



HAL
open science

Évaluation de l'état des habitats benthiques du Rhône. Campagnes de terrain sur 10 stations réparties sur le Rhône. OSR6 | Axe C - Action C1 | Rapport scientifique intermédiaire

Alexandre Peeters, Delphine Sirven, Nicolas Tissot, Hervé Parmentier,
Stéphanie Vukelic, Oldrich Navratil, Hervé Piégay, B. Camenen, Adrien
Bonnefoy

► To cite this version:

Alexandre Peeters, Delphine Sirven, Nicolas Tissot, Hervé Parmentier, Stéphanie Vukelic, et al.. Évaluation de l'état des habitats benthiques du Rhône. Campagnes de terrain sur 10 stations réparties sur le Rhône. OSR6 | Axe C - Action C1 | Rapport scientifique intermédiaire. [Rapport de recherche] CNRS; INRAE. 2022. hal-03750527v1

HAL Id: hal-03750527

<https://hal.science/hal-03750527v1>

Submitted on 12 Aug 2022 (v1), last revised 4 Oct 2023 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Observatoire
des Sédiments
du Rhône

The background of the page is a photograph of a riverbed. The water is clear, revealing a bed of smooth, light-colored stones and pebbles. A silver, cylindrical sediment sampler is positioned vertically in the water, with its open end resting on the riverbed. The sampler is connected to a thin, flexible tube that extends upwards. The overall scene is brightly lit, suggesting a sunny day.

Évaluation de l'état des habitats benthiques du Rhône. Campagnes de terrain sur 10 stations réparties sur le Rhône

Évaluation de l'état des habitats benthiques du Rhône. Campagnes de terrain sur 10 stations réparties sur le Rhône

Rapport scientifique intermédiaire

Version du 09 mai 2022

Observatoire des Sédiments du Rhône – 6^{ème} programme d'action

Axe C – Développer des méthodes pour restaurer la qualité physique et chimique et évaluer les effets des actions

C1 – Évaluation de l'état des habitats benthiques du Rhône dans les secteurs restaurés et non restaurés

Personnes impliquées

Alexandre Peeters (CNRS, UMR5600, EVS) ; Delphine Sirven (CNRS, UMR5600, EVS) ; Nicolas Tissot (CNRS, UMR5600, EVS) ; Hervé Parmentier (CNRS, UMR5600, EVS) ; Stéphanie Vukelić (CNRS, UMR5600, EVS), Oldrich Navratil (CNRS, UMR5600, EVS), Hervé Piégay (CNRS, UMR5600, EVS)

Benoit Camenen (INRAE, UR RiverLy, HyR), Adrien Bonnefoy (INRAE, UR RiverLy, HyR)

Pour citer ce rapport

Peeters A., Sirven D., Tissot N., Parmentier H. et al., (2022). Évaluation de l'état des habitats benthiques du Rhône. Campagnes de terrain sur les 10 stations réparties sur le Rhône. Rapport intermédiaire. Observatoire des Sédiments du Rhône – 6^{ème} programme d'action. 47 p.

L'OSR est un dispositif animé par le Graie. Pour toute information vous pouvez contacter Bertrand Morandi (bertrand.morandi@graie.org)



Résumé

L'état du fond caillouteux des cours d'eau représente une composante importante de la qualité hydromorphologique car il sert de substrat et de support à de nombreuses espèces aquatiques (animales et végétales). Il joue dès lors un rôle majeur sur la préservation de la biodiversité du cours d'eau. L'objectif de cette action est de déterminer quel est l'état interstitiel du fond caillouteux du lit des Vieux Rhône dans les secteurs restaurés et non restaurés, concourant à mieux évaluer la qualité des habitats benthiques et hyporhéiques, ainsi que l'effet des actions de restauration sur l'état de ce fond.

Pour répondre à cet objectif, un suivi temporel à haute fréquence sur dix stations a débuté en septembre 2021. Le choix des stations s'est opéré dans un souci d'obtenir une diversité de contextes géographiques et une diversité en termes de fonctionnement hydro-sédimentaire (e.g. secteurs rechargés en sédiments, secteurs de référence à fort transport solide et secteurs pavés). La technique utilisée consiste à prélever un échantillon du fond du lit à l'aide d'un « échantillonneur Mc Neil ». Ainsi, l'évaluation du colmatage se base sur la détermination de la composition granulométrique de la zone hyporhéique et plus particulièrement sur la part de sédiments fins (< 2 mm) de l'échantillon.

Au terme des trois premières campagnes de mesures, les premiers résultats confirment que les stations de référence possèdent bien les pourcentages de sédiments fins les plus faibles (entre 1 et 7 %). Les stations pavées montrent un pourcentage de fines plus variable, avec notamment deux stations qui dépassent le seuil de 20 % (Belley et Pierre-Bénite). Quant aux stations situées en aval des recharges sédimentaires, elles comportent entre 6 et 13 % de fines, et montrent peu d'évolution sur la période étudiée malgré l'occurrence de crues morphogènes.

Mots-clés

Observatoire ; Rhône ; Sédiments ; Colmatage ; Habitat benthique

Table des matières

1. Introduction.....	5
2. Aspects méthodologiques	7
2.1 Relevés de terrain.....	7
2.1.1 Prélèvement avec l'échantillonneur Mc Neil.....	7
2.1.2 Mesures complémentaires	8
2.2 Traitements des échantillons	8
2.2.1 Tamisage sur le terrain.....	8
2.2.2 Tamisage en laboratoire.....	9
2.2.3 Filtration en laboratoire	9
3. Sélection des stations d'étude	11
4. Premiers résultats	12
4.1 Le Vieux Rhône de Chautagne.....	12
4.1.1 Localisation de la station et des prélèvements.....	12
4.1.2 Résultats.....	13
4.2 Le Vieux Rhône de Belley	15
4.2.1 Localisation des stations et des prélèvements	15
4.2.2 Résultats.....	17
4.3 Le Vieux Rhône de Neyron	20
4.3.1 Localisation des stations et des prélèvements	20
4.3.2 Résultats.....	23
4.4 Le Vieux Rhône de Pierre-Bénite.....	24
4.4.1 Localisation des stations et des prélèvements	24
4.4.2 Résultats.....	25
4.5 Le Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon	26
4.5.1 Localisation des stations et des prélèvements	26
4.5.2 Résultats.....	30
4.6 La Drôme à Livron-sur-Drôme	32
4.6.1 Localisation des stations et des prélèvements	32
4.6.2 Résultats.....	34
4.7 Le Vieux Rhône de Baix-le-Logis-Neuf.....	35
4.7.1 Localisation des stations et des prélèvements	35
4.7.2 Résultats.....	36
4.8 Le Vieux Rhône de Donzère-Mondragon	37
4.8.1 Localisation des stations et des prélèvements	37
4.8.2 Résultats.....	40
5. Éléments de synthèse et perspectives	43
6. Bibliographie	45

1. Introduction

Le présent rapport fait état des travaux menés entre avril 2021 et mars 2022 dans le cadre de l'action C1 du programme OSR6. L'objectif de cette action est de déterminer quel est l'état interstitiel du fond caillouteux du lit des Vieux Rhône dans les secteurs restaurés et non restaurés, concourant à mieux évaluer la qualité des habitats benthiques et hyporhéiques, ainsi que l'effet des actions de restauration sur l'état de ce fond. L'état du fond du lit représente une composante importante de la qualité hydromorphologique du cours d'eau car il sert de substrat et de support à de nombreuses espèces aquatiques (animales et végétales). Il joue dès lors un rôle majeur sur la préservation de la biodiversité du cours d'eau.

Dans les substrats caillouteux, l'état du fond du lit est généralement apprécié au travers de son degré de colmatage. Le colmatage des cours d'eau peut être défini comme l'infiltration dans la zone hyporhéique de sédiments fins depuis la zone benthique (Descloux et al., 2010). Bien que le colmatage soit un phénomène naturel, il peut devenir excessif sous les effets de l'anthropisation et conduire à perturber le fonctionnement des processus qui se déroulent dans la zone hyporhéique. L'accumulation de sédiments fins dans la zone hyporhéique a pour effets de réduire la perméabilité du substrat caillouteux, ce qui diminue les échanges d'eau interstitiels entre la masse d'eau superficielle et la zone hyporhéique. Ceci a des conséquences directes sur l'apport d'oxygène nécessaire à la survie des communautés d'invertébrés et des embryons de poissons lithophiles (Lisle, 1989 ; Wood et Armitage, 1997 ; Acornley et Sear, 1999 ; Greig et al., 2005 ; 2007). Le colmatage interstitiel apparaît donc comme une question sensible en matière d'évaluation des habitats benthiques. Dans les cours d'eau caractérisés par un déficit sédimentaire en charge de fond et la formation d'un pavage, le colmatage interstitiel peut être marqué. Ce phénomène est complexe car il est dynamique et il peut varier grandement en fonction des observations, selon l'occurrence des crues et des chasses par exemple. Dès lors, évaluer le colmatage interstitiel nécessite un suivi temporel à assez haute fréquence en lien avec les épisodes critiques et l'état supposé du fond du lit. Par ailleurs le colmatage dépend aussi de la nature granulométrique du sédiment colmatant, qui sédimente dans les interstices de la matrice grossière, voire également de la granulométrie de cette matrice.

Les techniques utilisées pour décrire le colmatage des cours d'eau sont généralement des méthodes directes ou indirectes de mesure ou d'estimation du pourcentage de sédiments fins (Descloux et al., 2010). Certaines de ces techniques se basent sur l'évaluation de la composition granulométrique de la zone hyporhéique pour caractériser le colmatage. C'est notamment le cas de la technique par prélèvement à l'aide d'un « échantillonneur Mc Neil » (Mc Neil et Ahnell, 1964). L'échantillonneur Mc Neil est un cylindre qui est enfoncé dans le lit du cours d'eau et qui, de ce fait, permet de prélever un échantillon en vrac (comprenant les sédiments de la surface et de la subsurface). Cette technique a été validée en laboratoire lors d'essais avec des mélanges de sédiments connus (Young et al., 1991) et elle a été largement utilisée en conditions naturelles (e.g. Lambert et Walling, 1988 ; Rex et Petticrew, 2011).

Pour répondre aux objectifs de ce travail, il est prévu de réaliser 5 campagnes d'évaluation du colmatage par an sur 10 stations. Ce suivi temporel à haute fréquence permettra de bien évaluer la réponse du compartiment interstitiel, non seulement aux modifications du fond du lit suite aux événements de crue, mais également au mode de gestion des ouvrages hydrauliques et à l'histoire des ajustements du chenal. En outre, le nombre relativement élevé de stations étudiées permettra de comparer différents secteurs de Vieux Rhône dans des contextes *a priori* contrastés. Ainsi, le choix des stations s'est opéré dans un souci d'obtenir une diversité de contextes géographiques (depuis le Haut-Rhône jusqu'au Bas-Rhône) et une diversité en termes de fonctionnement hydro-sédimentaire. C'est pourquoi, la sélection des stations comprend des secteurs sur lesquels des actions de recharge sédimentaire ont récemment eu lieu. La quantification du colmatage permettra d'évaluer l'effet de ces actions de restauration sur les habitats aquatiques. Les autres stations sélectionnées sont situées sur des secteurs à fort transport solide (station de référence en termes de bon fonctionnement) et sur des secteurs très affectés par le déficit sédimentaire (station de référence en termes d'état dégradé). La sélection des stations étudiées a évolué au cours des trois premières campagnes de mesures en fonction des facilités d'accès aux sites et de leur intérêt.

2. Aspects méthodologiques

Comme évoqué ci-dessus, l'évaluation du degré de colmatage dans cette étude se base sur la détermination de la composition granulométrique du fond caillouteux du chenal (comprenant les sédiments de la surface et de la subsurface). Pour ce faire, les échantillons prélevés à l'aide de l'échantillonneur Mc Neil doivent faire l'objet de différents traitements qui sont décrits ci-dessous.

2.1 Relevés de terrain

2.1.1 Prélèvement avec l'échantillonneur Mc Neil

Dans la mesure du possible, nos prélèvements ont été réalisés systématiquement sur la même forme fluviale, le seuil (ou le radier). Ceci devrait permettre de s'affranchir des effets liés aux variations locales (à l'échelle de la forme) et de comparer les sites entre eux sur le continuum amont aval (Rice et Church, 1998). Aussi, le choix de ce faciès devrait permettre d'éviter les sites à faible énergie dont la granulométrie rend compte d'un contexte hydraulique local difficile à comparer avec d'autres sites (Surian, 2002). C'est en effet au niveau des seuils que se trouvent les particules les plus grossières en lien avec les mécanismes de contrôle hydraulique (i.e. sites à haute énergie).

L'échantillonneur utilisé consiste en un cylindre métallique de 15,4 cm de diamètre (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Ce cylindre est enfoncé verticalement sur 20 cm à travers le lit caillouteux du chenal, ce qui permet par la suite de prélever les sédiments de surface et de subsurface (mélange des deux) à la main. Avant le prélèvement (T1), les mesures de la hauteur d'eau (moyenne de 5 valeurs) et de la hauteur d'air sont réalisées dans le cylindre. Ces mêmes mesures sont reprises après le prélèvement (T2), ce qui permet de calculer l'épaisseur de la couche de sédiment échantillonnée. Ces mesures fournissent aussi une première appréciation du degré de colmatage des sédiments selon que le niveau d'eau dans le cylindre se soit remis à l'équilibre avec le niveau extérieur après le prélèvement (T2). Lorsque ce niveau est situé plus bas que celui de l'extérieur à T2, cela traduit un affaiblissement, voire une absence, de courants interstitiels et donc un milieu colmaté.

Pour compléter l'échantillonnage avec les fractions les plus fines, un prélèvement de 1 l d'eau est réalisé après la remise en suspension des sédiments fins à T2. Pour ce faire, l'eau contenue dans le tube est d'abord agitée à la main (mouvement continu en suivant la forme d'un huit). Le prélèvement d'un litre d'eau est ensuite réalisé après un laps de temps de 10 secondes. La concentration en matières en suspension (MES) est ensuite déterminée en laboratoire (*cf. infra*). Sur la base de cette concentration et du volume d'eau mesuré dans le cylindre à T2, la masse de MES sera déterminée. Elle pourra par la suite être incorporée à l'analyse granulométrique.

Pour chaque station, trois prélèvements sont réalisés en différents endroits du radier étudié. Les trois échantillons sont par la suite analysés séparément (*cf. infra*) mais les résultats issus de leurs analyses granulométriques sont regroupés afin d'obtenir un échantillon représentatif de la composition du lit. En effet, pour que l'échantillon soit représentatif, il est nécessaire

que le rapport entre la masse du plus gros élément et la masse totale de l'échantillon soit égal ou inférieur à la valeur limite de 5 % définie par Church et al. (1987).



Figure 1. Echantillonneur de type « Mc Neil »

2.1.2 Mesures complémentaires

Afin de caractériser les conditions hydrologiques au droit de chaque prélèvement, la hauteur d'eau et la vitesse du courant sont mesurées. Cette dernière est réalisée avec un courantomètre portable (SonTek FlowTracker2®) à 10 cm au-dessus du fond du lit, comme recommandé par Petit (1988).

2.2 Traitements des échantillons

Les analyses qui suivent vont servir à déterminer la composition des éléments granulométriques qui constituent les formes échantillonnées. Parmi les trois dimensions perpendiculaires qui caractérisent la taille des éléments, c'est l'axe b (largeur) qui est généralement considéré comme représentatif de la compétence du cours d'eau (Bunte, 2004). Pour déterminer le rapport de masse des fractions granulométriques (axe b) qui constituent l'échantillon, la méthode utilisée nécessite de passer l'échantillon au travers de tamis de différentes mailles et de mesurer la masse de matière qui est retenue par ces tamis (Bunte et Abt, 2001).

2.2.1 Tamisage sur le terrain

En raison de la difficulté à déplacer des échantillons relativement lourds, nombreux et encombrants, un premier tamisage a lieu sur le terrain à l'aide d'un gabarit à mailles carrées et de grands tamis (mailles de 64, 45, 32, 22, 16 et 8 mm). Les fractions granulométriques triées sont ensuite pesées à l'aide d'une balance suspendue (Kern HDB 5K5, avec une

résolution de 5 g). La fraction granulométrique inférieure à 8 mm est récupérée et est analysée en laboratoire.

2.2.2 Tamisage en laboratoire

Avant leur tamisage, les échantillons (fraction granulométrique inférieure à 8 mm) sont séchés à l'étuve (4 h à 105 °C). Ils sont ensuite passés dans une colonne de tamis (8 ; 4 ; 1 ; 0,500 ; 0,250 ; 0,125 ; 0,050 mm) agitée par une secoueuse électrique (Figure 2). Après un court tamisage manuel complémentaire (de contrôle), chaque fraction granulométrique récupérée est alors pesée avec une résolution de 1 g.



Figure 2. Analyse granulométrique en laboratoire nécessitant un tamisage à l'aide d'une colonne de tamis sur une secoueuse

2.2.3 Filtration en laboratoire

Les échantillons d'eau prélevés dans le cylindre sont analysés en laboratoire afin de mesurer leur concentration en MES. Pour ce faire, le contenu de chacune des bouteilles est filtré sur un filtre en microfibre de verre (maille 1,2 µm) qui a été préalablement pesé (0,1 mg de résolution). Afin d'accélérer la filtration, celle-ci se fait sous vide à l'aide d'une pompe à vide

(Erreur ! Source du renvoi introuvable.). Le volume d'eau recueilli est mesuré avec une résolution de 1 ml. Le filtre chargé de sédiments est ensuite passé à l'étuve à une température de 110°C pendant quelques heures. Une fois sec puis stabilisé hygrométriquement à température ambiante, il est à nouveau pesé. La quantité de matières en suspension, exprimée en mg/l est calculée en considérant la différence de masse entre le filtre chargé et le filtre brut. La concentration est obtenue grâce au volume de l'échantillon (mg/l).



Figure 3. Système de filtration

3. Sélection des stations d'étude

La sélection des stations étudiées s'est faite dans un premier temps dans le souci d'avoir une diversité de types de station, à savoir des stations sur des secteurs pavés, sur des secteurs dynamiques (référence) et sur des secteurs sur lesquels des recharges sédimentaires ont eu lieu. Aussi, d'un point de vue opérationnel, ce choix a été dicté par les conditions d'accessibilité et de prélèvement. En effet, pour ce dernier point, un niveau d'eau supérieur à 40 cm rend le prélèvement difficile (irréalisable pour un niveau supérieur à 55 cm).

A la suite des prospections initiales de terrain et de la première campagne d'échantillonnage, il s'est avéré que les secteurs rechargés (Chautagne, Péage-de-Roussillon et Donzère-Mondragon) ne présentaient pas les conditions hydrauliques adéquates pour réaliser les prélèvements (profondeurs trop importantes au droit des sites rechargés). C'est pourquoi les stations étudiées sur ces trois sites ont été positionnées plus en aval, sur le premier seuil qui présentait des conditions propices pour un prélèvement. Elles sont nommées « pavée (aval recharge) » dans le Tableau 1.

Enfin, à la suite de la campagne C1, deux sites ont été ajoutés à cette sélection : Pierre-Bénite (car il s'agit un secteur pavé qui devrait être prochainement rechargé en sédiment) et Baix-le-Logis-Neuf (car ce secteur a été rechargé en novembre 2021). En compensation, deux autres sites, redondants, ont été retirés de cette sélection (Belley et Neyron).

Tableau 1. Sélection des stations étudiées lors des différentes campagnes d'échantillonnage menées dans ce travail

Vieux Rhône	Nbre de stations pour campagne C1	Type de station	Nbre de stations pour campagnes C2 et C3	Type de station
Chautagne	1	Pavée dynamique (aval recharge)	1	Pavée dynamique (aval recharge)
Belley	2	Pavées	1	Pavée
Neyron	2	Dynamiques	1	Dynamique
Pierre-Bénite	0	n.a.	1	Pavée
Péage-de-Roussillon	2	1 pavée et 1 pavée (aval recharge)	2	1 pavée et 1 rechargée
Drôme	1	Dynamique	1	Dynamique
Baix-le-Logis-Neuf	0	n.a.	1	Rechargée
Donzère-Mondragon	2	1 pavée et 1 pavée (aval recharge)	2	1 pavée et 1 pavée (aval recharge)

4. Premiers résultats

4.1 Le Vieux Rhône de Chautagne

4.1.1 Localisation de la station et des prélèvements

Le Vieux Rhône de Chautagne est caractérisé par un chenal faiblement pavé (indice de pavage compris entre 1,87 et 2,21) et par une charge de fond résiduelle et de petite taille (D50 entre 20 et 27 mm ; Parrot, 2015). La station échantillonnée le long de ce Vieux Rhône se trouve à 4 km en aval du barrage de Motz et à 3,3 km en aval de la zone rechargée en sédiments en 2016 (Figure 4). La station se situe en bordure d'un banc végétalisé et sur la partie amont d'un grand radier (Figure 5). Elle est de ce fait caractérisée par des vitesses relativement élevées, en particulier pour la campagne C3 pour laquelle le débit était plus important (Tableau 2).

Tableau 2. Le Vieux Rhône de Chautagne : caractéristiques des stations et conditions hydrologiques lors des prélèvements

Campagne	Débit (m ³ /s)	Forme	n° éch	Positon	H _{eau} (cm)	Vitesse (cm/s)
C1 (7/10/2021)	55	Partie amont de radier	PAv1	Gauche	27	no data
			PAv2	Droit	32	no data
			PAv3	Centre amont	12	no data
C2 (1/12/2021)	52	Partie amont de radier	PAv1	Gauche	24	35
			PAv2	Droit	27	45
			PAv3	Centre amont	19	50
C3 (28/02/2022)	123	Partie amont de radier	PAv1	Gauche	38	80
			PAv2	Droit	41	52
			PAv3	Centre amont	31	75



Figure 4. Le Vieux Rhône de Chautagne : localisation des stations et des prélèvements



Figure 5. Le Vieux Rhône de Chautagne : station PAV lors de la campagne C1 (7/10/2021)

4.1.2 Résultats

Les échantillons prélevés lors trois campagnes peuvent être considérés comme représentatifs de la forme étudiée, dans le sens où ils présentent un rapport entre la masse du plus gros élément et la masse totale de l'échantillon proche de la valeur limite de 5 % définie par Church et al. (1987).

La part de sédiments fins (< 2 mm) est comprise entre 6,4 et 11,6 % (Tableau 3). Elle ne présente pas d'évolution entre les campagnes C1 et C2, période marquée par une absence de crue (Figure 6). En revanche, la part de sédiments fins (< 2 mm) est plus importante pour la campagne C3 (11,6 %), après une période hydrologique caractérisée par une crue décennale et plusieurs petites crues.

Ces premiers résultats ne permettent pas d'identifier un éventuel impact des opérations de gestion sédimentaire APAVER sur la part de sédiment fin dans le lit caillouteux du Vieux Rhône. Ces opérations avaient eu lieu du 17 au 29 mai 2021, soit plus de 4 mois avant la première campagne d'échantillonnage (7/10/2021). En outre, cette période a été marquée par une crue morphogène en juillet 2021, ce qui pourrait avoir favorisé un nettoyage du lit caillouteux.

Tableau 3. Le Vieux Rhône de Chautagne : composition granulométrique des échantillons prélevés lors des campagnes C1 à C3

Campagne	Date	Masse totale (kg)	Masse plus gros élément / masse totale (%)	% > 64 mm	% 64-2 mm	% < 2 mm
C1	07-10-21	18.3	7.9	28.8	63.7	7.6
C2	01-12-21	17.8	5.4	9.4	84.2	6.4
C3	28-02-22	22.0	5.6	19.8	68.6	11.6

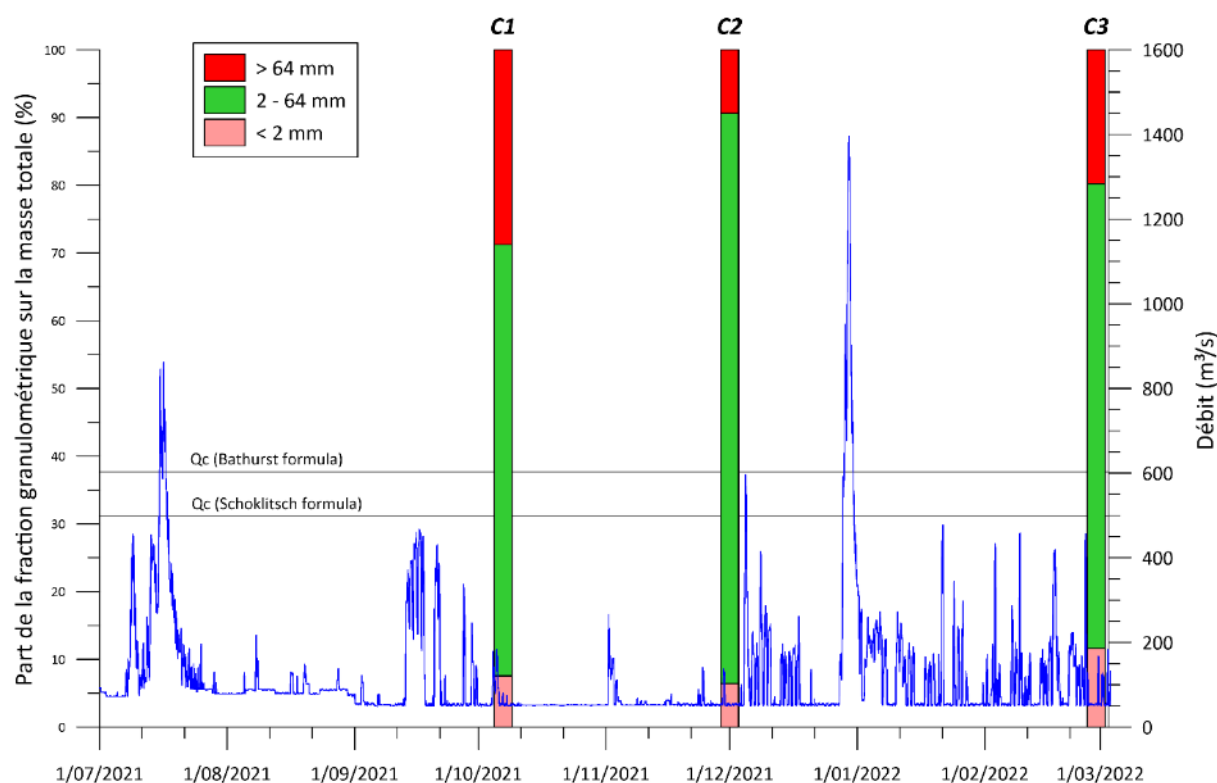


Figure 6. Le Vieux Rhône de Chautagne : hydrogramme et composition granulométrique des échantillons prélevés lors des campagnes C1 à C3. Débits horaires bruts et non validés fournis par la CNR (station limnigraphique du barrage de Motz)

4.2 Le Vieux Rhône de Belley

4.2.1 Localisation des stations et des prélèvements

Le Vieux Rhône de Belley est également caractérisé par un chenal faiblement pavé (indice de pavage compris entre 2,12 et 2,72) et par un lit composé d'éléments de petite taille (D50 : 24 mm ; Parrot, 2015). Les deux stations échantillonnées le long de ce Vieux Rhône se trouvent à 3,2 km (PAm) et 6,5 km (PAv) en aval du barrage de Lavours (Figure 7).

La station amont (PAm) se situe en bordure d'un banc végétalisé et à l'entrée de la Lône Fournier (Figure 8). Cette station n'a été échantillonnée que pour la campagne C1. Elle a été par la suite abandonnée en raison de son faible intérêt (redondance avec la station PAv) et de sa mauvaise accessibilité.

La station aval (PAv) se trouve à l'entrée d'un bras secondaire, plus précisément sur la partie amont du radier situé à l'entrée de ce bras secondaire. Les vitesses sont comprises entre 30 cm/s et 55 cm/s pour des conditions de débit réservé.

Tableau 4. Le Vieux Rhône de Belley : caractéristiques des stations et conditions hydrologiques lors des prélèvements

Station	Campagne	Débit (m ³ /s)	Forme	n° éch	Positon	H _{eau} (cm)	Vitesse (cm/s)
Amont	C1 (24/09/2021)	62	Dépôt latéral immergé	PAm1	Amont	11	no data
				PAm2	Intermédiaire	10	no data
				PAm3	Aval	18	no data
Aval	C1 (24/09/2021)	62	Partie amont de radier	PAv1	Centre amont	27	no data
				PAv2	Gauche	32	no data
				PAv3	Droit	12	no data
Aval	C2 (1/12/2021)	61	Partie amont de radier	PAv1	Gauche	18	30
				PAv2	Milieu	15	35
				PAv3	Droit	13	40
Aval	C3 (28/02/2022)	61	Partie amont de radier	PAv1	Gauche	17	55
				PAv2	Milieu	16	40
				PAv3	Droit	17	30

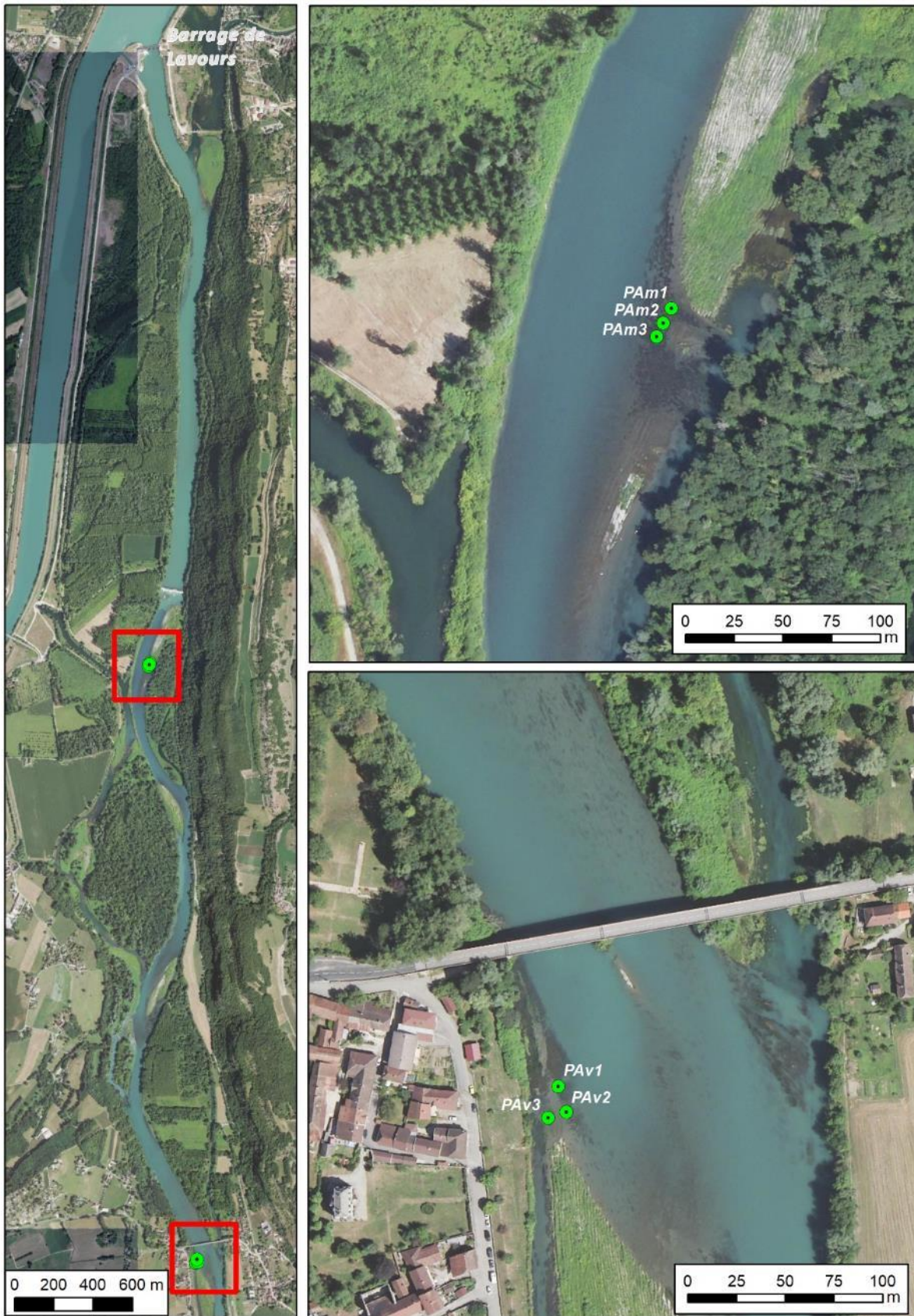


Figure 7. Le Vieux Rhône de Belley : localisation des stations et des prélèvements



Figure 8. Le Vieux Rhône de Belley : station PAm lors de la campagne C1 (24/09/2021 ; haut) et station PAv lors de la campagne C1 (24/09/2021 ; bas)

4.2.2 Résultats

Pour chaque échantillon prélevé dans le Vieux Rhône de Belley, le rapport entre la masse du plus gros élément et la masse totale de l'échantillon est inférieur à 5 %, ce qui signifie que ces échantillons sont représentatifs de la forme échantillonnée (Church et al., 1987 ; Tableau 5). L'examen des courbes granulométriques de ces échantillons montre :

- pour la station aval, une absence d'évolution de la composition granulométrique dans le temps (forte similarité entre les courbes granulométriques C1, C2 et C3), et ce malgré l'occurrence d'une crue de forte intensité entre les campagnes C2 et C3 ;
- une part importante de sédiments fins pour la station aval (fraction < 2 mm comprise entre 18 et 21 %) ;

- une légère différence entre les compositions granulométriques des stations amont et aval pour la campagne C1, la station amont comprenant davantage de particules grossières et moins de sédiments fins que la station aval (Figure 9).

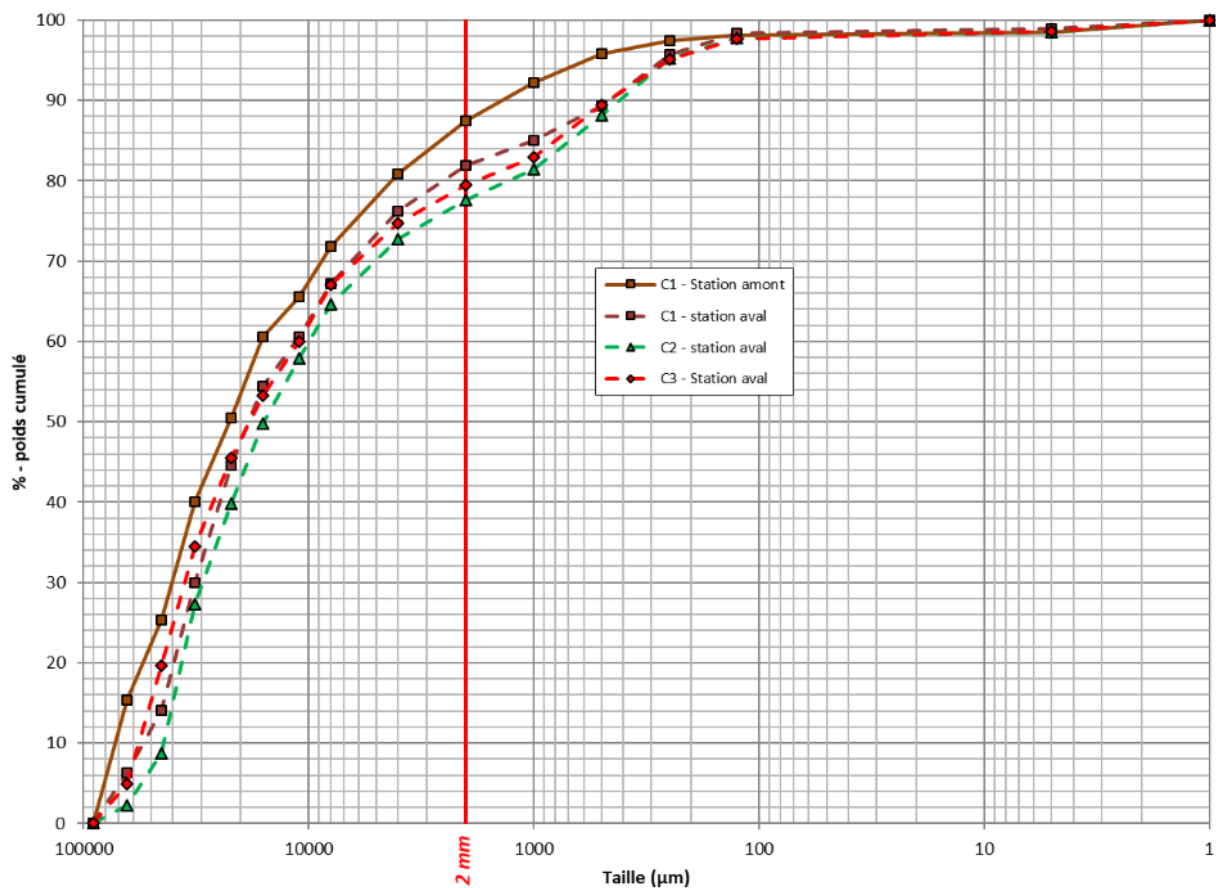


Figure 9. Le Vieux Rhône de Belley : courbes granulométriques des échantillons prélevés lors des campagnes C1 à C3

Tableau 5. Le Vieux Rhône de Belley : composition granulométrique des échantillons prélevés lors des campagnes C1 à C3

Station	Campagne	Date	Masse totale (kg)	Masse plus gros élément / masse totale (%)	% > 64 mm	% 64-2 mm	% < 2 mm
Amont	C1	24-09-21	24.8	no data	15.3	72.2	12.5
Aval	C1	24-09-21	21.2	no data	6.4	75.6	18.1
Aval	C2	01-12-21	22.9	2.2	2.2	75.4	22.4
Aval	C3	28-02-22	23.9	2.5	4.9	74.6	20.5

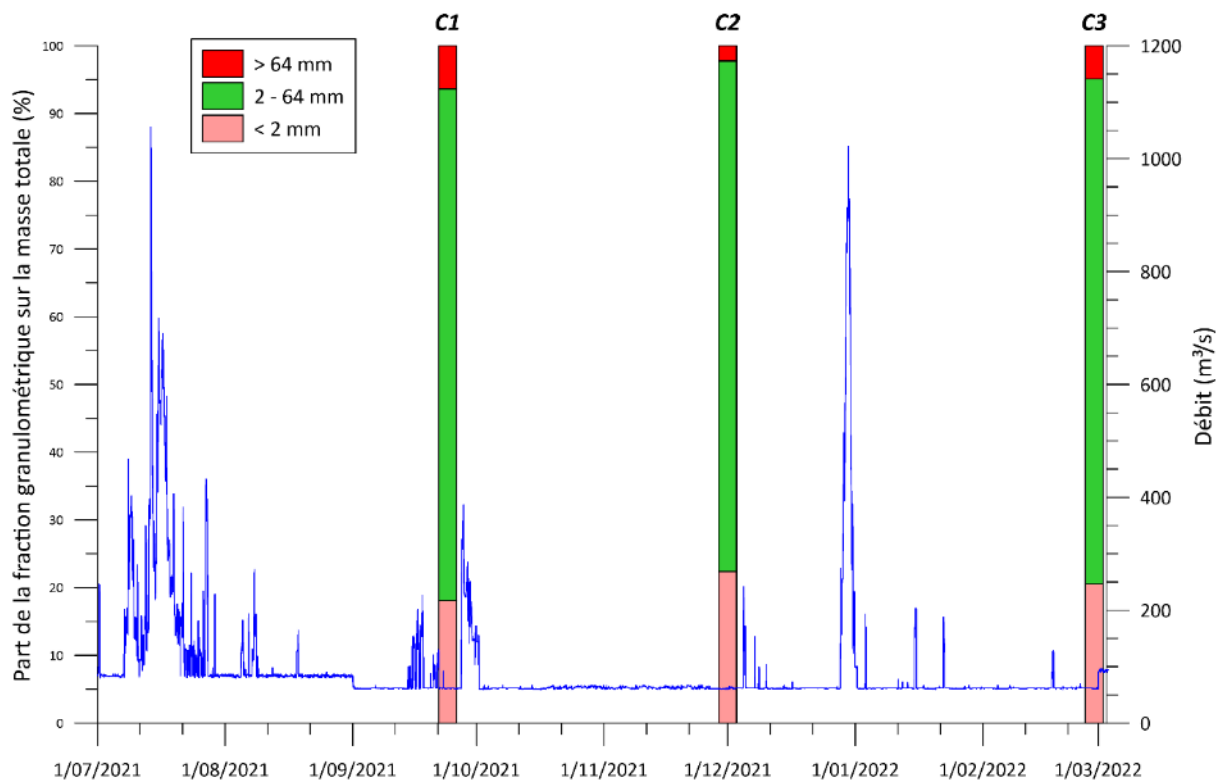


Figure 10. Le Vieux Rhône de Belley : hydrogramme et composition granulométrique des échantillons prélevés lors des campagnes C1 à C3. Débits horaires bruts et non validés fournis par la CNR (station virtuelle dont les débits sont calculés à partir de ceux mesurés aux stations limnigraphiques des barrages de Savières et de Lavours)

4.3 Le Vieux Rhône de Neyron

4.3.1 Localisation des stations et des prélèvements

Les deux stations étudiées se trouvent dans la zone du delta de Neyron, à une distance de 14,1 km (PAm) et 14,6 km (PAv) en aval du barrage de Jons (Figure 11). C'est un secteur à fort enjeu car il contrôle la répartition des débits entre le canal de Miribel, le Vieux Rhône de Neyron et le canal sud (Figure 11). Il participe de ce fait au bon fonctionnement du champ captant de Crépieux-Charmy. Les sédiments du chenal y sont relativement peu grossiers, comme l'indiquent les mesures réalisées en amont dans le canal de Miribel (D50 : 17-25 mm ; indice de pavage compris entre 1,4 et 2,6 ; Parrot, 2015).

Le secteur dans lequel se trouve la station amont (PAm) présente une morphologie qui varie dans le temps en fonction des événements hydrologiques et des travaux du gestionnaire du champ captant. Ce dernier a notamment créé un bras secondaire en rive gauche du chenal principal à l'automne 2021 en curant 8000 m³ de sédiments (A. Perrissin, communication personnelle, le 25/04/2022). Bien que ce bras se soit comblé suite aux crues de décembre 2021/janvier 2022, un prélèvement y a été réalisé durant la campagne C2 (2/12/2021). Du fait de ces changements morphologiques, les prélèvements des trois campagnes ont été réalisés à trois endroits différents (Figure 12).

La station aval (PAv) se trouve, quant à elle, 500 m en aval de la station amont (PAm). Elle couvre la partie amont d'un radier. Elle n'a été échantillonnée que pour la campagne C1. Elle a ensuite été abandonnée en raison de sa redondance avec la station amont et de sa mauvaise accessibilité.

Tableau 6. Le Vieux Rhône de Neyron : caractéristiques des stations et conditions hydrologiques lors des prélèvements

Station	Campagne	Débit (m ³ /s)	Forme	n° éch	Positon	H _{eau} (cm)	Vitesse (cm/s)
Amont	C1 (22/09/2021)	44	Partie amont de radier	PAm1	Gauche	30	no data
				PAm2	Milieu	40	no data
				PAm3	Droit	32	no data
Amont	C2 (2/12/2021)	45	Radier sur chenal secondaire	PAm1	Gauche	16	95
				PAm2	Milieu	15	95
				PAm3	Droit	11	90
Amont	C3 (4/03/2022)	no data	Partie amont de radier	PAm1	Gauche	17	30
				PAm2	Milieu	30	45
				PAm3	Droit	34	40
Aval	C1 (22/09/2021)	43	Partie amont de radier	PAv1	Gauche	29	no data
				PAv2	Milieu	30	no data
				PAv3	Droit	24	no data



Figure 11. Le Vieux Rhône de Neyron : localisation des stations et des prélèvements



Figure 12. Le Vieux Rhône de Neyron : station PAm lors de la campagne C1 (22/09/2021 ; haut), station Pam sur le bras secondaire lors de la campagne C2 (2/12/2021 ; centre) et station PAv lors de la campagne C1 (22/09/2021 ; bas)

4.3.2 Résultats

De manière générale, la part des sédiments fins (< 2 mm) des échantillons est relativement faible et ce, quels que soient la campagne et le lieu de prélèvement (Tableau 7 et Figure 13). C'est l'échantillon de la campagne C2, prélevé dans le bras secondaire recréé, qui présente la valeur la plus faible (0,9 %). On notera également que la part de sédiments grossiers (> 64 mm) est plus importante pour la campagne C3. Enfin, il apparaît que la station aval comporte davantage de sédiments fins que la station amont. Néanmoins, cette part reste faible.

Tableau 7. Le Vieux Rhône de Neyron : composition granulométrique des échantillons prélevés lors des campagnes C1 à C3

Station	Campagne	Date	Masse totale (kg)	Masse plus gros élément / masse totale (%)	% > 64 mm	% 64-2 mm	% < 2 mm
Amont	C1	22-09-21	23.6	no data	5.5	91.7	2.8
Amont	C2	02-12-21	17.7	1.5	0.0	99.1	0.9
Amont	C3	04-03-22	22.6	9.5	18.3	76.3	5.4
Aval	C1	22-09-21	24.1	no data	15.3	77.2	7.4

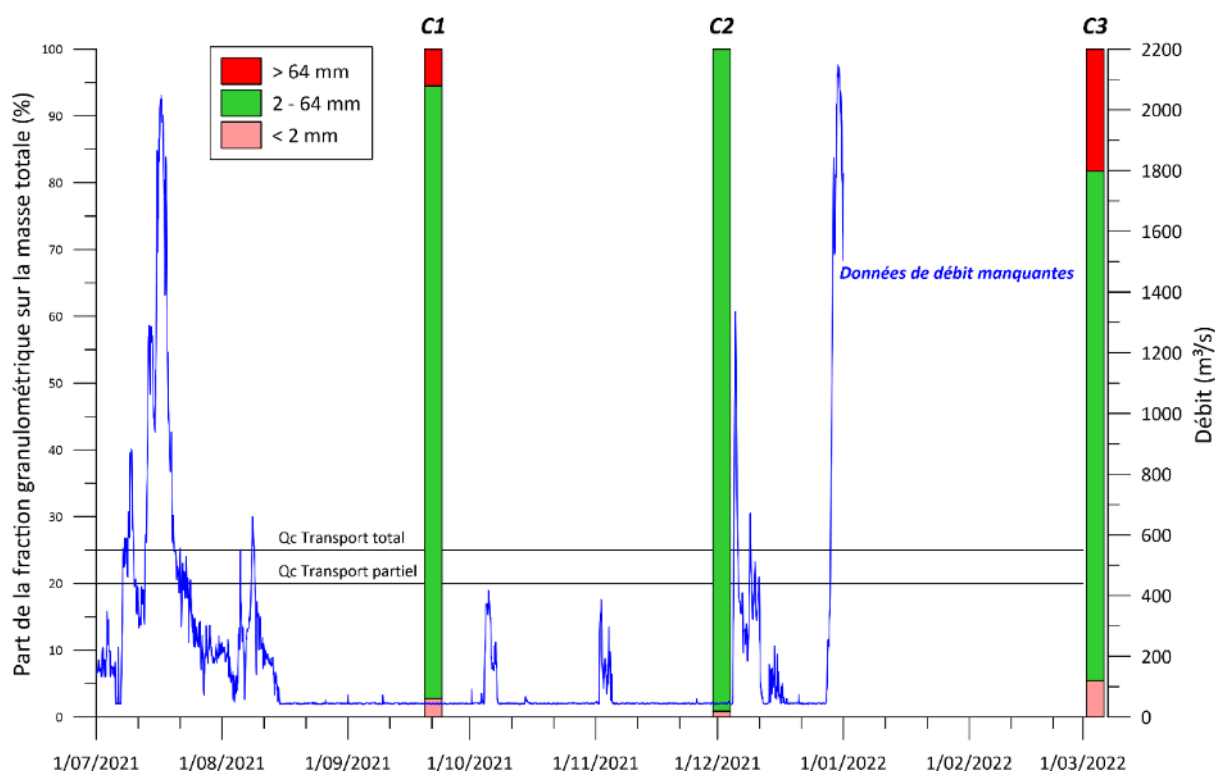


Figure 13. Le Vieux Rhône de Neyron : hydrogramme et composition granulométrique des échantillons prélevés lors des campagnes C1 à C3. Débits horaires bruts et non validés fournis par EDF pour le canal de Miribel (les débits critiques Qc transport total - 440 m³/s - et Qc transport partiel - 550 m³/s - sont les valeurs estimées par Petit et al., 1996)

4.4 Le Vieux Rhône de Pierre-Bénite

4.4.1 Localisation des stations et des prélèvements

Le Vieux Rhône de Pierre-Bénite est caractérisé par un lit composé majoritairement de grosses particules (D50 : 43-55 mm) et un indice de pavage compris entre 4 et 8 (Parrot, 2015). La station échantillonnée, située 5,2 km en aval du barrage de Pierre-Bénite, se trouve sur un dépôt latéral immergé (Figure 15 et Figure 14).

La campagne C1 n'a pas pu avoir lieu sur ce secteur pour des raisons administratives. En revanche, les campagnes C2 et C3 ont été menées pour des conditions hydrologiques différentes (respectivement 110 m³/s et 231 m³/s ; Tableau 8). C'est la raison pour laquelle la position de la station en C3 est légèrement décalée vers la berge par rapport à celle en C2. La station présente pour les deux campagnes des vitesses relativement faibles (entre 5 et 11 cm/s).

Tableau 8. Le Vieux Rhône de Pierre-Bénite : caractéristiques des stations et conditions hydrologiques lors des prélèvements

Campagne	Débit (m ³ /s)	Forme	n° éch	Positon	H _{eau} (cm)	Vitesse (cm/s)
C2 (2/12/2021)	110	Dépôt latéral immergé	1	Gauche	32	10
			2	Milieu	27	9
			3	Droit	14	5
C3 (1/03/2022)	231	Dépôt latéral immergé	1	Gauche	29	10
			2	Milieu	44	11
			3	Droit	40	10



Figure 14. Le Vieux Rhône de Pierre-Bénite : station échantillonnée lors de la campagne C2 (2/12/2021)



Figure 15. Le Vieux Rhône de Pierre-Bénite : localisation de la station et des prélèvements

4.4.2 Résultats

Bien qu'elles ne soient pas réalisées précisément au même endroit, ces deux campagnes montrent, d'une part, un pourcentage élevé de sédiments fins (entre 16 et 22 %) et, d'autre part, un pourcentage de sédiments grossiers (>64 mm) également important (comparé aux autres stations). Ceci est lié à la présence de grosses particules dans les échantillons, comme l'indique le rapport entre la masse du plus gros élément et la masse totale de l'échantillon (entre 8 et 13 % ; Tableau 9).

Tableau 9. Le Vieux Rhône de Pierre-Bénite : composition granulométrique des échantillons prélevés lors des campagnes C2 à C3

Campagne	Date	Masse totale (kg)	Masse plus gros élément / masse totale (%)	% > 64 mm	% 64-2 mm	% < 2 mm
C2	02-12-21	21.7	12.8	24.2	60.0	15.7
C3	01-03-22	18.4	8.1	20.2	58.1	21.7

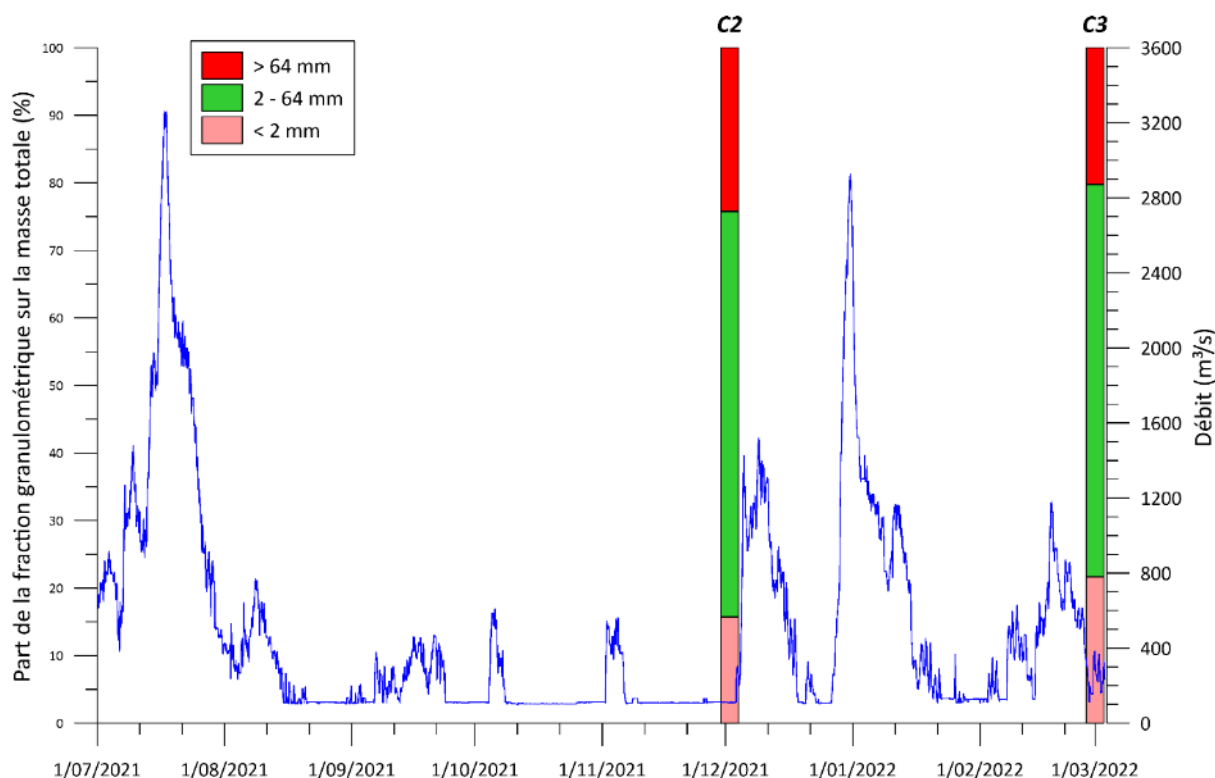


Figure 16. Le Vieux Rhône de Pierre-Bénite : hydrogramme et composition granulométrique des échantillons prélevés lors des campagnes C2 à C3. Débits horaires bruts et non validés fournis par la CNR (station limnigraphique du barrage de Pierre-Bénite)

4.5 Le Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon

4.5.1 Localisation des stations et des prélèvements

Les deux stations échantillonnées le long du Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon se trouvent à 3,8 km (PAm) et 9,7 km (PAv) en aval du barrage de Saint-Pierre-de-Bœuf (Figure 17). Elles se trouvent sur de secteurs relativement contrastés en termes de granulométrie. Le secteur sur lequel se trouve la station amont (Pam) possède un chenal composé de particules relativement grossières (D50 : 51 mm) et présente un pavage prononcé (indice de pavage de 5,43 ; Parrot, 2015). En revanche, le secteur où se trouve la station aval (PAm) possède une granulométrie moins grossière (D50 : 26 mm ; indice de pavage de 2,14 ; Parrot, 2015).

Dans le cadre des travaux de restauration écologique (démantèlement des casiers) menés en entre décembre 2016 et mars 2017, une recharge sédimentaire a été réalisée 1,2 km en aval du barrage de Saint-Pierre-de-Bœuf. La station aval se trouve trop loin (7,5 km) du site de recharge pour posséder des éléments injectés en son sein. En revanche, la station amont se situe à 2,6 km du site de recharge et pourrait de ce fait présenter des éléments issus de cette recharge. Ces éléments devraient toutefois représenter une quantité limitée compte tenu des vitesses de transport sédimentaire et de la distance considérée (Vázquez Tarrío et al., 2021).

Il est important de noter que les prélèvements pour la station amont ont été réalisés dans des formes fluviales distinctes selon les différentes campagnes et les conditions hydrologiques

(valeurs de débit réservé variables dans le temps). Ainsi, les prélèvements ont été effectués, d'une part, en bordure de banc le long du chenal pavé pour la campagne C1 (station pavée ; Figure 18 haut) et, d'autre part, sur la partie amont du seuil situé à l'entrée du bras secondaire du secteur restauré (démantèlement des casiers) pour les campagnes C2 et C3 (station marge ; Figure 18 centre). Les conditions de vitesses sont assez contrastées pour ces deux dernières campagnes en raison de la différence de débits lors des relevés (Tableau 10).

Quant à la station aval, elle se trouve 250 m en aval d'un seuil. Elle est localisée sur un bras du Vieux Rhône délimité par un îlot et la berge de la rive gauche. Elle comprend un banc médian en son centre (Figure 18). La granulométrie y est plus fine (comme l'indiquait Parrot, 2015) et semble présenter une certaine dynamique (sédiment localement exempt de biofilm témoignant d'une mobilité récente). Les vitesses y sont relativement élevées (Tableau 10).

Tableau 10. Le Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon : caractéristiques des stations et conditions hydrologiques lors des prélèvements

Station	Campagne	Débit (m ³ /s)	Forme	n° éch	Positon	H _{eau} (cm)	Vitesse (cm/s)
Amont (pavée)	C1 (15/10/2021)	68	Chenal pavé (bordure de banc)	PAm1	Aval	39	no data
				PAm2	Intermédiaire	52	no data
				PAm3	Amont	50	no data
Amont (marge)	C2 (3/12/2021)	71	Partie amont de radier (peu d'eau)	PAm1	Amont	24	2
				PAm2	Intermédiaire	21	2
				PAm3	Aval	20	2
Amont (marge)	C3 (1/03/2022)	121	Partie amont de radier	PAm1	Aval	10	69
				PAm2	Intermédiaire	24	97
				PAm3	Amont	20	67
Aval	C1 (15/10/2021)	70	Partie amont de radier	PAv1	Droit	18	no data
				PAv2	Milieu	12	no data
				PAv3	Gauche	37	no data
Aval	C2 (3/12/2021)	71	Partie amont de radier	PAv1	Gauche	24	30
				PAv2	Milieu	25	52
				PAv3	Droit	19	39

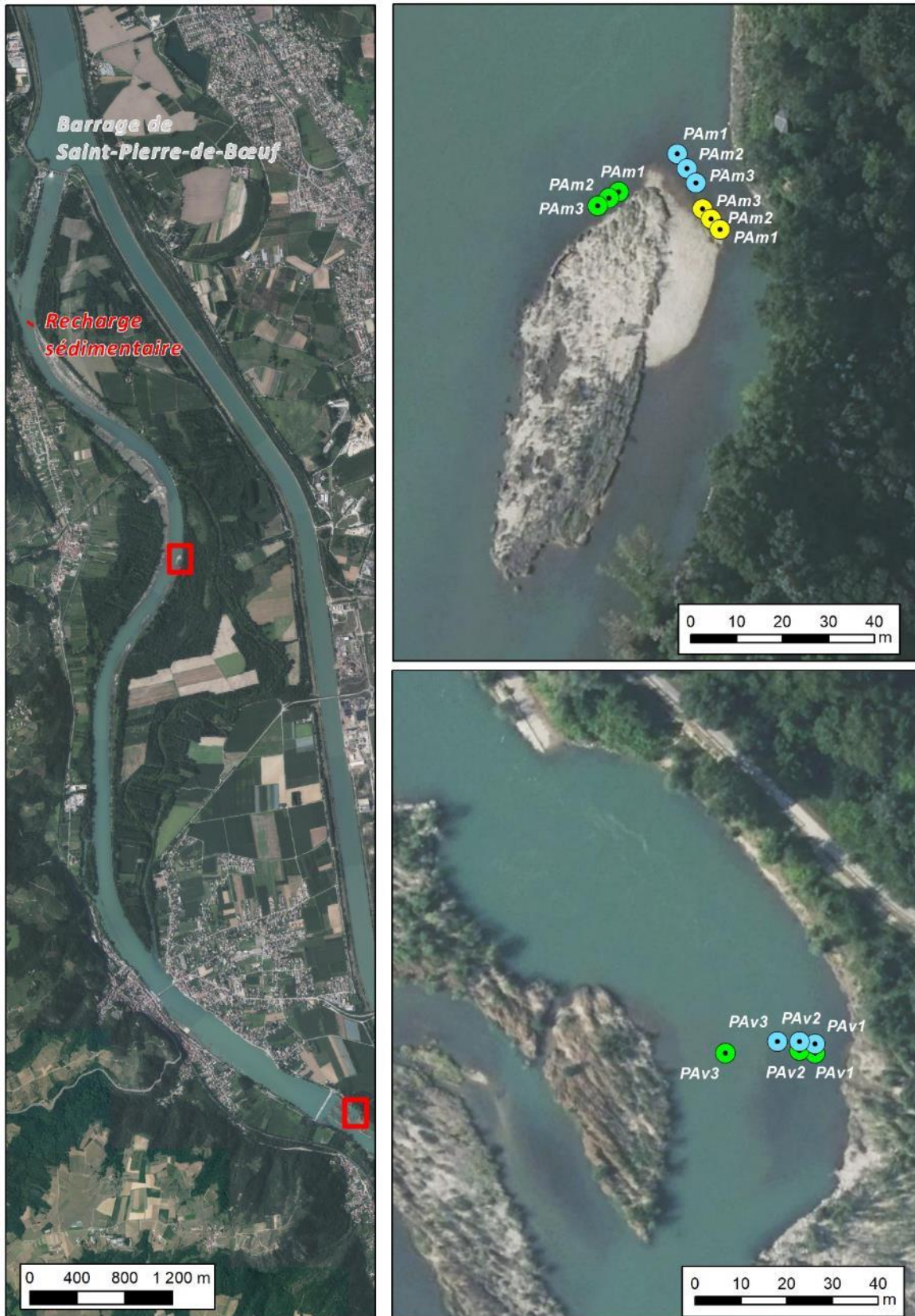


Figure 17. Le Vieux Rhône de Pège-de-Roussillon : localisation des stations et des prélèvements

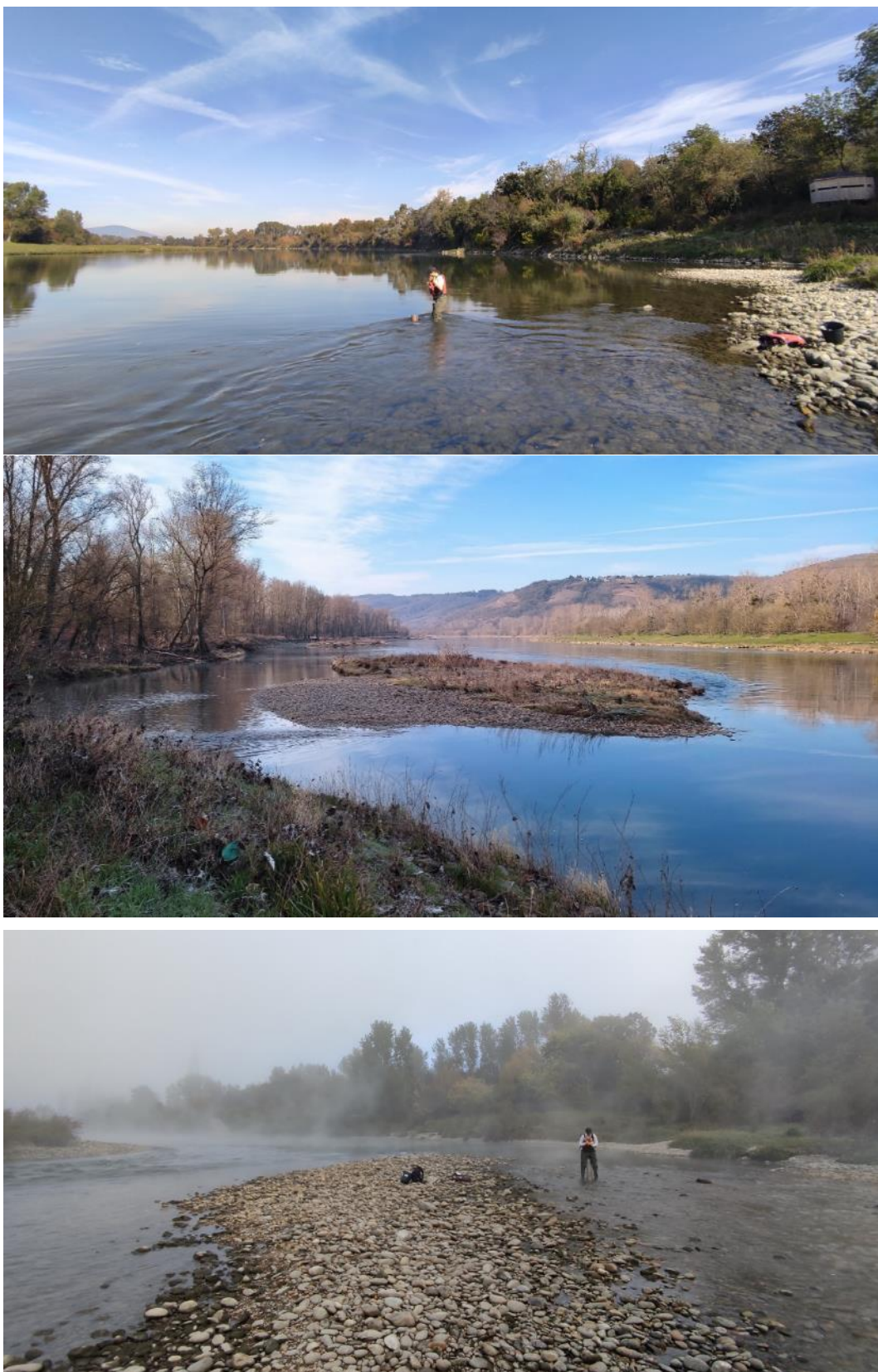


Figure 18. Le Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon : station PAm lors de la campagne C1 (15/10/2021 ; haut), station PAm lors de la campagne C3 (1/03/2022 ; centre) et station PAv lors de la campagne C1 (15/10/2021 ; bas)

4.5.2 Résultats

Dans l'ensemble, la part de sédiments fins des échantillons n'est pas très élevée (entre 6,5 et 9,1 %) et présente peu d'évolution. C'est la station amont « marge » qui présente les valeurs les plus élevées, bien que la différence soit minime.

Ces valeurs moyennes cachent toutefois des disparités locales qui ne peuvent pas être mises en évidence par la méthode utilisée. En effet, les graviers de la station amont « marge » contiennent peu de sédiments fins en surface et sur les 10-15 premiers centimètres de la subsurface. Au-delà de cette profondeur, se trouve une couche plus compacte, beaucoup plus riche en sédiments fins, qui pourrait correspondre à un remplissage initial du casier démantelé. Quoi qu'il en soit, la part de sédiment fin échantillonnée correspond à un mélange de ces deux couches.

Pour le reste, on notera la part importante de sédiments grossiers dans les secteurs pavés, tant pour la station amont que la station aval.

Tableau 11. Le Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon : composition granulométrique des échantillons prélevés lors des campagnes C1 à C3

Station	Campagne	Date	Masse totale (kg)	Masse plus gros élément / masse totale (%)	% > 64 mm	% 64-2 mm	% < 2 mm
Amont (pavé)	C1	15-10-21	14.5	6.7	39.3	54.2	6.5
Amont (marge)	C2	03-12-21	20.8	5.5	14.8	77.1	8.2
Amont (marge)	C3	01-03-22	20.6	2.7	9.8	81.1	9.1
Aval	C1	15-10-21	22.0	4.5	30.1	61.9	7.9
Aval	C2	03-12-21	27.8	8.6	52.1	41.1	6.8

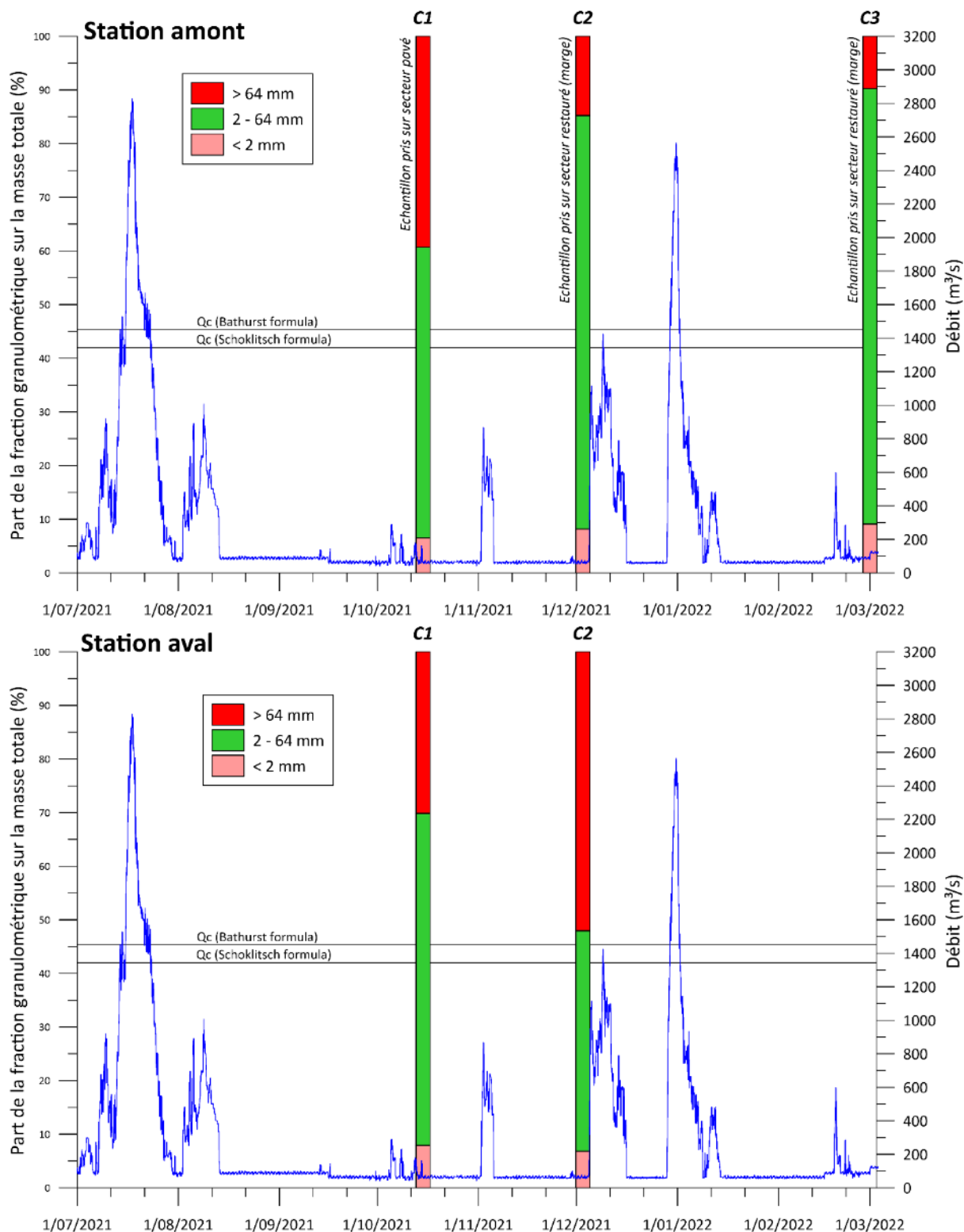


Figure 19. Le Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon : hydrogramme et composition granulométrique des échantillons prélevés lors des campagnes C1 à C3. Débits horaires bruts et non validés fournis par la CNR (station limnigraphique du barrage de Saint-Pierre-de-Bœuf)

4.6 La Drôme à Livron-sur-Drôme

4.6.1 Localisation des stations et des prélèvements

La station échantillonnée sur la Drôme à Livron-sur-Drôme est localisée environ 2 km en amont de la confluence avec le Rhône et 300 m en aval du seuil CNR de Livron (Figure 22). Elle se trouve sur un secteur caractérisé par de multiples bras et une charge sédimentaire abondante qui semble *a priori* comporter peu de sédiments fins. C'est pourquoi elle a été sélectionnée comme station de référence pour le Bas-Rhône du point de vue de son colmatage. Seules les campagnes C1 et C3 ont pu y être menées à bien. Le débit, trop élevé lors de la campagne C2 (décembre 2021), n'a pas permis de faire de prélèvements (Tableau 12).

Les mesures ont été réalisées sur le bras principal (le plus large) sur lequel les 3 échantillons ont été positionnés de manière équidistante le long d'un profil en travers. Les vitesses y sont relativement élevées (Tableau 12).

Tableau 12. La Drôme à Livron-sur-Drôme : caractéristiques de la station et conditions hydrologiques lors des prélèvements

Campagne	Débit (m ³ /s)	Forme	n° éch	Positon	H _{eau} (cm)	Vitesse (cm/s)
C1 (29/10/2021)	4,2	Radier sur chenal principal	1	Gauche	17	no data
			2	Milieu	20	no data
			3	Droit	29	no data
C3 (2/03/2022)	11	Radier sur chenal principal	1	Gauche	33	83
			2	Milieu	14	69
			3	Droit	18	no data



Figure 20. Le Vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf et la Drôme à Livron-sur-Drôme : localisation des stations



Figure 21. La Drôme à Livron-sur-Drôme : station étudiée lors de la campagne C1 (29/10/2021)

4.6.2 Résultats

Comme pour les stations de référence de Neyron, la station échantillonnée sur la Drôme présente une part de sédiments fins (< 2 mm) relativement faible (entre 2 et 5 % ; Tableau 13 et Figure 22). On notera également une diminution de ce pourcentage dans le temps. Comparé aux stations du Bas-Rhône où les fractions fines sont dominées par des sables grossiers, la fraction fine est ici majoritairement composée d'éléments plus fins (< 500 μm).

Tableau 13. La Drôme à Livron-sur-Drôme : composition granulométrique des échantillons prélevés lors des campagnes C1 à C3

Campagne	Date	Masse totale (kg)	Masse plus gros élément / masse totale (%)	% > 64 mm	% 64-2 mm	% < 2 mm
C1	29-10-21	21.4	5.2	17.0	78.2	4.8
C3	02-03-22	17.9	2.8	2.8	95.6	1.6

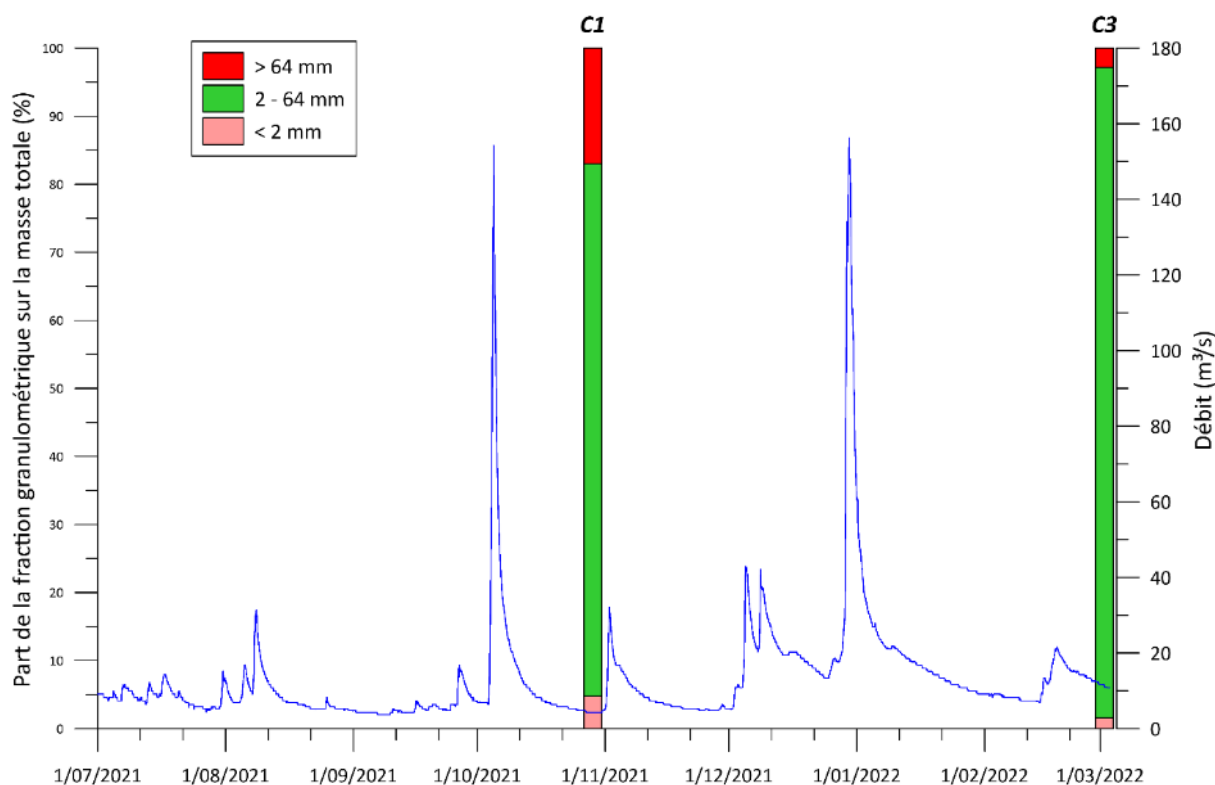


Figure 22. La Drôme à Livron-sur-Drôme : hydrogramme et composition granulométrique des échantillons prélevés lors des campagnes C1 à C3. Débits horaires bruts et non validés fournis par la CNR (station limnigraphique de Livron-sur-Drôme)

4.7 Le Vieux Rhône de Baix-le-Logis-Neuf

4.7.1 Localisation des stations et des prélèvements

La station échantillonnée sur le Vieux Rhône de Baix-le-Logis-Neuf se trouve à 1 km en aval du barrage du Pouzin, ce dernier étant situé 4 km en aval de la confluence avec la Drôme (Figure 20). La station se trouve sur le secteur qui a été rechargé en sédiment (12000 m³) en novembre 2021. Elle est localisée sur la partie amont d'un radier, en bordure d'un grand banc latéral (Figure 23). Compte tenu des profondeurs trop importantes au droit de la zone de recharge, les mesures ont été réalisées à proximité immédiate de ce banc (3-4 m) dans une zone de moindre profondeur.

Tableau 14. Le Vieux Rhône de Baix-le-Logis-Neuf : caractéristiques de la station et conditions hydrologiques lors des prélèvements

Campagne	Débit (m ³ /s)	Forme	n° éch	Positon	H _{eau} (cm)	Vitesse (cm/s)
C2 (21/12/2021)	82	Partie amont de radier	1	Amont	36	70
			2	Intermédiaire	41	67
			3	Aval	42	92
C3 (2/03/2022)	73	Partie amont de radier	1	Amont	32	33
			2	Intermédiaire	41	25
			3	Aval	30	55



Figure 23. Le Vieux Rhône de Baix-le-Logis-Neuf : station étudiée lors de la campagne C2 (21/12/2021)

4.7.2 Résultats

Bien qu'aucun prélèvement n'ait été réalisé pour la campagne C1, nous disposons néanmoins des données issues d'une granulométrie réalisée par la CNR, sur un échantillon prélevé dans les sédiments à injecter (avant la recharge). Cet échantillon, nommé C0, possède 10,6 % de fines. La part de fines a ensuite diminué après une période marquée par une petite crue (7,5 % de sédiments fins pour la campagne C2). Elle a finalement réaugmenté (12,8 %) à la suite d'une période comprenant une crue plus importante ($T \sim 5$ ans). Il est également intéressant de noter que la part de sédiments grossiers (>64 mm) est plus importante pour les échantillons des campagnes C2 et C3 que pour celui avant injection (C0). Ceci résulte probablement du mélange des matériaux injectés avec les sédiments originaux du chenal (lit pavé composé de particules grossières).

Tableau 15. Le Vieux Rhône de Baix-le-Logis-Neuf : composition granulométrique des échantillons prélevés lors des campagnes C0 à C3

Campagne	Date	Masse totale (kg)	Masse plus gros élément / masse totale (%)	% > 64 mm	% 64-2 mm	% < 2 mm
C0 (CNR)	27-10-21	29.2	no data	11.9	77.5	10.6
C2	21-12-21	20.7	9.4	35.2	57.3	7.5
C3	02-03-22	20.4	13.7	22.3	64.9	12.8

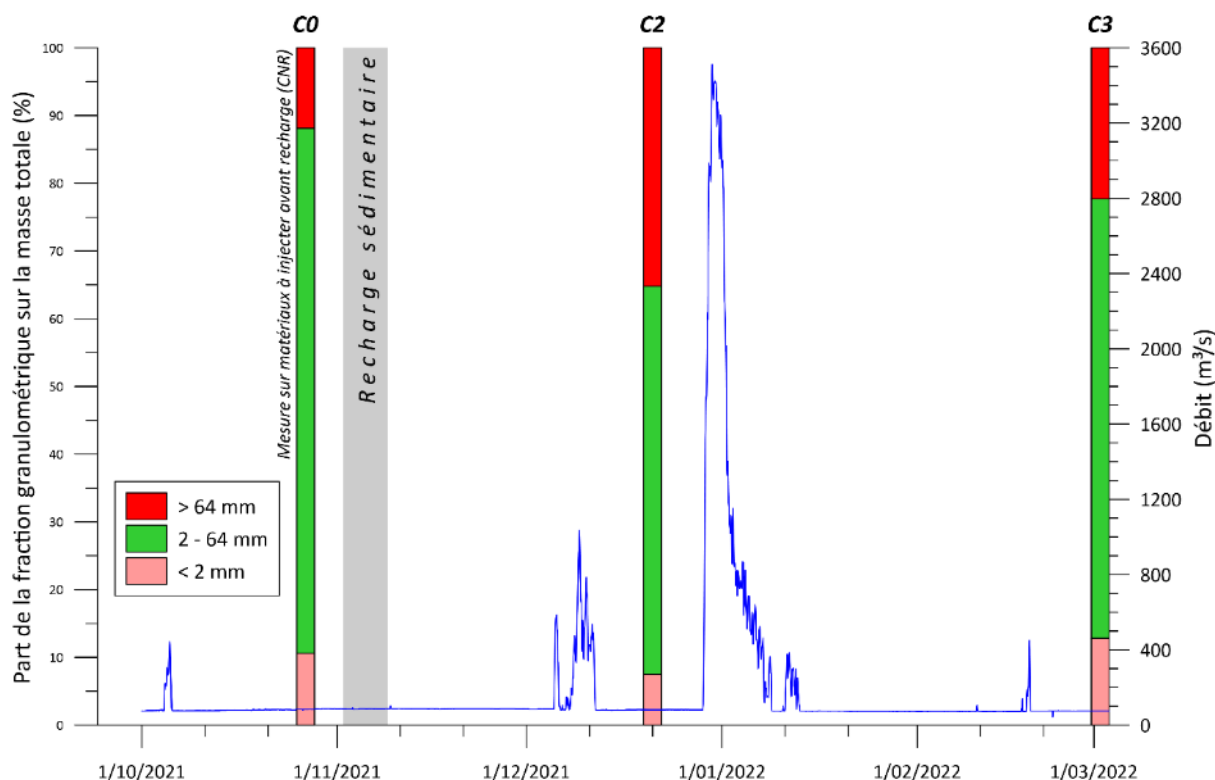


Figure 24. Le Vieux Rhône de Baix-le-Logis-Neuf : hydrogramme et composition granulométrique des échantillons prélevés lors des campagnes C1 à C3. Débits horaires bruts et non validés fournis par la CNR (station limnographique du barrage du Pouzin)

4.8 Le Vieux Rhône de Donzère-Mondragon

4.8.1 Localisation des stations et des prélèvements

Tout comme le secteur de Pierre-Bénite, le secteur de Donzère-Mondragon est caractérisé par la présence de sédiments grossiers (D50 : 47-52 mm) et un lit pavé (indice de pavage compris entre 4 et 5 ; Parrot, 2015). Les deux stations échantillonnées le long de ce Vieux Rhône se trouvent à 5 km (PAm) et 14,6 km (PAv) en aval du barrage de Donzère (Figure 25). Elles sont distantes de respectivement 1 km et 10,6 km de la zone de recharge sédimentaire qui avait été réalisée en janvier 2019.

La station amont (PAm) se situe dans la partie amont d'un radier, en bordure d'un grand banc (légèrement en aval de l'entrée de la Lône des Dames). Elle est caractérisée par des vitesses modérées, comprises entre 18 et 52 cm/s.

La station aval (PAv) présente une configuration similaire, bien que le rétrécissement du lit mouillé (pour le Qr) au droit du banc soit plus prononcé (ce qui n'est pas visible sur l'orthoimage de la Figure 25 qui montre une situation de hautes eaux). Pour les campagnes C1 et C2, les mesures ont été réalisées en bordure du banc. C'est pourquoi les vitesses y sont relativement faibles. Par contre, les mesures de la campagne C3 ont été effectuées à une plus grande distance du banc, dans une zone de plus fort écoulement (vitesses comprises entre 75 et 160 cm/s).

Tableau 16. Le Vieux Rhône de Donzère-Mondragon : caractéristiques des stations et conditions hydrologiques lors des prélèvements

Station	Campagne	Débit (m ³ /s)	Forme	n° éch	Positon	H _{eau} (cm)	Vitesse (cm/s)
Amont	C1 (28/10/2021)	77	Partie amont de radier	PAm1	Amont	33	no data
				PAm2	Intermédiaire	30	no data
				PAm3	Aval	36	no data
Amont	C2 (21/12/2021)	82	Partie amont de radier	PAm1	Amont	32	18
				PAm2	Intermédiaire	22	27
				PAm3	Aval	38	52
Amont	C3 (2/03/2022)	81	Partie amont de radier	PAm1	Amont	35	45
				PAm2	Intermédiaire	34	32
				PAm3	Aval	26	25
Aval	C1 (28/10/2021)	77	Partie amont de radier	PAv1	Amont	15	no data
				PAv2	Intermédiaire	26	no data
				PAv3	Aval	34	no data
Aval	C2 (21/12/2021)	82	Partie amont de radier	PAv1	Amont	15	14
				PAv2	Intermédiaire	19	18
				PAv3	Aval	22	34
Aval	C3 (2/03/2022)	81	Partie amont de radier	PAv1	Amont	27	75
				PAv2	Intermédiaire	27	160
				PAv3	Aval	27	125

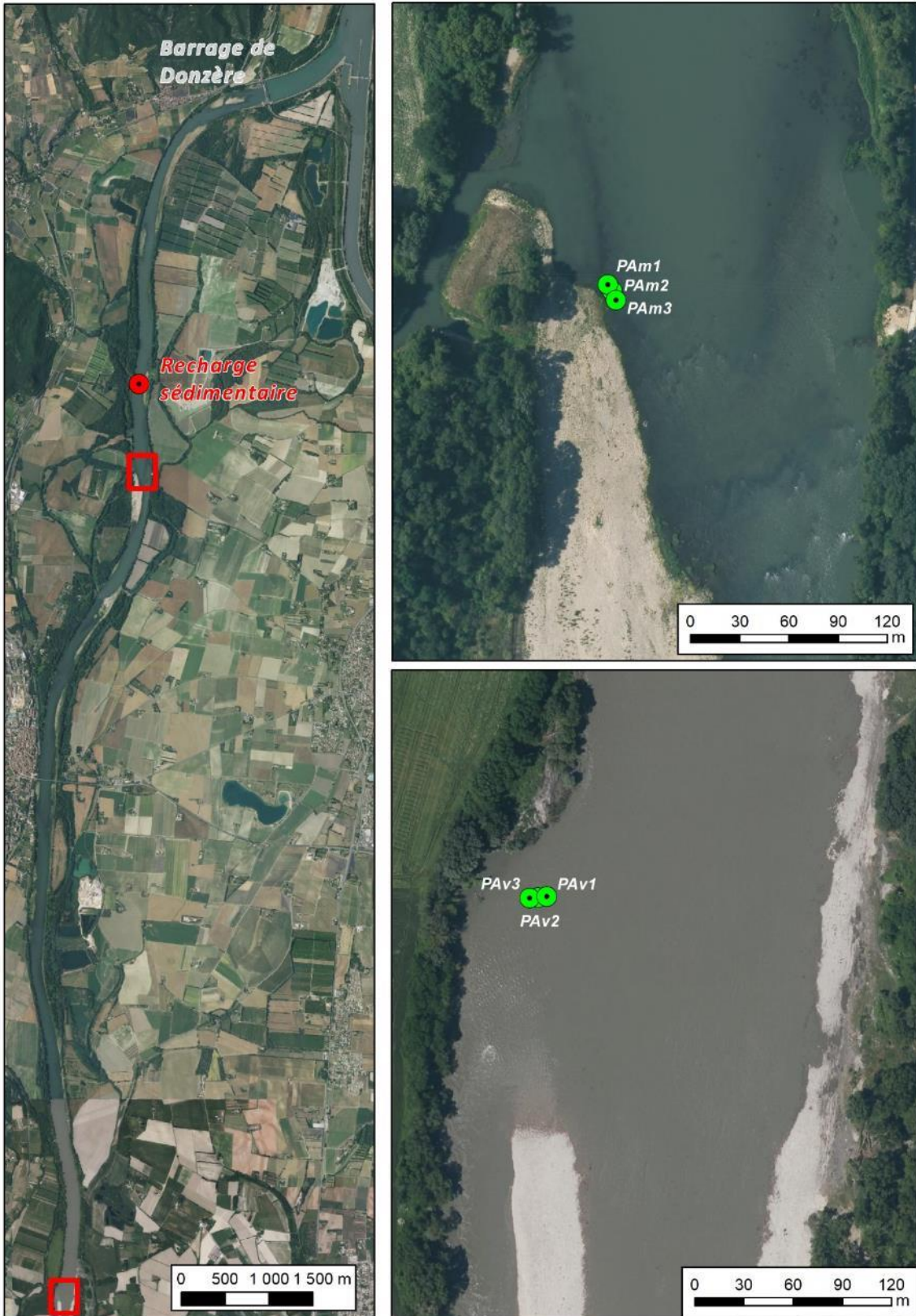


Figure 25. Le Vieux Rhône de Donzère-Mondragon : localisation des stations et des prélèvements



Figure 26. Le Vieux Rhône de Donzère-Mondragon : station amont (au-dessus) et aval (en-dessous) étudiée lors de la campagne C1 (28-29/10/2021)

4.8.2 Résultats

La comparaison des deux stations montre que la station aval est moins colmatée que la station amont, avec une part de sédiments fins comprise entre 1,9 et 4,4 % (entre 7,6 et 12,9 % pour la station amont). Aussi, la part des sédiments grossiers (>64 mm) est largement représentée (entre 15 et 40 %), ce qui semble assez conforme aux observations de Parrot (2015).

Pour les deux stations, on note une légère tendance à la diminution de la part de sédiments fins (> 2 mm) avec le temps et ce, malgré l'occurrence de crues morphogènes durant les périodes étudiées.

Tableau 17. Le Vieux Rhône de Donzère-Mondragon : composition granulométrique des échantillons prélevés lors des campagnes C1 à C3

Station	Campagne	Date	Masse totale (kg)	Masse plus gros élément / masse totale (%)	% > 64 mm	% 64-2 mm	% < 2 mm
Amont	C1	28-10-21	20.5	4.5	27.2	59.9	12.9
Amont	C2	21-12-21	25.5	6.8	39.9	51.8	8.3
Amont	C3	02-03-22	19.9	9.5	39.1	53.3	7.6
Aval	C1	28-10-21	23.1	5.7	36.7	58.9	4.4
Aval	C2	21-12-21	18.3	16.2	35.0	61.1	3.9
Aval	C3	02-03-22	21.3	3.9	14.5	83.6	1.9

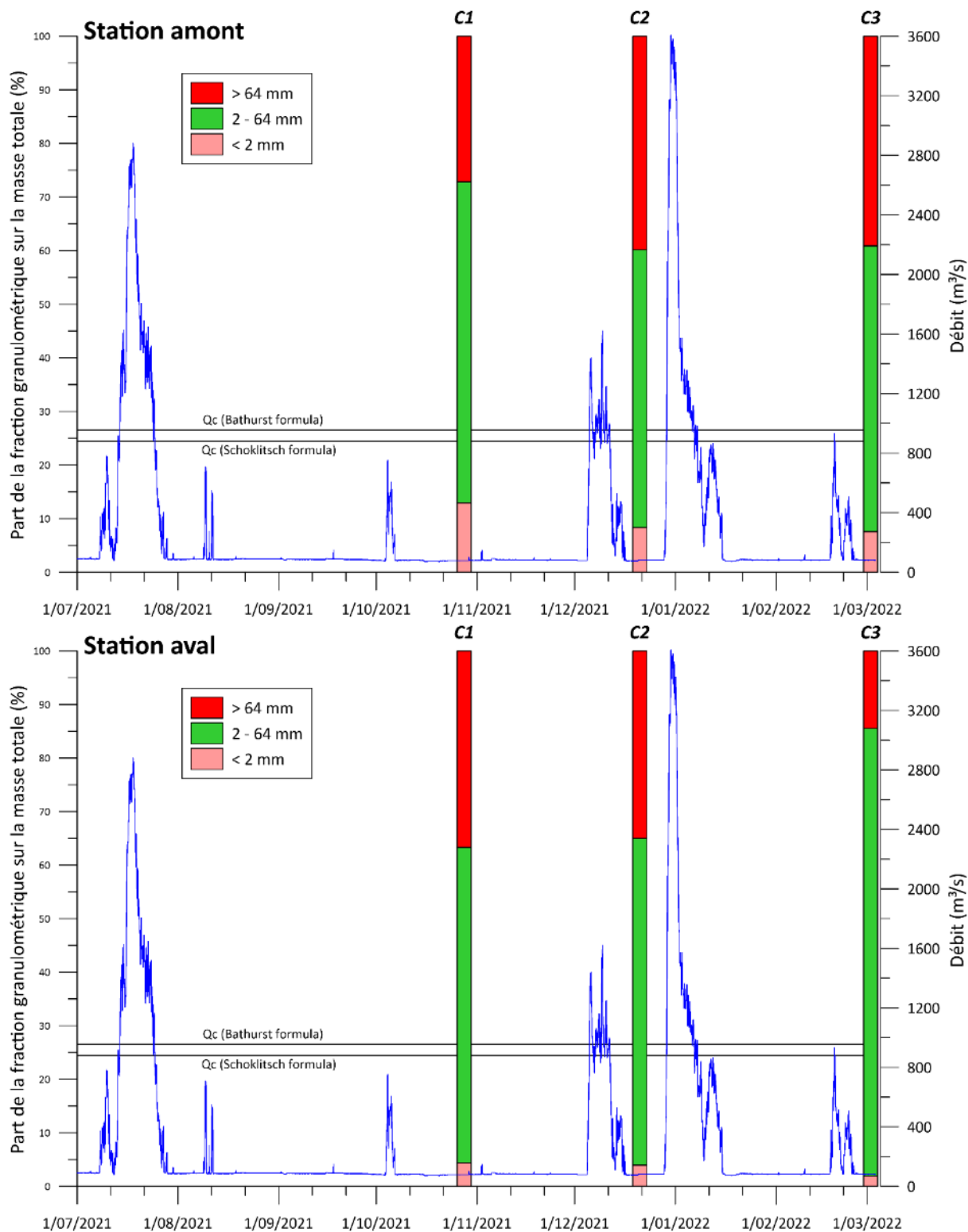


Figure 27. Le Vieux Rhône de Donzère-Mondragon : hydrogramme et composition granulométrique des échantillons prélevés lors des campagnes C1 à C3. Débits horaires bruts et non validés fournis par la CNR (station limnigraphique de Bourg-Saint-Andéol)

5. Éléments de synthèse et perspectives

D'une manière générale, la part de sédiments fins (< 2 mm) mesurée dans les échantillons prélevés dans le cadre de ce travail, toutes stations et toutes campagnes confondues, est comprise entre 1 % et 22 %. Ce pourcentage de fines peut être mis en relation avec la porosité du substrat, cette dernière exerçant un contrôle sur l'importance des courants interstitiels. Maridet et al. (1992, 1995) ont ainsi montré que plus de 30 % de sédiments fins par rapport au volume total de sédiment induit une porosité quasiment nulle. Elle est limitée à quelques pourcents lorsque les fines représentent 20 à 30 %. Parmi les stations étudiées dans ce travail, seules les stations pavées de Belley et de Pierre-Bénite dépassent le seuil de 20 % de fines (Figure 28). Les autres stations possèdent un pourcentage de sédiments fins inférieur à cette valeur seuil.

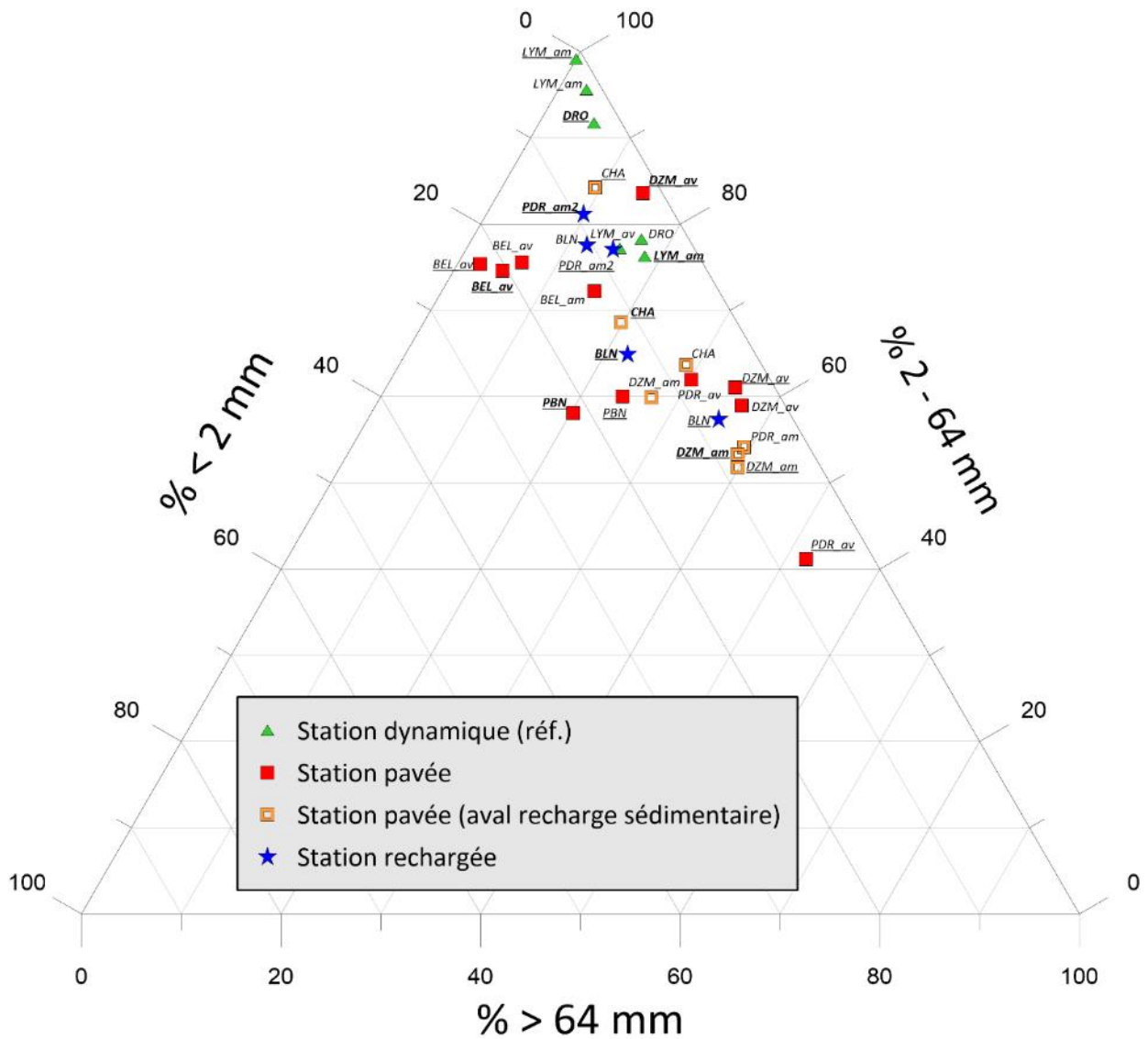


Figure 28. Synthèse granulométrique des 3 campagnes d'échantillonnage (campagne C1 en italique ; campagne C2 en italique souligné ; campagne C3 en italique gras souligné)

L'organisation des stations sur le diagramme ternaire (Figure 28) confirme que les stations de référence (Vieux Rhône de Neyron et Drôme) possèdent bien les pourcentages de sédiments fins les plus faibles (entre 1 et 7 %). La station de Donzère aval, qui fait pourtant partie des stations pavées, possède également un pourcentage de fines très faible, inférieur à 5 %. Il en est de même, dans une moindre mesure, pour la station pavée de Péage-de-Roussillon aval (part de sédiments fins < 10 %). Comme évoqué ci-dessus, les autres stations pavées, Belley et Pierre-Bénite, dépassent le seuil de 20 % de sédiments fins.

En ce qui concerne les stations situées en aval des recharges sédimentaires, elles comportent entre 6 et 13 % de sédiments fins. De plus, elles montrent peu d'évolution sur la période étudiée, et ce malgré l'occurrence de crues morphogènes.

Au niveau géographique, il n'est pas possible à ce stade de régionaliser les stations du point de vue de leur colmatage. Il n'apparaît pas une différence régionale nette entre les stations du Haut-Rhône et celles du Bas Rhône. Cette absence de régionalisation pourrait être en partie attribuée aux conditions hydro-sédimentaires locales des stations de prélèvement. Malgré notre souci d'échantillonner systématiquement les formes identiques (les radiers), une variabilité locale de ces conditions n'est pas exclue. Elle se marque notamment au travers des vitesses, qui présentent une certaine variabilité entre les stations étudiées. Une analyse plus approfondie des paramètres hydro-sédimentaires (vitesse, profondeur, granulométrie de surface et de subsurface, indice de pavage, historique des crues, etc.) en lien avec les résultats granulométriques permettrait sans doute de déterminer la nature et le poids des différentes variables qui contrôlent le colmatage.

Du point de vue méthodologique, l'échantillonneur Mc Neil présente le biais potentiel de sous-échantillonnage des sédiments fins en raison de la perturbation des fines interstitielles pendant l'enfoncement du cylindre (Young et al., 1991). De plus, les sédiments fins plus grossiers (i.e. les sables) pourraient être susceptibles de s'infiltrer plus profondément dans la sous-couche durant l'enfoncement du cylindre. Pour essayer de quantifier ces biais potentiels, des mesures granulométriques utilisant différentes méthodes (cylindre Mc Neil et granulométrie de surface/subsurface sur banc émergé) ont été menées sur le site test de Neyron (station amont). La comparaison des résultats issus de ces mesures permettra de mieux appréhender le biais potentiel du sous-échantillonnage des fines avec le cylindre Mc Neil. Quoiqu'il en soit, la comparaison des concentrations de sédiments fins déterminée par cette technique reste pertinente du moment que le protocole d'échantillonnage reste identique pour chaque prélèvement et que l'opérateur soit le même.

Les prochaines campagnes de colmatage prévues sur les deux années à venir permettront d'étoffer ce jeu de données et d'éventuellement déterminer des tendances régionales. L'évolution du degré de colmatage dans le temps sera également analysée en tenant compte des événements hydrologiques (épisodes de crues et d'étiage) et d'intervention dans le lit (chasses, recharges...). Il sera notamment intéressant de voir la réaction des stations pavées à l'aval des recharges sédimentaires dans les prochaines années.

6. Bibliographie

- Acornley R.M., Sear D.A. (1999). Sediment transport and siltation of brown trout (*Salmo trutta* L.) spawning gravels in chalk streams. *Hydrological Processes*, 13(3), 447-458.
- Bunte K. (2004). *Gravel mitigation and augmentation below hydroelectric dams: a geomorphological perspective*. State of the Science Review.
- Bunte K., Abt S. (2001). *Sampling surface and subsurface particle-size distributions in wadable gravel- and cobble-bed streams for analyses in sediment transport, hydraulics and streambed monitoring*. General Technical Report, United States Department of Agriculture, Forest Service, 428 p.
- Descloux S., Datry T., Philippe M., Marmonier P. (2010). Comparison of different techniques to assess surface and subsurface streambed colmatation with fine sediments. *International Review of Hydrobiology*, 95, 520-540.
- Greig S.M., Sear D.A., Carling P.A. (2005). The impact of fine sediment accumulation on the survival of incubating salmon progeny: Implications for sediment management. *Science of the Total Environment*, 344(1-3), 241-258.
- Greig S.M., Sear D.A., Carling P.A. (2007). A review of factors influencing the availability of dissolved oxygen to incubating salmonid embryos. *Hydrological Processes*, 21(3), 323-334.
- Lambert C.P., Walling D.E. (1988). Measurement of channel storage of suspended sediment in a gravel-bed river. *Catena*, 15 (1), 65-80.
- Lisle T.E. (1989). Sediment transport and resulting deposition in spawning gravels, north coastal California. *Water Resources Research*, 25(6), 1303-1319.
- Mac Neil W.J., Ahnell W.H. (1964). Success of pink salmon spawning relative to size of spawning bed materials. U.S. Fish and Wildlife Service Special Scientific Report. *Fisheries* 469.
- Maridet L., Wasson J., Philippe M. (1992). Vertical distribution of fauna in the bed sediment of three running water sites: influence of physical and trophic factors. *Regulated Rivers*, 7: 45-55. <https://doi.org/10.1002/rrr.3450070107>
- Maridet L., Wasson J.G., Philippe M., Amoros C. (1995). Benthic organic matter dynamics in three streams: riparian vegetation or bed morphology control ? *Archiv für Hydrobiologie*, 132: 415-425. DOI: 10.1127/archiv-hydrobiol/132/1995/415
- Parrot E. (2015). *Analyse spatio-temporelle de la morphologie du chenal du Rhône du Léman à la Méditerranée*. Thèse de Doctorat, Géomorphologie fluviale, Université Jean Moulin (Lyon 3), 2015. <http://www.theses.fr/2015LYO30054/document>
- Peeters A., Houbrechts G., de le Court B., Hallot E., Van Campenhout J., Petit F. (2021). Suitability and sustainability of spawning gravel placement in degraded river reaches, Belgium. *Catena*, 201, 105217. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105217>

Petit F. (1988). Phénomènes influençant la mise en mouvement et le transport des particules en rivières naturelles. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 32, 299-310.

[Petit F., Poinsart D., Bravard J.P. \(1996\). Channel incision, gravel mining and bedload transport in the Rhône river upstream of Lyon, France \("Canal de Miribel"\). *Catena*, 209-226. doi:10.1016/0341-8162\(95\)00047-X](#)

Rex J.F., Petticrew E.L. (2011). Fine Sediment Deposition at Forest Road Crossings: An Overview and Effective Monitoring Protocol. *In* Sediment Transport in Aquatic Environments, edited by Andrew Manning. London: IntechOpen, 2011. 10.5772/24275

Rice S.P., Church M., 1998. Grain size along two gravel-bed rivers: statistical variation, spatial pattern and sedimentary links. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23: 345-363.

Surian N., 1999. Channel changes due to river regulation: the case of the Piave River, Italy. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24: 1135-1151.

Vázquez-Tarrío D., Cassel M., Piégay H., Depret T., Arnaud F., et al. (2021). *Suivi de l'effet morphologique du démantèlement des marges : validation des estimations de charriage par des observations in situ. Rapport Final*. Observatoire des Sédiments du Rhône (OSR), 5^{ème} Programme d'Actions. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03291004/>

Wood P.J., Armitage P.D. (1997). Biological effects of fine sediment in the lotic environment. *Environmental Management*, 21(2), 203-217.

Young M.K., Hubert W.A., Wesche T.A. (1991). Biases associated with four stream substrate samplers. *Can J Fish Aquat Sci* 48:1882-1886. DOI: 10.1139/f91-223



Observatoire des Sédiments du Rhône

Dispositifs scientifiques cadres



Partenaires scientifiques



Partenaires techniques et financiers

