

Projet Recherche Innovation 2025-2026

Impact des MES sur la faune piscicole du Haut-Rhône :

Application au cas des dragages



Photo d'une drague aspiratrice sur le barrage de Champagneux dans retenue de Bregnier-Cordon (CNR)

Clara Tremblais sous la direction de Sylvain Reynaud et Stéphane Rodrigues

Impact des MES sur la faune piscicole du Haut-Rhône :

Application au cas des dragages

Directeurs de recherche

Sylvain REYNAUD
Stéphane RODRIGUES

Auteure

Clara TREMBLAIS

Année 2025-2026

AVERTISSEMENT

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur (les auteurs) de cette recherche a (ont) signé une attestation sur l'honneur de non-plagiat.

Formation par la recherche, Projet recherche innovation en génie de l'Aménagement et de l'Environnement

La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir-faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le Projet Recherche Innovation (PRI) situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Pour la majorité des élèves, cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Dynamiques et Actions Territoriales et Environnementales de l'UMR 7324 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Pour un contrat professionnel, ce qui est mon cas le PRI est adapté à l'entreprise. Il s'est construit sur les mois de novembre et décembre et a fait l'objet d'une réunion de lancement et 2 réunions se suivi avec mon professeur tuteur référent et mon tuteur d'entreprise.

Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mes deux tuteurs Sylvain Reynaud et Stéphane Rodrigues pour leurs précieux conseils qui m'ont guidé dans l'élaboration de ce projet.

TABLE DES MATIERES

I.	Introduction.....	9
II.	MÉthode de la recherche.....	10
1.	Méthode de l'état de l'art.....	10
2.	Méthode d'analyse des données turbimétriques du Haut-Rhône.....	11
2.1.	Acquisition des données turbidimétriques lors des dragages et aux stations.....	11
2.2.	Traitement des données.....	12
III.	État de l'art	13
1.	Contexte du Haut-Rhône.....	13
1.1.	<i>L'aménagement du Haut-Rhône.....</i>	<i>13</i>
1.2.	<i>Faune piscicole du Haut-Rhône</i>	<i>15</i>
1.3.	<i>Contexte sédimentaire du Haut-Rhône.....</i>	<i>15</i>
2.	Mesure de la concentration en MES.....	16
3.	Contexte dragage	16
4.	Impacts physiologiques des MES sur les poissons	18
4.1.	<i>Impact sur les juvéniles.....</i>	<i>18</i>
4.2.	<i>Impact sur les branchies</i>	<i>19</i>
4.3.	<i>Impacts comportementaux.....</i>	<i>20</i>
5.	Impact sur les habitats piscicoles.....	21
6.	Seuil et recommandations de MES et la faune piscicole	22
IV.	Analyse des données turbidimétriques sur le haut-rhône pendant les dragages	24
1.	Mesures permanentes et lors des dragages de MES sur le Haut-Rhône	24
1.1.	Réseau turbidimétrique permanant sur le Haut-Rhône.....	24
1.2.	Mesures de MES lors de dragages.....	25
2.	Analyse de l'impact des dragages effectués sur le Haut-Rhône en 2017, 2021, 2023 et 2024.....	26
2.1.	Comparaison des données des stations turbidimétriques du HR pendant des dragages.....	26
2.2.	Indice de sévérité des stations pendant les dragages	31
2.3.	Comparaison des valeurs moyennes de turbidité aux stations hors et pendant des travaux de dragage.....	32
V.	DISCUSSION ET PERSPECTIVES	37
VI.	COncclusion.....	38
	BIBLIOGRAPHIE	38

TABLE DES FIGURES

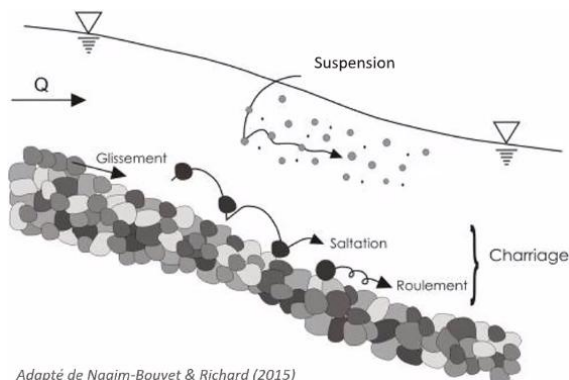
Figure 1 : Schéma des différents modes de transports sédimentaires fluviaux	9
Figure 2 : Méthodologie pour la recherche et sélection d'articles scientifiques pour l'état de l'art (Tremblais, 2025).....	10
Figure 3 : Localisation des zones de mesures turbidimétriques pendant un dragage (zone du dragage du Seuil de Vions)	11
Figure 4 : Stations de suivi des concentrations en matières en suspension (MES) et en contaminants particuliers de l'OSR au 01/12/2022	12
Figure 5 : Localisation des aménagements sur le Haut-Rhône (Guertault, 2015)	13
Figure 6 : Aménagements du Haut-Rhône franco-suisse (© Photothèque CNR)	14
Figure 7 : Aménagement CNR du modèle en dérivation (Bravard & Clémens, 2008, p.82)	15
Figure 8 : Schéma de principe de la mesure dans le turbidimètre avec l'incidence de la lumière sur les particules (Fallou, 2024)	16
Figure 9 : Schéma d'une drague aspiratrice	17
Figure 10 : Représentation schématique des branchies et de leur fonctionnement afin d'assurer la respiration chez les poissons.....	19
Figure 11 : Jeune truite arc-en-ciel sur des substrats intégrés à 100 %, 80 % et 0 % (de gauche à droite).....	21
Figure 12 : Croissance de la truite arc-en-ciel juvénile en relation avec le colmatage du substrat (Suttle et al., 2004)	22
Figure 13 : Paramètres et résultats des modèles d'indice de stress ('severity-of-ill-effect scale', tiré de Newcombe & Jensen, 1996) pour les opérations de gestion sédimentaire de la retenue de Verbois de 1987 à 2016 (Grimardias & Cattaneo, 2017).....	22
Figure 14 : Interprétation des valeurs d'indice de stress (SEV) (Grimardias & Cattaneo, 2017; Newcombe & Jensen, 1996)	23
Figure 15 : Photographie d'une station turbidimétrique sur le Haut-Rhône	24
Figure 16 : Stations turbidimétriques permanentes situées sur le Haut-Rhône représentée par une étoile jaune (CNR).....	25
Figure 17 : Evolution de la turbidité pour la station de Pyrimont et les prélèvements pendant le dragage de l'amont du parement de Génissiat (2017)	28
Figure 18 : Evolution de la turbidité pour la station de Pyrimont et les prélèvements pendant le dragage de l'amont du parement de Génissiat (2021)	28
Figure 19 : Evolution de la turbidité pour la station de Vions et les prélèvements pendant le dragage du garage amont/aval de l'écluse de Chautagne	29
Figure 20 : Evolution de la turbidité pour la station de Villebois et les prélèvements pendant le dragage de l'entonnement du barrage de Champagneux	30
Figure 21 : Evolution de la turbidité pour la station de Massigneu et les prélèvements pendant le dragage de l'entonnement du barrage de Lavours	30
Figure 22 : Concentration moyenne de MES aux stations hors et pendant dragage et les mesures faites aux dragages en 2021	33
Figure 23 : Concentration moyenne de MES aux stations hors et pendant dragage et les mesures faites aux dragages en 2023	33
Figure 24 : Concentration moyenne de MES aux stations hors et pendant dragage et les mesures faites aux dragages en 2024	34
Figure 25 : Moyenne par mois de la turbidité aux stations du Haut-Rhône en 2020	35
Figure 26 : Moyenne par mois de la turbidité aux stations du Haut-Rhône en 2022	35
Figure 27 : Moyenne par mois de la turbidité aux stations du Haut-Rhône en 2023	36
Figure 28 : Moyenne par mois de la turbidité aux stations du Haut-Rhône en 2024	36

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Consigne de suivi de la turbidité des dragages CNR. Les valeurs sont données en NTU. Les classes utilisées pour la turbidité mesurée à l’amont sont celles du SEQ-Eau V2 (classes d’aptitude à la biologie) (CNR, 2021a).....	17
Tableau 2 : Dragages effectués sur le Haut-Rhône sur les années à analyser	26
Tableau 3 : Indice de sévérité (SEV - 'Severity-of-ill effects, Newcombe & Jensen, 1996) des stations turbidimétriques permanentes du Haut-Rhône lors des dragages.....	31
Tableau 4 : Indice de sévérité calculé hors dragage sur les trois années étudiées sur une période d'un mois et d'une journée	32

I. INTRODUCTION

Le fleuve du Rhône par son aménagement important débuté au milieu du XIX^{ème} siècle pour la protection contre les crues et la navigation, puis sur la 2^{ème} moitié du XX^{ème} siècle pour l'hydroélectricité a été fortement modifié. Une des problématiques liées à l'anthropisation du fleuve est l'interruption de la continuité sédimentaire. Il existe deux types de transport de sédiments : le charriage et celui par suspension. Le charriage, correspond au transport de sédiments plus grossiers qui se déplacent en roulant, glissant ou faisant de petits sauts sur le fond du lit de la rivière. Comme son nom l'indique la « suspension » transporte les particules le plus fines, sur l'ensemble de la hauteur



Adapté de Naaim-Bouvet & Richard (2015)

Figure 1 : Schéma des différents modes de transports sédimentaires fluviaux

de la colonne d'eau, à la vitesse du courant. Pour les limon et sable, le transit se fait soit en suspension, soit par charriage. Cela dépend de la vitesse du courant. Plutôt en charriage pour les débits courant et en suspension lors des crues.

La Matière En Suspension (MES) correspond à l'ensemble des sédiments fins (argiles, limons et sables fins) soit les particules inférieures à 64 μm . Le transit sédimentaire du Rhône est largement perturbé par ses nombreux aménagements. Les retenues des barrages constituent des zones lenthiques, c'est-à-dire des zones où les vitesses de l'eau sont très réduites (retenues, canaux en faveur des zones lenthiques, confluences, garages d'écluses,

... (Richard et al., 2016). Les sédiments fins, normalement en suspension, vont alors se déposer et s'accumuler au fond. Le transit de gravier est totalement interrompu par le barrage de Génissiat. Le transport de sédiments fins est globalement moins perturbé sur le Rhône puisqu'il y a un flux de plus de 6 Mt/an au niveau d'Arles. En revanche, le flux de matières en suspension au niveau de Génissiat est d'environ 2 Mt/an (Richard et al., 2014). Le Haut-Rhône a alors en temps « normal » depuis l'installation des aménagements, un taux relativement faible de MES. Nous parlerons plus tard de turbidité qui peut se définir comme l'atténuation de la transparence d'un échantillon d'eau du fait de la présence de matières particulaires, les MES dans notre cas (Beaudeau et al., 2010).

Pour des raisons de bon fonctionnement des barrages, ces retenues doivent être désencombrées par dragage. Ce type d'opération consiste à extraire les sédiments accumulés, majoritairement constitués de limons, et à les remettre en suspension dans une zone plus courante (Richard et al., 2014). Malheureusement, ce genre d'intervention n'est pas sans conséquence. Cela engendre une augmentation du taux de MES dans l'eau et forme un « panache » de MES sur quelques kilomètres en aval du dragage. La trop forte concentration de MES dans l'eau peut constituer un stress physiologique pour la faune piscicole des cours d'eau. Un stress physiologique peut être défini comme « la somme de toutes les réponses physiologiques par lesquelles un animal essaye de maintenir ou rétablir un métabolisme normal face à une force physique ou chimique » (Selye, 1950).

Ce travail de recherche est effectué en association avec la Compagnie Nationale du Rhône (CNR), l'entreprise dans laquelle j'effectue mon contrat de professionnalisation. Son statut de concessionnaire du Rhône lui donne plusieurs obligations. Elle doit garantir le bon fonctionnement des aménagements hydroélectriques et cela passe par des opérations de dragages. Mais elle est également tenue de maintenir un bon état écologique du fleuve par les obligations de la Directive Cadre sur l'Eau. La question que nous allons alors nous poser ici est :

Les dragages effectués dans le Haut-Rhône sont-ils impactant pour la faune piscicole ?

Un travail de synthèse bibliographique et état des lieux dans le Haut-Rhône a été réalisé à la demande de la CNR en 2014. Une des conclusions a été que les dragages occasionnent autant de dommages théoriques sur la faune piscicole que l'ensemble des événements de turbidité sur une année. Ce PRI a pour objectif de faire un état de l'art sur ce même sujet et de voir les nouvelles recherches qui ont été faites depuis ces 10 dernières années. Dans un second temps, il sera question de regarder si les interventions d'entretien du lit du Haut-Rhône par dragage se reflètent dans les données collectées par les stations de surveillance de MES. L'objectif sera de regarder si ces valeurs correspondent à des seuils problématiques pour la faune piscicole présente selon les connaissances scientifiques actuelles.

II. MÉTHODE DE LA RECHERCHE

1. Méthode de l'état de l'art

La collecte des informations pour effectuer l'état de l'art a été conduite par le biais de sites web dédiés à la recherche bibliographique tels que Google Scholar, Research Gate ou encore Sciencedirect. La collecte s'est divisée en deux temps. D'abord, une recherche générale sur le contexte du Haut-Rhône et des dragages qui y sont fait régulièrement. Pour cette première partie de recherche, c'est en partie la base de données interne de la CNR qui était utilisé. Ensuite, les recherches se sont tournées vers les impacts de l'augmentation de MES dans les eaux fluviales sur la faune piscicole. Les mots-clés recherchés étaient : *impacts washload fish*, *mortality fish juveniles turbidity*, ... Notons que lorsqu'un article scientifique était choisi, une vérification des références bibliographiques était effectuée. Cela permet d'avoir des références plus précises et fiables (Figure 2).

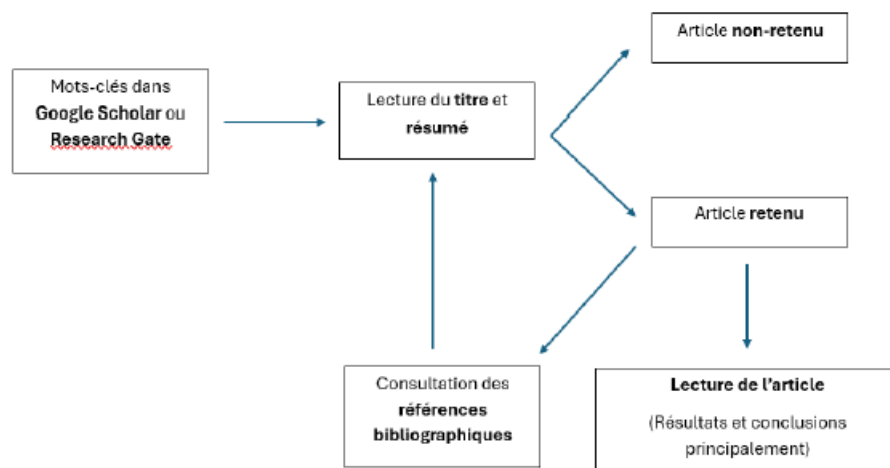


Figure 2 : Méthodologie pour la recherche et sélection d'articles scientifiques pour l'état de l'art (Tremblais, 2025)

Les articles de recherche qui portaient sur la turbidité utilisaient presque systématiquement l'unité en NTU que nous expliquons dans la partie III.2. Les autres articles qui n'utilisaient pas cette unité parlaient en mg/L de MES dans l'eau.

2. Méthode d'analyse des données turbimétriques du Haut-Rhône

2.1. Acquisition des données turbidimétriques lors des dragages et aux stations

Lors d'opérations de dragage, des suivis de turbidité sont effectués régulièrement. Une mesure à l'amont du dragage qui permet de connaître la turbidité de référence, qui fixe le seuil maximum autorisé par la réglementation (voir partie III.3). Il y a également trois mesures qui sont faites à quelques km à l'aval du dragage, les 3 points rouges sur la Figure 3, pour vérifier la conformité réglementaire (conformité réglementaire = turbidité de référence + seuil maximum autorisé). Ces mesures de turbidités sont données dans les rapports de synthèse de suivi des chantiers de dragage, chaque année et leur unité est le NTU (cette unité est expliquée dans la partie III.2)

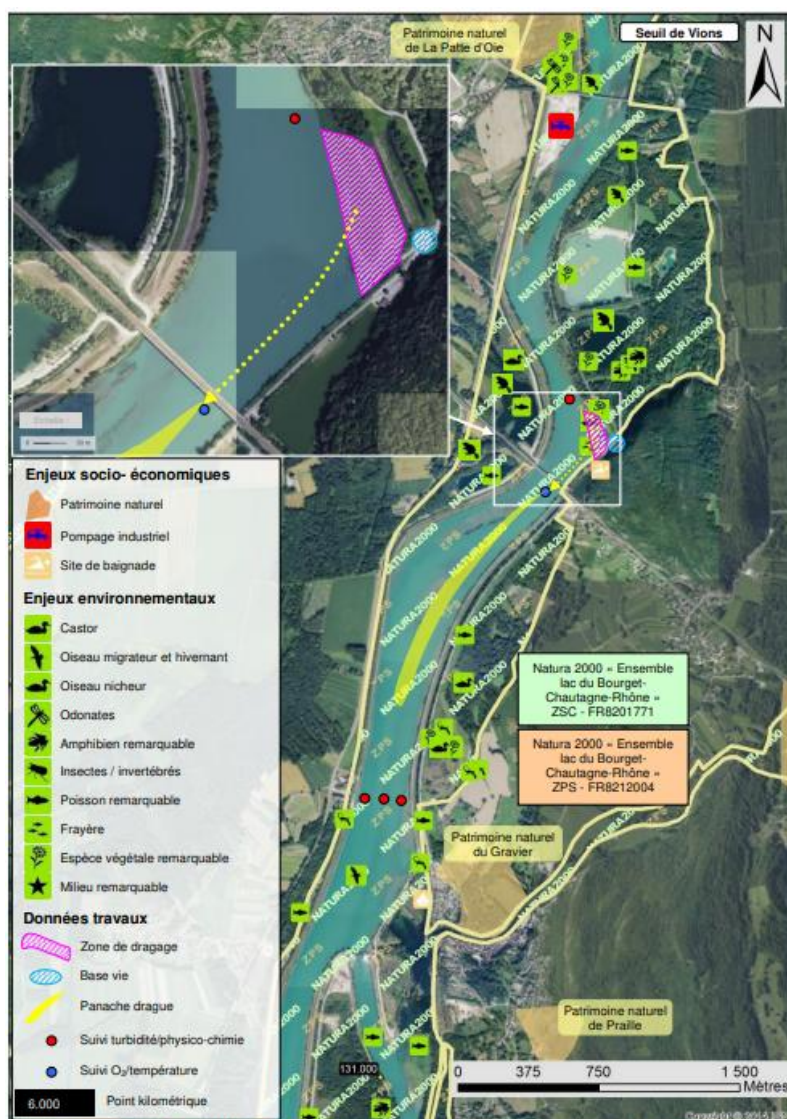


Figure 3 : Localisation des zones de mesures turbidimétriques pendant un dragage (zone du dragage du Seuil de Vions)

En parallèle, la CNR m'a fourni les mesures de turbidité de 5 stations fixes permanentes, implantées le long du Rhône depuis 2016. Ces données sont disponibles au pas de temps horaire et étaient répertoriées dans un tableau Excel.

2.2. Traitement des données

Nous nous servons des valeurs de turbidité à l'amont et à l'aval du dragage pour les comparer à celles de la station turbidimétrique permanente en aval la plus proche. Pour cela, nous construisons des graphiques sur le logiciel ©Excel. Les graphiques incluent aussi les valeurs de turbidité maximales autorisées selon la réglementation de l'arrêté d'autorisation des dragages de CNR (issue de la loi Seq'Eau, expliquée plus précisément dans la partie III.3).

Pour pouvoir comparer les mesures turbidimétrique pendant les dragages qui sont données en NTU et celles des stations turbidimétrique permanentes données en mg/L, nous devons effectuer une conversion. Il n'existe pas d'équivalence universelle pour convertir des mg/L de MES dans l'eau en NTU, mais des courbes de calibration sont faites au cas par cas. C'est ce qui a été fait en 2022 par l'Observatoire des Sédiments du Rhône dans le cadre du 6^{ème} programme d'action à Jons (Gruat et al., 2023), localisé sur la Figure 4 et la courbe de calibration donne pour équivalence **1 mg/L $\approx$ 0,92 NTU**. Nous utilisons cette valeur pour construire les graphiques d'analyse des stations turbidimétriques permanentes du Haut-Rhône lors de périodes de dragages.

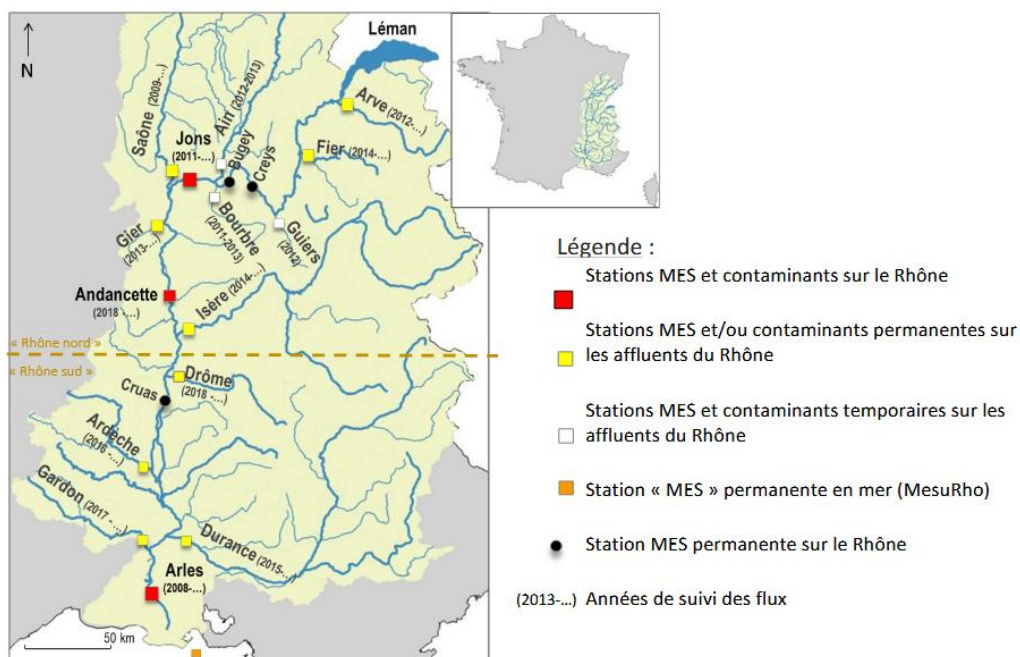


Figure 4 : Stations de suivi des concentrations en matières en suspension (MES) et en contaminants particuliers de l'OSR au 01/12/2022

- Calcul de l'indice de sévérité

Ensuite, pour chaque période de dragages analysée, nous calculons l'indice de sévérité de Newcombe. Le calcul de cet indice nécessite d'indiquer la durée de l'exposition de la faune face à la perturbation. Une drague fonctionne pendant 8 heures par jour, soit une journée de travail, et pendant 5 jours par semaine en temps normal. Nous multiplions alors 8 heures par le nombre de jours qu'a duré la période de dragage et nous l'appliquons à la formule.

L'interprétation de l'indice se fait à partir de la publication de Newcombe (Grimardias & Cattaneo, 2017; Newcombe, 2003).

III. ÉTAT DE L'ART

1. Contexte du Haut-Rhône

Le Rhône prend sa source au glacier de Furka à 1753 mètres d'altitude, dans le massif alpin du Saint-Gothard en Suisse. Le bassin versant du Rhône a une surface de 96 500 km². À titre de comparaison, celui de la Loire a une surface de 117 000 km². Le Rhône fait 810 km de long dont 512 km de son linéaire qui est situé en France. La partie du Haut-Rhône français, dont nous allons nous attarder plus tard, fait 210 km de long. Il part du lac Léman et s'arrête à la confluence avec la Saône. Le bassin versant du Haut-Rhône a une surface de 12 300 km² et une pente moyenne de 0,1 % soit 1 m/km (Bravard & Clémens, 2008, p. 36).



Affluents du Haut Rhône (Bravard & Clémens, 2008) :

- L'Arve, seul affluent alpestre en aval du Léman, draine les eaux du Mont Blanc et de terrains de nature variée.
- Les affluents jurassiens de la rive droite (Valserine, Usses et Séran) ont des bassins de petite taille par rapport à celui de l'Ain.
- Les affluents préalpins de la rive gauche (Fier et Guiers) ont des bassins montagneux essentiellement perméables mais dont les fortes pentes favorisent le ruissellement.

1.1. L'aménagement du Haut-Rhône

Le Rhône français compte 20 aménagements hydroélectriques composés d'une usine et d'un barrage, dont 19 gérés par la CNR. Le Rhône est également équipé de 14 écluses à grand gabarit. Le Haut-Rhône en compte 7, dont un se trouvant à la frontière franco-suisse : le barrage de Chancy-Pougny (Figure 6).

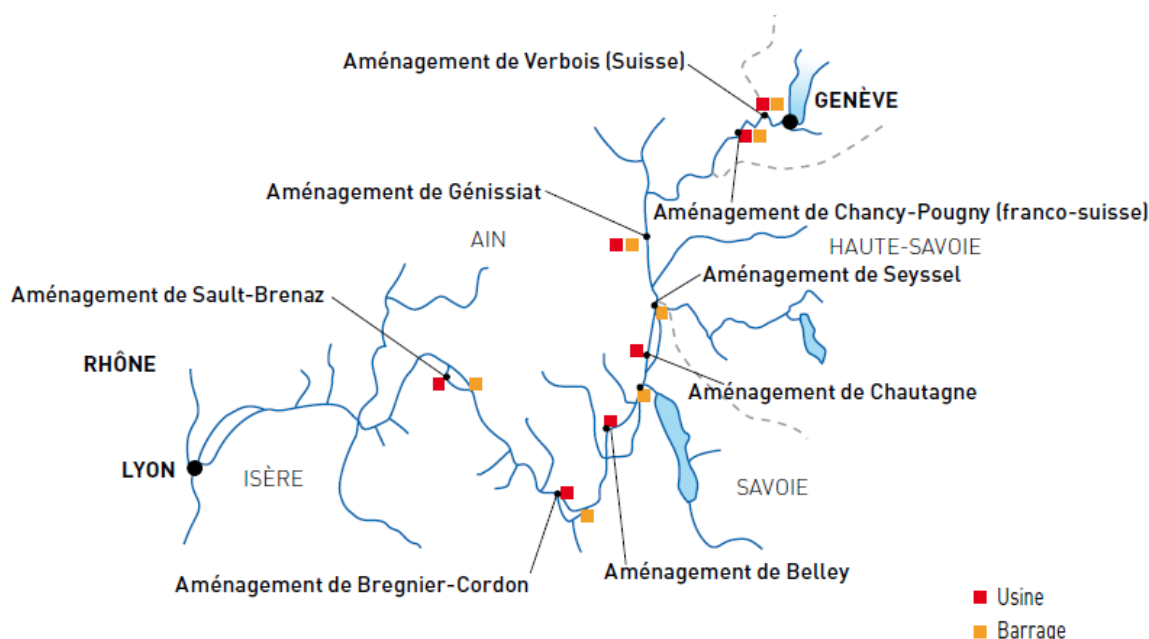


Figure 6 : Aménagements du Haut-Rhône franco-suisse (©Photothèque CNR)

Les deux types d'aménagements CNR présent sur le Haut-Rhône sont :

- Les modèles de basses chutes : **modèle en « dérivation »**. Le principe de ce modèle est que le Rhône est dérivé en un canal de dérivation. Ce canal est composé d'une usine hydroélectrique avec une retenue qui permet de créer une chute dans l'énergie est transformée en électricité par des turbines. Un barrage est placé à l'amont du Vieux-Rhône (tracé original du Rhône) où un débit minimal lui est attribué (Figure 7). Ce modèle est le plus répandu.
- Les modèles sans dérivation : ils sont composés d'un barrage de retenue avec une usine hydroélectrique intégrée sur le fleuve directement. Les barrages concernés sont celui de Génissiat (1948) qui a une chute de 67 mètres et celui de Seyssel (1952) qui a une chute de 8,25 mètres.

La figure 7 représente schématiquement un aménagement type CNR. La retenue correspond au plan d'eau qui est créé artificiellement par le barrage. Le canal d'amenée correspond au chenal dans lequel l'eau est dirigée vers les turbines de l'usine. Le canal de fuite est, quant à lui, le chenal dans lequel l'eau d'une turbine est évacuée. Le contre-canal qui longe les endiguements sert à drainer les terres agricoles et assurer l'équilibre piézométrique des nappes. Ils permettent aussi de collecter les eaux percolant à travers les digues qui ne sont pas, par choix technique, étanches (Bravard & Clémens, 2008). Enfin, le vieux-Rhône correspond aux tronçons du fleuve Rhône court-circuités par les aménagements hydroélectriques créés en France au 20ème siècle.



Figure 7 : Aménagement CNR du modèle en dérivation (Bravard & Clémens, 2008, p.82)

1.2. Faune piscicole du Haut-Rhône

La faune piscicole du Haut-Rhône est composée d'espèces rhéophile c'est-à-dire qui préfèrent les eaux courantes. On retrouve, avec de faibles effectifs, deux espèces de Salmonidés : la truite et l'ombre commun. L'autre espèce largement présente dans cette partie du fleuve sont la famille des Cyprinidés : la vandoise, le hotu, le spirin, le barbeau fluviatile, le vairon, le blageon et le goujon (Bravard & Clémens, 2008, p.195).

Au niveau des retenues des aménagements on retrouve d'autres espèces. Nous pouvons citer le chevaine, la tanche, le gardon, la perche soleil, la perche commune, le pseudorasbora et le brochet (CNR, 2024a).

L'enjeu principal dans le Haut-Rhône français est la préservation de ces espèces rhéophiles et des deux espèces de Salmonidés (Richard et al., 2016).

1.3. Contexte sédimentaire du Haut-Rhône

La continuité sédimentaire du Rhône est largement compromise par les nombreux barrages et retenues. C'est principalement le transport par charriage, les estimations affirment une réduction d'un facteur entre 15 et 100 par rapport au Rhône non aménagé. Dans le Haut-Rhône, le transport de matières en suspension au niveau de Génissiat est d'environ 2 Mt/an (Richard et al., 2014). Ce flux est largement plus faible que le reste du Rhône, en effet au niveau d'Arles c'est environ 6 Mt/an de sédiments fins qui transitent.

2. Mesure de la concentration en MES

C'est la turbidité qui est mesurée pour connaître la concentration de MES dans l'eau. Les turbidimètres utilisés sur le Haut-Rhône mesurent le rayonnement diffus, la néphélométrie. La figure 8 représente schématiquement le principe de la néphélométrie dont l'unité est la NTU, soit Nephelometric Turbidity Unit.

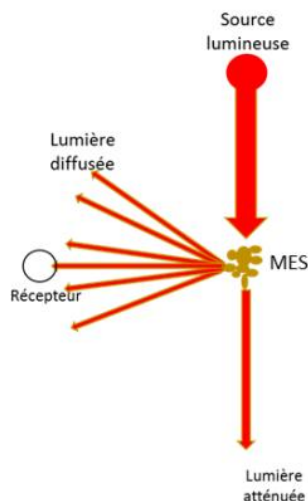


Figure 8 : Schéma de principe de la mesure dans le turbidimètre avec l'incidence de la lumière sur les particules (Fallou, 2024)

La relation entre la néphélométrie et la concentration en MES dans l'eau est que 1 NTU est environ égale à 1 mg/L de sédiments fins dans l'eau. Néanmoins, cette approximation n'est vraie que pour des sédiments en suspension d'une taille comprise entre 10 et 15 μm , soit la classe des limons.

3. Contexte dragage

Le rôle de concessionnaire de la CNR lui impose certaines obligations d'entretien. Pour garantir ses objectifs :

- De maintien de la profondeur du chenal de navigation ;
- D'entretien des profondeurs nécessaires à l'évacuation des crues ;
- D'entretien des ouvrages de la concession pour assurer leur bon fonctionnement.

Ces objectifs décrits juste au-dessus sont notamment garantis par des travaux de dragages. La CNR utilise deux types de dragues : drague mécanique et drague aspiratrice. La drague mécanique est équipée d'une pelle qui va récupérer les sédiments à enlever dans le godet et les mettre dans un contenant. La drague aspiratrice est, quant à elle, un navire qui est équipé d'un cutter, qui permet de désagréger le matériau à déplacer. Une pompe aspire les matériaux qui passent dans un long tuyau qui les restitue plus loin dans l'eau (Figure 9). La localisation du relargage des sédiments diffère selon la zone qui est draguée.

Drague aspiratrice à désagrégateur

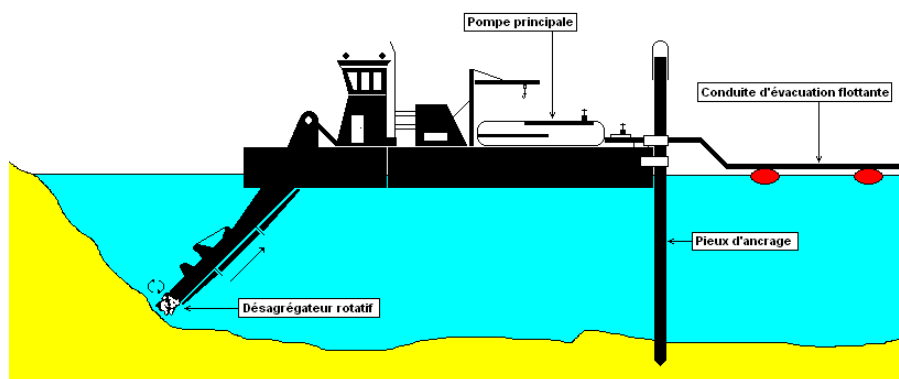


Figure 9 : Schéma d'une drague aspiratrice

Les dragages sont autorisés par l'arrêté inter-préfectoral n°2011077-0004 du 18 mars 2011, portant autorisation au titre des articles L.214-1 à 6 du code de l'environnement, des opérations de dragage d'entretien sur le domaine concédé du Rhône de la chute de Génissiat au palier d'Arles, autorise CNR à réaliser ses dragages d'entretien au titre de la loi sur l'eau (CNR, 2021a). Le tableau 1 décrit l'écart maximal de turbidité entre l'amont et l'aval du chantier ; cette valeur est conditionnée par la turbidité à l'amont du chantier.

Tableau 1 : Consigne de suivi de la turbidité des dragages CNR. Les valeurs sont données en NTU. Les classes utilisées pour la turbidité mesurée à l'amont sont celles du SEQ-Eau V2 (classes d'aptitude à la biologie) (CNR, 2021a)

Turbidité à l'amont du chantier	Écart maximal de turbidité entre l'amont et l'aval
Inférieure à 15	10
Entre 15 et 35	20
Entre 35 et 70	20
Entre 70 et 100	20
Supérieure à 100	30

Les travaux de dragage peuvent durer de 1 semaine à 3 mois selon l'importance des dépôts. Durant ces opérations, quelques milliers voire quelques dizaines de milliers de m³ de sédiments fins sont remobilisés. La concentration en MES dans l'eau est augmentée pendant les travaux. Des suivis sont alors effectués pour respecter la consigne décrite juste au-dessus. Les consignes décrites dans le Tableau 1 sont difficilement applicables dans le Haut-Rhône car en dehors des périodes de hautes eaux, les taux de turbidité sont relativement faibles (inférieurs à 10 NTU). Il est alors nécessaire d'utiliser des machines de faible puissance et de faibles rendements pour draguer des sédiments fins. Pour pallier cela, les durées d'interventions sont allongées (CNR, 2021b). Sinon, CNR peut demander une dérogation à son arrêté inter-préfectoral pour des restitutions sédimentaires dans ses canaux de dérivation, si elle montre que l'incidence des dragages restent faible par-rapport au milieu impacté.

Dans ce cas, lors de dragage dans le Haut-Rhône, les valeurs de turbidité juste au droit de la restitution peuvent augmenter de plusieurs centaines de NTU par rapport aux valeurs à l'amont des travaux (CNR, 2024b).

Nous pouvons noter que dans le cas de désencombrement des retenues, il y a les vidanges des retenues de barrage de Verbois et Chancy Pougny en Suisse, juste en aval du lac Léman. Pendant une

dizaine de jours, les vannes des retenues sont ouvertes et font transiter une très grande quantité de sédiments. Lors de ces événements, les concentrations en MES sont elles aussi très élevées (5g/l en moyenne). Par exemple lors de la vidange de la retenue de Verbois en Suisse en 2012, cela a libéré 3 200 000 tonnes de sédiments qui aurait induit entre 20 et 60 % de mortalité de poissons adultes suivant les espèces (Santos & Cattaneo, 2019) le long du Rhône Genevois.

4. Impacts physiologiques des MES sur les poissons

Tout d'abord, il est important de rappeler que les sédiments qu'ils soient fins ou grossiers sont vitaux pour la faune et la flore. Ils servent de substrat et forment des habitats pour les poissons. Néanmoins, de trop grandes quantités de sédiments fins dans l'eau peut perturber l'équilibre des écosystèmes. Dans la suite, nous allons recenser les impacts généraux liés à l'augmentation de MES dans l'eau sur la faune piscicole et les habitats.

Les impacts physiologiques de l'augmentation de MES dans l'eau sur les poissons vont engendrer des conséquences plus ou moins grave sur leur santé pouvant aller jusqu'à la mort de l'organisme. Nous parlerons alors de stress subléta et léta. Le stress subléta va entraîner des dommages sur l'individu sans le tuer contrairement au stress léta, qui lui, entraîne la mort de l'individu. La létalité va dépendre de la concentration en MES, la durée d'exposition, la fréquence à laquelle l'organisme y est exposé et l'espèce.

Un certain nombre d'impacts sur les poissons a été trouvé dans la littérature en réponse à l'augmentation de MES dans l'eau. Les premiers impacts sur la masse d'eau sont physiques, chimiques et biologiques : changement de température, diminution de la pénétration de la lumière dans l'eau (augmentation de la turbidité), rejet de pollution (métaux lourds, pesticides, nutriments), diminution de la teneur en oxygène dans l'eau (Bilotta & Brazier, 2008).

Une étude expérimentale publiée en 2025 a analysé l'impact de la concentration en MES sur le comportement de 7 espèces de poissons natives de Corée du Sud. Les auteurs ont regardé l'impact sur la nage des poissons mais la survie des poissons. Les expériences ont exposé les poissons à différentes concentrations de MES dans l'eau pendant 15 jours. Cette étude a pu montrer sur toutes les espèces étudiées qu'une exposition sur le long terme à 100 NTU avait un taux de survie très élevée. En revanche, pour des valeurs de turbidité entre 500 et 1000 NTU le taux de mortalité a augmenté significativement (Kang et al., 2025).

Cette étude montre bien les conséquences létales que peuvent avoir la trop grande concentration de MES dans l'eau sur les poissons. Juste après, nous allons voir plusieurs impacts plus spécifiques sur la faune piscicole.

4.1. Impact sur les juvéniles

Les alevins et les œufs de poisson sont par définition très fragiles, ils sont donc plus sensibles à des perturbations de leur habitat. Dans la littérature, il y a eu un certain nombre d'études expérimentales qui ont été faites sur des œufs et des alevins pour observer leur résistance à des concentrations plus ou moins fortes de sédiments en suspension dans l'eau.

Une étude publiée en 2015 intitulée *Harmful effects of sediment-induced turbidity on juvenile fish in estuaries* soit *Effets néfastes de la turbidité induite par les sédiments sur les poissons juvéniles dans les estuaires*, a montré que l'augmentation de la turbidité de valeurs inférieures à 10 NTU jusqu'à 160 NTU a réduit le succès à l'alimentation des alevins de dorades argentées (Lowe et al., 2015).

Il a aussi été montré sur certaines espèces une réduction du succès d'éclosion d'œufs de poissons. Une étude publiée en 2012 a montré que les œufs de Lépisosté tacheté, une espèce de poisson d'eau douce menacée au Canada, ont éclos 24% de moins lorsqu'ils étaient placés dans de l'eau trouble. Cela montre la vulnérabilité que les organismes de ce stade biologique peuvent avoir face à ce genre de perturbation (Gray et al., 2012).

Un projet se nommant Turbidifish 2 a testé expérimentalement en laboratoire la réponse écophysiologique de juvéniles de truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*), gardon (*Rutilus rutilus*) et truite fario (*Salmo trutta fario*) induites par la remise en suspension de sédiments fins. Ce sont des espèces que l'on retrouve dans le Haut-Rhône. Les juvéniles ont été exposés pendant 28 jours à quatre concentrations en MES différentes : 200 mg/L, 1000 mg/L et 2000 mg/L (Santos & Cattaneo, 2019). Les résultats de ces expériences ont été : une faible mortalité des trois espèces de juvéniles, pas de corrélation entre la mortalité et la concentration en MES jusqu'à 2000 mg/L et ils n'ont pas observé de perturbation physiologique sur les organismes. Cependant, les auteurs précisent que les impacts sur les poissons pourraient être graves dans des conditions multi-stress, par exemple un rejet de substances polluantes dans l'eau, en plus de l'augmentation de la concentration en MES dans l'eau.

Nous pouvons donc dire que les alevins et œufs de poissons peuvent être particulièrement sensible à un changement de turbidité avec une réduction de la chance de survie des œufs (Gray et al., 2012) et où les alevins n'arrivent plus à se nourrir autant qu'en temps normal (Lowe et al., 2015). Ce n'est pourtant pas toujours montré et notamment sur les juvéniles d'espèce de poissons vivant dans le Haut-Rhône où ces derniers n'ont pas été affectés par une augmentation jusqu'à 2000 mg/L (Santos & Cattaneo, 2019).

4.2. Impact sur les branchies

Les branchies sont des organes complexes multifonctionnels, ils vont notamment pouvoir permettre l'échange de gaz et la régulation acido-basique et ionique dans l'organisme des poissons. La Figure 10 montre schématiquement le fonctionnement de cet organe.

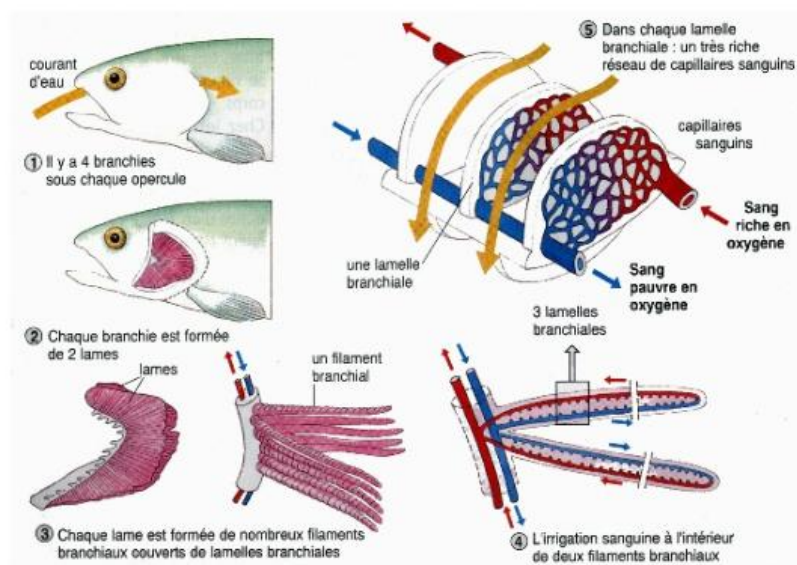


Figure 10 : Représentation schématique des branchies et de leur fonctionnement afin d'assurer la respiration chez les poissons

Une étude publiée en 2016 a analysé la réaction de dorades argentés sur quatre valeurs de turbidité :

20, 40, 60 et 80 NTU ainsi qu'un groupe témoin exposé à 10 NTU. Les poissons y ont été exposés pendant une durée de 34 jours. Les auteurs ont par la suite analysé la capacité respiratoire des poissons et la physiologie des branchies. Finalement, ils ont observé que les lamelles des branchies des poissons exposés à 80 NTU étaient moins denses, de longueur hétérogène. Pour les poissons étant exposés à des valeurs de turbidité de 40, 60 et 80 NTU, il a été observé une perte de poids (Cumming & Herbert, 2016).

D'autres études montrent qu'une augmentation du taux de MES dans l'eau peut causer une obstruction de branchies qui engendre de l'hypoxie (Wong et al., 2012) soit un manque d'oxygène dans les tissus.

Une autre étude publiée en 2024 a quant à elle regardé les différences physiologiques de la structure des branchies d'espèces de poissons de Percidés de deux rivières différentes. La rivière Thames, qui a une turbidité qui oscille autour de 150 NTU, et la Grand river qui présente une turbidité d'environ 10 NTU. Plusieurs paramètres ont été analysés : la capacité respiratoire et l'osmorégulation. Cette dernière correspond à la régulation de la concentration d'une solution dans les fluides internes de l'organisme. Les auteurs ont pu observer que la largeur des lamelles des branchies des poissons Thames étaient plus épaisses et ils n'ont pas observé d'impact sur l'osmorégulation des espèces analysées (Firth et al., 2024).

En résumé l'augmentation de MES dans l'eau va impacter les organes branchiaux des poissons, on observe : un épaissement des lamelles branchiales ((Montoya et al., 2024) ; (Firth et al., 2024) ; (Wong et al., 2012)), obstruction des branchies engendrant l'hypoxie ((Wong et al., 2012) ; (Cumming & Herbert, 2016)) ou encore une abrasion des tissus branchiaux (Cumming & Herbert, 2016). Cependant, une même espèce de poisson peut s'adapter à un milieu plus turbide et ne pas être affecté pour autant (Firth et al., 2024). Les modalités d'adaptation des poissons sont en revanche très peu connues pour le moment. Une étude publiée en 2008 a voulu montrer les adaptations morphologiques des poissons face aux milieux plus turbides. Cette étude a analysé uniquement les adaptations des organes visuels et olfactifs. Ils ont pu observer que sur les espèces vivant dans des milieux plus turbides, les lobes olfactifs du cerveau étaient plus grands, et le diamètre des yeux et les lobes optiques étaient plus petits chez les espèces d'eau turbide que chez les espèces d'eau claire (Remington, 2008).

4.3. Impacts comportementaux

L'augmentation des MES dans l'eau a pour conséquence de diminuer la visibilité. Cette visibilité réduite va avoir pour conséquence de modifier les comportements entre les proies et les prédateurs dans l'eau. Une revue publiée en 2025 a fait un état de l'art sur les connaissances actuelles des impacts de l'augmentation de la turbidité sur les interactions proies-prédateurs des espèces de poissons d'eau douce. Les auteurs ont conclu que la barrière visuelle créée par cette augmentation de MES dans l'eau bénéficie aux proies qui vont être moins visible des prédateurs. Ce changement visuel change également le comportement des proies, qui vont être moins vigilantes face aux espèces prédatrices (Zanghi & Ioannou, 2025).

Un projet de recherche publié en 2021, a analysé l'influence de la turbidité sur le comportement collectif de deux espèces de la famille des Cyprinidae : le Méné rouge (*Cyprinella lutrensis*) et le Méné des sables (*Notropis stramineus*). Ces poissons vivent en bancs. À travers l'analyse de vidéos des poissons placés dans des aquariums sur différents niveaux de turbidité variant de 0 à 300 NTU. Ils ont observé que plus la turbidité est forte, plus la distance entre les poissons est grande et moins ils nagent vite. Leurs hypothèses face à ces résultats sont que la turbidité perturbe leur vision et donc les poissons sont moins capables de distinguer un poisson de leur espèce d'un prédateur et nagent moins en banc.

Ils émettent aussi l'hypothèse que la turbidité affecte leur ouïe et leur capacité à détecter la pression des vagues.

Cette étude montre que la turbidité affecte la cohésion entre les poissons de la famille des Cyprinidés (Michael, Patman, & Lutnesky, 2021). Les poissons Cyprinidés habitant dans le Haut-Rhône sont eux-mêmes des espèces grégaires et qui vivent en banc. Nous pouvons alors supposer que ces résultats seraient similaires sur la vandoise, le hotu, le barbeau fluviatile, le vairon, le blageon et le goujon.

L'augmentation de la turbidité et notamment pour le cas des dragages, le panache de MES va pouvoir être évité par les poissons, car le panache ne concerne que quelques kilomètres (moins de 10km) et n'est pas forcément sur toute la largeur du Rhône. Ces derniers sont plus susceptibles de subir un stress subléthal causé par des sédiments en suspension plutôt que par la létalité en raison de leur capacité à s'éloigner ou à sortir d'une zone de concentration plus élevée pour se rendre à une concentration plus faible comparativement aux espèces sessiles ou moins mobiles (Kjelland et al., 2015).

5. Impact sur les habitats piscicoles

Le rejet des MES draguées dans une zone vers une autre va aussi avoir pour autre conséquence le colmatage des habitats piscicoles si les matériaux dragués ne sont pas remobilisés comme souhaité.

Une étude expérimentale réalisée en 2004 a étudié la réaction de jeunes truites arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) et des invertébrés qui constituent leur nourriture à différent taux de sédiments fins sur le lit de la rivière (100%, 80% et 0%).



Figure 11 : Jeune truite arc-en-ciel sur des substrats intégrés à 100 %, 80 % et 0 % (de gauche à droite)

Leurs expériences ont été faites sur la rivière de South Fork Eel en Californie en isolant les poissons pendant 46 jours durant lesquels ils ont été observés (comportements de nage, de repos et d'abri, ainsi que tous les mouvements d'alimentation et les interactions entre congénères). À la fin, tous les juvéniles ont été mesurés et pesés.

Les expériences ont montré que plus le lit de la rivière était recouvert de sédiments fins, plus la croissance moyenne des truites arc-en-ciel juvéniles était faible. Ces résultats se coordonnent avec la disponibilité en invertébrés.

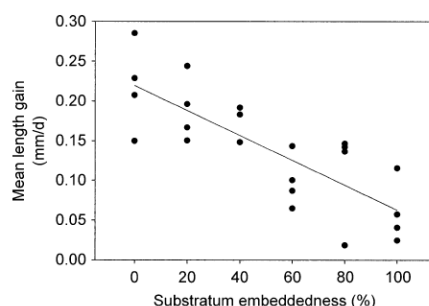


Figure 12 : Croissance de la truite arc-en-ciel juvénile en relation avec le colmatage du substrat (Suttle et al., 2004)

Le comblement du lit par les sédiments fins a eu aussi pour conséquence de combler les zones de cache des juvéniles pour se protéger des prédateurs. En réponse, les auteurs ont observé que les alevins nageaient beaucoup plus. Les auteurs ont observé que la mortalité était plus élevée lorsque le lit était plus recouvert de sédiments fins. Cela peut s'expliquer par l'accumulation de tous les facteurs présentés juste avant (Suttle et al., 2004).

6. Seuil et recommandations de MES et la faune piscicole

L'utilisation de modèle ou formule, en général est très utile car cela permet d'estimer l'impact que peut avoir l'augmentation de MES sur les poissons.

Dans la littérature, la référence en termes de modèle pour étudier l'impact des MES sur la faune piscicole sont les travaux de Newcombe débutés par sa publication en 1996. Cette publication pose les bases car elle présente le développement d'une échelle semi-quantitative décrivant la sévérité des effets des sédiments en suspension sur les poissons selon la concentration des sédiments et la durée d'exposition : l'indice de sévérité ou *Severity-of-ill-effects scale* (SEV). Cet indice a été créé à partir de 80 publications qui traitaient des réponses de la faune piscicole d'eau douce à une augmentation de MES.

La formule est la suivante :

$$SEV = a + b \times \ln(DE) + c \times \ln(MES)$$

où **a**, **b**, **c** sont des coefficients dépendant du groupe taxonomique et stade de vie étudié, DE est la durée d'exposition en heure et MES la concentration moyenne de MES en mg/L pendant l'exposition.

Il y a 6 modèles, la Figure 13 présente les différents modèles avec les taxons auquel il s'applique ainsi que leur stade de vie et le milieu de vie (dulcicole ou estuarien).

		Models					
		1	2	3	4	5	6
Taxon		Salmonidés	Salmonidés	Salmonidés	Salmonidés + Non-salmonidés	Non-salm.	Non-salm.
Life stage		Juv. + Adultes	Adultes	Juvéniles	Œufs + Larves	Adultes	Adultes
Life History		Dulçaqu.	Dulçaqu.	Dulçaqu.	Dulçaqu. + Estuarien	Estuarien	Dulçaqu.
Paramètres	a	1.0642	1.6814	0.7262	3.7466	3.4969	4.0815
	b	0.6068	0.4769	0.7034	1.0946	1.9647	0.7126
	c	0.7384	0.7565	0.7144	0.3117	0.2669	0.2829

Figure 13 : Paramètres et résultats des modèles d'indice de stress ('severity-of-ill-effect scale', tiré de Newcombe & Jensen, 1996) pour les opérations de gestion sédimentaire de la retenue de Verbois de 1987 à 2016 (Grimardias & Cattaneo, 2017)

La Figure 14 indique l'interprétation des valeurs de l'indice de sévérité établi par Newcombe et Jensen en 1996.

Indice de stress	Description des effets
Aucun effet	
0	Pas d'effet comportemental
Effets comportementaux	
1	Individu en alerte
2	Abandon du poste/abri
3	Comportement d'évitement marqué
Effets sub-létaux	
4	Diminution de taux (succès) de nourrissage
5	Augmentation de la fréquence respiratoire, stress physiologique mineur
6	Stress physiologique modéré
7	Dégradation d'habitat modérée
8	Stress physiologique majeur : condition corporelle faible, diminution à long-terme du taux (succès) de nourrissage
Effets létaux et para-létaux	
9	Diminution du taux de croissance, réduction de la densité piscicole, éclosion retardée
10	0 à 20 % de mortalité, dégradation sévère de l'habitat
11	20 à 40 % de mortalité
12	40 à 60 % de mortalité
13	60 à 80 % de mortalité
14	80 à 100 % de mortalité

Figure 14 : Interprétation des valeurs d'indice de stress (SEV) (Grimardias & Cattaneo, 2017; Newcombe & Jensen, 1996)

Synthèse de l'état de l'art

La littérature présente un assez grand nombre de recherche expérimentale sur les effets de la turbidité causée par les MES dans l'eau. Les expériences se font pour la plupart en laboratoire dans des environnements facilement contrôlables. Les espèces étudiées sont majoritairement faites sur des espèces d'intérêt économique, c'est-à-dire des espèces pour la pêche la plupart du temps. Pour résumer, ce que la recherche montre est que l'augmentation des MES peut avoir des impacts plutôt fort sur les œufs et les alevins. Ce n'est pourtant pas toujours montré, il y a des expériences qui n'ont pas observé d'impact physiologiques jusqu'à une exposition de 2000 mg/L de MES dans l'eau. Les MES dans l'eau peuvent endommager également les tissus branchiaux des poissons et de l'hypoxie. De même, les conséquences sont différentes et pas systématique. Il peut y avoir une adaptation des espèces à des milieux plus turbides. L'augmentation de la turbidité de l'eau et donc de la diminution de la luminosité dans l'eau peuvent perturber les comportements des poissons et notamment les relations entre les proies et les prédateurs. Une quantité trop importante de MES dans l'eau vont également altérer les habitats avec le phénomène de colmatage qui peuvent modifier les comportements de nage, bloquer des zones de repos, d'abri et de reproduction.

IV. ANALYSE DES DONNEES TURBIDIMETRIQUES SUR LE HAUT-RHONE PENDANT LES DRAGAGES

1. Mesures permanentes et lors des dragages de MES sur le Haut-Rhône

1.1. Réseau turbidimétrique permanent sur le Haut-Rhône

Depuis l'année 2016, il a été installé sur le Haut-Rhône un réseau de stations de suivi de MES fines ($<64 \mu\text{m}$). Ce réseau est composé de 5 stations qui sont :

- La station de Pougny : située à l'aval des ouvrages suisses ;
- La station de Pyrimont : située à l'aval de Génissiat ;
- La station de Vions : située sur la partie amont de la retenue de Belley ;
- La station de Massigneu : située sur le canal de fuite de l'usine de Brens ;
- La station de Villebois : située sur le canal d'amenée à l'usine de Sault Brénaz.



Figure 15 : Photographie d'une station turbidimétrique sur le Haut-Rhône

Ces stations mesurent la turbidité toutes les 10 minutes en permanence. Comme nous pouvons le voir sur la Figure 15, la station est placée au niveau de la berge. Elle mesure donc la turbidité au niveau de la berge. Une moyenne par heure est faite et sont recensées dans un tableau Excel. Les 5 stations sont présentées sur la Figure 16.

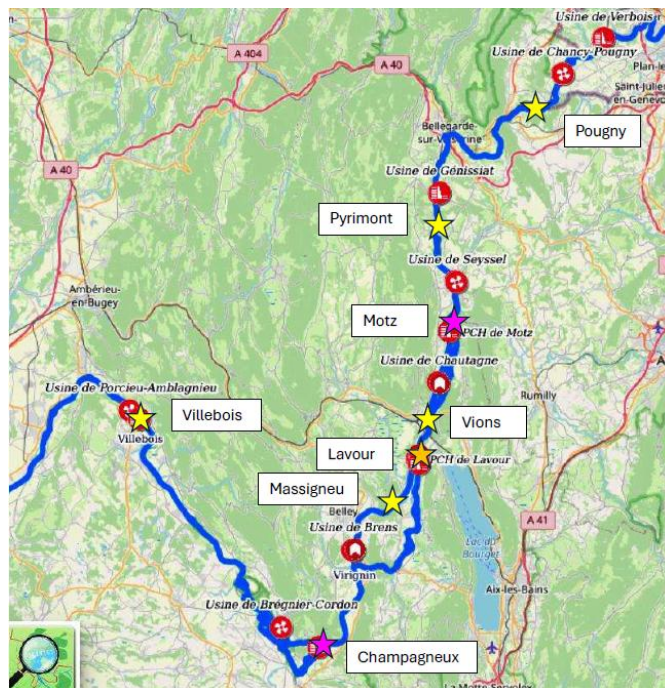


Figure 16 : Stations turbidimétriques permanentes situées sur le Haut-Rhône représentée par une étoile jaune (CNR)

Ces stations ont été placées notamment pour suivre la concentration en MES dans l'eau pendant les opérations de chasses suisses APAVER, soit, Abaissement Partiel de la retenue de VERbois qui sont réalisés par les Services Industriels de Genève (SIG). Les opérations sont accompagnées par la CNR afin de limiter les dépôts dans les retenues tout en conciliant les enjeux liés à la gestion du fleuve. Cela inclut de nombreux suivis environnementaux et la protection des Vieux-Rhône. L'objectif est de connaître en continu la concentration de MES dans l'eau et pouvoir établir un flux annuel.

Le principe de la station turbidimétrique est le suivant :

- Mesure la turbidité
- Évaluation d'un coefficient de transformation (CT) : lien entre la turbidité et la concentration en MES
- Calcul de la concentration en MES : $C_{MES} = CT_{CMES/TURBI} \times \text{Turbidité}$
- Calcul du flux : $\text{Flux}_{MES} = C_{MES} \times \text{Débit}$

Les hypothèses pour cela sont que la concentration en MES est supposée homogène dans toute la section s'écoulement mais aussi que la relation entre C_{MES} et la turbidité est supposée stable tant que la granulométrie est située entre 10 et 15 μm . Si ce n'est pas le cas, des ajustements sont faits.

1.2. Mesures de MES lors de dragages

La mesure aval est la moyenne de 3 mesures réalisées dans le Rhône, au plus loin, en rive droite, rive gauche et dans l'axe de la restitution (point rouge sur la Figure 3).

Dans la synthèse des dragages fait pour chaque année, les 3 points de mesures de turbidité sont moyennés ensemble.

2. Analyse de l'impact des dragages effectués sur le Haut-Rhône en 2017, 2021, 2023 et 2024

Pour les locations des dragages analysés sur les années 2017, 2021, 2023 et 2024, des pêches d'inventaire ont été réalisées et ont montré que les espèces de poissons, avec leur famille associée retenues principalement présentes sont :

- Blageon (*Telestes souffia*) - Cyprinidé
- Blennie fluviatile (*Blennius fluviatilis*) - Blenniidé
- Bouvière (*Rhodeus amarus*) - Cyprinidé
- Brochet (*Esox lucius*) - Esocidé
- Chabot (*Cottus gobio*) - Cottidé
- Ombre commun (*Thymallus thymallus*) - Thymallidé
- Lamproie de Planer (*Lampetra planeri*) - Petromyzontidé
- Loche d'étang (*Misgurnus fossilis*) – Cobtidae
- Truite fario (*Salmo trutta fario*) - Salmonidé
- Toxostome (*Parachondrostoma toxostoma*) - Cyprinidé
- Vandoise (*Leuciscus leusiscus*) – Cyprinidé

Nous pouvons voir qu'il y a une petite majorité d'espèce de la famille des Cyprinidés, ce sont dans les espèces présentes des poissons de plutôt petite taille entre 9 à 25 cm et jusqu'à 40 cm pour la Vandoise. Les espèces les plus massives et longue de la liste sont la loche d'étang, la lamproie de Planer, la Truite fario et le brochet.

2.1. Comparaison des données des stations turbidimétriques du HR pendant des dragages

Le Tableau 2 récapitule les dragages des années 2017, 2021, 2023 et 2024 qui seront analysés par la suite. Pour chaque année, nous n'analysons pas tous les dragages. Nous avons choisi d'analyser les dragages qui ont déplacé à minima mille mètres cubes de sédiments. En 2022, il n'y a eu que 4 opérations de dragage qui n'ont déplacés chacun que quelques dizaines à quelques centaines de m³ de sédiments fins, c'est pour cela que nous n'analysons pas l'année 2022 ici. De plus nous excluons des analyses, les dragages faits pour des matériaux grossiers car ces derniers n'engendrent pas de panaches de MES.

Tableau 2 : Dragages effectués sur le Haut-Rhône sur les années à analyser

Année	Désignation	Nature des matériaux	Quantité réalisée (m ³)	Date des travaux	Station MES en aval la plus proche du dragage	Distance de la station par rapport à la zone de restitution
Aménagement de Génissiat						
2017	Parement amont (Post-APAVER)	Limons	17 500	07/11/2017 au 15/02/2018	Pyrimont	≈ 4 km
2021	Parement amont	Limons et sables	31 200	03/09/2021 au 17/11/2021	Pyrimont	≈ 4 km
Aménagement de Chautagne						

2021	Entonnement barrage Motz	Limons et sables	124 064	22/07/2021 au 08/11/2021	Vions	≈ 8 km
2021	Garage amont et aval écluses de Chautagne	Limons et sables	21 532	15/06/2021 au 25/08/2021	Vions	≈ 3,5 km
2024	Aval écluse aval de Chautagne	Limons	2 550	24/01/2024 au 14/02/2024	Vions	≈ 3 km
Aménagement de Belley						
2021	Accès amont écluse Savières	Limons	8 045	21/07/2021 au 27/08/2021	Villebois	≈ 69 km
2021	Garage amont et aval écluses de Belley	Limons et sables	13 450	02/09/2021 au 12/10/2021	Villebois	≈ 55 km
2023	Seuil de Vions	Sables et limons	37 055	27/11/2023 au 28/02/2024	Massigneu	≈ 8 km
2023	Chenal navigable du port de Chanaz	Sables et vases	3 250	21/11/2023 au 18/01/2024	Villebois	≈ 69 km
2024	Entonnement barrage de Lavours	Sables et limons	143 400	23/09/2024 au 27/01/2025	Massigneu	≈ 6 km
Aménagement de Brégnier-Cordon						
2021	Point réglage Peyrieu	Limons et sables	1 825	18/10/2021 au 28/10/2021	Villebois	≈ 25 km
2023	Entonnement du barrage de Champagneux	Limons et vases	57 380	20/09/2023 au 19/10/2023	Villebois	≈ 40 km

Nous pouvons faire l'hypothèse que la turbidité mesurée de la station turbidimétrique de Villebois ne sera pas impactée par aucun des dragages que nous analysons ici au vu des distances très importantes qui séparent la station et les dragages.

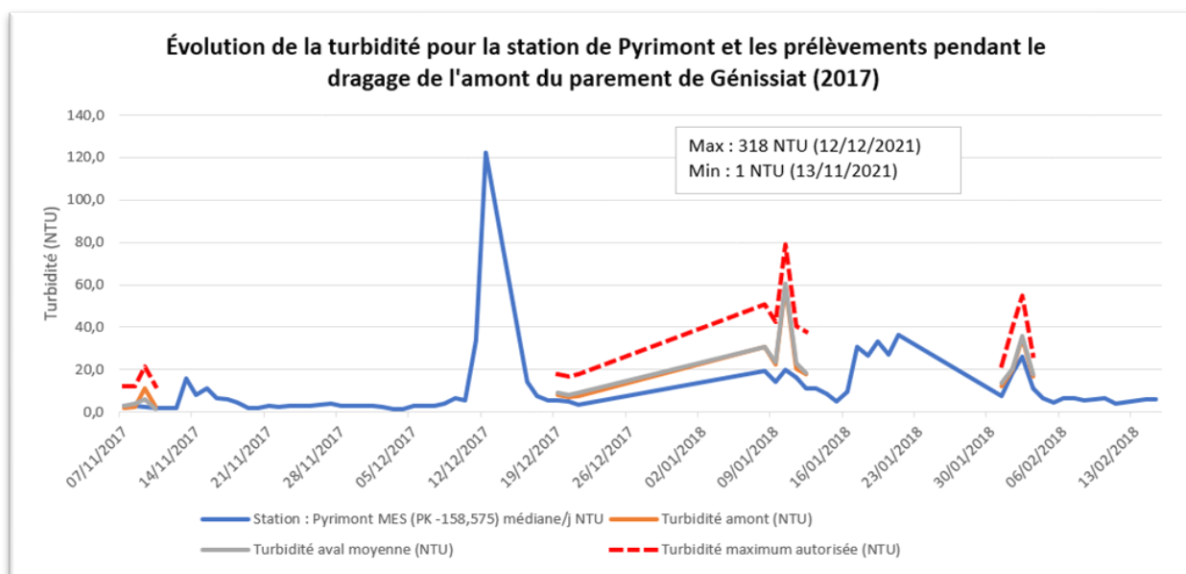


Figure 17 : Evolution de la turbidité pour la station de Pymont et les prélèvements pendant le dragage de l'amont du parement de Génissiat (2017)

Pour ce dragage de l'amont du parement de Génissiat en 2017 sur la Figure 17, nous voyons que la turbidité de la station de Pymont, qui est située à environ 4 km du dragage, est toujours en dessous du seuil de turbidité maximal autorisé. En effet, nous pouvons voir qu'il y a un pic de turbidité le 12 décembre, il n'y a cependant pas eu de dragage durant cette période. Nous ne pouvons pas nous en dire qu'il s'agit d'un pic de MES du au dragage qui apparait en décalage car avec un débit de $500 \text{ m}^3/\text{s}$ et sachant que les MES se déplacent à la vitesse de l'eau, ces derniers ne mettraient que quelques heures à atteindre la station. Nous pouvons alors affirmer que le pic de MES au 12 décembre n'est pas lié au dragage de l'amont du parement de Génissiat. Les turbidités mesurées à la station de Pymont ne semblent pas impactées par le dragage du parement amont de Génissiat en 2017.

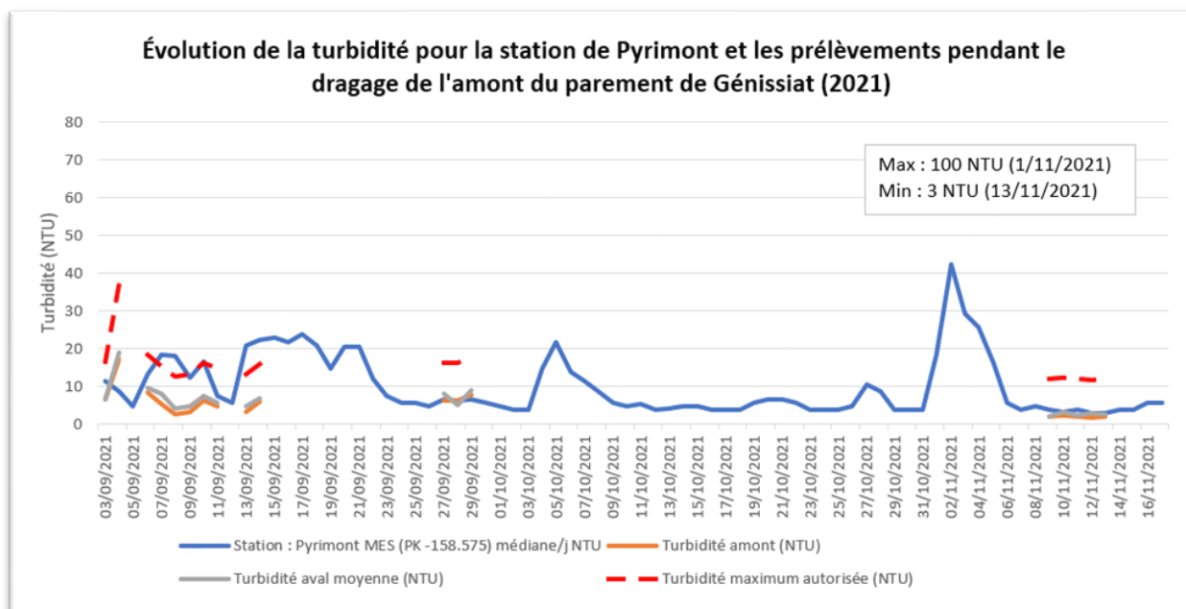
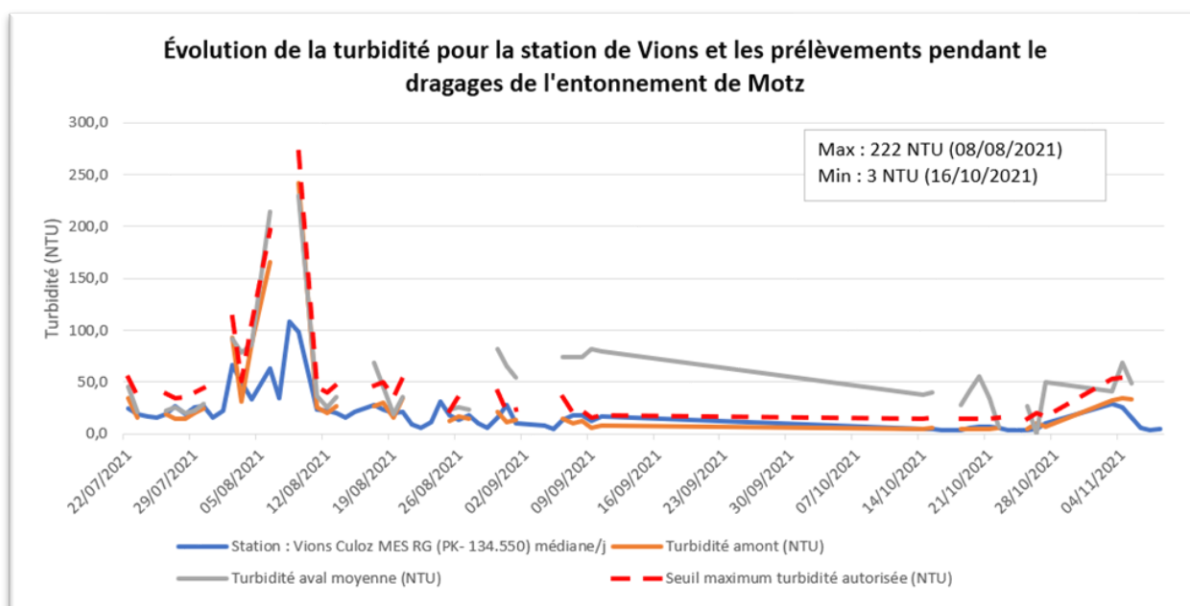


Figure 18 : Evolution de la turbidité pour la station de Pymont et les prélèvements pendant le dragage de l'amont du parement de Génissiat (2021)

La station de Pymont est située à environ 4km à l'aval de cette opération de dragage. Du 5 septembre au 13 septembre, la turbidité à la station est plus élevée que le seuil maximal autorisé. Pourtant, pour

cette même tranche de temps les valeurs à l'aval du dragage ne sont pas supérieures au seuil de turbidité alors les turbidités de la stations supérieures au seuil autorisée pendant le dragage ne semble pas être liées à ce dragage. Nous pouvons alors dire que les mesures turbidimétriques de la station de Pyrimont n'ont pas été impactées par le dragage de l'amont du parement de Génissiat en 2021.



La station de Vions est située à environ 8 km de ce dragage. Nous voyons ici que les turbidités mesurées à la station sont toujours les mêmes qu'à l'amont du dragage, excepté pour la période entre le 5 août et le 12 août 2021 où celles-ci sont inférieures à celles de l'amont du dragage. Ce dragage est pourtant l'un des plus volumineux que nous analysons ici, avec environ 124 000 m³ de limons dragués sur 2 mois et demi, et la station n'est toujours pas impactée par ce dragage. Nous pouvons alors dire que le dragage de l'entonnement de Motz en 2021 n'a pas eu d'impact majeur sur la turbidité de l'eau du Rhône à la station de Vions.

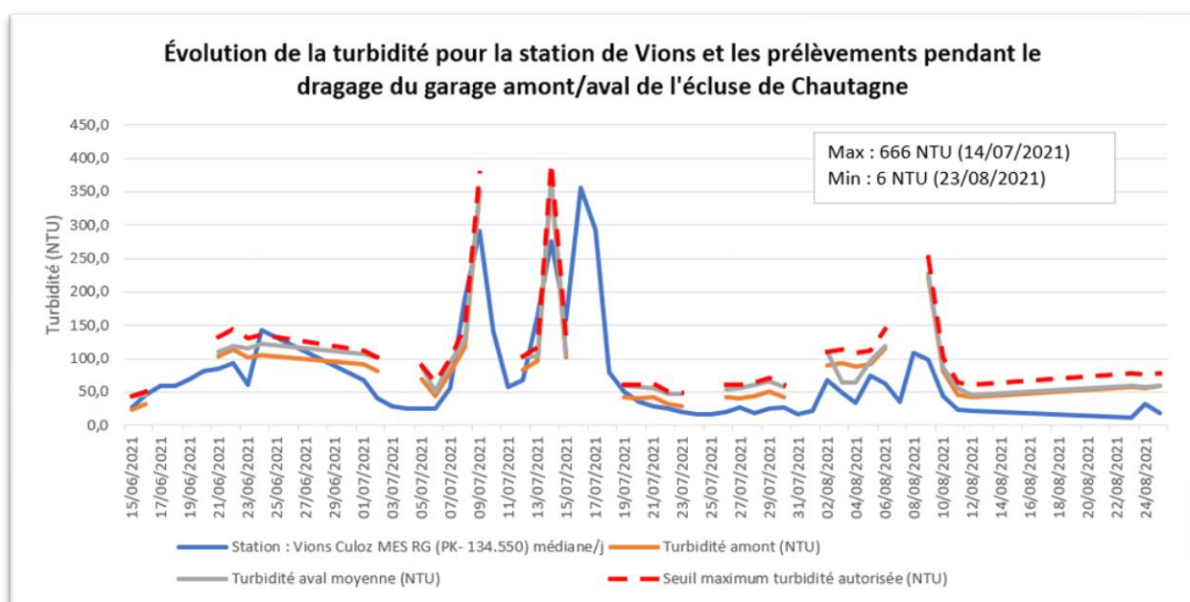


Figure 19 : Evolution de la turbidité pour la station de Vions et les prélèvements pendant le dragage du garage amont/aval de l'écluse de Chautagne

La station de Vions est située à environ 3,5 km de ce dragage. Pour ce dragage, les turbidités à la station de Vions sont toujours inférieures au seuil maximal autorisé calculer par rapport aux turbidités à l'amont du dragage du garage amont/aval de l'écluse de Chautagne.

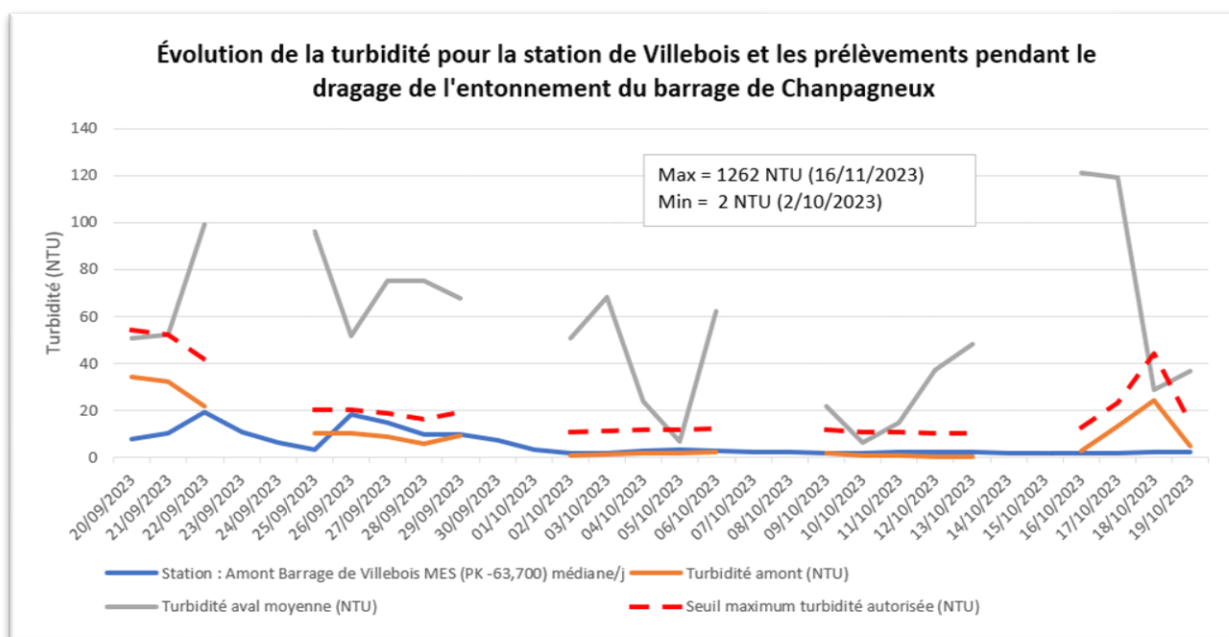


Figure 20 : Evolution de la turbidité pour la station de Villebois et les prélèvements pendant le dragage de l'entonnement du barrage de Champagneux

Pour ce dragage effectué en 2023 sur l'entonnement du barrage de Champagneux, nous pouvons voir que la turbidité moyenne à l'aval du dragage est toujours de plusieurs dizaines d'unités NTU supérieure au seuil de turbidité maximal autorisée. Ce n'est pas le cas pour la turbidité mesurée à la station de Villebois. Cela peut s'expliquer par la distance élevée entre la station de Villebois et le dragage : environ 40 km. Le panache de MES causé par ce dragage n'atteint pas la station de Villebois.

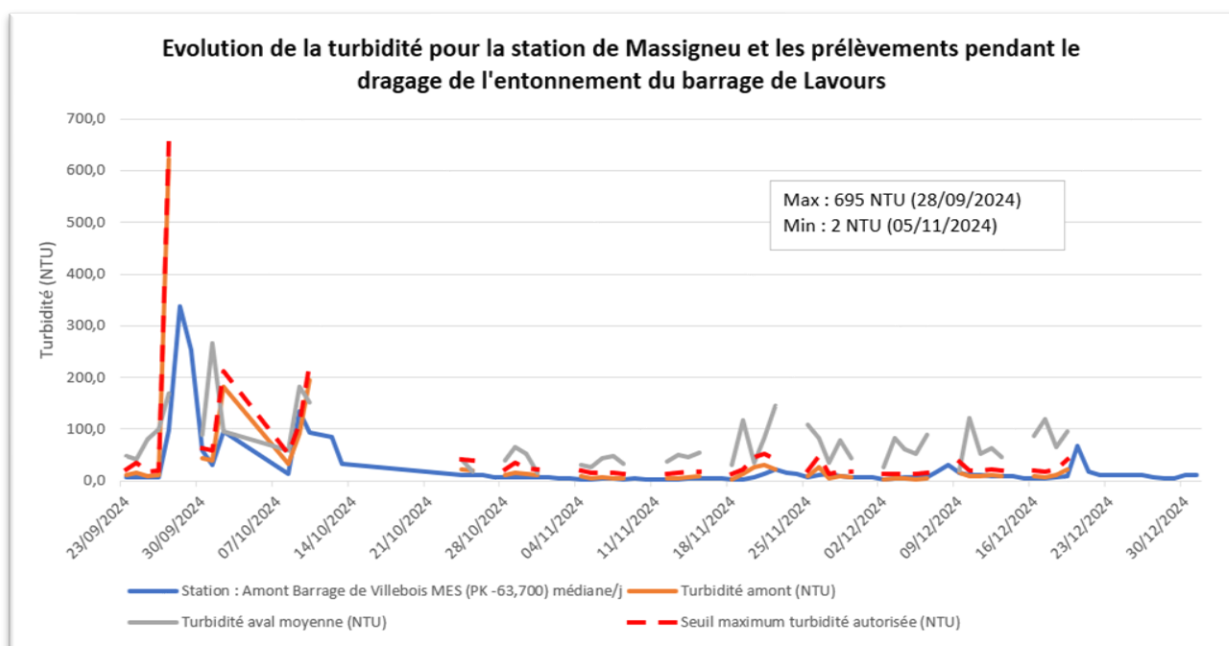


Figure 21 : Evolution de la turbidité pour la station de Massigneu et les prélèvements pendant le dragage de l'entonnement du barrage de Lavours

Nous pouvons voir qu'au début du dragage de l'entonnement du barrage de Lavours à partir de fin septembre, les turbidités à la station de Massigneu sont plus importantes que celles mesurées à l'amont du dragage. Il semble qu'au début de ce dragage-ci, cela a eu un impact sur les turbidités mesurées à la station de Massigneu, qui se trouve à environ 6 km du chantier. Ce dragage est d'ailleurs le plus important de ceux que nous avons analysés dans ce travail avec plus de 143 000 m³.

Finalement, les stations ont pour la majorité des cas mesurées des turbidités inférieures, ou à la limite du seuil maximum autorisée qui a été calculé à l'amont d'un dragage.

Pour toutes les autres opérations de dragages, les observations sont très similaires entre elles : les valeurs de turbidité des stations ne sont pas supérieures aux valeurs de turbidité maximum autorisée. Ces graphiques sont disponibles en ANNEXE 1.

2.2. Indice de sévérité des stations pendant les dragages

Tableau 3 : Indice de sévérité (SEV - 'Severity-of-ill effects, Newcombe & Jensen, 1996) des stations turbidimétriques permanentes du Haut-Rhône lors des dragages

Année	Désignation	SEV (modèle 6)	Interprétation
Aménagement de Génissiat			
2021	Parlement amont	9	Effet léthaux et paraléthaux : Diminution du taux de croissance, réduction de la densité piscicole, éclosion retardée
Aménagement de Chautagne			
2021	Entonnement barrage Motz	9,4	//
2021	Garage amont et aval écluses de Chautagne	10	Effet léthaux et paraléthaux : 0 à 20 % de mortalité, dégradation sévère de l'habitat
2024	Aval écluse aval de Chautagne	9	//
Aménagement de Belley			
2021	Accès amont écluse Savières	9	//
2021	Garage amont et aval écluses de Belley	8,5	Effet sub léthaux : stress physiologique majeur : condition corporelle faible, diminution à long-terme du taux de succès de nourrissage
2023	Seuil de Vions	10	Effet léthaux et paraléthaux : 0 à 20 % de mortalité, dégradation sévère de l'habitat
2023	Chenal navigable du port de Chanaz	9,0	//

2024	Entonnement barrage de Lavours	10	//
Aménagement de Brégnier-Cordon			
2021	Point réglage Peyrieu	7,4	Effet sub-léthaux : dégradation d'habitat modéré
2023	Entonnement du barrage de Champagneux	8	Effet sub léthaux : stress physiologique majeur : condition corporelle faible, diminution à long-terme du taux de succès de nourrissage

Ces valeurs de SEV calculées étant particulièrement élevées et leur interprétation semblent aberrantes. Nous avons pensé qu'il serait intéressant de calculer cet indice toujours par rapport aux valeurs des stations de turbidité permanentes situées sur le HR, mais lorsqu'il n'y a pas de dragage. Le Tableau 4 présente les résultats de ces calculs pour les années que nous avons analysées pour ce travail.

Tableau 4 : Indice de sévérité calculé hors dragage sur les trois années étudiées sur une période d'un mois et d'une journée

Année	Durée d'exposition	Station de Pougny	Station de Pyrimont	Station de Vions	Station de Massigneu	Station de Villebois
2021	1 mois	8,5	8,6	8,7	8,6	8,3
2021	1 jours	6,5	4,4	4,9	5,8	4,3
2023	1 mois	8,6	8,6	8,6	8,5	8,3
2023	1 jour	5	4,5	4,6	4,5	4,3
2024	1 mois	8,7	8,6	8,7	8,6	8,4
2024	1 jour	4,4	4,7	4,6	4,6	4,4

Le Tableau 4 met en évidence que même lors de périodes hors dragages, le modèle 6 de l'indice de sévérité de Newcombe montre des importantes perturbations. Si l'on calcule l'indice pour une période d'un mois sur les différentes stations des années 2021, 2023 et 2024, l'indice tourne autour de valeurs entre 8 et 9. Ces valeurs sont interprétées comme des effets sub-léthaux : "Stress physiologique majeur : condition corporelle faible, diminution à long terme du taux de succès de nourrissage" et des effets léthaux et para-léthaux : "diminution du taux de croissance, réduction de la densité piscicole, éclosion retardée". Ces interprétations paraissent aberrantes compte tenu de la réalité où la faune piscicole du Haut-Rhône, hors période de dragage, il n'a pas été observée de tels effets. Nous avons fait le même processus de calcul mais pour une durée d'exposition d'une journée seulement et les résultats sont toujours élevés : SEV $\approx$ 4, soit selon l'interprétation qui correspond à une diminution du taux de succès de nourrissage.

2.3. Comparaison des valeurs moyennes de turbidité aux stations hors et pendant des travaux de dragage

Comme nous l'avons vu juste avant, le calcul de l'indice de sévérité n'est pas pertinent pour analyser l'impact des MES sur la faune piscicole du Haut-Rhône. Nous allons alors regarder en moyenne sur chaque station la concentration de MES dans l'eau en mg/L hors dragage et les comparer aux

valeurs de ces mêmes stations pendant un dragage. Pour faire la moyenne des stations hors dragages, nous prenons un mois où il n'y a pas eu de dragage durant l'année des dragages que nous analysons ensuite. Le tableau utilisé pour construire les graphiques suivants est en **ANNEXE 3 : Comparaison des valeurs moyennes de concentration de MES en mg/L aux stations hors et à l'amont et l'aval du dragage et la moyenne de concentration de MES des stations pendant le dragage ([MES] = moyenne de la concentration en MES en mg/L)**

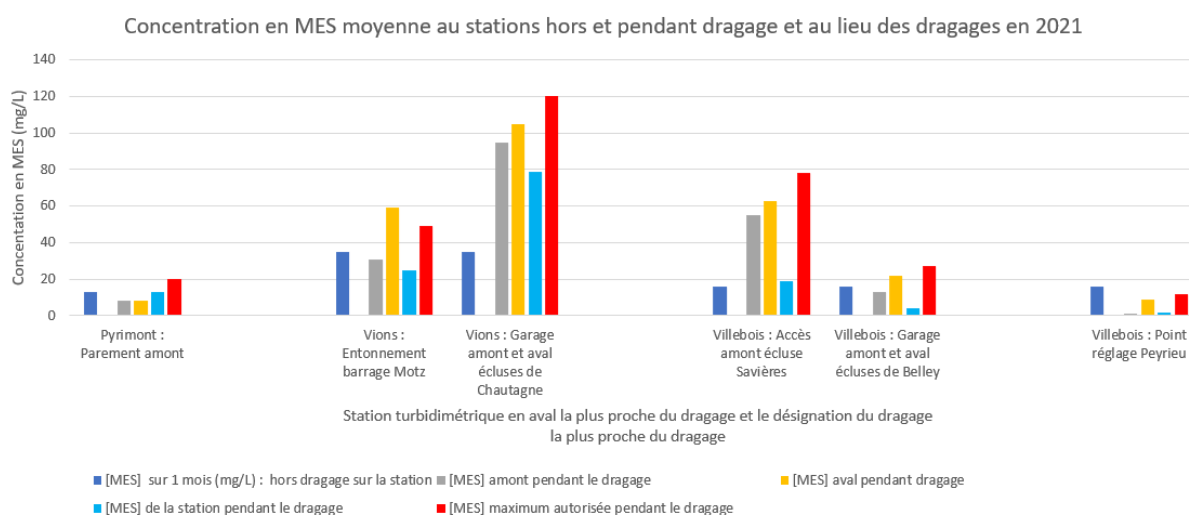


Figure 22 : Concentration moyenne de MES aux stations hors et pendant dragage et les mesures faites aux dragages en 2021

Nous pouvons voir que pour le dragage de l'amont et de l'aval de l'écluse de Chautagne en 2021, les concentrations en MES de la station de Vions (située à environ 3,5 km du dragage) pendant le dragage sont supérieures de plus de 10 mg/L à celles mesurées à la station hors dragage. Le volume déplacé lors de cette opération était de plus de 21 000 m³. Cependant, les turbidités mesurées à l'amont du dragage étaient particulièrement élevées à ce moment-là, nous ne pouvons alors pas affirmer que les concentrations en MES de la station pendant le dragage sont dues à ce dragage.

Pour les autres dragages de l'année 2021 que nous analysons ici, les valeurs de concentrations en MES pendant les dragages ne sont pas supérieures aux moyennes calculées hors période de dragage. De plus, en 2021, aucune valeur de concentrations en MES à l'aval des dragages ne dépasse les seuils de turbidité maximum autorisés.

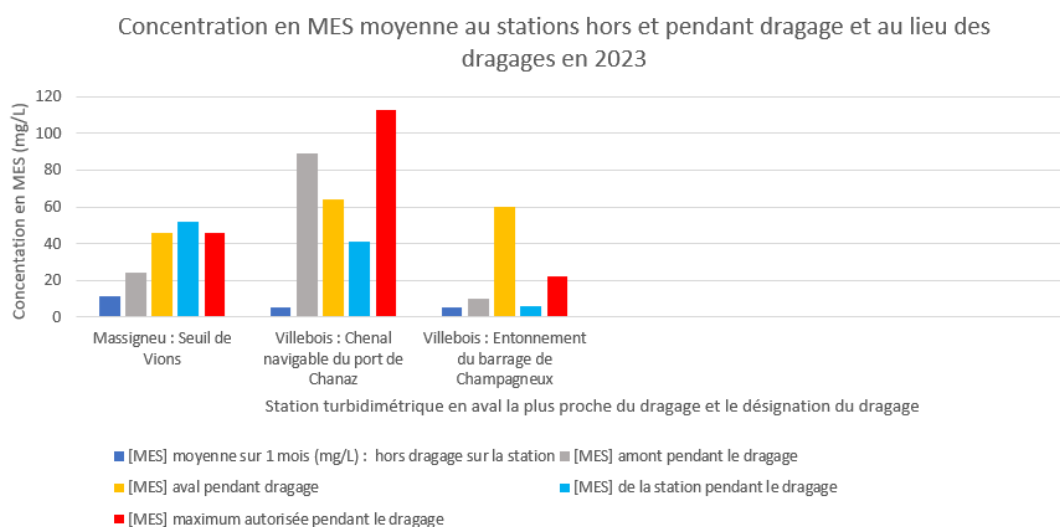


Figure 23 : Concentration moyenne de MES aux stations hors et pendant dragage et les mesures faites aux dragages en 2023

Lors du dragage du chenal navigable du port de Chanaz, les concentrations en MES à la station de Villebois sont bien supérieures à la moyenne hors dragage. Cependant, les turbidités à l'amont du dragage sont elles aussi élevées. Cette turbidité élevée ne peut donc pas s'expliquer par ce chantier de dragage. De plus, la station de Villebois se trouve à presque 70 km du chantier, ce qui renforce cette hypothèse.

Quant au dragage du seuil de Vions, nous pouvons voir que les turbidités à la station de Massigneu pendant le dragage sont supérieures au seuil maximal autorisé. Même à 8 km de distance entre la station et le chantier, celle-ci semble avoir été impactée par le dragage de plus de 37 000 m³ de sédiments fins.

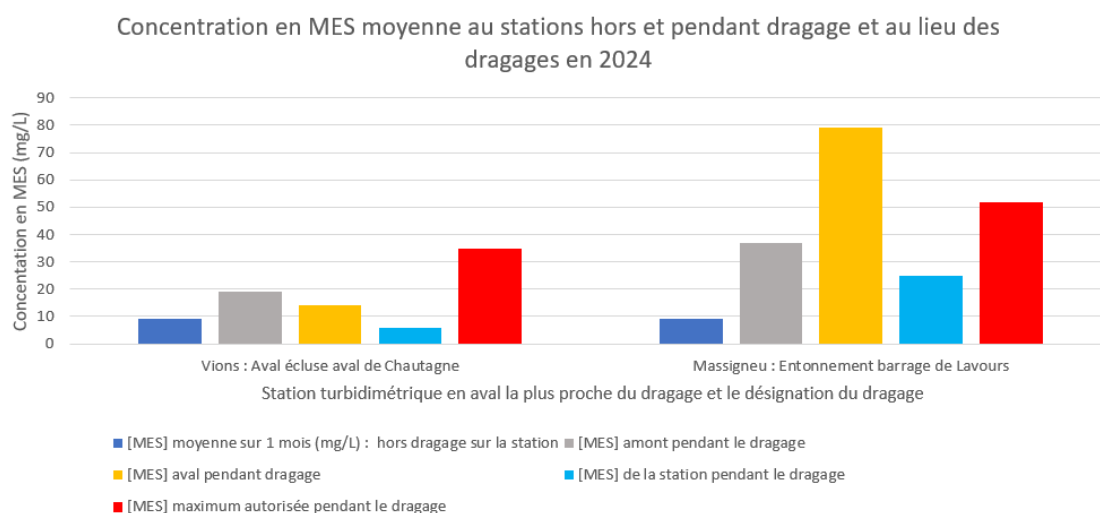


Figure 24 : Concentration moyenne de MES aux stations hors et pendant dragage et les mesures faites aux dragages en 2024

Nous pouvons voir que malgré le gros volume dragué pendant le dragage de l'entonnement du barrage de Lavours (143 000 m³), même si les valeurs de turbidités à l'aval du site sont bien supérieures aux seuils maximaux autorisés, cela ne se reflète pas sur les turbidités mesurées à la station de Massigneu qui se situe à environ 6 km du dragage. En effet, comme nous l'avons vu avant sur la Figure 21, c'est uniquement au début du dragage que la station à mesurée des turbidités plus élevées qu'à l'amont du dragage ensuite ce n'est plus le cas. Comme il s'agit de moyenne ici, cela ne se voit pas. Quant au dragage de l'écluse aval de Chautagne, les turbidités à la station de Vions, qui est située à environ 3 km des travaux, ne sont pas impactées par le dragage.

Ce que nous pouvons tirer de ces graphiques est qu'en moyenne les stations ne sont toujours pas impactée par les dragages. Lorsque les turbidités des stations sont supérieures à leur moyenne hors dragage, les turbidités à l'amont des dragages sont elles aussi élevées. Nous pouvons alors critiquer notre moyenne sur un mois où il n'y a pas de dragage car il semble avoir une certaine variabilité de la turbidité au cours du temps. Nous avons alors effectué la moyenne de turbidité par mois aux stations sur les années que nous avons étudiés lors de ce travail pour visualiser cette turbidité. L'année 2021 est différente car il y a eu les APAVER au mois de mai, la turbidité est extrêmement élevé (de l'ordre de grandeur de 1000 mg/L), nous ne l'analysons donc pas ici.

Évolution de la turbidité aux stations turbidimétrique du Haut-Rhône en 2020

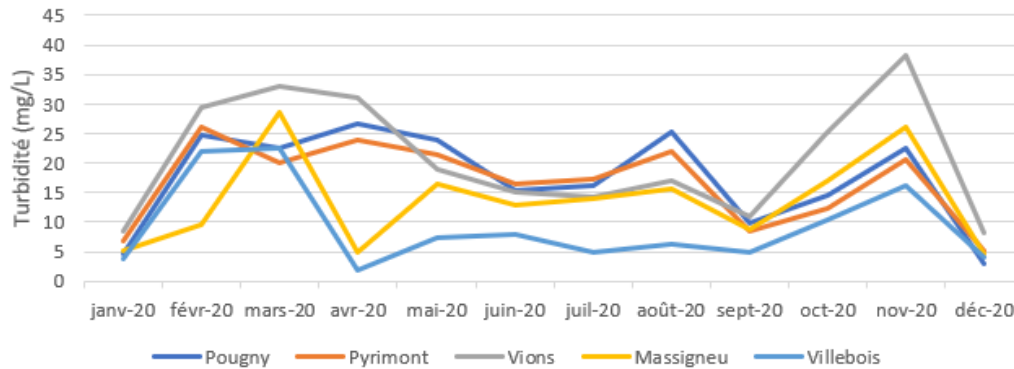


Figure 25 : Moyenne par mois de la turbidité aux stations du Haut-Rhône en 2020

Au cours de l'année 2020, nous pouvons voir qu'il y a une oscillation de la turbidité autour de 20 et 40 mg/L de MES dans l'eau sur les 5 stations tout au long de l'année. Cette année-là, il y a eu

Évolution de la turbidité aux stations turbidimétrique du Haut-Rhône en 2022

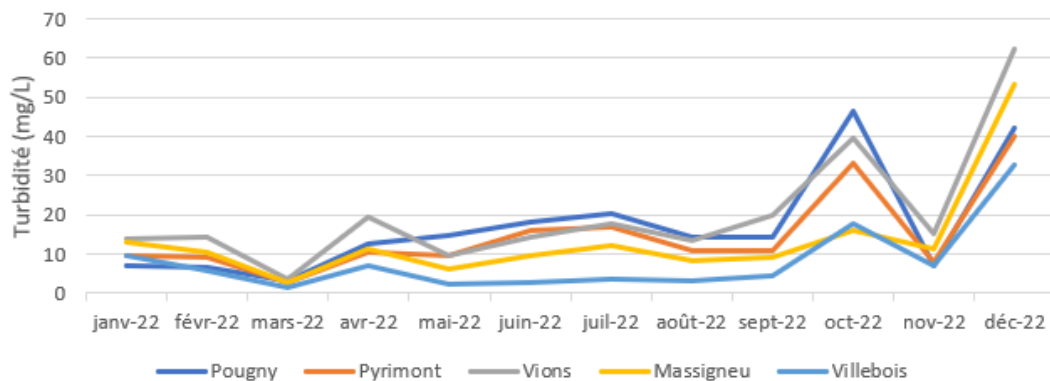


Figure 26 : Moyenne par mois de la turbidité aux stations du Haut-Rhône en 2022

En 2022, de janvier jusqu'au mois de septembre, la concentration moyenne en MES par mois est d'environ une dizaine de mg/L. Cette moyenne augmente un peu vers la fin de l'année sur la période septembre/octobre et novembre/décembre pour atteindre un peu moins de 70 mg/L en décembre. Il n'y a pas de dragage sur ces périodes. L'année 2022 était d'ailleurs une année où il n'y a eu que quatre petits dragages qui allaient de quelques dizaines à quelques centaines de m³. Il semble avoir une augmentation naturelle de la turbidité en fin d'année non lié à des opérations de dragage.

Évolution de la turbidité aux stations turbidimétrique du Haut-Rhône en 2023

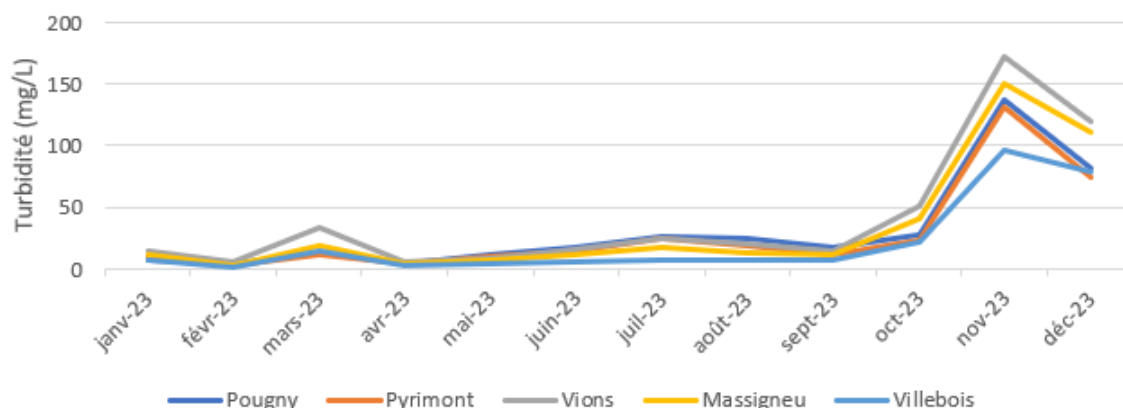


Figure 27 : Moyenne par mois de la turbidité aux stations du Haut-Rhône en 2023

En 2023, nous pouvons observer le même pattern qu'en 2022 où, de janvier jusqu'au mois de septembre, les concentrations oscillent autour d'une dizaine de mg/L de MES dans l'eau et à partir du mois d'octobre, soit les périodes de dragages durant cette année, les turbidités augmentent jusqu'à plus de 150 mg/L au mois de novembre. Les turbidités de cette fin d'année 2023 sont plus importantes qu'en 2022. Il s'agit peut-être d'une période plus turbide où le dragage de l'entonnement du barrage de Champagneux entre septembre et novembre (57 380 m³) et celui du chenal navigable du port de Chanaz (3 250 m³) qui a eu lieu entre novembre 2023 et janvier 2024 ont intensifié cet évènement turbide de fin d'année.

Évolution de la turbidité aux stations turbidimétrique du Haut-Rhône en 2024

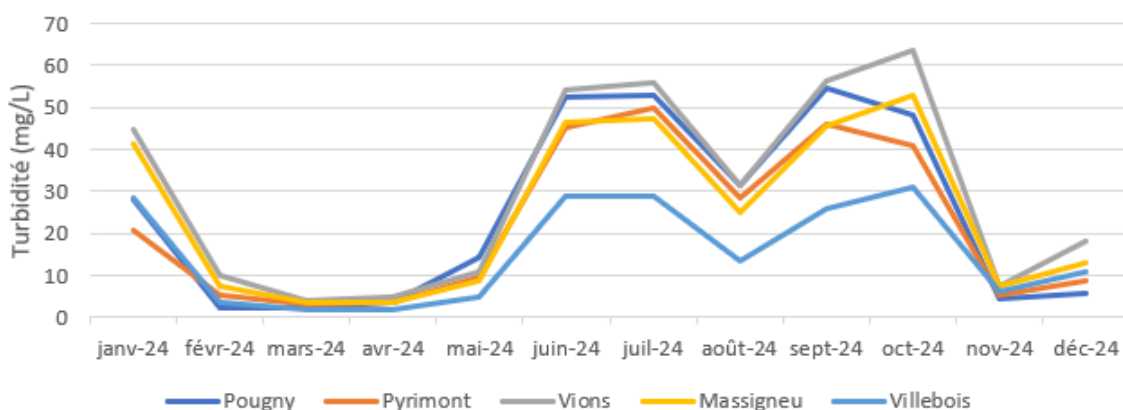


Figure 28 : Moyenne par mois de la turbidité aux stations du Haut-Rhône en 2024

Au début de l'année 2024, les turbidités sont déjà plus élevées que les années précédentes mais il n'y a pas eu de dragage en janvier. Les turbidités sont beaucoup plus faibles sur la période de fin février à mai, il y a eu un dragage de 70 m³ à l'amont du groupe 1 du barrage de Génissiat et celui de l'aval écluse aval de Chautagne (2250 m³). Ces dragages-ci ne semblent pas avoir affecté les turbidités aux stations qui reste inférieures à 10 mg/L comme les années précédentes. Il y a une augmentation des concentrations sur les périodes fin mai/juillet et fin août/octobre. De septembre à janvier 2025, il y avait le dragage de l'entonnement du barrage de Lavours qui a dragué plus de 143 000 m³. Ce dragage s'est déroulé de septembre à décembre et l'augmentation des turbidités des stations autour de 60 mg/L ne corrobore pas avec cette période-là. En décembre, on trouve des turbidités proches de 20mg/L, ce qui est tout de même légèrement supérieur des valeurs entre février et mars.

V. DISCUSSION ET PERSPECTIVES

- État de l'art sur l'impact de l'augmentation des MES sur la faune piscicole d'eau douce

L'État de l'art effectué sur les impacts de l'augmentation de MES sur la faune piscicole dulcicole a permis de voir que les réponses physiologiques des poissons sont assez variables selon les espèces et ont des conséquences plus ou moins graves sur l'organisme des poissons. Cependant, il semblerait que les espèces de poissons vivant dans le Haut-Rhône sont assez résistantes aux variations de turbidité, comme l'ont montré les expériences faites en laboratoire en 2018 sur des poissons du Haut-Rhône où le taux des juvéniles de salmonidés et de cyprinidés pouvait s'adapter à des concentrations en MES jusqu'à 2000 mg/L sans qu'ils ne subissent de perturbations. Durant ce travail, il a aussi été mené une recherche quant à l'existence de modèle général permettant d'estimer l'impact d'une augmentation de MES dans l'eau sur les poissons dulcicoles. Il n'existe à ce jour qu'un modèle, celui de Newcombe et Jensen datant de 1996.

- Résultats graphiques des turbidités aux stations et pendant les dragages

Les turbidités mesurées aux stations permanentes placées le long du Haut-Rhône et plus particulièrement les stations de Pyrimont, Vions et Massigneu, qui sont les plus proches des dragages que nous avons analysés ici, n'ont pas montré d'augmentations significatives et n'ont ni été supérieures aux seuils maximaux autorisés pour les différents dragages. Cela montre que le panache de MES formé par les restitutions des dragages s'étend sur de faible linéaire (quelques kilomètres maximum). L'impact des dragages est local.

- Modèle de Newcombe et Jensen (1996) : SEV - 'Severity-of-ill effects

Quant au modèle de Newcombe et Jensen permettant de prédire l'impact sur les poissons d'eau douce à la suite d'une exposition aux MES dans l'eau, celui-ci ne s'est pas montré concluant lorsqu'appliqué avec les concentrations en MES présentes en temps normal, c'est-à-dire hors période de dragage. L'indice prédit des stress sub-léthaux, or ce n'est pas le cas dans la réalité. Les turbidités "normales" du Haut-Rhône sont beaucoup plus élevées que celles qui ont été prises pour construire le modèle de Newcombe et Jensen. Ceci peut s'expliquer par des espèces de poisson très différentes entre celles utilisées pour mettre au point cet indice et les espèces du Rhône.

- Concentration en MES moyenne par mois aux stations turbidimétriques permanentes du Haut-Rhône sur un an

Les graphiques présentant les moyennes de la turbidité mesurée aux stations sur toute une année ont pu nous montrer que la turbidité mesurée au niveau des 5 stations placées sur le Haut-Rhône est relativement constante. Les turbidités oscillent entre 10 et 20 mg/L du mois de janvier à octobre et ce n'est que vers la fin de l'année que celle-ci est plus élevée. C'est surtout la comparaison entre l'année 2022 (qui a eu que 4 dragages en début d'année de faibles volumes) et 2023 où les turbidités de la fin d'année sont plus élevées. Cela peut être dû à des crues plus importantes. L'année 2024 a été globalement plus turbide notamment entre mai et octobre (environ 60 mg/L).

VI. CONCLUSION

Ce travail de Projet, Recherche et Innovation avait pour objectif de répondre à la question suivante : Les dragages effectués dans le Haut-Rhône sont-ils impactant pour la faune piscicole ? Ce travail s'inscrit dans un contexte de travaux effectué par la Compagnie Nationale du Rhône d'entretien du lit navigable du Haut-Rhône et des aménagements hydroélectriques CNR.

L'état de l'art produit a permis de comprendre dans un premier temps les effets recenser dans la littérature des MES sur une faune piscicole de diverses espèces et localisation. Les conséquences des MES sur les poissons peuvent être plus ou moins grave. Seulement, les impacts d'un taux de MES élevé dans l'eau est très variable. Les espèces de poissons juvéniles trouvés dans le HR résiste plutôt à une augmentation de MES dans l'eau comme la montré l'étude de 2018 faite par F. Cattaneo. L'étude de Firth en 2024 a montré qu'il pouvait y avoir potentiellement une adaptation à une turbidité plus élevée pour une même espèce de poisson

Au vu de nos résultats de calcul de l'indice de sévérité dans le cas de période hors dragage qui étaient particulièrement élevés, nous pouvons dire ici que l'indice de sévérité produit par Newcombe et Jensen n'est pas applicable sur le Haut-Rhône. Il pourrait être pertinent de l'adapter aux conditions « normales » de turbidité du Haut-Rhône pour prédire de façon qualitative l'impact des dragages sur la faune piscicole.

Finalement, nous pouvons dire que les turbidités mesurées aux stations turbidimétrique permanentes du Haut-Rhône ne sont globalement pas impactés par les opérations de dragage. Nous pouvons dire que sur les dragages effectués en 2017, 2021, 2023 et 2024, les panaches de MES restent court et n'atteignent pas les stations en aval les plus proches. Nous pouvons conclure ici que l'impact des opérations de dragage sur le Haut-Rhône reste localisé.

BIBLIOGRAPHIE

Beaudeau, P., Pascal, M., & Checlair, E. (2010). Qualité de l'eau distribuée en ville basse du Havre et ventes des médicaments utilisés pour le traitement des gastro-entérites—1997-2000 : Une étude écologique temporelle. *Institut de veille sanitaire*.

Bilotta, G. S., & Brazier, R. E. (2008). Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Research*, 42(12), 2849-2861. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.03.018>

Bravard, J.-P., & Clémens, A. (2008). *Le Rhône en 100 questions*. Zone atelier bassin du Rhône.

CNR. (2021a). *Fiche d'incidence dragage sur le domaine concédé de CNR : Garage aval de l'écluse Avignon*.

CNR. (2021b). *Porter à connaissance pour modifier le suivi de la turbidité lors des travaux de dragage : Entonnement du barrage de Motz*.

CNR. (2024a). *Porter à connaissance pour modifier le suivi de la turbidité lors des travaux de dragage*.

CNR. (2024b). *Rapport des suivis des dragages de l'année 2024—Haut-Rhône*.

Cumming, H., & Herbert, N. A. (2016). Gill structural change in response to turbidity has no effect on the oxygen uptake of a juvenile sparid fish. *Conservation Physiology*, 4(1). <https://doi.org/10.1093/conphys/cow033>

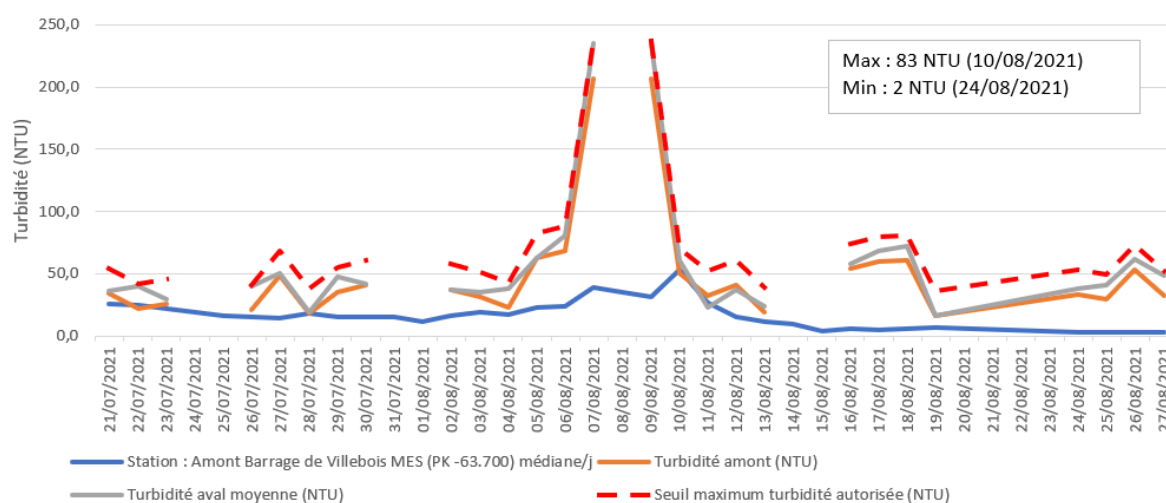
Fallou, H. (2024, avril). *GUIDE TECHNIQUE SUR LA MESURE DE TURBIDITÉ ET LA CONCENTRATION EN MATIÈRES EN SUSPENSION*. GIP Loire estuaire.

- Firth, B. L., Craig, P. M., Drake, D. A. R., & Power, M.** (2024). Impacts of temperature and turbidity on the gill physiology of darter species. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 291, 111589. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2024.111589>
- Gray, S. M., Chapman, L. J., & Mandrak, N. E.** (2012). Turbidity reduces hatching success in Threatened Spotted Gar (*Lepisosteus oculatus*). *Environmental Biology of Fishes*, 94(4), 689-694. <https://doi.org/10.1007/s10641-012-9999-z>
- Grimardias, D., & Cattaneo, F.** (2017). *Impacts De L'abaissement Partiel 2016 De La Retenue De Verbois Sur Le Peuplement Piscicole*. Services Industriels de Genève, Hepia.
- Gruat, A., Coquery, M., Le Coz, J., Thollet, F., Lagouy, M., Dabrin, A., Masson, M., & Grisot, G.** (2023). *Fonctionnement du réseau d'observation des flux de matières en suspension et de contaminants particuliers (OSR 6 – année 2022)* (p. 44). Observatoire des Sédiments du Rhône – 6ème programme d'action.
- Guertault, L.** (2015). *Évaluation des processus hydro-sédimentaires d'une retenue de forme allongée : Application à la retenue de Génissiat sur le Haut-Rhône*. Université Claude Bernard - Lyon I.
- Kang, J.-G., Lee, N.-J., Kim, S.-J., & Nam, D.-H.** (2025). An Experimental Study on the Behavior of Fish in Response to Turbidity Changes—A Case Study of Korean Fishes. *Water*, 17(9), 1340. <https://doi.org/10.3390/w17091340>
- Kjelland, M. E., Woodley, C. M., Swannack, T. M., & Smith, D. L.** (2015). A review of the potential effects of suspended sediment on fishes : Potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications. *Environment Systems and Decisions*, 35(3), 334-350. <https://doi.org/10.1007/s10669-015-9557-2>
- Lowe, M., Morrison, M., & Taylor, R.** (2015). Harmful effects of sediment-induced turbidity on juvenile fish in estuaries. *Marine Ecology Progress Series*, 539, 241-254. <https://doi.org/10.3354/meps11496>
- Montoya, X. C., Thompson, W. A., Smith, C. M., Wilson, J. M., & Vijayan, M. M.** (2024). Exposure to Total Suspended Solids (TSS) Impacts Gill Structure and Function in Adult Zebrafish. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 113(2), 14. <https://doi.org/10.1007/s00128-024-03922-w>
- Newcombe, C. P.** (2003). IMPACT ASSESSMENT MODEL FOR CLEAR WATER FISHES EXPOSED TO EXCESSIVELY CLOUDY WATER¹. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 39(3), 529-544. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2003.tb03674.x>
- Newcombe, C. P., & Jensen, J. O. T.** (1996). Channel Suspended Sediment and Fisheries : A Synthesis for Quantitative Assessment of Risk and Impact. *North American Journal of Fisheries Management*, 16(4), 693-727. [https://doi.org/10.1577/1548-8675\(1996\)016%253C0693:CSSAFA%253E2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8675(1996)016%253C0693:CSSAFA%253E2.3.CO;2)
- Remington, R. K.** (2008). *ECOLOGY AND EVOLUTION OF TURBID WATER ADAPTATIONS IN FISHES*. UNIVERSITY OF OKLAHOMA.
- Richard, A., Cattaneo, F., Santos, R., & Guillard, J.** (2016). *Proposition de projet : Réponses physiologiques de poissons soumis à différentes concentrations de matières en suspension (MES)*.
- Richard, A., Guillard, J., & Cattaneo, F.** (2014). *Impact des dragages d'entretien du lit du Rhône sur le peuplement piscicole—Synthèse bibliographique et état des lieux dans le Haut-Rhône*. CNR, Hepia, INRA et Carrtel.
- Santos, R., & Cattaneo, F.** (2019). *Projet TurbidiFish 2 : Réponses écophysiologiques de juvéniles de poissons induites par la remise en suspension de sédiments fins*.
- Selye, H.** (1950). STRESS AND THE GENERAL ADAPTATION SYNDROME. *British Medical Journal*, 1383-1392. <https://doi.org/10.1136/bmj.1.4667.1383>
- Suttle, K. B., Power, M. E., Levine, J. M., & McNeely, C.** (2004). HOW FINE SEDIMENT IN RIVERBEDS IMPAIRS GROWTH AND SURVIVAL OF JUVENILE SALMONIDS. *Ecological Applications*, 14(4), 969-974. <https://doi.org/10.1890/03-5190>
- Wong, C. K., Pak, I. A. P., & Jiang Liu, X.** (2012). Gill damage to juvenile orange-spotted grouper *Epinephelus coioides* (Hamilton, 1822) following exposure to suspended sediments. *Aquaculture Research*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03173.x>
- Zanghi, C., & Ioannou, C. C.** (2025). The impact of increasing turbidity on the predator–prey interactions of freshwater fishes. *Freshwater Biology*, 70(1). <https://doi.org/10.1111/fwb.14354>

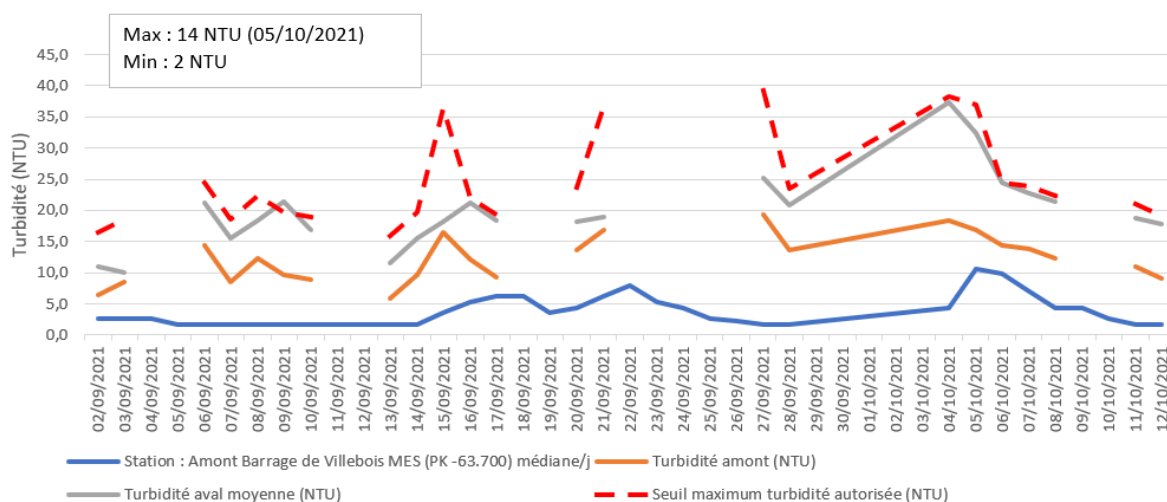
ANNEXES

ANNEXE 1 : Graphiques d'évolution de la turbidité des stations turbidimétriques les plus proches en aval des dragages

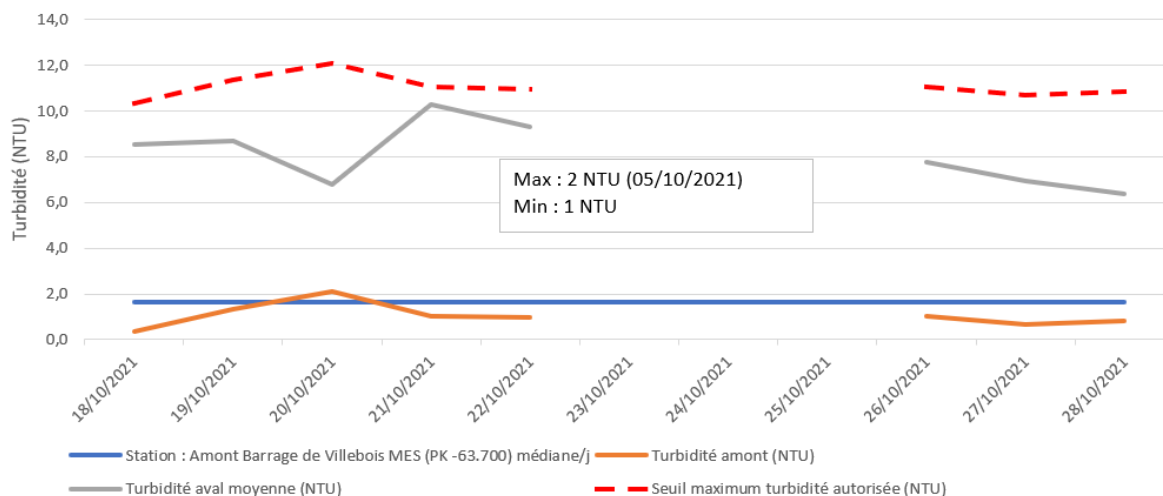
Évolution de la turbidité pour la station de Vions et les prélèvements pendant le dragage de l'accès amont de l'écluse de Savière



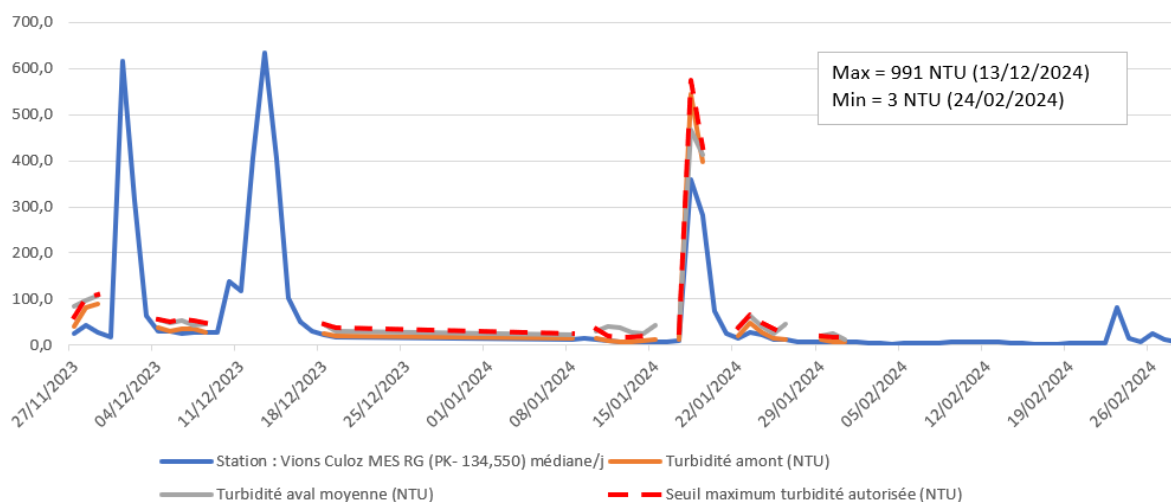
Évolution de la turbidité pour la station de Villebois et les prélèvements pendant le dragage du garage de l'écluse de Belley



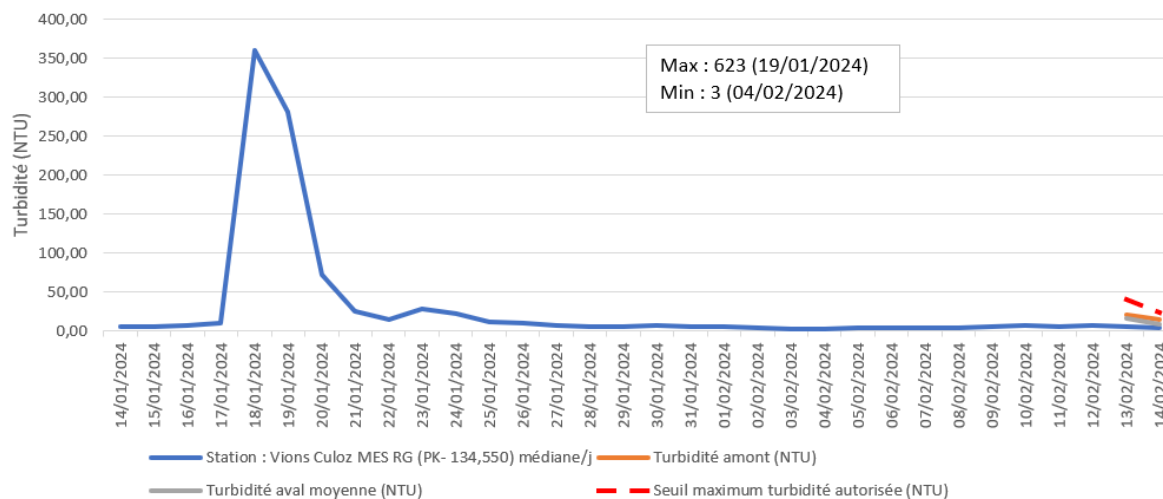
Évolution de la turbidité pour la station de Villebois et les prélèvements pendant le dragage du point réglage de Peyrieu



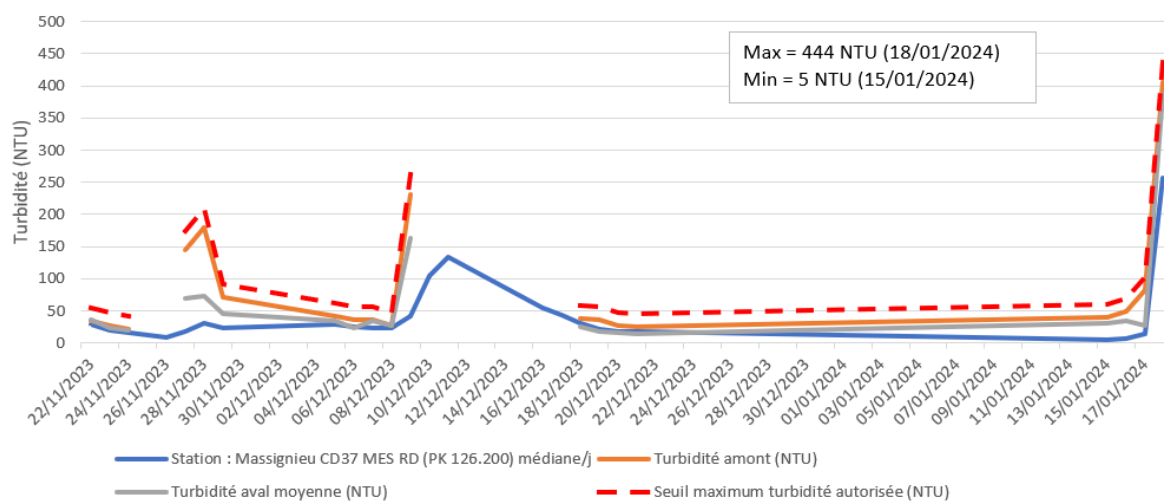
Évolution de la turbidité pour la station de Vions et les prélèvements pendant le dragage du seuil de Vions



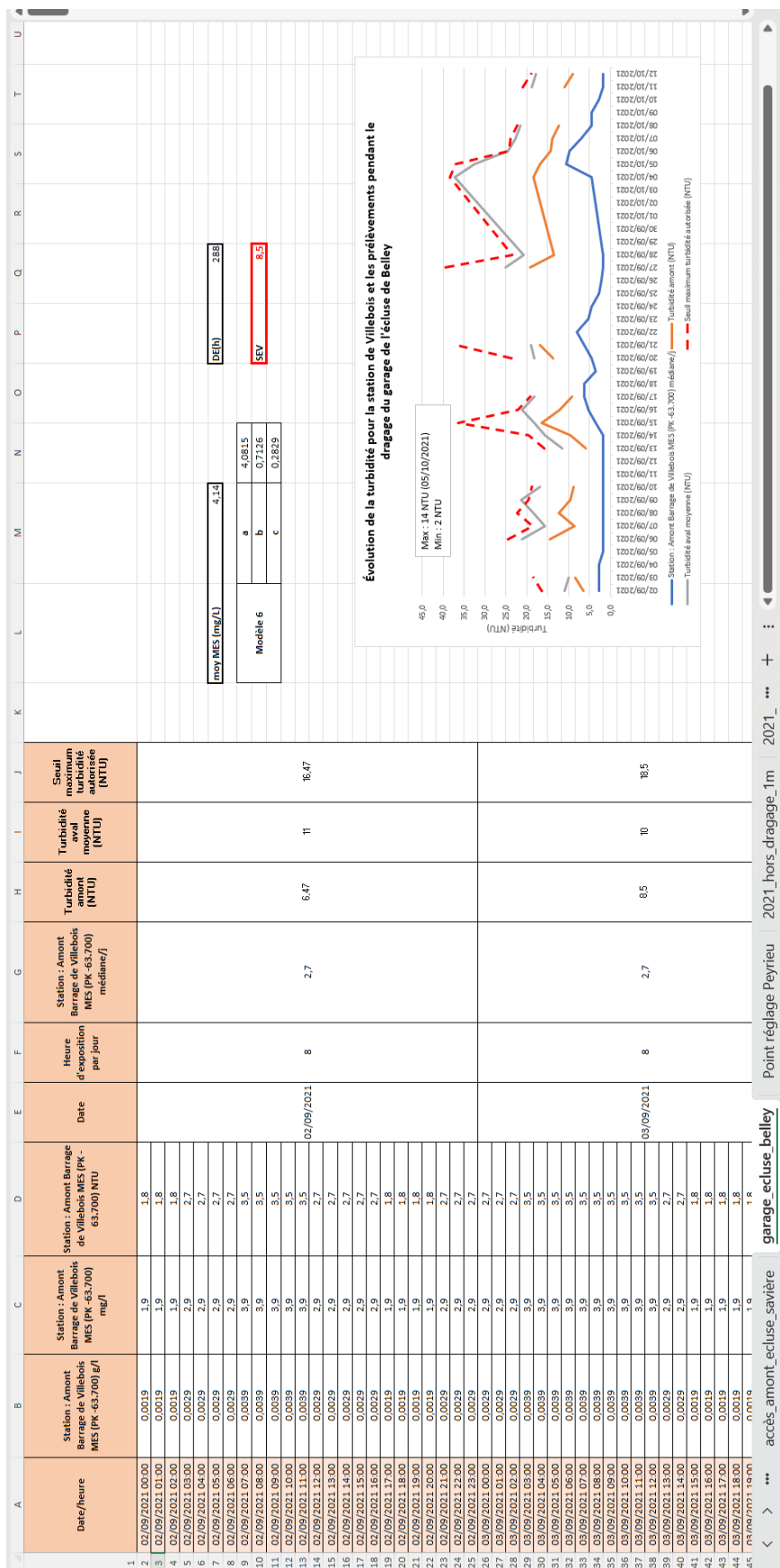
Évolution de la turbidité pour la station de Vions et les prélèvements pendant le dragage de l'écluse aval de Chautagne



Évolution de la turbidité pour la station de Massigneu et les prélèvements pendant le dragage du chenal navigable du port de Chanaz



ANNEXE 2 : Exemple d'une feuille Excel pour le traitement des données des stations turbidimétrique (Cas de dragage de l'écluse de Belley en 2021)



ANNEXE 3 : Comparaison des valeurs moyennes de concentration de MES en mg/L aux stations hors et à l'amont et l'aval du dragage et la moyenne de concentration de MES des stations pendant le dragage ([MES] = moyenne de la concentration en MES en mg/L)

Année	Station	[MES] moyenne sur 1 mois (mg/L) : hors dragage sur la station	Désignation du lieu de dragage	Distance station/dragage et volume dragué	[MES] amont pendant le dragage	[MES] aval pendant dragage	[MES] de la station pendant le dragage	[MES] maximum autorisée pendant le dragage
Aménagement de Génissiat								
2021	Pyrimont	13 (mars)	Parement amont	≈ 4 km	8	8,5	13	20
Aménagement de Chautagne								
2021	Vions	35 (mars)	Entonnement barrage Motz	≈ 8 km	31	59	25	49
			Garage amont et aval écluses de Chautagne	≈ 3,5 km	95	105	79	120
2024	Vions	9 (août)	Aval écluse aval de Chautagne	≈ 3 km	19	14	6	35
Aménagement de Belley								
2021	Villebois	16	Accès amont écluse Savières	≈ 69 km	55	63	19	78
			Garage amont et aval écluses de Belley	≈ 55 km	13	22	4	27
2023	Massigneu	11	Seuil de Vions	≈ 8 km	24	46	52	46
2023	Villebois	5	Chenal navigable du port de Chanaz	≈ 69 km	89	64	41	113
2024	Massigneu	9	Entonnement barrage de Lavours	≈ 6 km	37	79	25	52
Aménagement de Brégnier-Cordon								
2021	Villebois	16	Point réglage Peyrieu	≈ 25 km	1	9	2	12
2023	Villebois	5	Entonnement du barrage de Champagneux	≈ 40 km	10	60	6	22

Directeurs de recherche :

Sylvain Reynaud
Stéphane Rodrigues

Clara Tremblais
PRI/DAE5
IMA
2025-2026

Impact des MES sur la faune piscicole du Haut-Rhône : Application au cas des dragages

Résumé :

Le Haut-Rhône qui est un fleuve beaucoup aménagé par ces barrages, usines hydro-électriques et ses écluses. Ils constituent une interruption à la continuité sédimentaire. La Compagnie Nationale du Rhône, concessionnaire du Rhône, se doit faire des opérations d'entretien pour permettre le bon fonctionnement des aménagements, assurer la navigation et le passage des crues. Ce sont des dragages qui sont faits, ils consistent à déplacer les sédiments accumulés et leur déplacer plus en aval dans l'eau. Pendant ces chantiers, il y a des panaches de Matières En Suspension (MES) qui se forment. Il y a alors une augmentation de la concentration en MES dans l'eau, ce qui peut avoir des conséquences plus ou moins grave sur la faune piscicole comme le montre la littérature. La question ici est de savoir si les dragages effectués dans le Haut-Rhône sont impactant pour la faune piscicole locale. L'indice de sévérité de Newcombe a été calculé pour essayer de répondre à la question, mais il s'est avéré que ce dernier n'est pas applicable aux conditions turbidimétrique du Haut-Rhône. Nous avons alors comparé les turbidités mesurées aux stations turbidimétriques permanentes du Haut-Rhône et les mesures de turbidité de surveillance effectué à l'amont et l'aval des dragages. Ces mesures permettent de vérifier que la réglementation de la loi Seq' eau est bien respectée. Nous avons finalement conclu que l'impact des dragages reste très localisé puisque les stations turbidimétriques du Haut-Rhône ne voient pas d'augmentation majeure de leur turbidité par rapport à des périodes hors dragage.

Mots Clés : Matière En Suspension (MES), turbidité, Haut-Rhône, faune piscicole, poissons