



**HAL**  
open science

## **Fonctionnement du réseau d'observation des flux de matières en suspension et de contaminants particulaires (OSR 7 – année 2024)**

Emma Lootgieter, Alexandra Gruat, Marina Coquery, Jérôme Le Coz, Fabien Thollet, Mickaël Lagouy, Aymeric Dabrin, Matthieu Masson, Ghislaine Grisot, Loïc Richard, et al.

### ► To cite this version:

Emma Lootgieter, Alexandra Gruat, Marina Coquery, Jérôme Le Coz, Fabien Thollet, et al.. Fonctionnement du réseau d'observation des flux de matières en suspension et de contaminants particulaires (OSR 7 – année 2024). [Rapport de recherche] INRAE; CEREGE; ASNR; MIO; Ifremer. 2025, pp.1- 44. <hal-05237900>

**HAL Id: hal-05237900**

**<https://hal.science/hal-05237900v1>**

Submitted on 3 Sep 2025

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.



Copyright - All rights reserved



Observatoire  
des Sédiments  
du Rhône

The background of the page is a photograph of a wide river, likely the Rhône, with a bridge in the distance. In the foreground, a white and orange buoy is visible in the water. The text is overlaid on a semi-transparent white wave-like shape.

# Fonctionnement du réseau d'observation des flux de matières en suspension et de contaminants particulaires (OSR 7 – année 2024)

# Fonctionnement du réseau d'observation des flux de matières en suspension et de contaminants particulaires (OSR 7 – année 2024)

Rapport scientifique final  
Version du 28 janvier 2025

---

**Observatoire des Sédiments du Rhône – 7<sup>ème</sup> programme d'action**

---

**Axe E** – Coordonner et transférer (coordination, modélisation, bancarisation, valorisation, réseau de suivi)

---

**Action E1** – Réseau de suivi des flux sédimentaires du Rhône, du Léman à la mer

---

## Personnes impliquées

Personnes impliquées	Equipe de recherche
E. Lootgieter, A. Gruat, M. Coquery, J. Le Coz, F. Thollet, M. Lagouy, A. Dabrin, M. Masson, G. Grisot, L. Richard, A. Bonnefoy, F. Courapied	INRAE, UR RiverLy, Centre de Lyon Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes
J. Labille, A. Martelet, D. Borschneck, V. Vidal	CEREGE – Aix-en-Provence
V. Nicoulaud-Gouin, T. Hamadene, F. Giner, D. Mourier, O. Radakovitch, H. Lepage	IRSN – Cadarache
O. Herlory, I. Pairaud, C. Ravel, M. Répécaud, F. Dufois	Ifremer – La Seyne-sur-Mer / Brest

## Pour citer ce rapport

Lootgieter E., Coquery M., Le Coz J., Thollet F., Lagouy M., Dabrin A., Masson M., Grisot G., Richard L., Bonnefoy A., Courapied F., Labille J., Martelet A., Borschneck D., Vidal V., Nicoulaud-Gouin V., Hamadene T., Giner F., Mourier D., Radakovitch O., H. Lepage, Herlory O., Pairaud I., Ravel C., Répécaud M., Dufois F. (2025) – *Rapport sur le fonctionnement du réseau d'observation des flux de matières en suspension et de contaminants particuliers pour l'année 2024*. Rapport final. Observatoire des Sédiments du Rhône – 7<sup>ème</sup> programme d'action. 44 p.

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

---

## Résumé

L'action E1 du 7<sup>ème</sup> programme de l'Observatoire des Sédiments du Rhône (OSR7) vise à assurer le fonctionnement du réseau et poursuivre la production de données des flux de matières en suspension (MES) et de contaminants associés. Ce rapport dresse le bilan des avancées réalisées sur l'ensemble du réseau de mesure en 2024 en termes de stations actives, de prélèvements de MES et d'analyses physico-chimiques, ainsi que sur les calculs de flux de contaminants dans la Base de Données des Observatoires en Hydrologie ([BDOH](#)).

L'année 2024 a permis la continuité du fonctionnement de 12 stations permanentes sur le Rhône et ses affluents pour le suivi des flux de MES et de contaminants (10 stations avec prélèvements de MES pour l'analyse des contaminants dont 9 équipées de mesure de turbidité ; 2 stations équipées seulement de mesure de turbidité), et la production de données à ces stations.

---

## Mots-clés

Rhône ; Observatoire ; sédiments ; OSR ; matières en suspension ; flux ; base de données ; régime hydrologique ; échantillonnage ; centrifugation ; piège à particules ; mercure ; métaux ; radionucléides

---

## Table des matières

<b>Introduction générale .....</b>	<b>8</b>
<b>1. Faits marquants en 2024 .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Suivi des concentrations en matières en suspension .....</b>	<b>11</b>
3.1 Prélèvements et mesures .....	11
3.1 Bilan des flux de MES.....	14
3.2 Modélisation de la charge en suspension à l'aide de modèles de données.....	16
<b>4. Prélèvements de matières en suspension pour les analyses physico-chimiques.....</b>	<b>19</b>
4.1 Codification des échantillons .....	19
4.2 Méthodes d'échantillonnage des MES .....	19
4.3 Détermination du régime hydrologique des périodes de prélèvement.....	20
4.4 Prélèvements de MES en régime de base .....	20
4.5 Prélèvements de MES en régime de crue.....	22
4.6 Campagne d'intercomparaison des méthodes d'échantillonnage des MES .....	24
4.7 Bilan des prélèvements de MES.....	24
4.7.1 Bilan des prélèvements de MES pour l'année 2023 .....	24
4.7.2 Bilan des prélèvements de MES pour l'année 2024 .....	25
<b>5. Analyses physico-chimiques .....</b>	<b>26</b>
5.1 Les paramètres analysés.....	26
5.2 Les échantillons analysés .....	27
5.2.1 Analyses prévues pour l'année 2024.....	27
5.2.2 Analyse des échantillons de MES prélevés en 2023 .....	27
5.2.3 Analyses des échantillons de MES prélevés en 2024.....	28
<b>6. L'outil Banque pour la bancarisation et la conservation à long terme des échantillons ..</b>	<b>28</b>
6.1 Objectif.....	28
6.2 Bancarisation des échantillons .....	29
6.3 Etat des lieux de la bancarisation .....	29
6.4 Utilisation des échantillons bancarisés pour des analyses rétrospectives .....	30
<b>7. L'outil BDOH pour la bancarisation des données.....</b>	<b>30</b>
7.1 Présentation.....	30
7.2 Calcul de flux.....	31

7.3	Estimation des chroniques lacunaires .....	32
7.4	Données bancarisées en 2024 .....	34
<b>8.</b>	<b>Perspectives.....</b>	<b>36</b>
<b>9.</b>	<b>Bibliographie .....</b>	<b>36</b>
<b>10.</b>	<b>Annexes.....</b>	<b>39</b>
	ANNEXE 1. Méthode de calcul du flux de contaminants associés aux matières en suspension sur le réseau de suivi de l'OSR .....	39
	ANNEXE 2. Synthèse des stations de suivi des flux de l'OSR au 21/01/2025 (permanentes, temporaires ou possibles).....	40
	ANNEXE 3. Résultats des modèles de données et du modèle SiRCA sur les affluents du Rhône .....	42
	ANNEXE 4. Synthèse des débits de crue de période de retour deux ans pour le Rhône et ses affluents suivis dans le cadre de l'OSR. ....	43
	ANNEXE 5. Liste des paramètres analysés dans l'OSR par les laboratoires des partenaires scientifiques et méthodes d'analyse. ....	44

## Table des illustrations

### Figures

Figure 1 : Stations de suivi des concentrations en matières en suspension (MES) et en contaminants particulaires de l'OSR au 01/12/2024 .....	10
Figure 2 : Courbe de calibration (log/log) au 07/11/2024 du capteur de turbidité installé sur le Rhône à Jons.....	11
Figure 3 : Flux annuels de MES mesurés sur les stations permanentes de l'OSR, par années hydrologiques débutant au 1 <sup>er</sup> septembre. Les flux majoritairement reconstitués sont représentés en hachuré.....	15
Figure 4 : Flux annuels de MES mesurés sur les stations du Haut-Rhône à Jons, par années hydrologiques débutant au 1 <sup>er</sup> septembre. Les flux majoritairement reconstitués sont représentés en hachuré.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 5 : Comparaison modèles-mesures. Cas de la Saône.....	17
Figure 6 : Dynamique des crues : Reproduction des hystérèses par le modèle CNN-LSTM .....	18
Figure 7 : Présentation d'un piège à particules immergé en inox (dimensions 40x30x25cm). .....	21
Figure 8 : Synthèse par station des prélèvements de MES pour analyses chimiques réalisés en crue fin 2023 et début 2024 sur les stations du Rhône et ses affluents, avec les dates de prélèvement et le débit moyen observé sur la période de prélèvement. ....	23
Figure 9 : Enceinte -80°C utilisée pour le stockage des échantillons de MES de l'OSR et interface Banquise utilisée pour la bancarisation des métadonnées (A : congélateur-80°C ; B : échantillons stockés dans le congélateur -80°C ; C : interface du logiciel Banquise).....	29
Figure 10 : Étapes de transformation d'une série temporelle de données discontinues pour le calcul des flux de contaminants. PAP : piège à particules, CFI : centrifugeuse fixe flux continu .....	34

### Tableaux

Tableau 1 : Synthèse des analyses de concentration en MES réalisées en 2024 (mise à jour le 20/11/2024) et exploitées pour l'élaboration de courbes de calibration turbidité/MES (en gras : stations gérées par INRAE ou l'Ifremer).....	13
Tableau 2 : Synthèse de l'évolution de la construction des courbes de calibration (turbidité vs MES) pour les stations gérées par INRAE (bilan au 20/11/2024).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 3: Flux cumulé de la Drôme et de la Durance avec le modèle CNN-LSTM .....	18
Tableau 4 : Stations sur le Rhône et ses affluents qui sont équipées - ou qui ont été équipées - d'un piège à particules et/ou d'une centrifugeuse pour la collecte de MES depuis le début du programme OSR en 2011. La fréquence de collecte est indiquée pour un régime hydrologique de base. ....	22

Tableau 6 : Nombre total d'échantillons de MES prélevés en 2023 pour les analyses physico-chimiques sur chaque station [nombre d'échantillons prélevés en crue]. .....	24
Tableau 7 : Nombre d'échantillons de MES prélevés en 2024 pour les analyses physico-chimiques sur chaque station (bilan au 25/11/2024). .....	25
Tableau 8 : Récapitulatif des prélèvements effectués (✓) et non effectués en 2024 pour chaque station .....	25
Tableau 9 : Paramètres analysés, nombre de substances par famille et laboratoires impliqués.....	27
Tableau 10 : Nombre total d'échantillons de MES prélevés et analysés pour l'année 2023.....	28
Tableau 11 : Nombre d'échantillons de MES prélevés en régime de base ou en crue en 2024, analysés ou en cours d'analyse au 15/12/2024.....	28
Tableau 12 : Descriptif du nombre d'échantillons bancarisés par année (importés dans le logiciel Banquise et congelé à -80°C) et de l'utilisation des échantillons de Banquise par année (nombre d'échantillons déstockés pour des analyses rétrospectives). .....	30
Tableau 13 : Synthèse des données bancarisées dans BDOH sur les stations du réseau de suivi OSR en activité ou non (et le producteur de la donnée) à la date du 20/01/2025 .....	35

---

## Introduction générale

L'Observatoire des Sédiments du Rhône (OSR) vise à quantifier de manière robuste les flux des matières en suspension (MES) et de contaminants particulaires associés en transit dans le Rhône et au débouché de ses principaux affluents, du lac Léman à la mer Méditerranée. Pour répondre à cet objectif, un réseau de stations d'observation a été mis en place depuis 2010 pour suivre en continu les concentrations en MES et pour prélever les MES à un pas de temps mensuel, avec un échantillonnage plus fin lors des principales crues. Les analyses suivantes sont ensuite réalisées sur les MES de manière systématique : concentration en mercure, en éléments traces métalliques (ETM), en radionucléides, en carbone organique particulaire (COP) et granulométrie des particules. D'autres analyses chimiques sont réalisées plus ponctuellement selon les actions de recherche en cours (polychlorobiphényles - PCB, hydrocarbures aromatiques polycycliques - HAP, terres rares, etc.).

Ce réseau d'observation comprend deux stations principales sur le Rhône à Jons et à Arles, auxquelles s'ajoutent des stations secondaires installées sur les affluents majeurs (Arve, Fier, Saône, Gier, Isère, Drôme, Durance, Ardèche et Gardon) pour identifier la contribution des principaux sous-bassin-versants en termes de flux de MES et/ou de contaminants particulaires. Une station est également installée sur le Rhône intermédiaire, au niveau de la commune d'Andancette, pour évaluer l'impact de la métropole de Lyon et de la vallée de la chimie. Des stations de suivi temporaire ont été instrumentées par le passé sur d'autres affluents du Haut-Rhône, tels que le Guiers, l'Ain ou encore la Bourbre. Des suivis de flux de MES sont également en place à plusieurs stations sur le Haut-Rhône (stations de Massignieu, Pougny, Pyrimont, Villebois et Vions). Enfin, une station de mesure de MES est implantée en mer, au niveau de l'embouchure du Rhône, pour quantifier les flux de MES apportés à la mer.

L'action E1 du 7<sup>ème</sup> programme de l'OSR (OSR 7) « Pérennisation et coordination du réseau de suivi des flux de MES et de contaminants associés – Vie du Réseau » prévoit de poursuivre l'exploitation de ce réseau d'observation des flux.

Ce rapport présente l'étendue du réseau d'observation des flux de MES et de contaminants associés sur le Rhône en 2024 et dresse le bilan, station par station, des prélèvements de MES réalisés sur le réseau pour le suivi en continu des concentrations en contaminants.

Il recense le type et le nombre de mesures effectuées par les partenaires scientifiques (INRAE, CEREGE, IRSN et Ifremer) sur ces échantillons pour l'année 2024.

Il détaille également l'avancement de la bancarisation des séries temporelles issues de ce suivi et des calculs de flux de MES et de contaminants associés pour chaque station dans la base de données BDOH/OSR<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Lien d'accès à la base de données BDOH/OSR : <https://bdoh.irstea.fr/OBSERVATOIRE-DES-SEDIMENTS-DU-RHONE/>

---

## 1. Faits marquants en 2024

En 2024, l'analyse des contaminants (métaux et mercure) a été poursuivie à toutes les stations jusqu'à fin août permettant de compléter une année hydrologique complète (2023-2024). Depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2024, ces analyses sont uniquement réalisées sur les échantillons provenant des stations du Rhône et de la Saône (Jons, Andancette, Saône, Arles). Comme pour l'OSR6, les analyses de MES concernant les mesures de COP et la distribution granulométrique, seront réalisées systématiquement sur tous les échantillons de MES collectés.

Le réseau de mesure des flux de MES et contaminants a également évolué avec l'arrêt des prélèvements par piège à particules (PAP) sur le Fier. Néanmoins, le suivi des concentrations en MES se poursuit sur cette station.

Au cours de l'année, la station du Gier à Givors a subi d'importants dégâts lors de la crue du 17 octobre 2024, avec notamment la perte du préleveur automatique d'échantillons et l'arrachement des éléments de fixation du matériel de mesure par turbidimétrie. La crue n'ayant pas été anticipée, l'échantillonnage par PAP n'est pas représentatif de cet épisode hydrologique. Des travaux de réparation ont été opérés en novembre et décembre 2024 pour un retour à une station pleinement opérationnelle dès la fin d'année, y compris le remplacement du préleveur automatisé d'échantillons pour la mesure des concentrations en MES.

Sur la station de la Durance, de nombreux prélèvements ont été empêchés par des débits trop importants ainsi que des travaux sur le site.

Une sonde multi-paramètres Aquatroll 500 (turbidité, chlorophylle, pH, conductivité, température) a été réinstallée en 2024 sur la station SORA (Arles). Plusieurs actes de vandalisme ont ébranlé la fiabilité de la collecte des données.

Une réflexion sera menée début 2025 en vue de l'installation d'une nouvelle sonde de turbidité dans la station SORA.

Par ailleurs, les chroniques de flux de contaminants particuliers bancarisées dans BDOH sont en cours de mise à jour en appliquant les règles décrites au paragraphe 7.2 pour le comblement des lacunes dans les chroniques continues de concentration en contaminant.

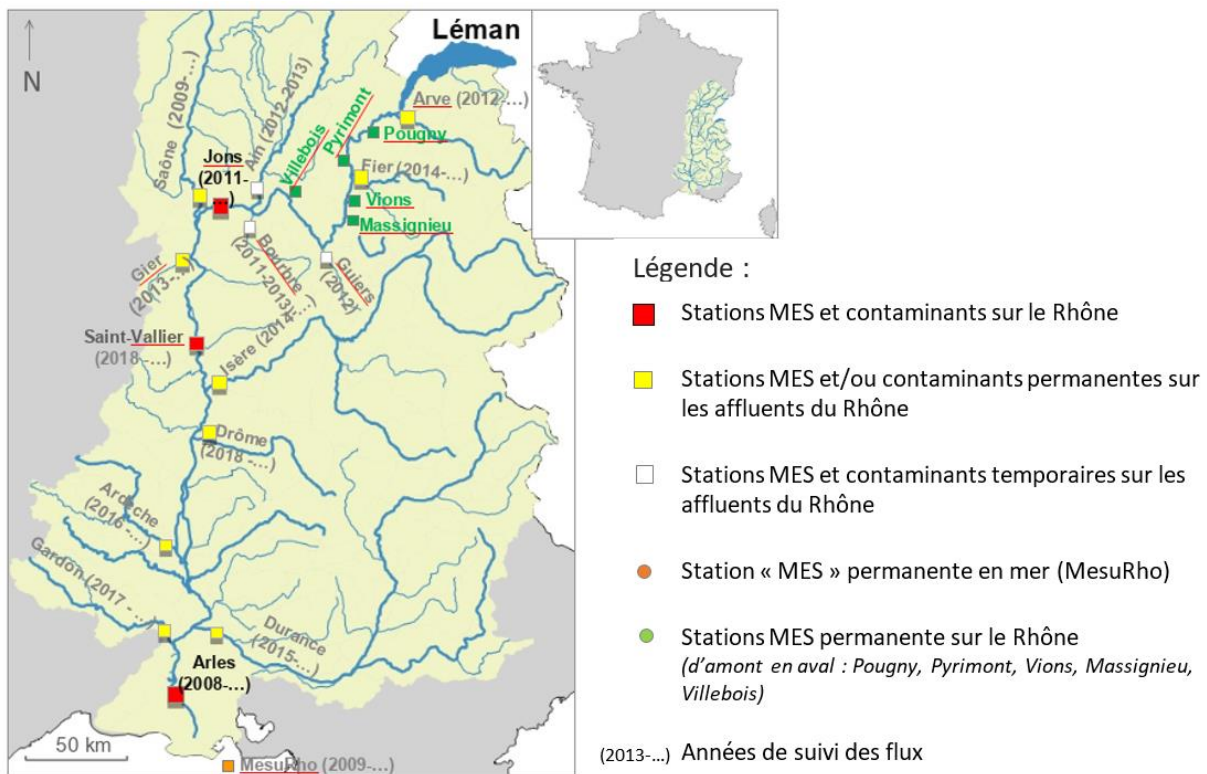
---

## 2. Présentation du réseau de mesure des flux de matières en suspension et de contaminants particuliers

Le flux cumulé sur une période donnée d'un contaminant particulier est défini à partir du flux instantané, qui est le produit du débit, de la concentration en MES et de la concentration en contaminant particulier dans les MES (le calcul est détaillé en Annexe 1). Dans le programme de l'OSR, le suivi de ces trois paramètres est assuré à travers un réseau de stations pérennes sur le bassin du Rhône (stations principales sur le Rhône à Jons, à Arles et à Andancette, stations permanentes sur les affluents majeurs) et de stations temporaires sur les affluents

secondaires. Le suivi des MES est poursuivi jusqu'en mer Méditerranée avec la station MesuRho située proche de l'embouchure et gérée par l'Ifremer (Figure 1).

Le nombre de stations suivies dépend des ressources disponibles et de la faisabilité technique, avec un important critère d'opportunité. Ainsi, certaines stations ont bénéficié seulement d'un suivi temporaire (cf. Figure 1). La durée de suivi des stations temporaires vise à obtenir une collecte suffisante de données pour différents régimes hydrologiques, dans la perspective de calculer des flux. Selon les résultats du réseau et s'il y a, par exemple, identification d'une ou plusieurs sources manquantes, de nouvelles stations temporaires peuvent être mises en place. L'ensemble des stations de mesure est détaillé en Annexe 2.



**Figure 1 : Stations de suivi des concentrations en matières en suspension (MES) et en contaminants particuliers de l'OSR au 01/12/2024**

**NB :** les stations sur l'Arve et le Fier sont des stations permanentes de suivi des concentrations en MES, elles ont été équipées d'un piège à particules pour la mesure des contaminants particuliers de 2012 à 2014 et de 2014 à 2024, respectivement.

Le débit des cours d'eau est mesuré en continu aux stations hydrométriques de la CNR, de la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement), du HPCGD (Pôle Hydrométrie et Prévision des Crues Grand Delta) et de l'OFEV (Office fédéral de l'environnement Suisse).

Le débit du Rhône à Jons est calculé par INRAE avec le modèle Rhône1D de l'OSR (Dugué et al., 2015) à partir des hydrogrammes du Rhône à Lagnieu (données CNR), de l'Ain à Port-Galland (données CNR) et de la Bourbre à Tignieu-Jamezieu (données DREAL AURA). Le débit du Rhône à Saint-Vallier est obtenu par la somme des débits entrants du barrage de la retenue d'Arras-sur-Rhône et de la centrale hydroélectrique de Gervans.

### 3. Suivi des concentrations en matières en suspension

#### 3.1 Prélèvements et mesures

Sur la station SORA du Rhône à Arles, les concentrations en MES (AFNOR, 2005) sont mesurées par le MIO dans le cadre du réseau MOOSE (Raimbault et al., 2014). Un préleveur automatique permet d'obtenir des échantillons d'eau journaliers composites et des prélèvements ponctuels plus fréquents en période de crue (4 prélèvements composites par jour). Ces échantillons sont filtrés pour déterminer la concentration en MES (ainsi que d'autres paramètres dont le COP, également utilisé par l'OSR).

Suite au départ en retraite de Patrick Raimbault de nouvelles personnes sont en charge de la gestion de la station et des données SORA produites par le MIO (Marseille). Il s'agit de Laurent Coppola (Laboratoire Océanographie Villefranche-sur-mer) en tant que coordinateur de MOOSE, et de Véronique Lagadec (MIO Marseille) pour le traitement des données. Même si le protocole de partage n'a pas changé, il faudra prévoir une réunion avec ces personnes au premier semestre 2025 pour remettre la coordination à jour.

Toutes les autres stations sont équipées d'un capteur de turbidité (en NTU, pour Nephelometric Turbidity Unit, FNU pour Formazine Néphelometric Unit ou en unités constructeurs suivant les stations) qui mesure l'atténuation ou la diffusion d'un signal infrarouge au travers ou par les MES. Les données sont enregistrées en continu par le Grand Lyon, CNR, EDF ou INRAE selon les stations, à un pas de temps de dix minutes. En parallèle, un échantillonneur automatique (ISCO 3700 ou SIGMA SD900) asservi au capteur de turbidité prélève des échantillons d'eau horodatés pour la détermination des concentrations en MES par filtration et pesée (AFNOR, 2005). Les résultats permettent d'établir une relation (ou courbe de calibration) entre la turbidité et la concentration en MES pour chaque capteur de turbidité (Figure 2). Le coefficient directeur de la droite de régression permet d'établir un barème de conversion afin de transformer la chronique de turbidité en chronique de concentration en MES, en mg/L (Thollet, 2012).

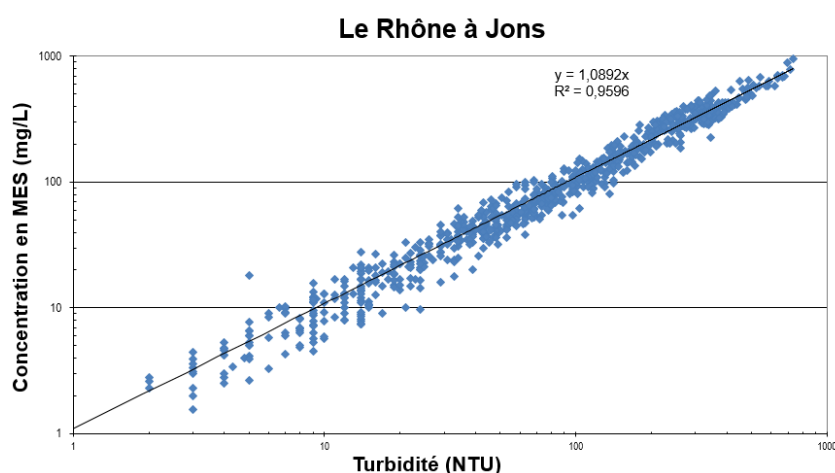


Figure 2 : Courbe de calibration (log/log) au 07/11/2024 du capteur de turbidité installé sur le Rhône à Jons

Chaque barème de conversion est utilisable pour une période d'application et une plage de validité définies et peut être complété lorsque la courbe de calibration turbidité/MES du capteur de turbidité est modifiée. Lors de chaque passage sur la station pour effectuer la maintenance du capteur de turbidité (tous les mois pour les stations MES situées à proximité des PAP, tous les 4 à 6 mois pour les autres stations), un prélèvement manuel d'eau est réalisé pour l'analyse des MES. Le résultat d'analyse sur cet échantillon ponctuel permet de contrôler régulièrement la chronique de MES calculée à partir des données de turbidité et du barème de conversion. L'ensemble des barèmes s'avère stable, à l'exception des opérations de changement de capteur qui nécessitent la construction d'une nouvelle courbe (Tableau 2). Les courbes de calibration des capteurs de turbidité gérés par INRAE sont capitalisées sur le serveur informatique d'INRAE.

En période de crue, les échantillonnages d'eau par préleveur automatique sont renforcés sur toutes les stations, aussi longtemps que cela est nécessaire, pour affiner les courbes de calibration sur une gamme de turbidité élevée. Lorsque la courbe de calibration turbidité/MES est documentée avec un nombre de points suffisants sur une gamme de turbidité étendue et représentative des observations sur la station, le suivi par préleveur automatique sur les stations turbidimétriques peut être allégé.

Au 1<sup>er</sup> décembre 2024, 8 stations turbidimétriques gérées par INRAE et l'Ifremer sont en activité sur des affluents du Rhône et en mer, tandis que 7 autres stations, gérées par des partenaires, contribuent également au calcul de flux de MES dans l'OSR. L'enrichissement des courbes de calibration a été poursuivi tout au long de l'année 2024 au travers de prélèvements automatiques et manuels d'eau brute (Tableau 1).

Sur l'Ardèche, le dispositif de prélèvements automatisé est éloigné de la station turbidimétrique et son pilotage manuel n'est pas optimum pour capter les événements de crue. Au deuxième semestre 2024, un nouveau mode de fonctionnement a été testé sur l'Ardèche pour améliorer le dispositif. Le préleveur d'échantillon ISCO 3700 a été raccordé à un module de pilotage à distance pour qu'un opérateur soit en mesure de démarrer à distance une série de prélèvements par envoi d'instructions SMS, comme si le turbidimètre et le préleveur étaient physiquement connectés, à l'instar des autres stations du réseau d'observation. Après une phase de test sur six mois, il s'avère que ce dispositif n'a pas permis d'atteindre les résultats attendus. Les dysfonctionnements observés sont principalement liés à une consommation électrique excessive. Il conviendra en 2025 soit de résoudre cette difficulté, soit d'explorer une autre solution technique. Sur le Gardon, aucun préleveur automatique n'est présent ce qui rend difficile la collecte d'échantillons de crue. Des contacts ont été pris en septembre 2024 pour envisager l'installation d'un préleveur automatique car les données acquises sont encore insuffisantes pour construire une courbe de calibration (turbidité vs MES) nécessaire au calcul de flux. Dans l'attente d'une courbe bien documentée avec des échantillons sur une large gamme de concentrations en MES, le barème est fixé à 1.

**Tableau 1 : Synthèse des analyses de concentration en MES réalisées en 2024 (mise à jour le 20/11/2024) et exploitées pour l'élaboration de courbes de calibration turbidité/MES (en gras : stations gérées par INRAE ou l'Ifremer).**

Station	Producteur	Nombre d'analyses de concentration en MES en 2024	Nombre TOTAL d'analyses de concentration en MES	Nombre TOTAL d'analyses de concentration en MES exploitées pour la courbe de calibration en cours	Commentaire
<b>Arve à Genève (Suisse)</b>	INRAE	38	532	418	
Rhône à Pougny (01)	CNR		Données de turbidité produites par CNR, transmises jusqu'au 31/12/2022		
Rhône à Pyrimont (01)	CNR		Données de turbidité produites par CNR, transmises jusqu'au 31/12/2022		
<b>Fier à Motz (73)</b>	INRAE	56	103	27	
Rhône à Vions (73)	CNR		Données de turbidité produites par CNR, transmises jusqu'au 31/12/2022		
Rhône à Massignieu (01)	CNR		Données de turbidité produites par CNR, transmises jusqu'au 31/12/2022		
Rhône à Villebois (01)	CNR		Données de turbidité produites par CNR, transmises jusqu'au 31/12/2022		
Rhône à Jons (69)	Grand-Lyon	8	931	794	
<b>Saône à Lyon (69)</b>	INRAE	8	132	109	
<b>Gier à Givors (69)</b>	INRAE	42	24	24	
Rhône à Saint-Vallier	CNR		Données de turbidité produites par la CNR, transmises jusqu'au 31/12/2022		
Isère à Beaumont-Montoux (38)	EDF		Données de turbidité produites par EDF, transmises jusqu'au 31/12/2022		
<b>Drôme à Livron-sur-Drôme (26)</b>	INRAE	57	250	175	
<b>Ardèche à Saint-Martin -d'Ardèche (07)</b>	INRAE	20	72	11	
Durance à Bonpas (84)	EDF		Données de turbidité produites par EDF, transmises jusqu'au 31/12/2022		
<b>Gardon à Remoulins (30)</b>	INRAE	10	52	15	
<b>MesuRho</b>	Ifremer	3	224	0	Pas de calibration unique fiable car rotation de différentes sondes de turbidité

En mer, à la station **MesuRho** au large de Port-Saint-Louis-du-Rhône (13), différents problèmes techniques ont impacté l'acquisition des mesures. En particulier, les mesures de courants et de vagues ne sont pas exploitables car l'ADCP a été enfoui sous environ 1 m de sédiment durant l'hiver 2023/2024, et sa récupération n'a pas encore été possible. Les mesures en temps réel n'ont pas fonctionné entre Avril et Novembre 2024 à cause de problèmes successifs sur le système de transmission de données et de pompage. Les sondes autonomes de turbidité ont néanmoins correctement fonctionné (en dehors de la période Mai-Juillet), et leur analyse, toujours en cours, souligne plusieurs épisodes de forte charge avec des valeurs en surface atteignant environ 200 NTU.

Le Tableau 2 présente l'état des lieux des courbes de calibration construites par INRAE et rappelle les gammes de concentration qu'il est nécessaire de compléter pour chaque station pour la suite du programme.

**Tableau 2 : Synthèse de l'évolution de la construction des courbes de calibration (turbidité vs MES) pour les stations gérées par INRAE (bilan au 20/11/2024)**

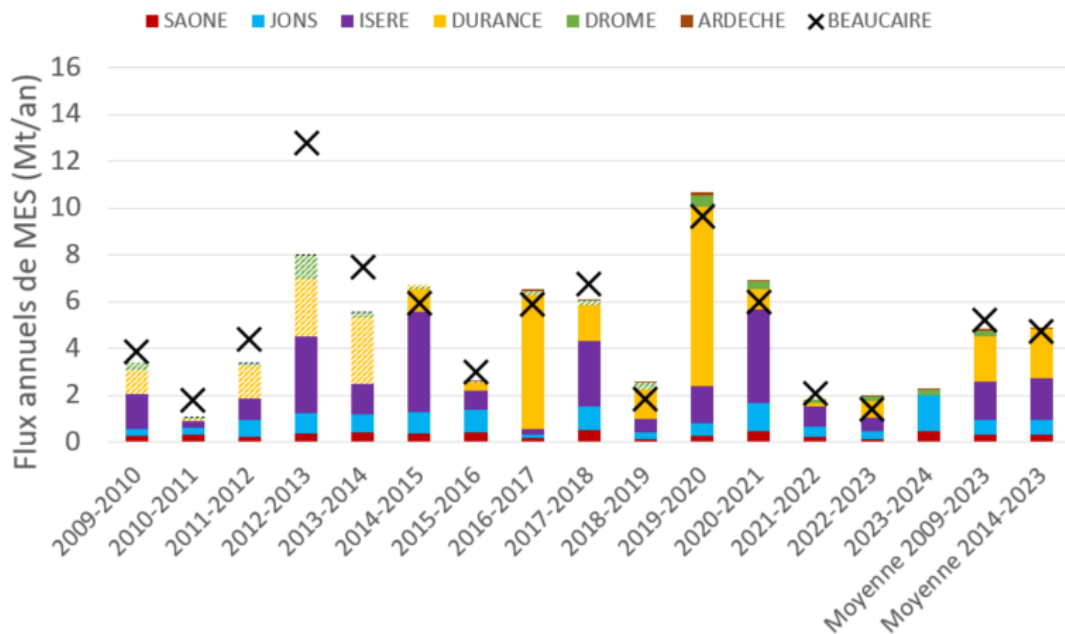
Station	Période d'établissement du barème	Coefficient turbidité/MES	R <sup>2</sup>	Valeur minimale de concentration en MES observée (mg/L)	Valeur maximale de concentration en MES observée (mg/L)	Nombre de mesures valides alimentant la courbe	Gamme de concentration en MES à compléter en priorité
Arve à Genève (Suisse)	06/2012 – 08/2013 *	1.12	0.943	5.0	9637	213	Courbe bien documentée
	02/2015 – en cours	0.79	0.902	3.25	12400	418	
Fier à Motz (73)	04/2014 – 06/2017 *	1.87	0.723	1.1	2860	179	Valeurs basses : < 100 mg/L
	08/2017 – 10/2020 *	1.08	0.965	0.2	1794	214	
	12/2020 – 12/2022 *	1.02	1.020	4.9	1329	122	
	12/2022 – 06/2023 *	0.95	0.960	2.0	147	30	
	06/2023 – en cours	1.38	0.994	2	1662	27	
Rhône à Jons (69)	06/2011 – en cours	1.09	0.960	1.6	950	794	Courbe bien documentée
Saône à Lyon (69)	01/2010 – 05/2012 *	-	-	9.3	71	18	La courbe est récente et en cours de documentation sur toute la gamme.
	02/2014 – 10/2020 *	0.92	0.818	1.3	192	200	
	12/2020 – 09/2021 *	1.12	0.872	3.0	86	46	
	09/2021 – en cours	1.20		1.0	138	109	
Gier à Givors (69)	04/2013 – 11/2019 *	1.08	0.891	1.2	1342	151	Toute la gamme
	12/2019 – 07/2024 *	1.24	0.963	2.1	1880	93	
	07/2024 – en cours	1.27	0.927	3.7	215	24	
Drôme à Livron-sur-Drôme (26)	11/2018 – 08/2020 *	0.79	0.909	2.0	8728	227	Valeurs basses : < 100 mg/L
	05/2021 – en cours	0.73	0.967	1.0	3321	175	
Ardèche à Saint-Martin-d'Ardèche (07)	01/2016 – 05/22 *	1.43	0.867	1.75	264	47	Toute la gamme
	06/22 – 11/22 *	Pas de prélèvement sur la période					
	11/22 – en cours	1.29	0.958	1.0	257	11	
Gardon à Remoulins (30)	06/2017 – 11/2020 *	-	-	0.6	3.8	6	La courbe est en cours de documentation sur toute la gamme
	05/2021 – en cours	0.56	0.724	1	5	15	

\* changement de sonde de turbidité

### 3.1 Bilan des flux de MES

L'export des données bancarisées sur BDOH de flux MES aux différentes stations permet de dresser un bilan par année hydrologique (débutant au 1er septembre) et de comparer la somme de ces flux à celui effectivement mesuré à Beaucaire.

Depuis 2009, le bilan annuel est souvent proche de l'équilibre avec une variabilité liée aux événements hydrosédimentaires, notamment sur l'Isère et la Durance (crue, chasse) (Figure 3). Les apports des 4 principaux affluents (Rhône amont-Jons, Saône, Isère et Durance) représentent la majorité des flux exportés en mer. Les affluents méditerranéens comme l'Ardèche, le Gardon (dont les flux sont trop faible pour apparaître sur la figure 3) et la Drôme ne contribuent en moyenne que faiblement aux flux exportés en mer, mais potentiellement de manière importante lors des crues. Entre 2014 et 2023, à l'échelle interannuelle, le flux moyen est équilibré (4.7 Mt/an). A noter, qu'avant 2014, la reconstitution des flux de la Durance par la loi Cs(Q) est trop incertaine.



**Figure 3 : Flux annuels de MES mesurés sur les stations permanentes de l’OSR, par année hydrologique débutant au 1<sup>er</sup> septembre, et moyennes interannuelles. Les flux majoritairement reconstitués sont représentés en hachuré (le flux à Beaucaire 2023-2024 n’est pas disponible à la date d’édition de ce rapport).**

De la même façon, les flux de MES mesurés sur les affluents du Fier et de l’Arve permettent d’obtenir un bilan des flux annuels de MES mesurés sur les stations du Haut-Rhône à Jons (Figure 4). De 2012 à 2024 le flux moyen annuel à Jons est de 0.67 Mt/an avec un bilan généralement proche de l’équilibre, sauf les années de chasse (APAVER en 2016 et 2021), et durant la crue décennale de janvier 2018.

Quel que soit le régime hydrologique, l’Arve est l’affluent qui contribue majoritairement aux flux de MES mesurés à Jons. En effet, selon le bilan interannuel, les apports de l’Arve s’élèvent à 80% du flux de MES à la station de Jons.



**Figure 4 : Flux annuels de MES mesurés sur les stations du Haut-Rhône à Jons, par année hydrologique débutant au 1<sup>er</sup> septembre, et moyenne interannuelle. Les flux majoritairement reconstitués sont représentés en hachuré.**

La mise à jour des flux de MES n’a pas été possible sur les stations opérées par CNR à Pougny, Pyrimont, Vions, Massignieu, Villebois et Saint-Vallier. Il n’y a donc pas de données disponibles dans la base BDOH sur ces stations depuis le 31/12/2022. Les stations sont toujours exploitées et les données acquises. L’exploitant fournira l’ensemble des données dès janvier 2025.

### 3.2 Modélisation de la charge en suspension à l’aide de modèles de données

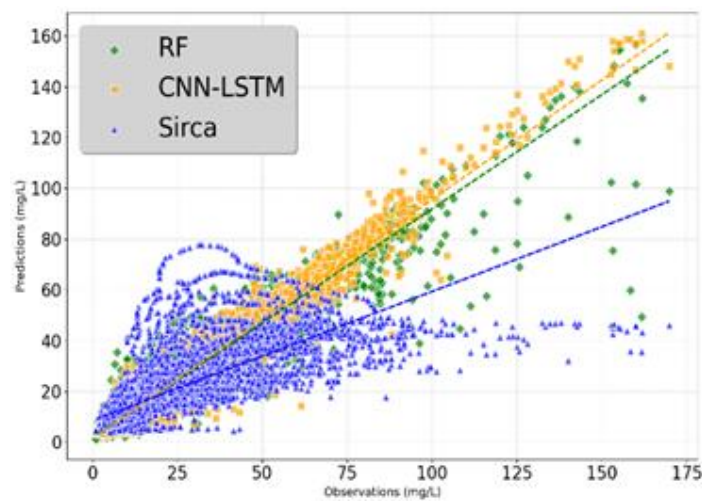
Dans le cadre de la thèse cofinancée par l’OSR 7 « Modélisation de la composition des MES et des contaminants associés par réseaux de neurones : application au Rhône », un modèle d’apprentissage automatique (Machine Learning, ML) de type Forêt Aléatoire (Random Forest, RF) a été utilisé pour prédire la charge de sédiments en suspension (CMES) sur la base d’observations provenant de diverses stations de mesure du débit et de pluviométrie dans le bassin fluvial. Deux stratégies sont mises en œuvre :

- L’une considère les variables au même moment que la charge de sédiments en suspension,
- L’autre utilise les variables avec le décalage temporel qui maximise leur corrélation avec la charge de sédiments en suspension.

Un modèle d’apprentissage profond (Deep Learning, DL) combinant un réseau neuronal de convolution (CNN) et un réseau récurrent à mémoire court et long terme (LSTM) nommé CNN-LSTM a aussi été développé en complément. Il prend en compte des séquences d’observation décalées pour capturer les dépendances temporelles. Le décalage est traité comme un hyperparamètre, établi dans une fenêtre basée sur l’analyse de corrélation effectuée dans le modèle RF. Pour évaluer les performances de notre méthodologie, les modèles ML et DL sont

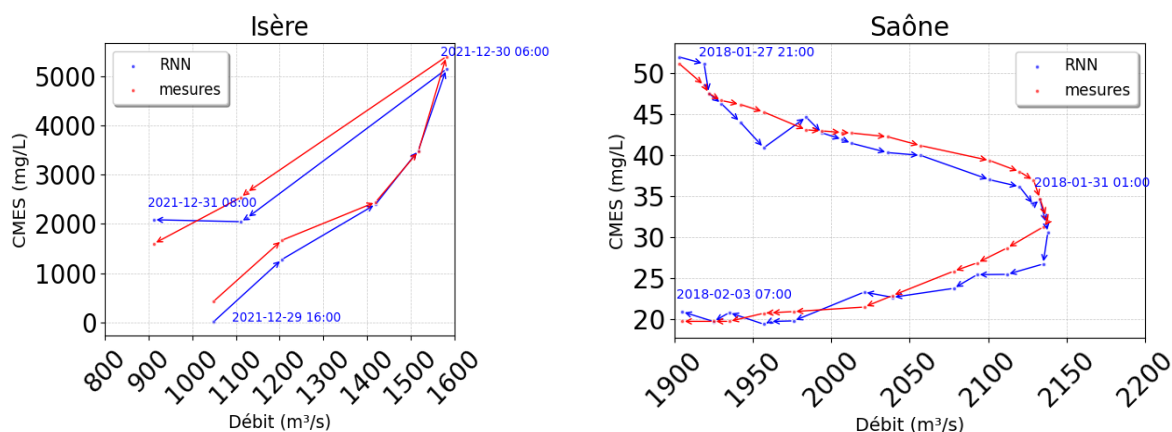
comparés à une approche de courbe d'évaluation, à savoir le modèle SiRCA (Sadaoui, 2016), en utilisant le  $R^2$  et l'erreur quadratique moyenne (RMSE) (résultats détaillés en Annexe 3).

Une stratégie d'apprentissage par transfert de connaissances (Transfer Learning, TL) en utilisant le modèle CNN-LSTM proposé a été utilisée pour prédire les concentrations en MES (CMES) dans les affluents avec des données limitées. On commence par un pré-entraînement du modèle sur une rivière source identifiée comme similaire à la rivière cible en utilisant des méthodes de regroupement basées sur les propriétés statistiques des données (clustering). Ensuite, la première couche du modèle pré-entraîné est gelée et les autres couches sont affinées sur les données cibles.



**Figure 5 : Comparaison modèles-mesures pour les concentrations en MES pour les 3 modèles testés (RF, CNN-LSTM et SiRCA). Cas de la Saône.**

Le modèle empirique (SiRCA) montre déjà de bonnes performances pour certains affluents avec des valeurs  $R^2$  allant de 0,5 à 0,7 ; mais elles sont nettement améliorées par les modèles RF et CNN-LSTM ( $R^2$  de 0,9). Pour certains affluents, le modèle SiRCA n'est pas très performant, avec des valeurs  $R^2$  inférieures à 0,3 ; tandis que les modèles ML et DL atteignent des valeurs proches de 1 (Figure 5). Dans l'ensemble, le modèle CNN-LSTM surpasse le modèle RF pour la plupart des affluents, en s'alignant étroitement sur les valeurs mesurées et en reproduisant avec succès les effets d'hystérèse (Figure 6).



**Figure 6 : Dynamique des crues : reproduction des hystérèses par le modèle CNN-LSTM (Isère et Saône)**

De plus, en utilisant seulement une petite partie des données pour l'apprentissage, le TL peut améliorer les performances jusqu'à un gain de 0,3 en  $R^2$ .

Par ailleurs, en remplissant les valeurs manquantes par le modèle SiRCA pour calculer le bilan du flux annuel de MES à l'exutoire du Rhône avec les différents flux entrant des affluents (A. Gruat, 2022), on remarque que le flux de MES à Beaucaire est parfois sous ou sur-estimé par rapport aux valeurs retrouvées à l'aval du Rhône. Le modèle CNN-LSTM comparé au modèle SiRCA permet d'estimer les flux de MES de manière plus pertinente. Le Tableau 3 indique les flux de MES cumulés de la Drôme et de la Durance prédits avec le modèle CNN-LSTM. Sur l'année 2011-2012, on obtient 2.02 MT/an qui additionné du flux de la Saône, l'Isère et Jons, donne 4 MT/an très proche de la mesure à Beaucaire (Figure 3). De même sur l'année 2012-2013, on obtient 6,78 MT/an qui donne 11,25 MT/an bien plus proche des 13 MT/an de la mesure à Beaucaire, le modèle SiRCA conduisant seulement à 8 MT/an de flux total. Pour l'année 2013-2014, les prédictions du modèle CNN-LSTM et du modèle SiRCA sont assez similaires pour la Durance et la Drôme. Et sur l'année 2019-2020, on a 8.50 MT/an qui conduit à un flux total de 11 MT/an à comparer aux 10 MT/an de la mesure de Beaucaire (Figure 3).

**Tableau 3 : Flux de MES cumulé de la Drôme et de la Durance prédit avec le modèle CNN-LSTM**

Années	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2019-2020
Flux cumulé Drôme+Durance	2.025 MT/an	6.78 MT/an	3.19 MT/an	8.49 MT/an

En outre, l'analyse de l'importance des variables d'entrée du modèle révèle que les données pluviométriques contribuent peu aux modèles, ce qui suggère que les données sur le débit des cours d'eau provenant de différentes stations sont suffisantes. La méthodologie TL utilisant le modèle CNN-LSTM s'avère efficace, permettant des gains de performance significatifs lorsque la disponibilité des données est limitée.

---

## 4. Prélèvements de matières en suspension pour les analyses physico-chimiques

Les prélèvements de MES pour le suivi qualitatif sont effectués sur les stations de suivi hydrosédimentaire tous les mois et à des fréquences plus importantes en cas d'événements de crue. Afin de constituer une échantillothèque robuste, chaque prélèvement est documenté et archivé sans limitation temporelle (cf. §5 L'outil Banquise).

### 4.1 Codification des échantillons

Pour faciliter les échanges d'échantillons entre les équipes du Nord (INRAE) et du Sud (CEREGE, IRSN et MIO), les prélèvements de MES sont identifiés par un code normalisé qui se compose :

- du trigramme de la station ;
- du trigramme du mode de prélèvement ;
- de la date de prélèvement (ou des dates de début et de fin de prélèvement dans le cas des pièges à particules) au format AAMMJJ et des heures de prélèvement accompagnées du fuseau horaire.

Ainsi, un échantillon de MES issu de la centrifugeuse fixe de Jons prélevé le 28 février 2017 entre 9h05 et 13h30 sera nommé JON-CFI-170228-9h05 13h30 (TU+1).

### 4.2 Méthodes d'échantillonnage des MES

Les prélèvements de MES peuvent s'effectuer à l'aide :

- D'une centrifugeuse fixe au niveau des stations du Rhône à Jons et à Arles. La centrifugeuse fixe d'Arles est à l'arrêt depuis 2023. Des problèmes de sécurité n'ont pas permis de la remettre en route, mais sa réparation devrait intervenir dans le premier semestre 2025.
- D'un piège à particules intégratif sur les affluents du Rhône-Nord et du Rhône-Sud, le Rhône à Jons, le Rhône à Andancette, et le Rhône à Arles. Pour l'échantillonnage de crues, le contenu du piège déjà en place est collecté, si possible, avant l'évènement afin de recueillir ensuite les MES provenant uniquement de la crue ;
- De prélèvements manuels ponctuels de 15 L ou 35 L lors d'évènements de crue. Les MES sont ensuite récupérées au laboratoire à l'aide d'une centrifugeuse à godets, après décantation.
- D'une centrifugeuse mobile, pour des prélèvements en situations hydrologiques variées (base, crue, chasse, saison, ...), sur le linéaire du Rhône et ses principaux affluents.

Une fiche outil sur l'utilisation du piège à particules comme outil intégratif des matières en suspension pour la surveillance de la contamination dans les cours d'eau est mise à disposition sur le site internet de la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR ; Gruat et al., 2022).

### 4.3 Détermination du régime hydrologique des périodes de prélèvement

Un échantillon est classé en régime hydrologique de crue lorsqu'au moins 50% du flux cumulé de MES a été mesuré avec un débit moyen supérieur au seuil de crue du cours d'eau considéré. Si cette condition n'est pas respectée, l'échantillon est classé en régime hydrologique de base.

Le régime hydrologique d'un échantillon est déterminé à l'aide de scripts R, développés à INRAE. Une notice détaillant le fonctionnement des différents scripts utilisés pour calculer le régime hydrologique a été rédigée. Celle-ci s'accompagne d'un synopsis graphique pour en faciliter la lecture. La notice et la chartre graphique sont disponibles en annexe du rapport de l'action B2 (Delile et al. 2021, Annexes 4 et 5).

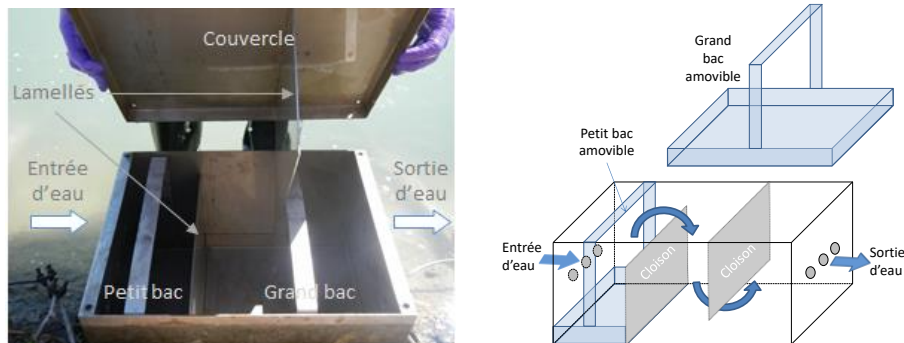
### 4.4 Prélèvements de MES en régime de base

**Sur la station du Rhône à Jons**, des prélèvements mensuels de MES sont réalisés à l'aide d'une centrifugeuse fixe (centrifugeuse fixe CEPA Z61). Jusqu'en mars 2018, les prélèvements à cette station étaient réalisés de manière bimensuelle. Compte tenu du temps de préparation du matériel, du temps de fonctionnement conséquent, ainsi que de la nécessité de faire intervenir un personnel préalablement formé à l'utilisation du dispositif, il a été décidé de réduire la fréquence d'échantillonnage à cette station à l'échelle mensuelle. Une étude a été menée pour vérifier que la réduction de la fréquence d'échantillonnage n'ait pas un impact sur les tendances temporelles observées à Jons (cf. Rapport sur le fonctionnement du réseau d'observation des flux de l'année 2018, chapitre 3, Le Bescond et al. 2018).

**Sur la station du Rhône à Arles**, des prélèvements bimensuels ont été effectués à l'aide d'une centrifugeuse fixe (centrifugeuse fixe CEPA Z61, identique à celle de la station de Jons) jusqu'en octobre 2018. Fin octobre 2018, le fonctionnement de la centrifugeuse fixe a été interrompu, suite à la suspension des financements dédiés. La station d'Arles est également équipée d'un piège à particules, dont le prélèvement des MES est utilisé pour l'analyse du tritium et du carbone 14 par l'IRSN. Depuis l'arrêt de la centrifugeuse fixe, les analyses de mercure, d'éléments traces métalliques (ETM) et de granulométrie sont effectuées sur les MES issues du piège à particules. A Arles, les données de concentration en carbone organique particulaire (COP) sont produites par le MIO. Les analyses sont effectuées sur les MES obtenues par filtration à l'aide d'un préleveur automatique, et elles servent également à déterminer la charge en suspension. Le prélèvement journalier est réalisé par le préleveur automatique, et une plus grande fréquence d'échantillonnage est appliquée lors des crues. Depuis 2018, des analyses de COP sont également réalisées par INRAE sur les échantillons de piège à particules.

La centrifugeuse fixe d'Arles a été remise en route ponctuellement en 2022 à l'occasion d'une campagne de prélèvements dédiée à l'inter-comparaison des différentes méthodes d'échantillonnage des MES couramment utilisées par l'OSR ; ainsi qu'en 2023 lors d'une campagne de prélèvement pour la mesure des microplastiques (dans le cadre du projet MicroPlasticRivers, ZABR/AERMC).

**Sur les stations permanentes et temporaires** (Figure 1), les prélèvements de MES sont réalisés à l'aide d'un piège à particules repris de celui utilisé par le programme German Specimen Bank (Schulze et al., 2007), afin d'échantillonner de manière intégrée, sur une longue période, les MES en régime de base et lors des pics de flux de MES. Ce dispositif engendre une maintenance aisée et peu coûteuse. Il se présente sous la forme d'une boîte en inox 316 (40x30x25cm) percée de 3 trous sur les faces avant et arrière qui permettent de faire circuler l'eau. A l'intérieur, deux cloisons font chuter la vitesse de l'eau et entraînent la décantation des MES au fond de deux bacs amovibles (Figure 6).



**Figure 7 : Présentation d'un piège à particules immergé en inox (dimensions 40x30x25cm).**

Les échantillons de MES des pièges à particules installés sur les affluents sont récupérés tous les mois. Lorsque le piège est retrouvé retourné ou non immergé, le prélèvement est jeté car il est considéré comme non représentatif. Dans certains cas, en fonction de la position du PAP ou de l'historique du niveau d'eau par exemple, l'échantillon peut être conservé afin de limiter les lacunes. Dans ce cas-là, l'information est renseignée dans un fichier interne de gestion des échantillons, et la donnée est bancarisée comme douteuse dans BDOH.

Sur la station de Jons, la représentativité des échantillons issus du piège à particules (intégratif) est validée par comparaison avec les concentrations en contaminants analysées dans des MES prélevées par centrifugation, considérées comme une référence ponctuelle (Masson et al., 2018).

Depuis le début de l'OSR, 15 stations ont été équipées de pièges à particules, dont 10 actuellement en activité (Tableau 3). L'annexe 2 présente une synthèse des stations de suivi des flux de l'OSR au 30/12/2024 (permanentes, temporaires ou possibles). On y trouve notamment un récapitulatif du nombre d'échantillons prélevés par méthode de prélèvement.

**Tableau 4 : Stations sur le Rhône et ses affluents qui sont équipées - ou qui ont été équipées - d'un piège à particules et/ou d'une centrifugeuse pour la collecte de MES depuis le début du programme OSR en 2011. La fréquence de collecte est indiquée pour un régime hydrologique de base.**

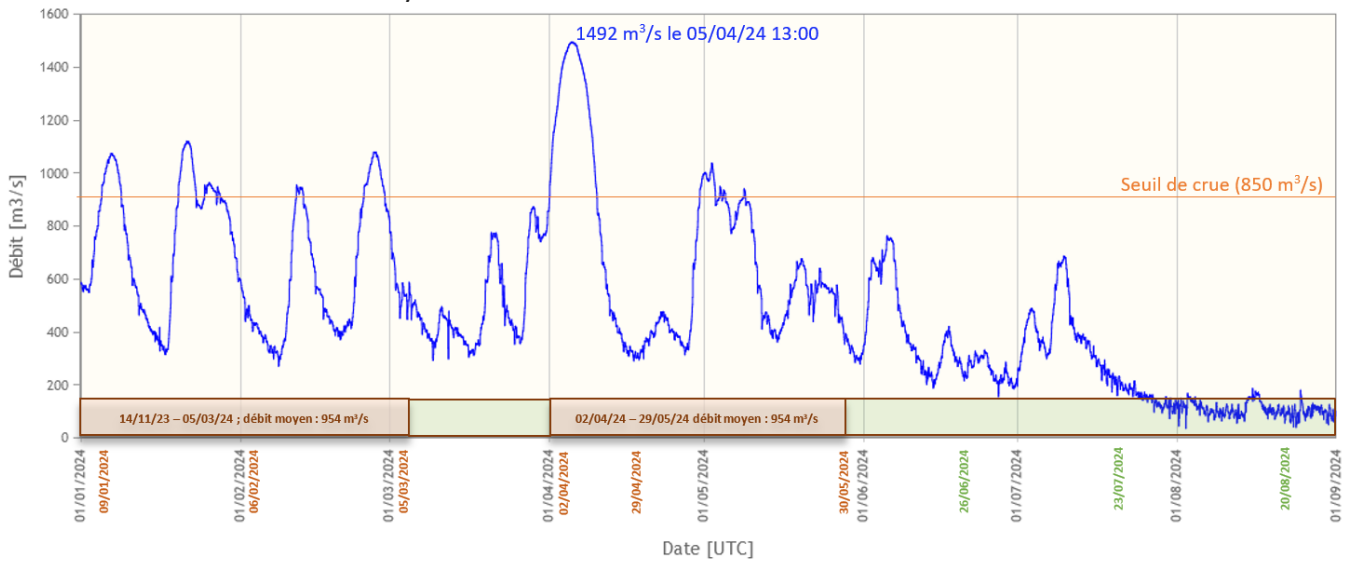
Cours d'eau	Localisation	Mode de prélèvement	Date de démarrage	Date d'arrêt	Fréquence de collecte
<b>Arve</b>	Genève (Suisse)	Piège à particules	12/11/2012	25/08/2014	Mensuelle
<b>Fier</b>	Motz (73)	Piège à particules	05/03/2014	06/02/2024	Mensuelle
<b>Guiers</b>	Belmont-Tramonet (73)	Piège à particules	05/04/2012	19/07/2012	Mensuelle
<b>Bourbre</b>	Tignieu-Jamezieu (38)	Piège à particules	15/11/2011	28/08/2013	Mensuelle
<b>Ain</b>	Chazey-sur-Ain (01)	Piège à particules	20/07/2012	28/01/2013	Mensuelle
<b>Rhône</b>	Jons (69)	Piège à particules et centrifugeuse	22/06/2011	En fonctionnement au 01/12/2024	Mensuelle depuis le 13/03/2018, bimensuelle avant cette date
<b>Saône</b>	Lyon (69)	Piège à particules	02/08/2012	En fonctionnement au 01/12/2024	Mensuelle
<b>Gier</b>	Givors (69)	Piège à particules	23/04/2013	En fonctionnement au 01/12/2024	Mensuelle
<b>Rhône</b>	Andancette (26)	Piège à particules	19/10/2019	En fonctionnement au 01/12/2024	Mensuelle
<b>Isère</b>	Beaumont-Montoux (38)	Piège à particules	09/09/2014	En fonctionnement au 01/12/2024	Mensuelle
<b>Drôme</b>	Livron-sur-Drôme (26)	Piège à particules	23/10/2018	En fonctionnement au 01/12/2024	Mensuelle
<b>Ardèche</b>	Saint-Martin-d'Ardèche (07)	Piège à particules	01/03/2016	En fonctionnement au 01/12/2024	Mensuelle
<b>Durance</b>	Bonpas (84)	Piège à particules	14/10/2015	En fonctionnement au 01/12/2024	Mensuelle
<b>Gardon</b>	Remoulins (30)	Piège à particules	15/11/2017	En fonctionnement au 01/12/2024	Mensuelle
<b>Rhône</b>	Arles (13)	Centrifugeuse (MIO/CEREGE) et piège à particules (IRSN)	18/05/2011	En fonctionnement au 01/12/2024 (pas de centrifugeuse en routine depuis octobre 2018)	Mensuelle depuis le 13/03/2018, bimensuelle avant cette date

#### 4.5 Prélèvements de MES en régime de crue

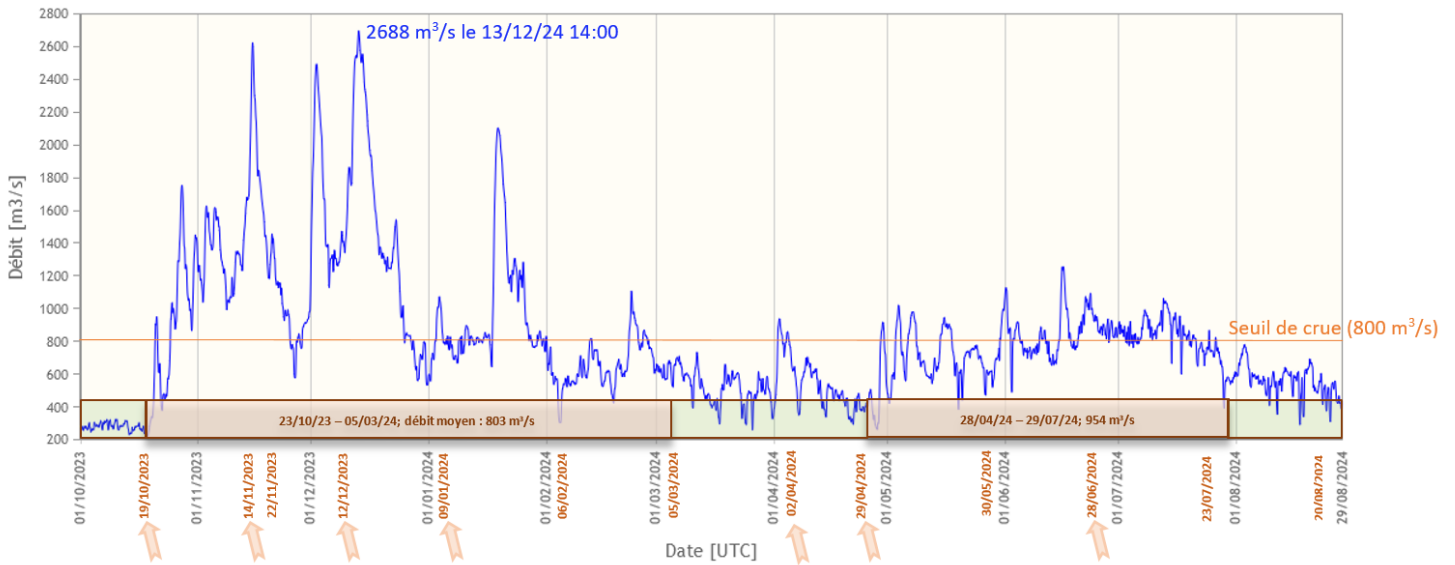
Le suivi du Rhône et de ses affluents est intensifié durant un épisode de crue afin d'échantillonner l'évènement le plus finement possible (montée, pic/plateau et décrue). Le seuil de crue de chaque station correspond à la moitié de la valeur de son débit de crue biannuelle (période de retour deux ans, Q2). Les seuils de crue sont détaillés en Annexe 4. Il faut noter qu'il est très difficile d'assurer la collecte de tous les affluents lors des crues rapides d'une durée d'un à deux jours.

La Figure 8 recense les échantillons de MES prélevés en régime de crue entre fin 2023 et fin août 2024 pour les stations du Rhône à Jons et de la Saône à Lyon. On observe de nombreux épisodes de crue durant l'année hydrologique 2023-2024 sur ces deux stations.

### Station de la Saône à Lyon



### Station du Rhône à Jons



Prélèvements de MES pour analyses chimiques classés en régime de crue (PAP)

06/02/2024 : date du prélèvement classé en régime de crue (PAP)

Prélèvements de MES pour analyses chimiques classés en régime de basse (PAP)

26/06/2024 : date du prélèvement classé en régime de basse (PAP)

Prélèvements de MES pour analyses chimiques classés en régime de crue (centrifugeuse)

**Figure 8 : Synthèse par station des prélèvements de MES pour analyses chimiques réalisés en crue fin 2023 et début 2024 sur les stations du Rhône et de la Saône à Lyon, avec les dates de prélèvement et le débit moyen observé sur la période de prélèvement.**

## 4.6 Campagne d'inter-comparaison des méthodes d'échantillonnage des MES

Une campagne d'inter-comparaison d'échantillonnage de MES a eu lieu dans des conditions d'étiage durant l'OSR 6. Une étude similaire en crue est prévue dans l'OSR 7. Il était initialement prévu de la faire dans le cadre de l'APAVÉR au printemps 2025, mais il est apparu que cette opération ne donne généralement aucune évolution de MES sur le Rhône aval. La campagne devra donc être pensée pour l'automne 2025.

## 4.7 Bilan des prélèvements de MES

### 4.7.1 Bilan des prélèvements de MES pour l'année 2023

La **synthèse complète** des échantillons prélevés en régime de base et en crue en 2023 est présentée par affluent et par technique de prélèvement dans le Tableau 6.

**Tableau 5 : Nombre total d'échantillons de MES prélevés en 2023 pour les analyses physico-chimiques sur chaque station [nombre d'échantillons prélevés en crue].**

Station	Nombre d'échantillons de MES prélevés total et [en crue] et méthode de prélèvement				TOTAL	Nombre d'interventions sur la station
	Centrifugeuse fixe (ponctuel ~ 1 à 4h)	Centrifugeuse mobile (ponctuel ~ 1 à 4h)	Piège à particules (intégratif)	Décantation/centrifugation (ponctuel)		
Le Fier à Motz			12 [4]		12 [4]	14
La Saône à Lyon			15 [4]	14 [2]	29 [6]	18
Le Rhône à Jons	10 [3]		14 [5]		24 [8]	18
Le Gier à Givors			13 [0]		13 [0]	14
Le Rhône à Andancette			14 [0]		14 [0]	13
L'Isère à Beaumont-Monteux			13 [2]		13 [2]	15
La Drôme à Livron-sur-Drôme			12 [1]		12 [1]	15
L'Ardèche à St-Martin-d'Ardèche			13 [0]		13 [0]	15
La Durance à Bonpas			09 [1]		09 [1]	13
Le Gardon à Remoulins			11 [0]		11 [0]	13
Le Rhône à Arles			12 [1]		12 [1]	12
<b>TOTAL</b>	<b>10 [3]</b>	<b>0</b>	<b>138 [18]</b>	<b>14 [2]</b>	<b>162 [23]</b>	<b>160</b>

#### 4.7.2 Bilan des prélèvements de MES pour l'année 2024

La **synthèse provisoire** des échantillons prélevés en 2024 est présentée par affluent et par technique de prélèvement dans le Tableau 7.

**Tableau 6 : Nombre d'échantillons de MES prélevés en 2024 pour les analyses physico-chimiques sur chaque station (bilan au 25/11/2024).**

Station	Nombre d'échantillons de MES prélevés total et [en crue] et méthode de prélèvement				TOTAL	Nombre d'interventions sur la station
	Centrifugeuse fixe (ponctuel ~1 à 4h)	Centrifugeuse mobile (ponctuel ~ 1 à 4h)	Piège à particules (intégratif)	Décantation/centrifugation (ponctuel)		
Le Fier à Motz			2 [2]		2	5
La Saône à Lyon			11 [6]		11	14
Le Rhône à Jons	11		12 [6]		23	12
Le Gier à Givors			9 [0]		9	14
Le Rhône à Andancette			11 [0]		11	12
L'Isère à Beaumont-Monteux			11 [0]		11	12
La Drôme à Livron-sur-Drôme			11 [2]		11	12
L'Ardèche à St-Martin-d'Ardèche			11 [0]		11	11
La Durance à Bonpas			4 [0]		4	10
Le Gardon à Remoulins			10 [0]		10	10
Le Rhône à Arles			11 [0]		11	11
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>103 [16]</b>	<b>0</b>	<b>114</b>	<b>122</b>

Au cours de l'année 2024, certains prélèvements n'ont pas pu être effectués, pour diverses raisons. Ces échantillons sont recensés dans le Tableau 8. Le détail des dates exactes et des raisons de non-échantillonnage sont donnés textuellement ci-après.

**Tableau 7 : Récapitulatif des prélèvements effectués (✓) et non effectués en 2024 pour chaque station**

Station	Détail des prélèvements par mois											
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Rhône à Jons	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1/2
Saône à Lyon	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Gier à Givors	✓	✓	✓	✓	PAP inaccessible	PAP inaccessible	✓	PAP inaccessible	✓	✓	✓	✓
Rhône à Andancette	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Isère à Beaumont-Monteux	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Drôme à Livron-sur-Drôme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ardèche à Saint-Martin-d'Ardèche	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Durance à Bonpas	✓	✓	PAP inaccessible					✓	✓	PAP inaccessible	PAP inaccessible	✓
Gardon à Remoulins	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	PAP inaccessible	✓	✓
Rhône à Arles	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Prélèvements effectués par PAP sur l'ensemble des stations sauf pour Jons (PAP + CFI).

**Gier à Givors :** En octobre 2024, un débit de 454 m<sup>3</sup>/s a été enregistré sur le Gier. C'est le plus important depuis 2008 (349 m<sup>3</sup>/s). La montée des eaux et la boue ont endommagé la station, le préleveur automatique a été emporté et les éléments de protection du capteur de turbidité arrachés. La station est de nouveau pleinement opérationnelle depuis le 18/12/2024.

En mai et juin 2024, de forts débits n'ont pas permis le prélèvement du PAP.

**Rhône à Jons :** En décembre 2024, des travaux étant en cours sur le barrage de Jons, le prélèvement de MES à l'aide de la centrifugeuse fixe n'a pas pu être effectué.

**Rhône à Arles :** Un problème concernant des fuites d'eau dans la station à l'arrivée sur le piège à particule a été réglé en 2024. Le colmatage reste cependant possible et à surveiller. La centrifugeuse fixe n'a pas passé le contrôle de sécurité en 2024. Après une recherche de réparateurs, elle devrait pouvoir être réparée au premier semestre 2025.

**Durance à Bonpas :** En 2023, le site de la Durance a été rendu inutilisable et le PAP détérioré par des travaux. Un nouveau site a donc dû être trouvé, mais les disponibilités sont limitées et l'importante variation du niveau d'eau sur ce nouveau site nécessite l'installation de deux pièges simultanément. Un « PAP bas » qui reste dans le courant en cas de faibles hauteurs d'eaux, et un « PAP haut » à quelques mètres de l'autre, mais en hauteur sur la digue, plus accessible en cas de fortes eaux.

En janvier 2024, le « PAP bas » a été emporté par une crue, le « PAP haut » a été mis à sa place. De mars à juillet, les prélèvements ont été empêchés par des débits trop importants ainsi que d'autres travaux sur le site. En novembre 2024 le « PAP haut » a été réinstallé après la fin des travaux.

À noter également que les lâchers du barrage de Bonpas quelques kilomètres en amont rendent les prélèvements difficiles à planifier.

**Gardon à Remoulins :** Le 17/10/2024, le Gardon était en crue suite à un épisode cévenol.

---

## 5. Analyses physico-chimiques

### 5.1 Les paramètres analysés

En 2024, pour la première année du programme OSR 7, les mêmes analyses que précédemment ont été poursuivies par les partenaires scientifiques : mercure, éléments trace métalliques (ETM – 8 étudiés), radionucléides émetteurs gamma, carbone organique particulaire (COP) et granulométrie (Tableau 9).

Le choix des substances suivies est justifié dans le rapport sur le fonctionnement du réseau d'observation des flux de 2018 (Le Bescond et al. 2018, chapitre 1.5). Pour l'IRSN le nombre d'analyses a été adapté selon l'intérêt des stations.

Les paramètres analysés et les méthodes d'analyse, avec les performances associées (LQ, incertitudes) sont décrits en Annexe 5.

**Tableau 8 : Paramètres analysés, nombre de substances par famille et laboratoires impliqués.**

Analyse	Laboratoire partenaire
<b>Mercur</b>	INRAE
<b>Eléments traces métalliques (ETM) (8)</b>	CEREGE
<b>Radionucléides émetteurs gamma</b>	IRSN
<b>Carbone organique particulaire (COP)</b>	INRAE
<b>Carbone Hydrogène Azote (CHN)</b>	IRSN
<b>Granulométrie</b>	INRAE

## 5.2 Les échantillons analysés

### 5.2.1 Analyses prévues pour l'année 2024

Pour chacun des laboratoires des partenaires scientifiques, le nombre d'analyses à réaliser est défini dans la convention du programme de l'OSR 7 comme suit :

- 264 analyses/an de granulométrie sont prévues par l'INRAE en 2024
- 264 analyses/an de COP sont prévues par INRAE en 2024 ; soit un échantillon mensuel par paramètre et par station ;
- 111 analyses/an de mercure sont prévues par INRAE et 111 analyses/an d'ETM sont prévues par le CEREGE en 2024;
- 14 analyses de spectrométrie gamma.

Il n'est pas possible, ni forcément nécessaire, d'analyser en temps réel tous les échantillons prélevés. Le choix des échantillons à analyser est déterminé en fonction du nombre d'analyses, de la quantité d'échantillon disponible, du régime hydrologique du cours d'eau durant le prélèvement ainsi que du budget disponible.

En 2024, l'analyse des contaminants (métaux et mercure) a été poursuivie pour toutes les stations jusqu'à fin août permettant de compléter une année hydrologique complète (2023-2024). Depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2024, ces analyses sont uniquement réalisées sur les échantillons provenant de la Saône et des trois stations sur le Rhône (Jons, Andancette, Saône et Arles).

Le COP et la granulométrie sont systématiquement analysés pour tous les échantillons du réseau, car ils permettent, si besoin, d'effectuer une normalisation des concentrations en contaminants organiques et inorganiques, pour l'interprétation des résultats. La correction du biais granulométrique pour les pièges à particules est inutile lorsque le piège est soumis à des conditions d'exposition adéquates, ce qui est toujours le cas sauf à l'aval des barrages lors des opérations de chasse (Launay, 2014 ; Masson *et al.*, 2018).

### 5.2.2 Analyse des échantillons de MES prélevés en 2023

Le Tableau 10 résume le nombre total d'analyses réalisées sur les échantillons de MES qui ont été prélevés en 2023.

**Tableau 9 : Nombre total d'échantillons de MES prélevés et analysés pour l'année 2023.**

Paramètre	Fier	Saône	Jons	Gier	Andancette	Isère	Drôme	Ardèche	Durance	Gardon	Arles	TOTAL
Nombre total d'échantillons prélevés	12	15	23	13	14	13	12	13	8	11	12	146
Mercure (INRAE)	12	15	23	13	14	13	12	13	8	11	12	146
COP (INRAE)	12	15	23	13	14	13	12	13	8	11	12	146
ETM (CEREGE)	12	15	23	13	14	13	12	13	8	11	12	146
Granulométrie (INRAE)	12	15	23	13	14	13	12	13	8	11	12	146

### 5.2.3 Analyses des échantillons de MES prélevés en 2024

Le Tableau 11 résume le nombre total d'analyses réalisées sur les échantillons de MES qui ont été prélevés en 2024, à date de rédaction du rapport.

**Tableau 10 : Nombre d'échantillons de MES prélevés en régime de base ou en crue en 2024, analysés ou en cours d'analyse au 15/12/2024.**

Paramètre	Statut	Fier	Jons	Saône	Gier	Andan- -cette	Isère	Drôme	Ardèche	Durance	Gardon	Arles	TOTAL
Nombre total d'échantillons prélevés au 15/12/2024		2	23	12	9	12	12	12	12	5	11	12	122
Mercure (INRAE)	Analysés	2	12	4	3	4	4	1	1	1	1	1	34
	En cours	0	11	8	6	8	8	11	11	4	10	11	88
COP (INRAE)	Analysés	2	14	7	3	4	3	7	10	2	10	4	66
	En cours	0	9	5	6	8	9	5	2	3	1	8	56
ETM (CEREGE)	Analysés	2	8	4	3	4	4	5	4	2	4	4	44
	En cours	0	15	8	6	8	8	7	8	3	7	8	78
Sp. gamma (IRSN)	Analysés												
	En cours												
Granulométrie (INRAE)	Analysés	2	21	10	8	10	9	11	11	2	9	9	102
	En cours	0	2	2	1	2	3	1	1	3	2	3	20

## 6. L'outil Banquise pour la bancarisation et la conservation à long terme des échantillons

### 6.1 Objectif

Depuis 2018, les échantillons de MES générés par l'OSR sont conservés dans deux enceintes à -80°C afin d'améliorer leurs conditions de stockage dans le temps. Ces enceintes, financées par INRAE, permettent (en fonction des besoins et du développement de nouvelles techniques analytiques) d'effectuer des analyses ultérieures sur des échantillons conservés à long terme dans les meilleures conditions possibles.

## 6.2 Bancarisation des échantillons

En complément des enceintes à  $-80^{\circ}\text{C}$ , l'interface **Banquise** est utilisée pour bancariser et tracer les échantillons conservés. La plateforme s'appuie sur le logiciel Web Collec-Science (<https://www.collec-science.org/>) développé par Éric Quinton, INRAE-Bordeaux.

Banquise recense les métadonnées, c'est-à-dire toutes les informations relatives à chaque échantillon (lieu de prélèvement, régime hydrologique, masse d'échantillon disponible, etc.), et informe sur l'emplacement de rangement de l'échantillon dans les enceintes  $-80^{\circ}\text{C}$ .

## 6.3 Etat des lieux de la bancarisation

Les échantillons sont régulièrement bancarisés et conditionnés à  $-80^{\circ}\text{C}$  au fur et à mesure de leur préparation. Aujourd'hui, le nombre d'échantillons de MES bancarisés s'élève à plus de 1700. Il s'agit d'échantillons lyophilisés et broyés, conservés dans des flacons en verre ambré. A ce jour, la première enceinte a déjà atteint sa capacité maximale, et les nouveaux échantillons sont désormais conditionnés dans une seconde enceinte.

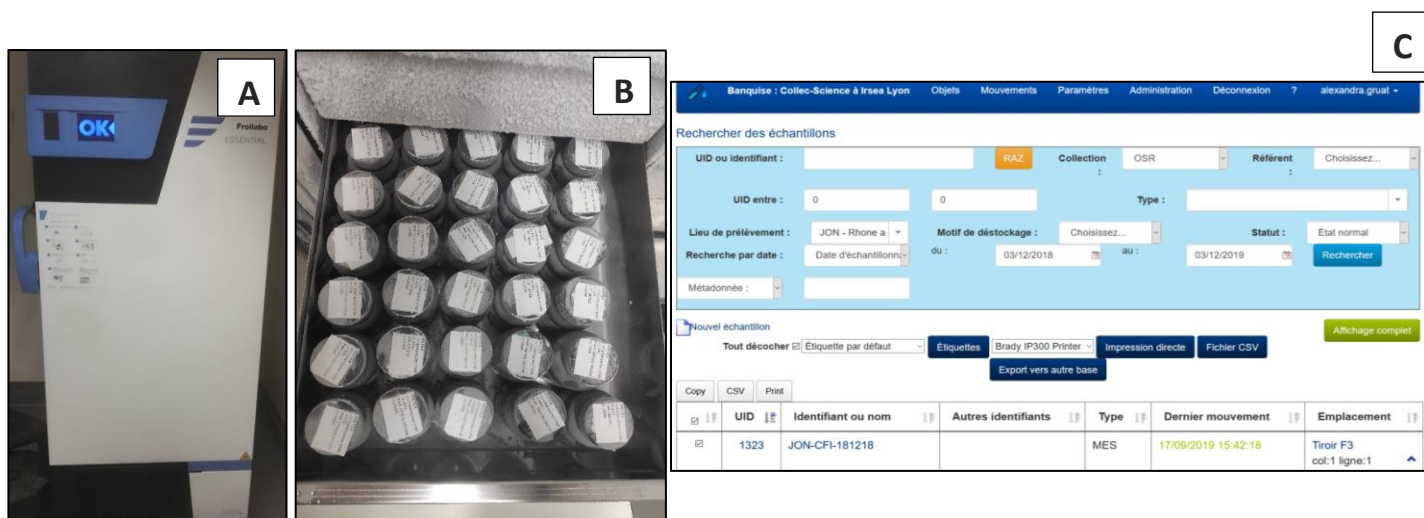


Figure 9 : Enceinte  $-80^{\circ}\text{C}$  utilisée pour le stockage des échantillons de MES de l'OSR et interface Banquise utilisée pour la bancarisation des métadonnées (A : congélateur  $-80^{\circ}\text{C}$  ; B : échantillons stockés dans le congélateur  $-80^{\circ}\text{C}$  ; C : interface du logiciel Banquise)

## 6.4 Utilisation des échantillons bancarisés pour des analyses rétrospectives

**Tableau 11 : Descriptif du nombre d'échantillons bancarisés par année (importés dans le logiciel Banquise et congelé à -80°C) et de l'utilisation des échantillons de Banquise par année (nombre d'échantillons déstockés pour des analyses rétrospectives).**

Année	Nombre d'échantillons importés dans Banquise	Nombre d'échantillons utilisés pour analyses rétrospectives
2019	1204	-
2020	86	83
2021	183	44
2022	145	107
2023	145	24
2024	161	142
<b>Total</b>	<b>1924</b>	<b>400</b>

NB : le nombre d'échantillons stockés à -80°C et importés dans le logiciel ne correspond pas nécessairement au nombre d'échantillons prélevés par année, car certains échantillons sont bancarisés *a posteriori* (échantillons prélevés en fin d'année par exemple).

## 7. L'outil BDOH pour la bancarisation des données

### 7.1 Présentation

La Base de Données des Observatoires en Hydrologie (BDOH) a été développée par INRAE pour gérer, bancariser et mettre à disposition des données hydrologiques et biogéochimiques issues des observatoires de long terme (Branger *et al.*, 2014). Les données issues du réseau d'observation des flux particuliers et de contaminants associés obtenues dans le cadre du programme de l'OSR sont stockées dans la base de données BDOH et accessibles sur une page spécifique à l'adresse suivante : <https://bdoh.irstea.fr/OBSERVATOIRE-DES-SEDIMENTS-DU-RHONE/>

Des conventions bilatérales entre INRAE et chaque producteur de données ont été établies pour définir les modalités de mise à disposition de ces données.

BDOH permet de calculer des chroniques de flux particulières et de contaminants associés en combinant les mesures de débit, de MES et de contaminants particulières issues d'une même station, ou d'une station proche par propagation du débit par exemple (cf. Annexe 1). La présentation de la méthode de calcul des flux de contaminants associés aux MES est détaillée dans le chapitre 2 du livrable « *Bilan actualisé des flux particulières du Rhône* » (Poulier et al., 2018).

Les chroniques mesurées de concentration (MES et contaminants) et les chroniques calculées de flux sont consultables directement à travers l'interface Web. L'utilisateur peut définir la période sur laquelle il souhaite calculer un flux instantané ou un cumul de MES et/ou de contaminants associés.

## 7.2 Calcul de flux

Une **chronique instantanée de flux de MES** est obtenue en multipliant la chronique mère de débit d'une station donnée par la chronique de concentration en MES correspondante. Pour ce calcul, les actions effectuées directement dans BDOH sont les suivantes :

- Chaque chronique de turbidité est convertie en chronique de concentrations en MES par l'application d'un barème de conversion turbidité/MES établi pour chaque station et chaque capteur de turbidité (cf. § 3, « Suivi des concentrations en matières en suspension »). Les barèmes de conversion utilisés sont stockés dans BDOH pour une période d'application et une plage de validité définies et peuvent être complétés lorsque la courbe de calibration turbidité/MES du capteur de turbidité est modifiée ;
- La chronique de concentration en MES, calculée à partir de la chronique de turbidité, est multipliée par la chronique de débit à la station correspondante pour obtenir une chronique de flux de MES. Les deux chroniques mères sont mises au même pas de temps par interpolation linéaire à la seconde près entre deux points, pour ne pas perdre d'information.

Pour calculer une **chronique instantanée de flux de contaminant**, la chronique discontinue de concentrations en contaminant particulière (données mesurées) est transformée en chronique continue, en supposant que les concentrations varient linéairement entre deux valeurs mesurées successivement. Chaque valeur est reliée à la suivante par un palier centré sur le point de prélèvement à l'aide d'un script développé avec le logiciel R (Figure 6). Une période de lacune est identifiée dans la chronique lorsque la fréquence de suivi régulier n'a pas été respectée, par omission d'un prélèvement (panne de la centrifugeuse, piège renversé) ou d'une analyse (tous les échantillons prélevés ne sont pas systématiquement analysés).

La chronique de flux de contaminant particulière instantané est obtenue directement dans BDOH en multipliant la chronique continue de concentration en contaminant particulière par la chronique de flux instantané de MES précédemment calculée à cette station.

En général, il est préférable de construire une chronique continue de concentrations en contaminants particulières à partir des résultats du piège à particules, avec vérification par des prélèvements ponctuels (centrifugeuse), ou de considérer des concentrations moyennes par année ou par type de régime hydrologique.

Suite aux travaux sur l'évaluation multi-échelle des flux de MES et de contaminants associés dans le bassin du Rhône (Delile et al., 2021), un comblement différent des lacunes a été proposé. Cette nouvelle méthode consiste toujours à combler les lacunes par valeurs forfaitaires, mais en redécoupant les lacunes qui s'étendent sur des durées inhabituelles par rapport à la durée normale d'exposition du PAP. Par exemple, une lacune de plusieurs mois est comblée avec plusieurs valeurs forfaitaires. Cette méthode permet un comblement plus fin et plus représentatif du flux réel.

La méthode de transformation d'une série de données discontinues en une chronique continue et comblée est détaillée dans la section 7.3.

### 7.3 Estimation des chroniques lacunaires

Les chroniques temporelles acquises en continu sur les stations d'observation sont généralement incomplètes. L'absence de données peut provenir de données invalidées car jugées aberrantes lors de la validation ou de lacunes causées par une panne de capteur ou du système de prélèvement, par exemple. Ces lacunes sont propagées dans les chroniques calculées de flux instantanés et empêchent les calculs de flux cumulés sur les périodes concernées. C'est pourquoi, il est nécessaire au préalable de reconstituer les périodes de lacunes dans les chroniques mères continues. La durée de temps entre deux valeurs successives à partir de laquelle une chronique est considérée comme lacunaire varie selon le pas de temps d'acquisition et la variabilité temporelle des données.

- Les **chroniques de débit** sont bancarisées dans BDOH au pas de temps horaire et sont considérées lacunaires lorsqu'une donnée horaire n'est pas disponible, ce qui est exceptionnel. Les chroniques de débit fournies par la CNR contiennent une heure de lacune par an, observée lors du passage à l'heure d'été. Cette lacune est estimée par interpolation linéaire entre les deux valeurs qui l'encadrent.
- Depuis début 2020, les lacunes dans **les chroniques de concentration en MES** sont comblées dans BDOH dans la mesure du possible grâce aux données de débit non lacunaires mesurées sur les stations concernées. Les calculs ne sont pas faits automatiquement dans la base BDOH mais grâce à un code R après export des données mesurées de débit et de turbidité. On utilise dans un premier temps la relation  $C_s(Q)$  qui lie la concentration en MES au débit en fonction du régime hydrologique de base ou de crue. Pour chaque pas de temps, on calcule ainsi une donnée estimée de concentration en MES. En inversant ensuite la relation turbidité (MES) construite grâce aux prélèvements/analyses (cf. chapitre 2), on établit une chronique de turbidité estimée. Enfin, on reconstruit une chronique complète de turbidité en fusionnant la chronique mesurée avec la chronique estimée. On utilise les valeurs estimées seulement lorsqu'une lacune était présente dans la chronique mesurée. L'étape ultime consiste à remplacer la chronique de turbidité dans la base BDOH, ce qui propage automatiquement le comblement des lacunes aux différentes chroniques filles de concentration et flux de MES, et aux nombreuses chroniques de flux particuliers de micropolluants. Ce comblement est généralement réalisé au début de l'année n+1

lorsque les chroniques de débit fournies par les partenaires sont entièrement disponibles pour l'année n.

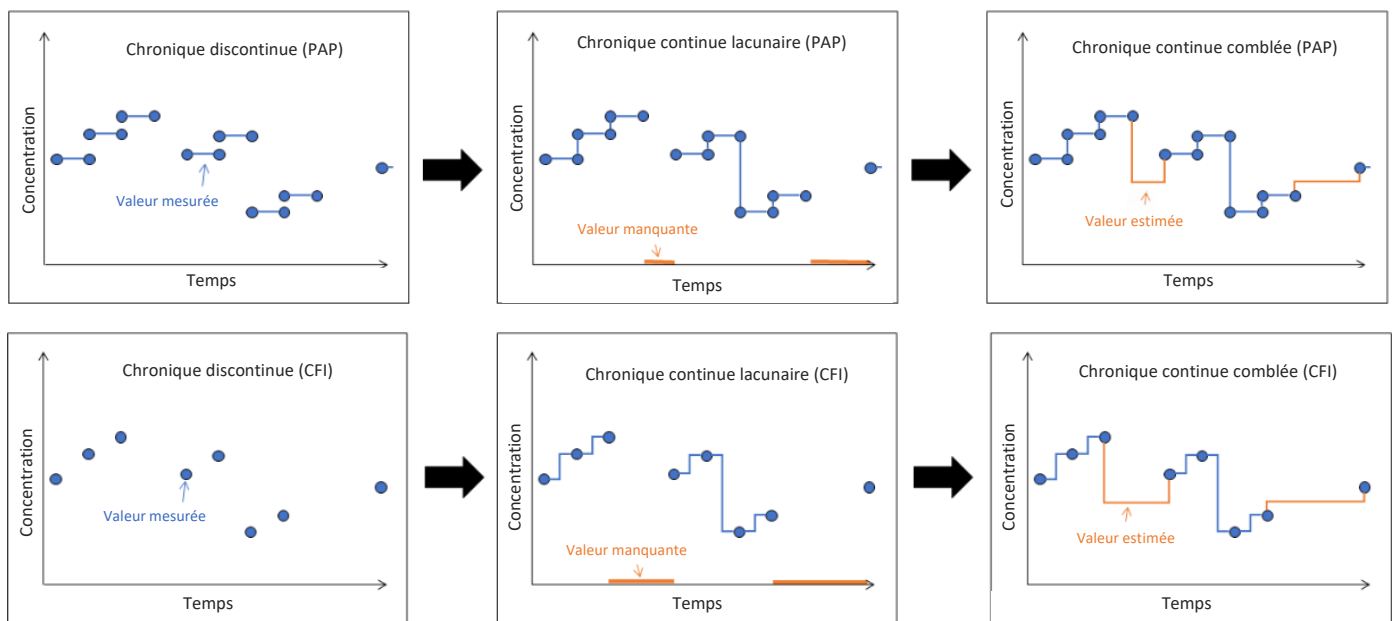
Résumé des actions effectuées pour combler les lacunes dans les chroniques de concentration en MES pour chaque station :

1. Export de la chronique de turbidité pour sauvegarde
  2. Export du débit
  3. Application de la relation  $Cs(Q)$
  4. Calcul de la turbidité par inversion de la relation  $MES(turb)$
  5. Reconstitution d'un fichier complet par copier/coller : on garde les données de BDOH auxquelles on insère les données recalculées pendant les périodes de lacunes
  6. Attribution du code "e" (estimé) aux données de comblement
  7. Ré-import des données de turbidité et mise à jour automatique des chroniques filles (CMES, FMES et flux de contaminants)
- Dans une **chronique de concentration en contaminant particulière**, une lacune est reconnue lorsqu'au moins une donnée dans la série temporelle est manquante par rapport à la fréquence de prélèvement établie à une station (cf. § 6.2). Pour chaque station et chaque contaminant bancarisé, les lacunes dans les chroniques de concentration en contaminants sont reconstituées avec un forfait déterminé selon le régime hydrologique associé à l'échantillon (période de base, régime de crue ou événement de chasse de barrage). Ce forfait correspond à la valeur médiane de l'ensemble des concentrations acquises depuis le début du programme OSR sur chaque station, comme décrit dans le rapport sur l'évaluation multi-échelle des flux de MES et de contaminants associés dans le bassin du Rhône (Delile et al., 2021). Lorsque la fréquence de quantification du composé est inférieure à 50% sur la station, ce forfait n'est pas calculé et la chronique lacunaire n'est pas comblée.

Pour les données issues de piège à particules, une lacune est reconnue lorsque deux échantillonnages successifs ne sont pas continus (c'est-à-dire lorsque que la date de début d'un échantillonnage est postérieure à la date de fin de l'échantillonnage précédent comme vu sur la figure 10). Avant d'estimer les valeurs manquantes, lorsque les échantillonnages sont successifs, les séries temporelles discontinues sont transformées en séries temporelles continues par interpolation linéaire. Les valeurs manquantes sont ensuite remplacées par la valeur du forfait correspondante, en fonction du cours d'eau et des conditions hydrologiques pendant la période. Dans la nouvelle méthode de comblement, il est proposé de découper les lacunes supérieures à 1,5 fois la période habituelle d'échantillonnage, de sorte à éviter l'estimation de trop grandes périodes avec un même forfait. Le nombre de sous-découpages sera proportionnel à la durée de la lacune.

Pour les données issues de centrifugation, une lacune est reconnue lorsque la période entre deux échantillonnages est plus longue que la période habituelle d'échantillonnage. Pour les intervalles plus courts que la période d'échantillonnage

habituelle, les séries chronologiques discontinues sont transformées en séries chronologiques continues en considérant la concentration du dernier échantillon jusqu'à la moitié de la période d'intervalle, tandis que l'autre moitié a été remplie avec la concentration de l'échantillon suivant (figure 10). Comme pour les données de piège à particules, les valeurs manquantes sont ensuite estimées en utilisant des valeurs forfaitaires. Avec la nouvelle méthode, dans le cas de lacunes de durée supérieure à la période normale entre deux échantillonnage (28 jours), la même règle est appliquée que pour les pièges à particules.



**Figure 10 : Étapes de transformation d'une série temporelle de données discontinues pour le calcul des flux de contaminants. PAP : piège à particules, CFI : centrifugeuse fixe flux continu**

Dans l'attente de la finalisation des scripts R nécessaires pour propager la nouvelle méthode de comblement des lacunes à l'ensemble des chroniques continues de contaminants, celles-ci n'ont pas été mises à jour dans BDOH. Il en va de même pour les chroniques de flux de contaminants, calculées à partir des chroniques continues (voir § 6.2 et 6.3). Ces travaux ont déjà bien avancé et les mises à jour dans BDOH seront finalisées en 2025.

## 7.4 Données bancarisées en 2024

Le Tableau 13 présente l'état des lieux des données bancarisées dans BDOH à date du 20/01/2025.

**Tableau 12 : Synthèse des données bancarisées dans BDOH sur les stations du réseau de suivi OSR en activité ou non (et le producteur de la donnée) à la date du 20/01/2025**

Station	Débit	Turbidité	Conc. en MES	Flux de MES	Conc. en COP	Conc. en Hg	Flux de Hg	Conc. en PCBi	Flux de PCBi	Conc. en ETM	Flux d'ETM	Conc. en radionucléides	Flux de radionucléides	Granulométrie (D10, D50 et D90)
<b>Arve à Genève</b>	31/12/1973 22/12/2024 (OFEV)	29/03/2012 14/01/2025 (INRAE)	29/03/2012 14/01/2025 (INRAE)	29/03/2012 19/12/2024 (INRAE)	13/11/2012 25/08/2014 (INRAE)	13/11/2012 25/08/2014 (INRAE)	13/11/2012 25/08/2014 (INRAE)	13/11/2012 25/08/2014 (INRAE)	13/11/2012 25/08/2014 (INRAE)	22/01/2013 25/08/2014 (Cerege)	22/01/2013 25/08/2014 (Cerege)	Non bancarisée	Non calculés	Non bancarisée
<b>Fier à Motz</b>	15/01/1999 02/09/2024 (CNR)	15/04/2014 13/01/2025 (INRAE)	15/04/2014 13/01/2025 (INRAE)	15/04/2014 02/09/2024 (INRAE)	05/03/2014 08/11/2023 (INRAE)	05/03/2014 06/02/2024 (INRAE)	15/04/2014 06/02/2024 (INRAE)	05/03/2014 24/11/2016 (INRAE)	15/04/2014 24/11/2016 (INRAE)	21/12/2015 06/02/2024 (Cerege)	21/12/2015 06/02/2024 (Cerege)	20/01/2015 26/05/2020 (IRSN)	20/01/2015 23/11/2017 (IRSN)	15/04/2014 06/02/2024 (INRAE)
<b>Guiers à Belmont-Tramonet</b>	01/01/1990 15/01/2024 (CNR)	05/04/2012 18/07/2012 (INRAE)	05/04/2012 18/07/2012 (INRAE)	05/04/2012 18/07/2012 (INRAE)	19/06/2012 19/07/2012 (INRAE)	05/04/2012 11/12/2018 (INRAE)	Non calculé	Non bancarisée	Non calculé	Non bancarisée	Non calculé	Non bancarisée	Non calculé	Non bancarisée
<b>Rhône à Creys</b>	A Pont de Groslée 14/02/1999 02/09/2024 (CNR)	30/10/2008 31/12/2022 (EDF)	31/12/2009 31/12/2016 (EDF)	31/12/2009 31/12/2016 (INRAE)	Non mesurée	Non mesurée	Non mesuré	Non mesurée	Non mesuré	Non mesurée	Non mesuré	Non mesurée	Non calculé	Non mesurée
<b>Rhône à Bugey</b>	A Lagnieu 01/01/1991 02/09/2024 (CNR)	29/10/2008 31/12/2022 (EDF)	29/10/2008 31/12/2016 (EDF)	30/04/2015 31/12/2016 (INRAE)	Non mesurée	Non mesurée	Non mesuré	Non mesurée	Non mesuré	Non mesurée	Non mesuré	Non mesurée	Non calculé	Non mesurée
<b>Bourbre à Tignieu-Jamezieu</b>	31/12/1980 29/08/2024 (DREAL ARA)	20/10/2011 26/10/2013 (INRAE)	20/10/2011 26/10/2013 (INRAE)	20/10/2011 26/10/2013 (INRAE)	07/05/2012 28/08/2013 (INRAE)	02/01/2012 28/08/2013 (INRAE)	07/05/2012 28/08/2013 (INRAE)	02/01/2012 28/08/2013 (INRAE)	07/05/2012 28/08/2013 (INRAE)	05/01/2012 15/03/2013 (Cerege)	05/01/2012 15/03/2013 (Cerege)	Non mesurée	Non calculé	Non mesurée
<b>Ain à Pont-de-Chazey</b>	01/11/2011 31/01/2013 (DREAL ARA)	20/07/2012 08/06/2017 (INRAE)	20/07/2012 08/06/2017 (INRAE)	20/07/2012 16/01/2013 (INRAE)	20/07/2012 28/01/2013 (INRAE)	08/12/2011 28/01/2013 (INRAE)	20/07/2012 16/01/2013 (INRAE)	08/12/2011 28/01/2013 (INRAE)	28/08/2012 16/01/2013 (INRAE)	Non bancarisée	Non calculé	Non bancarisée	Non calculé	Non mesurée
<b>Rhône à Jons</b>	31/12/1992 29/08/2024 (INRAE)	31/12/1999 13/01/2025 (Eau du Gd Lyon)	31/12/1999 13/01/2025 (INRAE)	31/12/1999 29/08/2024 (INRAE)	22/06/2011 06/03/2024 (INRAE)	15/03/2011 02/04/2024 (INRAE)	22/06/2011 04/06/2019 (INRAE)	22/06/2011 06/12/2016 (INRAE)	22/06/2011 06/12/2016 (INRAE)	20/09/2011 02/04/2024 (Cerege)	20/09/2011 21/06/2019 (Cerege)	18/01/2012 16/11/2022 (IRSN)	18/01/2012 19/12/2017 (IRSN)	22/05/2012 15/10/2024 (INRAE)
<b>Saône à Lyon</b>	14/09/1981 02/09/2024 (CNR)	02/12/2009 13/01/2025 (INRAE)	02/12/2020 13/01/2025 (INRAE)	02/12/2009 02/09/2024 (INRAE)	02/08/2012 02/04/2024 (INRAE)	12/12/2011 02/04/2024 (INRAE)	02/08/2012 28/08/18 (INRAE)	12/12/2011 28/11/2016 (INRAE)	02/08/2012 28/11/2016 (INRAE)	08/02/2013 02/04/2024 (Cerege)	08/02/2013 25/10/2016 (Cerege)	08/02/2013 26/08/2020 (IRSN)	08/02/2013 19/12/2017 (IRSN)	02/08/2012 15/10/2024 (INRAE)
<b>Gier à Givors</b>	31/12/1989 01/01/2024 (DREAL ARA)	23/04/2013 13/01/2025 (INRAE)	23/04/2013 10/07/2024 (INRAE)	23/04/2013 30/11/2024 (INRAE)	23/04/2013 10/01/2024 (INRAE)	23/04/2013 06/03/2024 (INRAE)	23/04/2013 13/02/19 (INRAE)	23/04/2013 28/11/2016 (INRAE)	23/04/2013 28/11/2016 (INRAE)	06/01/2016 06/03/2024 (Cerege)	06/01/2016 14/02/2017 (Cerege)	03/12/2014 26/08/2020 (IRSN)	03/12/2014 25/10/2017 (IRSN)	23/04/2013 23/10/2024 (INRAE)
<b>Rhône à Andan-cette</b>	A Saint-Vallier 01/01/2018 02/09/2024 (CNR)	01/01/2019 31/12/2022 (CNR)	01/01/1917 31/12/2022 (CNR)	01/01/2019 31/12/2022 (CNR)	19/10/2018 03/04/2024 (INRAE)	19/10/2018 03/04/2024 (INRAE)	Non calculé	Non mesurée	Non mesurée	19/10/2018 03/04/2024 (Cerege)	Non calculé	Pas de données	Non calculé	19/10/2018 16/10/2024 (INRAE)
<b>Isère à Beaumont-Montoux</b>	20/03/1997 02/09/2024 (CNR)	01/01/2010 31/12/2023 (EDF)	01/01/2010 31/12/2023 (EDF)	01/01/2010 31/12/2023 (INRAE)	09/09/2014 10/01/2024 (INRAE)	09/09/2014 03/04/2024 (INRAE)	09/09/14 29/08/18 (INRAE)	09/09/2014 15/09/2016 (INRAE)	09/09/2014 15/09/2016 (INRAE)	09/09/2014 03/04/2024 (Cerege)	09/09/2014 18/04/2017 (Cerege)	16/01/2015 20/10/2020 (IRSN)	16/01/2015 18/04/2017 (IRSN)	09/09/2014 18/09/2024 (INRAE)
<b>Drôme à Livron-sur-Drôme</b>	31/12/2008 02/09/2024 (CNR)	23/10/2018 14/01/2025 (INRAE)	23/10/2018 14/01/2025 (INRAE)	23/10/2018 02/09/2024 (INRAE)	23/10/2018 16/01/2024 (INRAE)	23/10/2018 16/01/2024 (INRAE)	Non calculé	Pas de données	Non calculé	23/10/2018 14/05/2024 (Cerege)	Non calculé	23/10/2018 16/02/2021 (IRSN)	Non calculé	23/10/2018 14/05/2024 (INRAE)
<b>Ardèche à St-Martin-d'Ardèche</b>	01/01/2010 30/11/2024 (HPCGD)	14/01/2016 13/01/2025 (INRAE)	14/01/2016 13/01/2025 (INRAE)	14/01/2016 30/11/2024 (INRAE)	01/03/2016 16/01/2024 (INRAE)	01/03/2016 16/01/2024 (INRAE)	01/03/16 19/04/18 (INRAE)	01/03/2016 18/10/2016 (INRAE)	01/03/2016 18/10/2016 (INRAE)	01/03/2016 10/04/2024 (Cerege)	01/03/2016 16/01/2018 05/04/2022 (Cerege)	01/03/2016 05/04/2022 (IRSN)	01/03/2016 21/04/2017 (IRSN)	14/06/2016 14/05/2024 (INRAE)
<b>Durance à Bonpas</b>	01/01/1993 02/09/2024 (CNR)	21/06/2010 31/12/2023 (EDF)	31/10/2013 31/12/2023 (EDF)	30/11/2013 31/12/2023 (INRAE)	14/10/2015 10/01/2024 (INRAE)	14/10/2015 10/01/2024 (INRAE)	14/10/15 22/03/18 (INRAE)	16/11/2015 19/07/2016 (INRAE)	16/11/2015 19/07/2016 (INRAE)	16/11/2015 15/02/2024 (Cerege)	16/11/2015 20/12/2017 (Cerege)	15/02/2016 28/09/2022 (IRSN)	15/02/2016 07/06/2017 (IRSN)	14/10/2015 10/01/2024 (INRAE)
<b>Gardon à Remoulins</b>	01/01/2000 02/09/2024 (CNR)	20/06/2017 13/01/2025 (INRAE)	20/06/2017 13/01/2025 (INRAE)	20/06/2017 02/09/2024 (INRAE)	15/11/2017 18/01/2024 (INRAE)	15/11/2017 18/01/2024 (INRAE)	15/11/17 29/05/18 (INRAE)	Pas de données	Non calculé	15/03/2011 09/04/2024 (Cerege)	Non calculé	13/02/2018 07/01/2021 (IRSN)	Non calculé	05/12/2018 15/05/2024 (INRAE)
<b>Rhône à Beaucaire</b>	31/12/1999 02/09/2024 (CNR)	Non mesurée	Données du Rhône à Arles	03/03/2005 19/12/2022 (INRAE)	Données du Rhône à Arles	Données du Rhône à Arles	24/03/09 16/07/18 (INRAE)	Données du Rhône à Arles	18/01/2010 19/10/16 (INRAE)	Données du Rhône à Arles	01/06/2018 19/07/2018 (Cerege)	Données du Rhône à Arles	03/03/2005 12/11/2014 (IRSN)	Données du Rhône à Arles
<b>Rhône à Arles</b>	01/01/1990 02/09/2024 (CNR)	Non mesurée	03/03/2005 19/12/2023 (MIO)	03/03/2005 19/12/2023 (INRAE)	31/12/2006 18/01/2024 (MIO)	24/03/2009 18/01/2024 (INRAE et Ifremer)	24/03/09 19/07/18 (INRAE)	18/01/2010 19/10/2016 (INRAE et Ifremer)	18/01/2010 19/10/2016 (INRAE)	01/06/2011 09/04/2024 (Cerege)	01/06/2011 19/07/2018 (Cerege)	03/01/2005 31/05/2022 (IRSN)	03/03/2005 12/11/2014 (IRSN)	06/12/2018 15/05/2024 (INRAE)

---

## 8. Perspectives

Plusieurs actions sont à mener en 2025 pour continuer l'exploitation du suivi du réseau de mesure de l'OSR :

- L'avancement des calculs de flux de contaminants (action prioritaire qui doit être finalisée avant la fin de l'année).
- Les améliorations apportées en 2024 pour la construction de la courbe de conversion MES (turbidité) pour la station sur l'Ardèche n'ont, à ce stade, pas été concluantes. Il conviendra d'améliorer le dispositif en 2025 ou de réfléchir à un autre système de pilotage du préleveur automatique, voire à une autre localisation pour cette collecte d'échantillons d'eaux pour la mesure de la concentration en MES. Une fois la station de l'Ardèche stabilisée, le dispositif pourra être reproduit sur la station du Gardon.
- Une nouvelle campagne d'inter-comparaison des méthodes de prélèvement des MES est prévue lors d'une crue à Arles pour poursuivre les travaux d'inter-comparaison des PAP qui ont été réalisés à Arles en année 2 de l'OSR 6 en période de faible débit. Elle sera menée à l'automne 2025.
- Poursuite des travaux de la thèse sur l'intelligence artificielle en 2ème année : modélisation de la taille des particules et du COP des MES.
- Mise en place d'une sonde de turbidité en continue à la station SORA à Arles.

---

## 9. Bibliographie

AFNOR (1995). — NF ISO 10694 : Qualité du sol – Dosage du carbone organique et du carbone total après combustion sèche (analyse élémentaire), 14 p.

AFNOR (2000). — XP X 33-012 : Caractérisation des boues – Dosage des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des polychlorobiphényles (PCB), 30 p.

AFNOR (2005). — AFNOR, NF EN 872 : Qualité de l'eau – Dosage des matières en suspension – Méthode par filtration sur filtre en fibres de verre, 16p.

AFNOR (2009a). — ISO 13320 :2009 : Analyse granulométrique – Méthodes par diffraction laser – Principes généraux, 62 p.

AFNOR (2009b). — NF T 90-210 : Qualité de l'eau - Protocole d'évaluation initiale des performances d'une méthode dans un laboratoire, 43 p.

AFNOR (2013). — NF ISO 11352, indice de classement T90-220 : Qualité de l'eau — Estimation de l'incertitude de mesure basée sur des données de validation et de contrôle qualité, 37 p.

AFNOR (2015). — NF ISO 18589-3 : Mesurage de la radioactivité dans l'environnement - Sol – Partie 3 : méthode d'essai des radionucléides émetteurs gamma par spectrométrie gamma, 33 p.

AFNOR (2016). — NF EN ISO 17294-2 Qualité de l'eau - Application de la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) - Partie 2 : dosage des éléments sélectionnés y compris les isotopes d'uranium, 32 p.

AFNOR (2016). — XP M60-824 : Énergie nucléaire — Mesure de la radioactivité dans l'environnement — Méthode d'essai pour l'analyse du tritium de l'eau libre et du tritium organiquement lié dans les matrices environnementales, 40 p.

AFNOR (2017). — NF ISO 14869-3 : Qualité du sol — Mise en solution pour la détermination des teneurs élémentaires totales - Partie 3 : mise en solution par l'acide fluorhydrique, l'acide chlorhydrique et l'acide nitrique à l'aide de la technique de micro-ondes pressurisées, 20 p.

Branger F., Thollet F., Crochemore M., Poisbeau M., Raidelet N., Farissier P., Lagouy M., Dramais G., Le Coz J., Guerin A., Tallec G., Peschard J., Mathys N., Klotz S., Tolsa M. (2014) — Le projet base de données pour les observatoires en hydrologie : un outil pour la bancarisation, la gestion et la mise à disposition des données issues des observatoires hydrologiques de long terme à Irstea. *La Houille Blanche*, 1: 33-38.

Delile H., Gruat A., Coquery M., Masson M., Dabrin A., Le Coz J., Miège C., Lagouy M., Radakovitch O. (2021) – Evaluation multi-échelle des flux de MES et de contaminants associés dans le bassin du Rhône – Rapport final (OSR5), 95 p. <https://hal.science/OSR/hal-03291035>

Dugué V., J. Le Coz, B. Camenen, J.-B. Faure. Modélisation hydrosédimentaire 1-D du Rhône de Lyon à la mer Méditerranée. Bilan 2014. Rapport de recherche INRAE. 2015. <https://hal.science/OSR/hal-03749633v1>

Ghestem J.-P., Amalric L., Conte C. (2018) – Application d'un protocole de vérification d'une limite de quantification dans la matrice sédiment : cas des métaux - Rapport final. AQUAREF - BRGM/RP-68596-FR, 36p. <https://www.aquaref.fr>

Gruat A., Coquery M., Dabrin A., Masson M. (2022) – Le piège à particules comme outil d'échantillonnage intégratif des matières en suspension pour la surveillance de la contamination dans les cours d'eau. Fiche outil ZABR, 5p. [https://www.zabr.assograie.org/wp-content/uploads/2022/03/Fiche\\_outil\\_ZABR\\_PAP.pdf](https://www.zabr.assograie.org/wp-content/uploads/2022/03/Fiche_outil_ZABR_PAP.pdf)

Launay M. (2014) — Flux de matières en suspension, de mercure et de PCB particulières dans le Rhône, du Léman à la Méditerranée. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard Lyon 1, France, 478 p. <https://hal.science/OSR/tel-02600006>

Le Bescond, C., Le Coz, J., Coquery, M., Thollet, F., Lagouy, M., Buffet, A., Poulhier, G., Dabrin, A., Masson M., Miège, C., Dramais, G., Grisot G., Gattacceca, J., Ambrosi J.-P., Delanghe, D., Angeletti, B., Raimbault, P., Fornier M., Lepage, H., Radakovitch, O., Pairaud, I., Fuchs, R. (2018) — Rapport sur le fonctionnement du réseau OSR d'observation des flux de matières en suspension et de contaminants particuliers et sur la bancarisation des données pour l'année 2018 (OSR 5). Rapport OSR5, 115 p. <https://hal.science/OSR/hal-03299208>

Lepage, H., Gruat, A., Thollet, F., Le Coz, J., Coquery, M., Masson, M., Dabrin, A., Radakovitch, O., Labille, J., Ambrosi, J.-P., Delanghe, D., and Raimbault, P. (2022) — Concentrations and fluxes of suspended particulate matter and associated contaminants in the Rhône River from Lake Geneva to the Mediterranean Sea. *Earth Syst. Sci. Data*, 14, 2369–2384, <https://hal.science/OSR/insu-03690609v1>

Lionard E., Coquery M., J.P. Ghestem (2012). Recommandations de performances à exiger pour la surveillance de substances prioritaires hydrophobes dans les sédiments continentaux. Rapport final. Irstea-Aquaref, 16p. <https://hal.inrae.fr/hal-02601976v1>

Lionard E., Coquery M., J.P. Ghestem (2014). Recommandations de performances à exiger pour la surveillance de substances prioritaires hydrophobes dans les sédiments continentaux – Substances de l'état écologique et candidates de l'état chimique (2012). Rapport final. Irstea-Aquaref, 27p. <https://hal.inrae.fr/hal-02601977v1>

Masson M., Angot H., Le Bescond C., Launay M., Dabrin A., Miège C., Le Coz J., Coquery M. (2018) — Sampling of suspended particulate matter using particle traps in the Rhône River: Relevance and representativeness for the monitoring of contaminants. *Science of the Total Environment*, 637-368, 538-549. <https://hal.science/OSR/hal-02015899v1>

Poulier G., Le Coz J., Le Bescond C., Thollet F., Lagouy M., Dramais G., Grisot G., Launay M., Gattacceca J., Gairoard S., Radakovitch O., Lepage H., Coquery M. (2018) — Bilan actualisé des flux de matières en suspension et micropolluants associés sur le bassin du Rhône. Rapport OSR 4, 93 p. <https://hal.science/OSR/hal-02607069v1>

Raimbault P., Lagadec V., Garcia, N. (2014). *Water sample analyses – MOOSE - Rhône River* [Data set]. SEDOO OMP. <https://doi.org/10.6096/MISTRALS-MOOSE.767>

Sadaoui, M., Ludwig, W., Bourrin, F., and Raimbault, P. (2016) — Controls, budgets and variability of riverine sediment fluxes to the Gulf of Lions (NW Mediterranean Sea), *J. Hydrol.*, 540, 1002–1015, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.07.012>.

Schulze, T., Ricking, M., Schroter-Kermani, C., Koerner, A., Denner, H.-D., Weinfurtner, K., Winkler, A., Pekdeger, A. (2007). — The German Environmental Specimen Bank - Sampling, processing, and archiving sediment and suspended particulate matter. *Journal of Soils and Sediments*, 7: 361-367.

Thollet F. (2012) — Collecte de chroniques de matières en suspension avec une station turbidimétrique. Rapport Irstea, 15 p.

## 10. Annexes

### ANNEXE 1. Méthode de calcul du flux de contaminants associés aux matières en suspension sur le réseau de suivi de l'OSR

Le flux d'un contaminant associé aux MES (ou contaminant particulaire) est calculé selon l'équation suivante (sous hypothèse d'homogénéité de la phase porteuse au sein d'une section en travers de cours d'eau) :

$$\Phi_i = \int_T Q \cdot CMES \cdot C_i \cdot dt$$

Avec :

- $\Phi_i$ , le flux cumulé de contaminant particulaire  $i$  (en  $\mu\text{g}$ ,  $\text{mg}$  ou  $\text{Bq}$  sur la période  $T$ ) ;
- $Q$ , le débit (en  $\text{m}^3/\text{s}$ ) ;
- $CMES$ , la concentration en matières en suspension (en  $\text{mg}/\text{L}$ ) ;
- $C_i$ , la concentration en contaminant particulaire  $i$  dans les MES (en  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $\text{mg}/\text{kg}$  ou  $\text{Bq}/\text{kg}$ ) ;
- $T$ , la période prise en compte pour le calcul du flux.

## ANNEXE 2. Synthèse des stations de suivi des flux de l'OSR au 21/01/2025 (permanentes, temporaires ou possibles)

Station	Statut	Intérêt	Station de mesure de débits	Station turbidimétrique	Piège à particules	Centrifugeuse
Arve à Genève	Permanente <a href="https://hal.science/OSR/hal-03586237v1">https://hal.science/OSR/hal-03586237v1</a>	Affluent sédimentaire principal du Haut-Rhône	Station OFEV à Genève-bout-du-monde	Turbidimètre INRAE sur station SIG (Services Industriels de la ville de Genève) (opérationnelle)	13/11/12 au 25/08/14 (20 échantillons mensuels)	09/03/11 au 11/12/12 (4 échantillons)
Rhône à Pougny	Permanente	Point d'entrée du Rhône sur le territoire français Aval du Léman et aval confluence avec l'Arve	Station CNR à Pougny	Station CNR (opérationnelle)	Chasse 2012 (10 échantillons)	Chasse 2016 (12 échantillons manuels)
Rhône à Pyrimont	Permanente	Aval confluence Valserine Amont confluences avec les Ussets puis le Fier	Station CNR à Bognes	Station CNR (opérationnelle)		
Fier à Motz	Permanente <a href="https://hal.science/OSR/hal-0338876v1">https://hal.science/OSR/hal-0338876v1</a>	Affluent sédimentaire majeur sur le Haut-Rhône ( <i>à confirmer</i> ), deuxième apport le plus important après l'Arve d'après la simulation avec le modèle Rhône 1D.	Station CNR à Motz	Station INRAE (opérationnelle)	Depuis le 05/03/14 (102 échantillons mensuels) au 06/02/2024	20/08/12 (1 échantillon)
Guiers à Belmont-Tramonet	Temporaire	Affluent sédimentaire important sur le Haut-Rhône, programme de suivi par piège à particules pendant un an dans le programme AQUAREF	Station CNR à Belmont-Tramonet	Station INRAE (démontée)	05/04/12 au 19/07/12 (7 échantillons mensuels)	05/04/12 au 20/05/19 (6 échantillons)
Rhône à Culoz	Permanente	Aval confluence avec le Fier	Station CNR à Motz	Station CNR (opérationnelle)		
Rhône à Massignieu	Permanente	Aval confluence avec le Fier		Station CNR (opérationnelle)		
Rhône à Groslée	Permanente	Aval confluence avec le Guiers	Station CNR à Pont de Groslée	Station CNR (opérationnelle)		
Rhône à Villebois	Permanente	Aval confluence avec le Guiers	Station CNR à Pont de Groslée	Station CNR (opérationnelle)		
Bourbre à Tignieu-Jamezieu	Temporaire	Affluent présentant de fortes teneurs en contaminants	Station DREAL ARA à Tignieu-Jamezieu	Station INRAE (démontée)	15/11/11 au 28/08/13 (19 échantillons mensuels)	02/01/12 au 29/11/12 (6 échantillons)
Ain à Pont-de-Chazey	Temporaire	Un des principaux affluents du Haut-Rhône	Station DREAL ARA à Pont-de-Chazey	Station INRAE (démontée)	20/07/12 au 28/01/13 (6 échantillons mensuels)	08/12/11 au 11/11/12 (7 échantillons)
Rhône à Jons	Principale <a href="https://hal.science/OSR/hal-03388929v1">https://hal.science/OSR/hal-03388929v1</a>	Point de référence pour évaluer les flux du Haut-Rhône à l'amont de l'agglomération lyonnaise	Station CNR à Anthon (ou combinaison Lagnieu+Ain+Bourbre)	Station d'alerte du Grand Lyon (opérationnelle)	Depuis le 22/06/11 (256 échantillons bimensuel)	Depuis le 15/03/11 (mobile, 91 échantillons) et 09/07/13 (fixe, 180 échantillons)
Vieux-Rhône à Crépieux-Charmy	Permanente	Bras secondaire proche des champs captant du Grand Lyon		Station d'alerte du Grand Lyon (opérationnelle)		
Saône à Lyon-St-Georges	Permanente <a href="https://hal.science/OSR/hal-03388936v3">https://hal.science/OSR/hal-03388936v3</a>	Affluent sédimentaire majeur du Rhône Point clé pour boucler le bilan des flux de l'agglomération lyonnaise (continuité possible à l'avenir avec les études sur le site-atelier Ardières-Morcille de la ZABR)	Station CNR à Couzon	Turbidimètre INRAE hébergé sur une station CNR (opérationnelle)	Depuis le 02/08/12 (installé 6 km en amont en RG) (152 échantillons mensuels)	12/12/11 au 22/02/13 (centrifugeuse mobile à l'Île Barbe, 15 échantillons)

Gier à Givors	Permanente <a href="https://hal.science/OSR/hal-03388893v2">https://hal.science/OSR/hal-03388893v2</a>	Affluent présentant de fortes teneurs en contaminants (ancienne vallée industrielle très urbanisée)	Station DREAL ARA à Givors	Station INRAE (opérationnelle)	Depuis le 23/04/13 (114 échantillons mensuels)	
Rhône à Andancette	Permanente <a href="https://hal.science/OSR/hal-03378438v2">https://hal.science/OSR/hal-03378438v2</a>	Aval agglomération lyonnaise et amont confluence Isère	Station CNR à Saint-Vallier	Station CNR A Saint-Vallier (opérationnelle)	Chasse 2016 (3 échantillons à Andancette), et depuis le 19/10/18 (44 échantillons mensuels à Andancette)	
Isère à Romans	Temporaire	Affluent du Rhône le plus contributeur en MES		Station CNR/INRAE (démontée)		
Isère à Beaumont-Monteux	Permanente <a href="https://hal.science/OSR/hal-03388922v1">https://hal.science/OSR/hal-03388922v1</a>	Affluent du Rhône le plus contributeur en MES (continuité avec l'important réseau de stations turbidimétriques EDF/INRAE/LTHE du site-atelier Arc-Isère de la ZABR, qui remonte jusqu'aux zones de production de l'Arvan et du Glandon)	Station CNR à Beaumont-Monteux	Station EDF (homogénéité de la station ?) Projet de station CNR en redondance	Depuis le 09/09/14 (77 échantillons mensuels)	
Drôme à Livron-sur-Drôme	Permanente <a href="https://hal.science/OSR/hal-03586272v1">https://hal.science/OSR/hal-03586272v1</a>	Un des principaux affluents du Rhône aval / flux MES et contaminants pas explorés par OSR	Station CNR à Livron-sur-Drôme	Station INRAE	Depuis le 23/10/2018 (41 échantillons mensuels)	
Ardèche à St-Martin-d'Ardèche (plage de Sauze)	Permanente <a href="https://hal.science/OSR/hal-03388915v1">https://hal.science/OSR/hal-03388915v1</a>	Un des principaux affluents du Rhône aval (continuité possible avec les stations de flux du site OHMCV Pradel-Claudègne-Auzon LTHE)	Station CNR/SPC-GD	Station INRAE/CNR	Depuis le 01/03/16 (67 échantillons mensuels)	01/10/2020 (mobile, 1 échantillon)
Cèze	Possible	Affluent du Rhône aval / flux MES et contaminants pas explorés par OSR				18/11/11 et 02/10/20 (mobile, 2 échantillons)
Aigue	Possible	Affluent du Rhône aval / flux MES et contaminants pas explorés par OSR				
Ouvèze	Possible	Affluent du Rhône aval / flux MES et contaminants pas explorés par OSR				
Durance à Bonpas	Permanente <a href="https://hal.science/OSR/hal-03388858v2">https://hal.science/OSR/hal-03388858v2</a>	Affluent sédimentaire majeur du Rhône aval (continuité avec le réseau de stations EDF, LTHE et INRAE qui remonte jusqu'aux zones de production de l'observatoire Draix-Bléone)	Station CNR à Bonpas	Station EDF (opérationnelle)	Depuis le 14/10/15 (56 échantillons mensuels)	
Gardon à Remoulins	Permanente <a href="https://hal.science/OSR/hal-03586259v1">https://hal.science/OSR/hal-03586259v1</a>	Un des principaux affluents du Rhône aval / flux MES et contaminants	Station CNR à Remoulins	Station CNR/SPC-GD Turbidimètre INRAE depuis le 20/06/2017	Depuis le 15/11/2017 (31 échantillons mensuels)	
Rhône à Arles (SORA)	Principale <a href="https://hal.science/OSR/hal-03388619v1">https://hal.science/OSR/hal-03388619v1</a>	Boucler les flux du bassin versant du Rhône avant le domaine marin (exutoire du Rhône)	Stations CNR à Arles (Grand-Rhône) et à Beaucaire (Rhône total)	Station SORA (mesures de MES réalisées par le MIO et turbidimètre à Barcarin depuis décembre 2014)	Depuis le 06/12/2018 pour les analyses d'ETM, Hg, COP et granulométrie (56 échantillons)	Depuis le 18/05/11 (209 échantillons) Suivi Ifremer en 2009-2010

### ANNEXE 3. Résultats des modèles de données et du modèle SiRCA sur les affluents du Rhône

Affluents	Modèles	$R^2$	RMSE (mg/L)
Durance	SiRCA	0.68	432
	RF	0.94	168
	CNN-LSTM	0.98	114
Drôme	SiRCA	0.44	330
	RF	0.9	139
	CNN-LSTM	0.94	113
Isère	SiRCA	0.26	305
	RF	0.92	303
	CNN-LSTM	0.97	237
Fier	SiRCA	0.56	74
	RF	0.81	48
	CNN-LSTM	0.94	23
Arve	SiRCA	0.2	245
	RF	0.8	111
	CNN-LSTM	0.91	82
Saône	SiRCA	0.59	13
	RF	0.95	5
	CNN-LSTM	0.97	4
Bourbre	SiRCA	0.1	49
	RF	0.92	14
	CNN-LSTM	0.9	17
Ain	SiRCA	0.7	9
	RF	0.92	5
	CNN-LSTM	0.97	3

#### ANNEXE 4. Synthèse des débits de crue de période de retour deux ans pour le Rhône et ses affluents suivis dans le cadre de l'OSR.

Cours d'eau	Station	Débit de crue (m <sup>3</sup> /s) 2 ans	Seuil de crue (m <sup>3</sup> /s)
Arve	Bout du monde	487	244
Fier	Motz	398	199
Guiers	Belmont-Tramonet	121	61
Bourbre	Tignieu-Jameyzieu	29	15
Ain	Port Galland	820	410
Rhône	Jons		800
Saône	Couzon	1700	850
Gier	Givors	71	35
Rhône	Andancette*	3200	1600
Isère	Beaumont-Monteux	1160	580
Drôme	Livron-sur-Drôme	192	96
Ardèche	St-Martin-d'Ardèche	1690	845
Gardon	Remoulins	804	402
Durance	Bonpas	880	440
Rhône	Arles	5800	2900

\*Nous ne disposons pas de la valeur de débit de crue biannuelle sur le Rhône à Andancette. Nous utilisons donc la valeur du Rhône à Ternay, qui est la station documentée la plus proche sur le Rhône. En outre, il y a peu d'apports de la part d'affluents entre ces deux stations. Nous considérons donc que le débit du Rhône à Ternay est sensiblement équivalent à celui du Rhône à Andancette.

Données extraites de la thèse de Launay M. (2014) - Flux de matières en suspension, de mercure et de PCB particuliers dans le Rhône, du Léman à la Méditerranée. INRAE, Université Lyon 1. Thèse de doctorat. p. 380. <https://hal.science/OSR/tel-02600006v1>

Le seuil de crue correspond à la valeur de débit à partir de laquelle le suivi du cours d'eau considéré est, si possible, intensifié. Le seuil de crue de chaque affluent correspond à la moitié de la valeur de son débit de crue biannuelle (Q2, période de retour 2 ans).

## ANNEXE 5. Liste des paramètres analysés dans l'OSR par les laboratoires des partenaires scientifiques et méthodes d'analyse.

Famille	Substance	Laboratoire partenaire	Méthode d'extraction	Méthode d'analyse	Méthode de référence	Limite de quantification	Incertitude élargie (%)	LQ recommandée*
Hg	Mercure total	INRAE		AAS atomique	EPA 7473 Aquaref MA02	10 µg/kg	16	10 µg/kg
PCBi (7)	PCB28	INRAE	Accelerated Solvent Extraction	GC-MS	XP X33-012	0,50-1,0 µg/kg	30-100	1,00 µg/kg
	PCB52					0,75-1,0 µg/kg		
	PCB101					0,50-1,0 µg/kg		
	PCB118					0,50-1,0 µg/kg		
	PCB138					0,50-0,75 µg/kg		
	PCB153					0,50 µg/kg		
	PCB180					0,50-1,0 µg/kg		
PCB-DL (2)	PCB105	INRAE	Accelerated Solvent Extraction	GC-MS	XP X33-012 Aquaref MA49	0,50 µg/kg	30-100	1,00 µg/kg
	PCB156					0,50 µg/kg		
PBDE (2)	BDE47	INRAE	Accelerated Solvent Extraction	GC-MS	XP X33-012 Aquaref MA49	0,50 µg/kg	30-100	5,00 µg/kg
	BDE99					0,50 µg/kg		
ETM (8)	Cadmium	CEREGE	Attaque tri-acides par micro-ondes	ICP-MS	NF ISO 14869-3 (2017) NF EN ISO 17294-2	0,1 mg/kg	1-80	0,1 mg/kg
	Cobalt					0,02 mg/kg	1-5	0,2 mg/kg
	Chrome					0,05 mg/kg	1-5	0,5 mg/kg
	Cuivre					0,1 mg/kg	1-6	0,5 mg/kg
	Nickel					0,1 mg/kg	1-5	0,5 mg/kg
	Plomb					0,01 mg/kg	1-10	1 mg/kg
	Zinc					0,5 mg/kg	1-6	2 mg/kg
	Arsenic					0,3 mg/kg	1-15	0,5 mg/kg
TOL	IRSN		Recroissance de l'Helium-3 puis spectrométrie de masse	NF XP M 60-824	0,025 Bq/kg sec			
<sup>14</sup> C	IRSN		Spectrométrie de masse par accélérateur		Détection systématique			
COP	INRAE	Décarbonatation par ajout d'acide phosphorique	Analyseur élémentaire	NF ISO 10694	0,5 g/kg			
Granulométrie	INRAE		Diffraction laser	ISO 13320 (2009)				

\* LQ recommandée : valeurs des LQ recommandées dans les sédiments par Aquaref (Laboratoire national de référence pour la surveillance des milieux aquatiques) (Lionard *et al.*, 2012 ; Lionard *et al.*, 2014). Pour les ETM limite de quantification pour les sédiments de l'avis agrément du 14/04/2018 (Ghestem *et al.*, 2018).



## Observatoire des Sédiments du Rhône

### Dispositifs scientifiques cadres



### Partenaires scientifiques



### Partenaires techniques et financiers

