III.2. Relation avec la faune

Le colmatage des substrats agit directement sur le développement des espèces vivantes du cours d'eau. En effet, toutes les espèces présentes dans les cours d'eau, des invertébrés aux poissons, ont besoin de substrats de différents diamètres peu ou pas colmatés pour leur développement.

Prenons le cas des invertébrés aquatiques (Tableau 1). Sur une étude portant sur plus de 700 prélèvements IBGN (Indice Biologique Global Normalisé), il s'avère que la note finale est supérieure de 3 points pour une station avec des

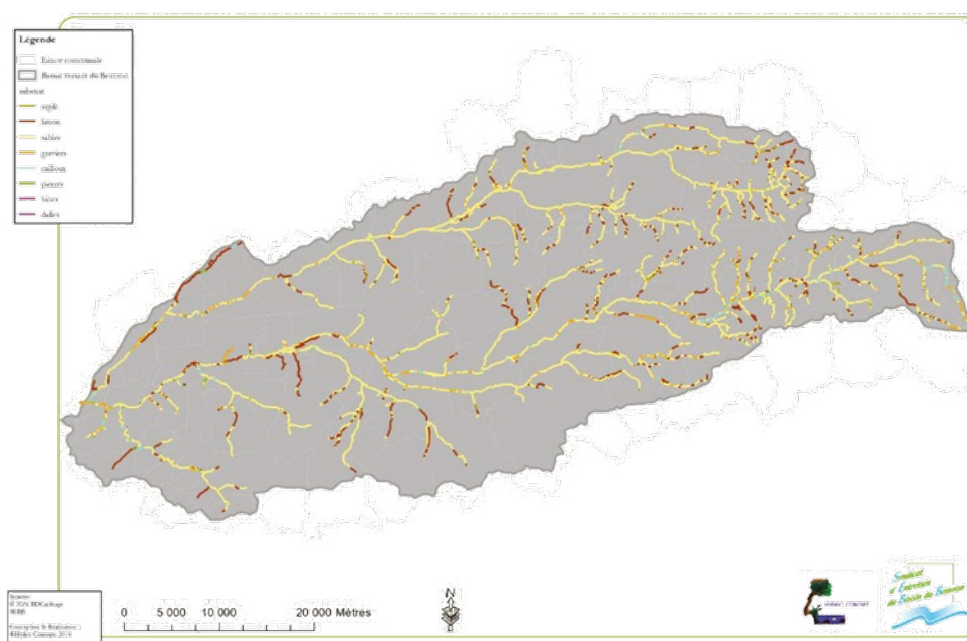


Figure 5 : Présentation des substrats dominants sur les linéaires précis des cours d'eau sur le bassin du Beuvron (département 41, 45 et 18) (Source : Hydro Concept et SEBB)

Tableau 1 : Synthèse de données sur plus de 700 prélèvements IBGN sur le territoire de l'Ouest de la France, en lien avec le colmatage des substrats (Source Hydro Concept)

	stations ayant des substrats non colmatés (classe 1)	stations ayant des substrats peu colmatés (classe 2)	stations ayant des substrats colmatés (classe 4)	stations ayant des substrats très colmatés (classe 5)
Nb de stations analysées	243	254	173	52
valeur moyenne de l'IBGN (1 à 20)	13.7	13.4	11.6	10.5
premier quartile	12	12	9	7
valeur moyenne du GFI (1 à 9)	6.2	6.1	5.2	4.6
premier quartile	5	5	3	2
valeur moyenne de la variété	28.4	27.3	23.7	21.8
premier quartile	23	23	19	17
valeur maximale de la variété	45	45	45	34

substrats décolmatés par rapport à une station dont les substrats sont fortement colmatés. Le groupe faunistique indicateur, qui est la métrique constitutive de l'indice IBGN, révélateur de la sensibilité des invertébrés aquatiques à la pollution, est également supérieur de près de 3 points pour des stations sans colmatage. Enfin, si l'on prend le nombre d'espèces présentes dans un cours d'eau non colmaté, il est en moyenne supérieur de 7 taxons vis-à-vis d'un cours d'eau fortement colmaté (données Hydro Concept). A noter que d'autres facteurs importants comme l'oxygène dissous, la température, ... atténuent ces conclusions.

Autre exemple, les poissons et, plus précisément, les truites fario se reproduisent sur des substrats de type graviers, cailloux mobilisables et peu ou pas colmatés. Des indices d'abondance des truites ont été obtenus dans l'Orne sur la Calabrière affluent de la rivière Mèze avant et après travaux (mise en place de clôtures, mise en place d'abreuvoirs...) visant à limiter le colmatage de ce cours d'eau. L'objectif d'un IAT est de proposer un outil permettant d'estimer, sur une station, le niveau d'abondance en juvéniles de truite. On s'intéresse particulièrement aux juvéniles de l'année (0+) et les juvéniles d'un an (1+), dont l'abondance traduit respectivement le remplacement des générations au sein de la population (ou recrutement) et la survie lors du premier hiver.

Il s'est avéré que la population de (0+) et de (1+) a fortement augmenté entre les 2 indices (avant et après travaux), signe que le décolmatage des substrats sur ces stations a vu la possibilité aux truites adultes de retrouver des frayères fonctionnelles et aux juvéniles de trouver des sites adaptés à leur développement (exemple démontré également dans la littérature scientifique).

IV. CONCLUSIONS

Il est possible d'évaluer le colmatage à large échelle par une méthode d'appréciation et non de détermination par le biais d'analyses. Cette méthode a été mise en place sur plus de 30 000 km de cours d'eau par notre structure au cours de ces 20 dernières années, principalement sur le bassin Loire-Bretagne.

Cette observation du colmatage dans les cours d'eau s'inscrit dans le cadre d'une étude globale de détermination de l'état hydromorphologique des cours d'eau d'un bassin versant. Le colmatage est une métrique permettant l'évaluation de cet état.

L'objectif ici n'est donc pas de fournir une analyse précise du colmatage mais bien un diagnostic et des observations de terrain, qui sont donc un peu déconnectés de la recherche fondamentale.

Cette méthode permet de répondre à des questions posées par les gestionnaires de terrain, sur des linéaires conséquents de cours d'eau en un temps assez restreint : le cours d'eau est-il colmaté, oui ou non ? Quelles portions sont colmatées, et avec quelle intensité ?

Les données récoltées depuis des années nous permettent de faire plusieurs parallèles entre le colmatage et l'état hydromorphologique d'un cours d'eau, mais aussi entre le colmatage et l'état hydrobiologique de ces mêmes cours d'eau. Cependant, des analyses plus poussées pourraient être réalisées grâce à ces données. Beaucoup de celles-ci n'ont pas été analysées faute de temps et d'outils. De plus, un biais important est relevé par rapport aux faibles chroniques récupérées sur le terrain (prestations demandées avec un seul passage annuel).

V. RÉFÉRENCES

- ARCHAMBAUD ET AL. (2005) – Description du substrat minéral et du colmatage. Note technique. Cemagref Aix-en-Provence, UR Hydrobiologie.
- BRUNKE M, GONSER T. (1997) – The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater. *Freshwater Biology*, **37**, 1-33.
- DESCLOUX S. (2014) – Le colmatage minéral du lit des cours d'eau : méthode d'estimation et effets sur la composition et la structure des communautés d'invertébrés benthiques et hyporhéiques. Thèse, Université de Lyon Claude Bernard.
- KREUTZENBERGER ET AL. (2010) – Carhyce, Protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur les cours d'eau prospectables à pied. *Protocole Agence Française de la Biodiversité*.
- MALAVOI J.R., SOUCHON Y. (2002) – Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 365-366, 357-372.