



**HAL**  
open science

## Fonctionnement du réseau d'observation des flux de matières en suspension et de contaminants particulaires (OSR 6 – année 2023)

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

### ► To cite this version:

Alexandra Gruat, Marina Coquery, Jérôme Le Coz, Fabien Thollet, Mickaël Lagouy, et al.. Fonctionnement du réseau d'observation des flux de matières en suspension et de contaminants particulaires (OSR 6 – année 2023). [Rapport de recherche] INRAE; CEREGE; IRSN; MIO; Ifremer. 2024, pp.1-44. hal-04652823

**HAL Id: hal-04652823**

**<https://hal.science/hal-04652823v1>**

Submitted on 26 Aug 2024

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

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



Observatoire  
des Sédiments  
du Rhône

The background image shows a riverbank with a blue measurement scale (ranging from 0 to 100) and a white sensor box connected by wires. The scale is partially obscured by a semi-transparent white overlay. The text is overlaid on this semi-transparent area.

# Fonctionnement du réseau d'observation des flux de matières en suspension et de contaminants particulaires (OSR 6 – année 2023)

# Fonctionnement du réseau d'observation des flux de matières en suspension et de contaminants particulaires (OSR 6 – année 2023)

Rapport scientifique final  
Version du 04 janvier 2024

---

**Observatoire des Sédiments du Rhône – 6<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
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
A. Martelet, G. Dur, J. Labille, D. Borschneck, V. Vidal	CEREGE – Aix-en-Provence
H. Lepage, F. Giner, D. Mourier	IRSN – Cadarache
P. Raimbault, M. Fornier	MIO – Marseille
O. Herlory, I. Pairaud, C. Ravel, M. Répécaud	Ifremer – La Seyne-sur-Mer / Brest

## Pour citer ce rapport

Gruat A., Coquery M., Le Coz J., Thollet F., Lagouy M., Dabrin A., Masson M., Grisot G., Richard L., Bonnefoy A., Courapied F., Martelet A., Dur, G., Labille J., Borschneck D., Vidal V., Lepage H., Giner F., Mourier D., Raimbault P., Fornier M., Herlory O., Pairaud I., Ravel C., Répécaud M., (2022) – *Rapport sur le fonctionnement du réseau d'observation des flux de matières en suspension et de contaminants particuliers pour l'année 2023*. Rapport final. Observatoire des Sédiments du Rhône – 6<sup>ème</sup> programme d'action. Action E1. 43 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 6<sup>ème</sup> programme de l'Observatoire des Sédiments du Rhône (OSR6) 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 en 2023 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 2023 a permis la continuité du fonctionnement des 12 stations actives sur le Rhône et ses affluents (11 stations équipées de mesures de turbidité et de prélèvements de MES pour l'analyse des contaminants + 1 station équipée seulement d'une mesure de turbidité), et la production de données à ces stations. Les premiers travaux d'apprentissage automatisé (machine learning) montrent que cette méthode peut être d'intérêt pour combler les lacunes de concentrations de MES.

---

## 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 2023 .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Suivi des concentrations en matières en suspension .....</b>	<b>11</b>
3.1 Prélèvements et mesures .....	11
3.2 Bilan des flux de MES.....	15
3.3 Modélisation de la charge en suspension à l'aide de modèles de données.....	15
<b>4. Prélèvements de matières en suspension pour les analyses physico-chimiques.....</b>	<b>17</b>
4.1 Codification des échantillons .....	17
4.2 Méthodes d'échantillonnage des MES .....	17
4.3 Détermination du régime hydrologique des périodes de prélèvement.....	18
4.4 Prélèvements de MES en régime de base .....	18
4.5 Prélèvements de MES en régime de crue.....	20
4.6 Campagne d'intercomparaison des méthodes d'échantillonnage des MES .....	21
4.7 Bilan des prélèvements de MES.....	22
1.1.1 Bilan des prélèvements de MES pour l'année 2022 .....	22
1.1.2 Bilan des prélèvements de MES pour l'année 2023 .....	23
<b>5. Analyses physico-chimiques .....</b>	<b>24</b>
5.1 Les paramètres analysés .....	24
5.2 Les échantillons analysés .....	25
1.1.3 Analyses prévues pour l'année 2023.....	25
1.1.4 Analyse des échantillons de MES prélevés en 2022 .....	25
1.1.5 Analyses des échantillons de MES prélevés en 2023 .....	26
<b>6. L'outil Banque pour la bancarisation et la conservation à long terme des échantillons ..</b>	<b>27</b>
6.1 Objectif.....	27
6.2 Bancarisation des échantillons .....	27
6.3 Etat des lieux de la bancarisation .....	27
6.4 Utilisation des échantillons bancarisés pour des analyses rétrospectives .....	28
<b>7. L'outil BDOH pour la bancarisation des données.....</b>	<b>28</b>
7.1 Présentation.....	28
7.2 Calcul de flux.....	29

7.3	Estimation des chroniques lacunaires .....	30
7.4	Données bancarisées en 2023 .....	32
<b>8.</b>	<b>Perspectives.....</b>	<b>34</b>
<b>9.</b>	<b>Bibliographie .....</b>	<b>35</b>
<b>10.</b>	<b>Annexes.....</b>	<b>38</b>
	ANNEXE 1. Méthode de calcul du flux de contaminants associés aux matières en suspension sur le réseau de suivi de l'OSR .....	38
	ANNEXE 2. Synthèse des stations de suivi des flux de l'OSR au 01/12/2023 (permanentes, temporaires ou possibles).....	39
	ANNEXE 3. Synthèse des débits de crue de période de retour deux ans pour le Rhône et ses affluents suivis dans le cadre de l'OSR. ....	41
	ANNEXE 4. Liste des paramètres analysés dans l'OSR par les laboratoires des partenaires scientifiques et méthodes d'analyse. ....	42

## Table des illustrations

### Figures

Figure 1 : Stations de suivi des concentrations en matières en suspension (MES) et en contaminants particulaires de l'OSR au 01/12/2023 .....	10
Figure 2 : Courbe de calibration (log/log) au 01/12/2023 du capteur de turbidité installé sur le Rhône à Jons.....	12
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 : Exemple de résultats obtenus à Jons et Arles (CMES au pas de temps horaire) en appliquant le modèle de forêt aléatoire (RFR) et l'approche SIRCA. ....	16
Figure 5 : (A) Variation temporelle de la CMES mesurée et prédite, (B) relation entre le débit et la CMES mesurée et prédite et (C) Flux de MES mesuré et prédit lors d'une crue à Jons en janvier 2018.....	16
Figure 6 : Présentation d'un piège à particules immergé en inox (dimensions 40x30x25cm). ....	19
Figure 7 : Concentrations en éléments trace métalliques (ETM) dans les sédiments de pièges à particule (PAP) (temporalité 1 mois), de centrifugeuse fixe et de centrifugeuse mobile (temporalité 3h, reproduite 1 fois par semaine pendant 1 mois et moyennée) .....	21
Figure 8 : 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).....	27
Figure 9 : 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 .....	32

### Tableaux

Tableau 1 : Synthèse des analyses de concentration en MES réalisées en 2023 (mise à jour le 03/01/2024) 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 03/01/2024).....	14
Tableau 3 : 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. ....	20

Tableau 4 : Synthèse par station des prélèvements de MES pour analyses chimiques réalisés en crue début 2022 sur les stations du Rhône et ses affluents, avec les dates de prélèvement et le débit moyen observé sur la période de prélèvement. ....	21
Tableau 6 : Nombre total d'échantillons de MES prélevés en 2022 pour les analyses physico-chimiques sur chaque station [nombre d'échantillons prélevés en crue]. ....	22
Tableau 7 : Nombre d'échantillons de MES prélevés en 2023 pour les analyses physico-chimiques sur chaque station (bilan au 03/01/2024). ....	23
Tableau 8 : Récapitulatif des prélèvements effectués (✓) et non effectués en 2023 pour chaque station .....	24
Tableau 9 : Paramètres analysés, nombre de substances par famille et laboratoires impliqués.....	25
Tableau 10 : Nombre total d'échantillons de MES prélevés et analysés pour l'année 2022.....	26
Tableau 11 : Nombre d'échantillons de MES prélevés en régime de base ou en crue en 2023, analysés ou en cours d'analyse au 20/10/2023.....	26
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). ....	28
Tableau 14 : 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 04/01/2023. ....	33

---

## 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 (PCB, 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, tel 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 6<sup>ème</sup> programme de l'OSR (OSR 6) « 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 2023 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, MIO et Ifremer) sur ces échantillons pour l'année 2023. 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 2023

En 2023, le suivi des données de concentration en MES et de débit de 5 stations CNR du Rhône amont a été intégré dans BDOH. Il s'agit des stations de Massignieu, Pougny, Pyrimont, Villebois et Vions. Des flux de MES sont mis à disposition dans BDOH grâce à ces données.

Au printemps 2023, une campagne de prélèvements a été réalisée à la source du Rhône par l'association Odysseus 3.1, avec l'appui scientifique d'INRAE (lac du glacier du Rhône, col de la Fürka, Suisse). Cette mission inédite a permis d'échantillonner des sédiments, de l'eau et de la glace au niveau du lac de la Fürka. Des analyses de contaminants (éléments trace métalliques, micropolluants organiques) et de paramètres majeurs sont en cours de réalisation à INRAE afin d'estimer les niveaux de contamination présents à la source du fleuve. Les résultats pourront être présentés dans le cadre du programme de l'OSR7, notamment avec une nouvelle action de l'axe D portant sur l'influence de la fonte des glaciers sur les contaminations apportées au Rhône.

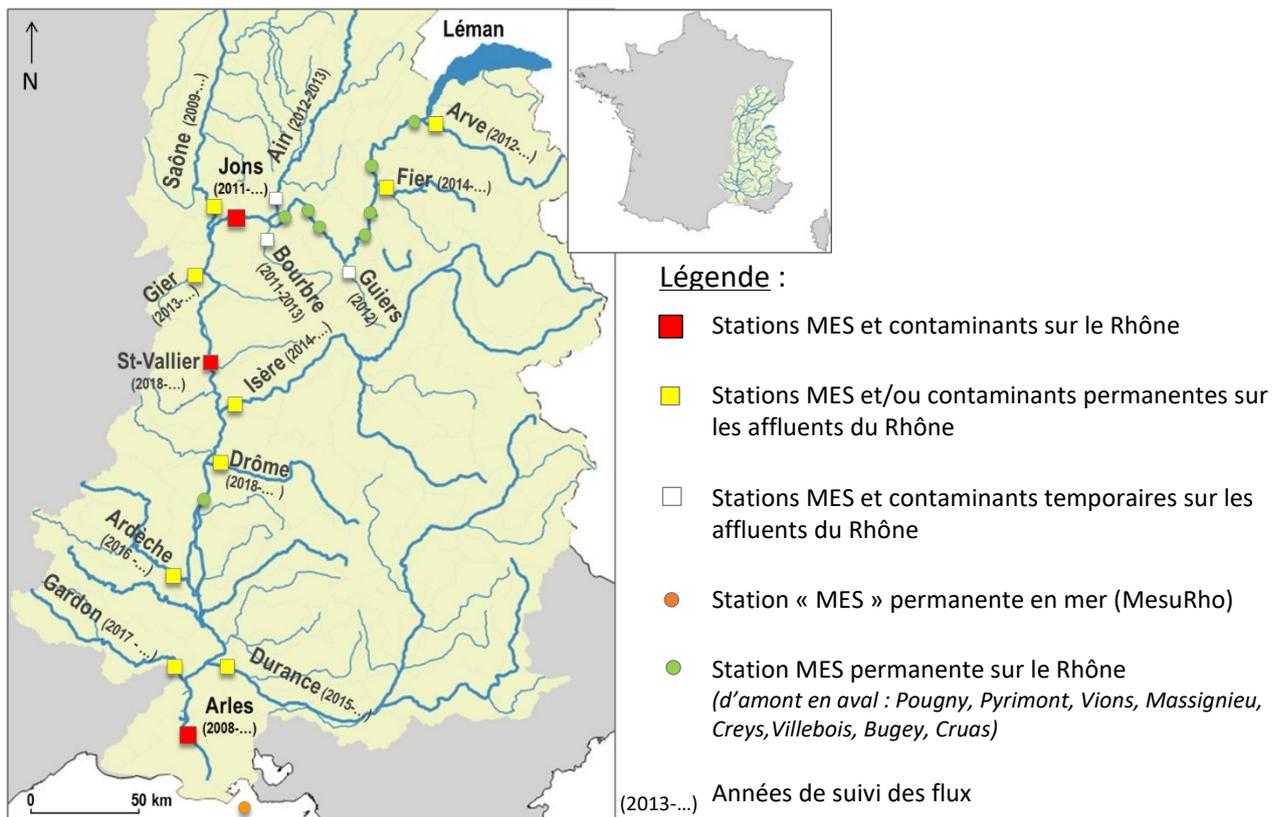
Au cours de l'année, des travaux de modélisation des concentrations en MES par des approches d'intelligence artificielle ont été testés. Ces travaux seront poursuivis dans le cadre de l'OSR 7 (cf. 3.3).

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

Le flux cumulé sur une période donnée d'un contaminant particulaire est défini à partir du flux instantané, qui est le produit du débit, de la concentration en MES et de la concentration en contaminant particulaire 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 et à Arles, 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 est fonction des ressources disponibles et de la faisabilité technique, avec un important critère d'opportunité. Ainsi, certaines stations n'ont pu bénéficier que 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.



**Figure 1 : Stations de suivi des concentrations en matières en suspension (MES) et en contaminants particulaires de l'OSR au 01/12/2023**

**NB :** la station de l'Arve est une station permanente de suivi des concentrations en MES, mais elle a été équipée provisoirement d'un piège à particules pour la mesure des contaminants particulaires (20 échantillons collectés de 2012 à 2014).

Le débit (en m<sup>3</sup>/s) 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 Préviation 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-Jameyzieu (données DREAL ARA).

Le débit du Rhône à Saint-Vallier est obtenu par la somme des débits entrants du barrage de retenue d'Arras-sur-Rhône et de la centrale hydroélectrique de Gervans.

L'ensemble des stations de mesure est détaillé en Annexe 2.

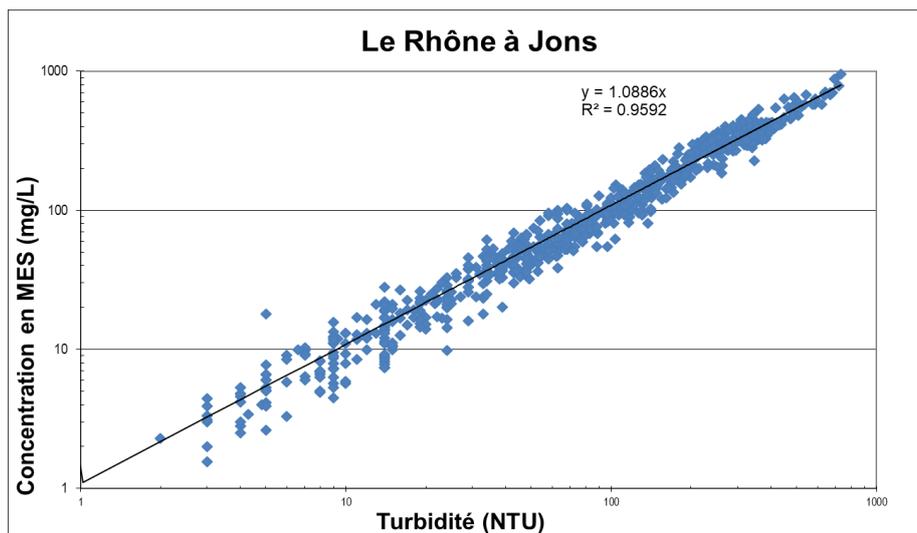
---

## 3. Suivi des concentrations en matières en suspension

### 3.1 Prélèvements et mesures

Sur la station 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 carbone organique particulaire – COP, également utilisé par l'OSR).

**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 01/12/2023 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 2023, 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 2023 au travers de prélèvements automatiques et manuels d'eau brute (Tableau 1).

**Tableau 1 : Synthèse des analyses de concentration en MES réalisées en 2023 (mise à jour le 03/01/2024) 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 2023 *	Nombre TOTAL d'analyses de concentration en MES *	Nombre TOTAL d'analyses de concentration en MES exploitées pour la construction des courbes de calibration *	Commentaire
<b>Arve à Genève (Suisse)</b>	INRAE	55	494	399	
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	47	47	23	12/07/2023 : Changement de la sonde de turbidité
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 Creys (38)	EDF		Données de turbidité produites par EDF, transmises jusqu'au 31/12/2022		Turbidimètre de process : courbe de calibration turbidité/MES inexistante
Rhône à Villebois (01)	CNR		Données de turbidité produites par CNR, transmises jusqu'au 31/12/2022		
Rhône à Bugey (01)	EDF		Données de turbidité produites par EDF, transmises jusqu'au 31/12/2022		Turbidimètre de process : courbe de calibration turbidité/MES inexistante
Rhône à Jons (69)	Grand-Lyon	62	922	816	
<b>Saône à Lyon (69)</b>	INRAE	32	124	103	
<b>Gier à Givors (69)</b>	INRAE	19	269	87	
Rhône à Saint-Vallier	CNR		Données de turbidité produites par la CNR, transmises jusqu'au 31/12/2022		
Isère à Beaumont-Monteux (38)	EDF		Données de turbidité produites par EDF, transmises jusqu'au 31/12/2022		
<b>Drôme à Livron-sur-Drôme (26)</b>	INRAE	47	165	150	
Rhône à Cruas (07)	EDF		Données de turbidité produites par EDF, transmises jusqu'au 31/12/2022		Turbidimètre de process : courbe de calibration turbidité/MES inexistante
<b>Ardèche à Saint-Martin-d'Ardèche (07)</b>	INRAE	42	44	12	
Durance à Bonpas (84)	EDF		Données de turbidité produites par EDF, transmises jusqu'au 31/12/2022		
<b>Gardon à Remoulins (30)</b>	INRAE	13	26	15	
<b>MesuRho</b>	Ifremer	4	4	0	Données en cours de bancarisation dans BDOH

\* Pour le barème en cours

Sur le **Fier à Motz**, la sonde de turbidité a dû être remplacée le 12/07/2023 suite à son dysfonctionnement. Une nouvelle courbe de calibration est en cours de construction.

Sur le **Gardon à Remoulins**, 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 robuste, le barème est fixé à 1.

En mer, à la station **MesuRho** au large de Port-Saint-Louis-du-Rhône (13), suite à la détérioration (diagnostiquée le 5 octobre 2022) du système de perche (regroupant les sondes multiparamètres et le pompage) situé à 2,5 m sous la surface, la remise en place d'un système fonctionnel a eu lieu le 21 mars 2023. Cependant, les données des sondes autonomes en sub-surface ont continué à être acquises dans cet intervalle de temps. Une interruption du flux de

données a été constatée le 1<sup>er</sup> mai 2023, qui a nécessité le changement du système de communication (COSTOF 2) ainsi que des antennes. Le système de perche ainsi que les sondes autonomes ont été remplacés en 2 temps fin novembre (20 et 27 novembre 2023).

Des profils hydrologiques CTD et des prélèvements d'eau ponctuels ont été effectués lors des visites et/ou des rotations des sondes multi-paramètres pour calibration et nettoyage. L'analyse des forçages et de leur impact sur la dynamique des particules à MesuRho est en cours et se poursuivra au premier trimestre 2024, des épisodes de turbidité élevée ayant été observés par la sonde EcoTriplet et également par les sondes temps quasi-réel. La crue de début novembre 2023 a par exemple permis de voir des épisodes de dessalure en subsurface (salinité environ 20 PSU) début novembre 2023, associés à des valeurs de turbidité élevées (supérieures à 100 NTU), à l'occasion d'une période de crue.

L'été 2023 était comme l'été 2022 caractérisé par des températures de l'eau élevées à 2,3 m de profondeur, atteignant un record à 27,9°C le 22 août et plusieurs pics à plus de 27°C ensuite jusqu'à la fin août, contre des températures maximum observées autour de 25°C pour une année moyenne. Les concentrations en MES en subsurface issues des prélèvements d'eau analysés varient de 4,9 mg/L le 21 mars à 19,8 mg/L le 4 juillet, loin des valeurs supérieures à 40 mg/L obtenues en périodes de crue.

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 03/01/2024)**

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	0.944	5.0	9600	262	Courbe bien documentée
	02/2015 – en cours	0.81	0.850	3.0	12400	399	
Fier à Motz (73)	04/2014 – 06/2017 *	1.87	0.723	1.1	2860	179	Sonde changée en juin 2023, reprendre toute la gamme
	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	0.950	0.960	2.0	147	27	
	06/2023 – en cours	1.24	0.877	2	271	23	
Rhône à Jons (69)	06/2011 – en cours	1.09	0.960	1.6	950	816	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	0.912	1.3	192	200	
	12/2020 – 09/2021 *	1.20	0.859	1.0	138	103	
	09/2021 – en cours	1.20	0.859	1.0	138	103	
Gier à Givors (69)	04/2013 – 11/2019 *	1.08	0.891	1.2	1342	151	Toute la gamme
	12/2019 – en cours	1.23	0.970	2.3	1880	87	
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	0.64	0.923	1.0	3321	150	
Ardèche à Saint-Martin-d'Ardèche (07)	01/2016 – 05/22 *	1.43	0.866	1.0	340	61	Toute la gamme. La sonde de turbidité vient d'être changée.
	06/22 – 11/22 *	Pas de prélèvement sur la période					
	11/22 – en cours	1.49	0.271	1.2	6.6	12	
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

### 3.2 Bilan des flux de MES

L'export des données de flux aux différentes stations permet de dresser un bilan par année hydrologique et de comparer la somme de ces flux à celui effectivement mesuré à Beaucaire. Depuis 2009, on note que le bilan est souvent proche de l'équilibre avec une variabilité liée aux événements hydrosédimentaires (figure 3). Les apports des 4 principaux affluents (Rhône amont, Saône, Isère et Durance) représentent la majorité des flux exportés en mer. Les affluents méditerranéens comme l'Ardèche, le Gardon et la Drôme ne contribuent en moyenne que faiblement aux flux exportés en mer mais potentiellement de manière importante lors des crues.

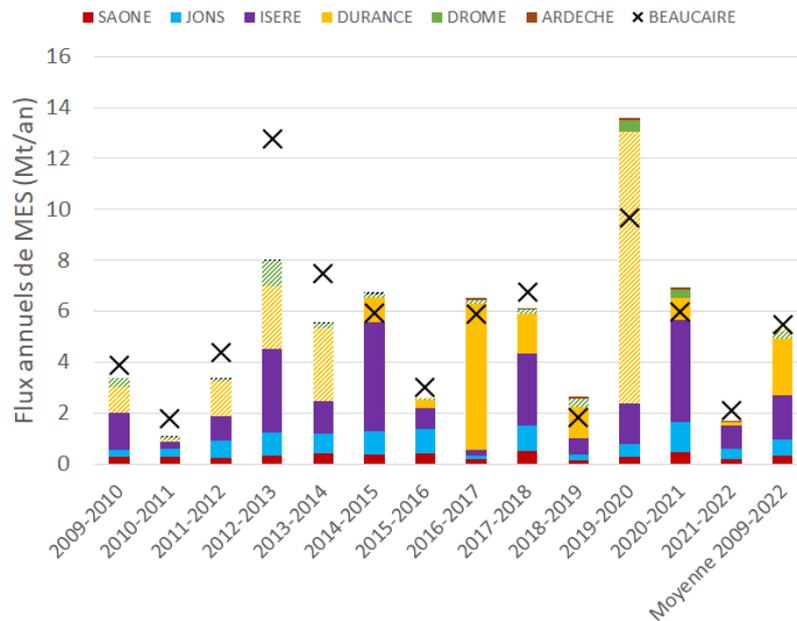


Figure 3 : Flux annuels de MES mesurés sur les stations permanentes de l'OSR, par années hydrologiques débutant au 1<sup>er</sup> septembre. Les flux majoritairement reconstitués sont représentés en hachuré.

### 3.3 Modélisation de la charge en suspension à l'aide de modèles de données

Depuis quelques années et l'avènement de l'apprentissage automatisé/approfondi (machine learning/deep learning) et des modèles de données, de nombreuses publications scientifiques montrent que cette approche est d'intérêt pour modéliser les concentrations de MES. Nous avons donc décidé d'appliquer ces modèles sur les données de l'OSR pour évaluer la pertinence d'une telle approche. Ces travaux sont détaillés dans un livrable spécifique (Lepage et al., 2024) et un résumé des résultats est présenté ci-dessous.

Nous avons confronté la variante du modèle SIRCA actuellement utilisé dans l'OSR pour combler les lacunes de mesures de turbidité/MES (cf partie 7.3 et Lepage et al., 2022) à des modèles de données communément utilisés dans la littérature : forêt aléatoire (random forest), K des proches voisins, gradient boosting. La modélisation a été réalisée aux stations d'Arles (SORA) et Jons sur la période 2010-2021, en utilisant comme données d'entrée les débits des principaux affluents du Rhône.

Les résultats confirment que la modélisation par modèles de données, tel que le modèle forêt aléatoire (RFR) est plus efficace que l'approche SIRCA (cf. Figure 4), avec une meilleure modélisation des événements extrêmes (crues et étiages). Ces modèles permettent d'associer

plusieurs valeurs de CMES pour le même débit d'eau, contrairement à l'approche SIRCA. Afin d'optimiser un tel modèle, il est cependant crucial de disposer d'un large jeu de données incluant toutes les variations observées dans l'environnement. Il est possible d'améliorer ces modélisations en considérant des modèles de données avancés tels que les réseaux de neurones et en utilisant d'avantage de données d'entrée (autres affluents, précipitations...). Ces travaux seront poursuivis dans le cadre de l'OSR7 et appliqués à l'ensemble des affluents suivis par le réseau des turbidimètres.

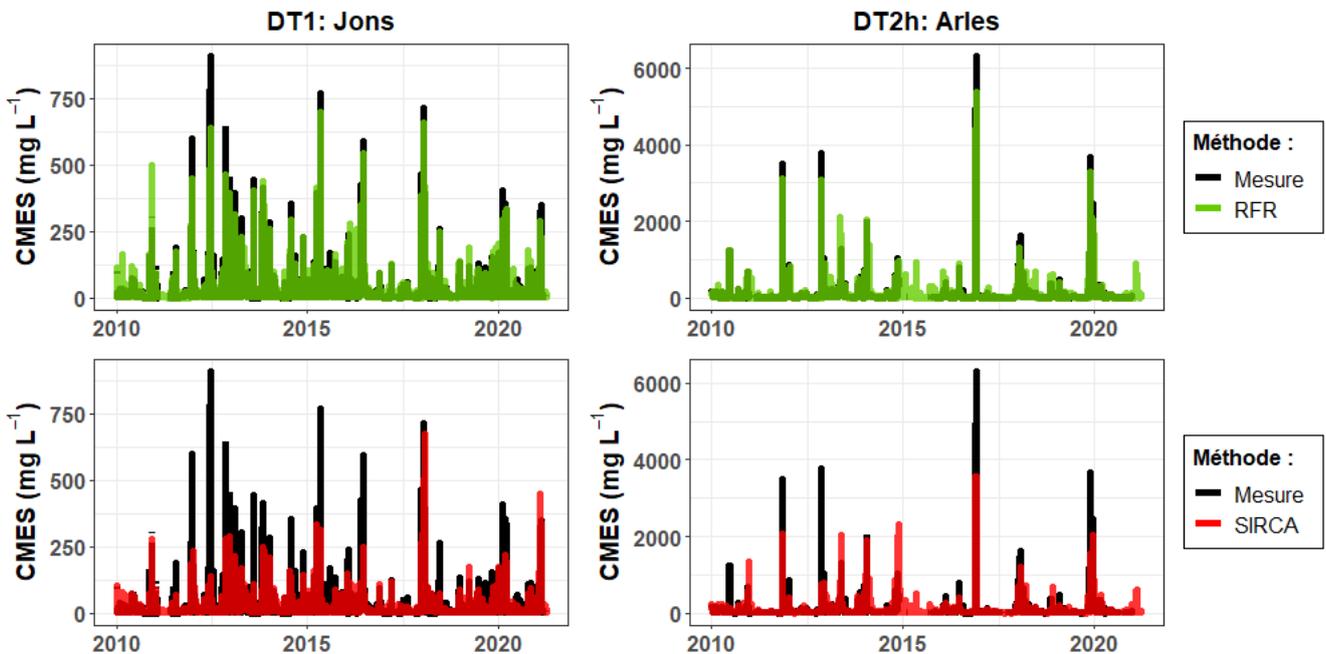


Figure 4 : Exemple de résultats obtenus à Jons et Arles (CMES au pas de temps horaire) en appliquant le modèle de forêt aléatoire (RFR) et l'approche SIRCA.

Nous avons également calculé les flux de MES à partir de ces données modélisées et les résultats montrent que quelle que soit l'approche (SIRCA comprise), les flux annuels calculés à Arles et Jons sont similaires et proches des flux mesurés. Cependant, les modèles de données modélisent mieux les flux lors des crues, alors que le modèle SIRCA peut sur ou sous-estimer parfois d'un facteur 2 les flux réels, comme dans l'exemple présenté dans la Figure 5.

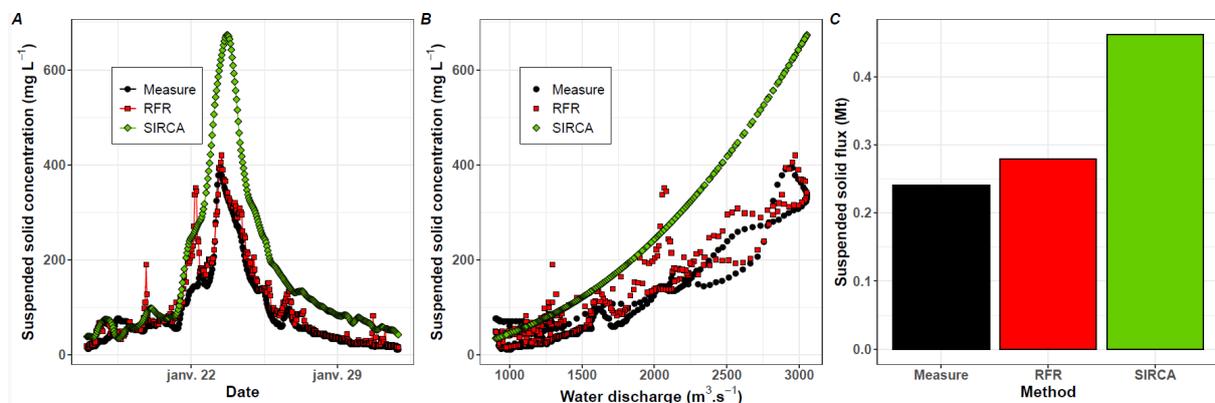


Figure 5 : (A) Variation temporelle de la CMES mesurée et prédite, (B) relation entre le débit et la CMES mesurée et prédite et (C) Flux de MES mesuré et prédit lors d'une crue à Jons en janvier 2018.

---

## 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 à des fréquences établies en fonction du régime hydrologique de chaque cours d'eau et de la variabilité temporelle des concentrations en MES. Afin de constituer une échantillothèque robuste, chaque prélèvement est documenté et archivé sans limitation temporelle (cf. §5 L'outil Banque).

### 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). La fiche descriptive de la nomenclature des échantillons est disponible en accès restreint dans l'espace Nextcloud partagé entre les partenaires opérationnels de l'OSR.

### 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 (jusqu'à fin 2018 pour la centrifugeuse d'Arles – reprise ponctuelle à compter de 2022) ;
- 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 d'avancement de 2020 sur l'action B2 – Evaluation multi-échelle des flux interannuels et évènementiels de MES et de contaminants – [Delile et al. 2020, Annexes 4 et 5].

### 4.4 Prélèvements de MES en régime de base

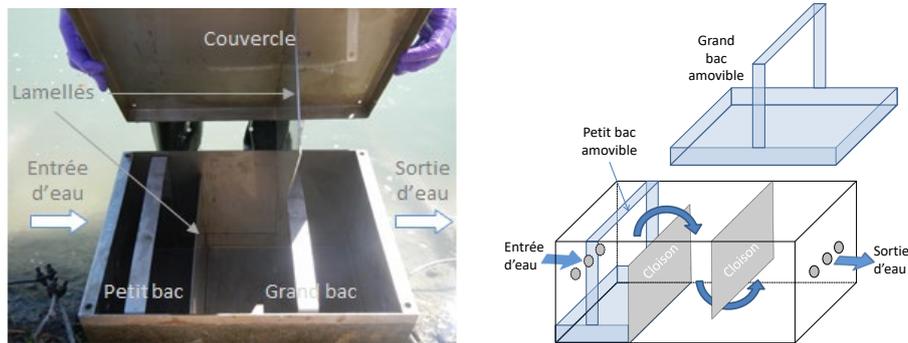
**Sur la station du Rhône à Jons**, des prélèvements mensuels de MES sont réalisés à l'aide d'une centrifugeuse fixe (centrifugeuse fixe CEPA Z61). Jusqu'en mars 2018, les prélèvements à cette station étaient réalisés de manière bimensuelle. Compte tenu du temps de préparation du matériel, du temps de 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 des MES issues d'échantillons d'eau de rivière filtrés (qui servent également à déterminer la charge en suspension). Un prélèvement journalier est réalisé par 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'intercomparaison des différentes méthodes d'échantillonnage des MES couramment utilisées par l'OSR.

**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 6 : 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 11 actuellement en activité (Tableau 3).

L'annexe 2 présente une synthèse des stations de suivi des flux de l'OSR au 31/12/2023 (permanentes, temporaires ou possibles). On y trouve notamment un récapitulatif du nombre d'échantillons prélevés par méthode de prélèvement.

**Tableau 3 : 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
Arve	Genève (Suisse)	Piège à particules	12/11/12	25/08/14	Mensuelle
Fier	Motz (73)	Piège à particules	05/03/14	En fonctionnement au 01/12/23	Mensuelle
Guiers	Belmont-Tramonet (73)	Piège à particules	05/04/12	19/07/12	Mensuelle
Bourbre	Tignieu-Jamezieu (38)	Piège à particules	15/11/11	28/08/13	Mensuelle
Ain	Chazey-sur-Ain (01)	Piège à particules	20/07/12	28/01/13	Mensuelle
Rhône	Jons (69)	Piège à particules et centrifugeuse	22/06/11	En fonctionnement au 01/12/2023	Mensuelle depuis le 13/03/18, bimensuelle avant cette date
Saône	Lyon (69)	Piège à particules	02/08/12	En fonctionnement au 01/12/23	Mensuelle
Gier	Givors (69)	Piège à particules	23/04/13	En fonctionnement au 01/12/2023	Mensuelle
Rhône	Andancette (26)	Piège à particules	19/10/19	En fonctionnement au 01/12/23	Mensuelle
Isère	Beaumont-Monteux (38)	Piège à particules	09/09/14	En fonctionnement au 01/12/23	Mensuelle
Drôme	Livron-sur-Drôme (26)	Piège à particules	23/10/18	En fonctionnement au 01/12/23	Mensuelle
Ardèche	Saint-Martin-d'Ardèche (07)	Piège à particules	01/03/16	En fonctionnement au 01/12/23	Mensuelle
Durance	Bonpas (84)	Piège à particules	14/10/15	En fonctionnement au 01/12/23	Mensuelle
Gardon	Remoulins (30)	Piège à particules	15/11/17	En fonctionnement au 01/12/23	Mensuelle
Rhône	Arles (13)	Centrifugeuse (MIO/CEREGE) et piège à particules (IRSN)	18/05/11	En fonctionnement au 01/12/23 (pas de centrifugeuse en routine depuis octobre 2018)	Mensuelle

#### 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 3. 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.

NB : Pour les stations Rhône à Jons, Saône, Gier, Drôme, Ardèche, les régimes hydrologiques ont été calculés pour les échantillons jusqu'au mois de juillet/août, date des dernières données et de débit et de flux de MES disponibles. Les régimes hydrologiques des échantillons ultérieurs à août 2023 n'ont pas encore pu être calculés. Pour les stations Fier, Rhône à Andancette, Isère, Durance, Gardon et Rhône à Arles, les régimes hydrologiques n'ont pas encore été calculés, dans l'attente de données de débit et/ou de concentration en MES fournies par les partenaires à l'année N+1.

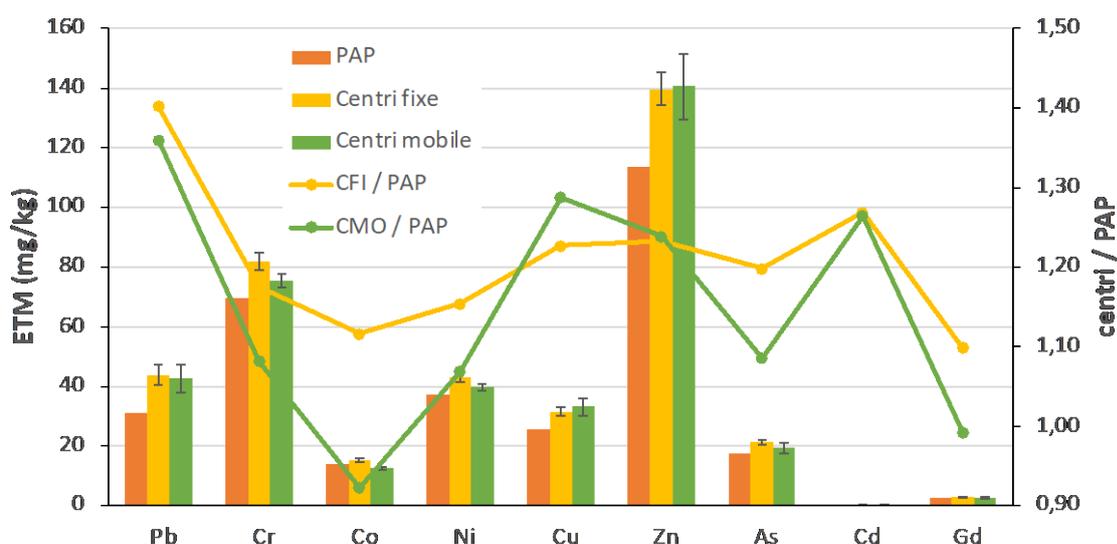
Le Tableau 4 recense les échantillons de MES prélevés en régime de crue en 2023. Cependant, la plupart des événements de crue ayant eu lieu en 2023 sont apparus en fin d'année (entre les mois d'octobre et décembre, selon les cours d'eau). Les échantillons de MES collectés pendant ces périodes de crue n'apparaissent donc pas dans le Tableau 4 (en attente de données débit/MES pour la mise à jour). A noter tout de même qu'un effort particulier a été fourni par les partenaires, au nord comme au sud, pour intensifier les prélèvements lors de ces événements particuliers. Le détail des échantillons prélevés en cette fin d'année sera présenté dans le prochain rapport annuel.

**Tableau 4 : Synthèse par station des prélèvements de MES pour analyses chimiques réalisés en crue début 2022 sur les stations du Rhône et ses affluents, avec les dates de prélèvement et le débit moyen observé sur la période de prélèvement.**

Station	Date du prélèvement (TU+01)	Mode de prélèvement	Débit moyen sur la période (m <sup>3</sup> /s)	Date de dépassement du seuil (TU+01)	Débit maximal et date (TU+01)
Rhône à Jons	● 12/12/22– 12/01/23	Piège à particules	824 m <sup>3</sup> /s	15/12/22 20:00 – 01/01/23 09:00	1848 m <sup>3</sup> /s (24/12/22 21:00)
	● 12/01/23 09:35-11:10	Centrifugeuse fixe	1047 m <sup>3</sup> /s	09/01/23 11:00 – 24/01/23 16:00	1094 m <sup>3</sup> /s (11/01/23 21:00)
	● 12/01/23 – 06/02/23	Piège à particules	635 m <sup>3</sup> /s	09/01/23 11:00 – 24/01/23 16:00	1094 m <sup>3</sup> /s (11/01/23 21:00)
Saône à Lyon	● 12/12/22– 12/01/23	Piège à particules	530 m <sup>3</sup> /s	25/12/22 21:00 – 21/01/23 11:00	1018 m <sup>3</sup> /s (27/12/22 15:00)
	● 12/01/23 – 06/02/23	Piège à particules	863 m <sup>3</sup> /s	25/12/22 21:00 – 21/01/23 11:00	1018 m <sup>3</sup> /s (27/12/22 15:00)

#### 4.6 Campagne d'intercomparaison des méthodes d'échantillonnage des MES

Comme mentionné dans le précédent rapport, une étude d'intercomparaison des méthodes d'échantillonnage utilisées dans le cadre de l'OSR a été réalisée à la station d'Arles en mai 2022, en régime de base (Gruat et al. 2022).



**Figure 7 : Concentrations en éléments trace métalliques (ETM) dans les sédiments de pièges à particule (PAP) (temporalité 1 mois), de centrifugeuse fixe et de centrifugeuse mobile (temporalité 3h, reproduite 1 fois par semaine pendant 1 mois et moyennée)**

Les données obtenues en régime de base montrent une augmentation des concentrations en ETM dans les sédiments prélevés par centrifugation par rapport au PAP d'un facteur oscillant entre 1 et 1,4 (cf. Figure 7). Par ailleurs, les mesures sur la fraction colloïdale échantillonnée dans le surnageant de PAP, et dans le surnageant de centrifugeuse fixe indiquent que la concentration en ETM y est encore plus élevée, d'un facteur allant de 1 à 10. Des mesures de granulométrie réalisées sur ces différentes fractions de sédiment et de surnageant par diffraction laser ou diffusion de lumière permettent d'analyser ces données en lien avec le seuil de coupure propre à chaque mode de collecte des MES. Ces analyses sont en cours de traitement. Un article scientifique est en cours de rédaction fin 2023 dans le but de valoriser ces données avec un focus sur les distributions distinctes des ETM étudiés à travers ces différentes fractions granulométriques. Un rapport plus détaillé sera également établi par la suite, en prenant notamment en compte d'autres types de données analysées (concentration en COP, granulométrie des particules).

Une seconde campagne d'intercomparaison en régime de crue sera programmée sur le calendrier de l'OSR7.

## 4.7 Bilan des prélèvements de MES

### 1.1.1 Bilan des prélèvements de MES pour l'année 2022

La **synthèse complète** des échantillons prélevés en régime de base et en crue en 2022 est présentée par affluent et par technique de prélèvement dans le Tableau 6.

**Tableau 5 : Nombre total d'échantillons de MES prélevés en 2022 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 [2]		12 [2]	13
La Saône à Lyon			13 [2]		13 [2]	17
Le Rhône à Jons	12 [0]		13 [3]		25 [3]	13
Le Gier à Givors			12 [0]		13 [0]	13
Le Rhône à Andancette			13 [2]		13 [2]	13
L'Isère à Beaumont-Monteux			13 [1]		13 [1]	13
La Drôme à Livron-sur-Drôme			10 [0]		10 [0]	16
L'Ardèche à St-Martin-d'Ardèche			10 [0]		10 [0]	17
La Durance à Bonpas			12 [0]		12 [0]	12
Le Gardon à Remoulins			10 [0]		10 [0]	14
Le Rhône à Arles	0		12 [1]		12 [1]	16
<b>TOTAL</b>	<b>12 [0]</b>	<b>0</b>	<b>132 [11]</b>	<b>0</b>	<b>142 [11]</b>	<b>157</b>

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

La **synthèse provisoire** (sans distinction base/crue) des échantillons prélevés en 2023 est présentée par affluent et par technique de prélèvement dans le Tableau 7.

**Tableau 6 : Nombre d'échantillons de MES prélevés en 2023 pour les analyses physico-chimiques sur chaque station (bilan au 03/01/2024).**

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			12		12	14
La Saône à Lyon			15	1	16	18
Le Rhône à Jons	11		14		25	18
Le Gier à Givors			13		13	14
Le Rhône à Andancette			13		13	13
L'Isère à Beaumont-Montoux			12	2	14	15
La Drôme à Livron-sur-Drôme			11		11	15
L'Ardèche à St-Martin-d'Ardèche			12		12	14
La Durance à Bonpas			11		11	14
Le Gardon à Remoulins			12		12	13
Le Rhône à Arles			12		12	12
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>137</b>	<b>3</b>	<b>151</b>	<b>160</b>

En novembre et décembre 2023, suite à des crues historiques sur l'Isère (plus de 1000 m<sup>3</sup>/s à Grenoble), deux échantillons de MES ont été prélevés exceptionnellement sur l'Isère à Beaumont-Montoux par décantation de grands volumes d'eau, respectivement le 15 novembre 2023 et le 13 décembre 2023.

Le 12 décembre 2023, à l'occasion d'une crue sur le Saône, un échantillon de MES a été prélevé exceptionnellement par décantation de grands volumes d'eau.

Au cours de l'année 2023, 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 2023 pour chaque station**

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

**Rhône à Jons** : Les prélèvements par centrifugation du 06/02/2023 et du 23/08/2023 n'ont pas été effectués. A ces deux occasions, seule la relève du piège à particules a été réalisée.

**Durance à Bonpas** : Au mois de février, le piège à particules a disparu. Par conséquent, la période du 11/01/2023 au 14/02/2023 n'a pas pu être échantillonnée. Au mois de juin, le piège à particules était inaccessible en raison d'un niveau d'eau trop élevé. Par conséquent, l'échantillon a été intégré sur une période de 2 mois entre le 03/05/2023 et le 06/07/2023.

## 5. Analyses physico-chimiques

### 5.1 Les paramètres analysés

En 2023, pour la troisième année du programme OSR 6, les mêmes analyses que précédemment ont été poursuivies par les partenaires scientifiques : mercure, éléments trace métalliques (ETM – 8 étudiés), carbone-14 (<sup>14</sup>C), tritium organiquement lié (TOL), radionucléides émetteurs gamma, carbone organique particulaire (COP), analyses élémentaires (CHN) 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 4.

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

Analyse	Laboratoire partenaire
Mercuré	INRAE
Eléments traces métalliques (ETM) (8)	CEREGE
Carbone-14	IRSN
TOL	IRSN
Radionucléides émetteurs gamma	IRSN
Carbone organique particulaire (COP)	INRAE (toutes stations) et MIO + INRAE (Arles)
Carbone Hydrogène Azote (CHN)	IRSN
Granulométrie	INRAE

## 5.2 Les échantillons analysés

### 1.1.3 Analyses prévues pour l'année 2023

Pour chacun des laboratoires des partenaires scientifiques, le nombre d'analyses à réaliser est défini dans la convention du programme de l'OSR 6 comme suit :

- 120 analyses/an de mercure, granulométrie et COP sont prévues par INRAE en 2023, soit un échantillon mensuel par station ;
- 120 analyses d'ETM sont prévues par le CEREGE en 2023. Les ETM sont analysés sur tous les échantillons prélevés par pièges à particules (Rhône et affluents) ainsi que sur les prélèvements ponctuels sur les affluents en période de crue.
- 30 analyses de <sup>14</sup>C, spectrométrie gamma et CHN (carbone, hydrogène, azote) sont prévues par l'IRSN en 2023 ainsi que 12 analyses de TOL.

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.

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]. Des travaux complémentaires sont prévus au cours de l'OSR 6 (Axe B) pour étudier l'influence de la granulométrie et du COP sur les concentrations des contaminants.

### 1.1.4 Analyse des échantillons de MES prélevés en 2022

Le Tableau 10 résume le nombre total d'analyses réalisées sur les échantillons de MES qui ont été prélevés en 2022.

**Tableau 9 : Nombre total d'échantillons de MES prélevés et analysés pour l'année 2022.**

Paramètre	Fier	Saône	Jons	Gier	Andancette	Isère	Drôme	Ardèche	Durance	Gardon	Arles	TOTAL
Nombre total d'échantillons prélevés	12	13	25	12	13	13	10	10	12	10	12	142
<b>Mercure (INRAE)</b>	12	13	25	12	13	13	10	10	12	10	12	<b>142</b>
<b>COP (INRAE)</b>	12	13	25	12	13	13	10	10	12	10	12	<b>142</b>
<b>ETM (CEREGE)</b>	12	13	24	11	13	13	10	10	12	10	12	<b>140</b>
<b>14C (IRSN)</b>								6	5		7	<b>18</b>
<b>TOL (IRSN)</b>											9	<b>9</b>
<b>Sp. Gamma (IRSN)</b>			4					10			Hors OSR	<b>14</b>
<b>CHN (IRSN)</b>												
<b>Granulométrie (INRAE)</b>	12	13	25	12	13	13	10	10	12	9	12	<b>141</b>

### 1.1.5 Analyses des échantillons de MES prélevés en 2023

Le Tableau 11 résume le nombre total d'analyses réalisées sur les échantillons de MES qui ont été prélevés en 2023, à date de rédaction du rapport.

**Tableau 10 : Nombre d'échantillons de MES prélevés en régime de base ou en crue en 2023, analysés ou en cours d'analyse au 20/10/2023.**

Paramètre	Statut	Fier	Jons	Saône	Gier	Andancette	Isère	Drôme	Ardèche	Durance	Gardon	Arles	TOTAL
<b>Nombre total d'échantillons prélevés au 20/10/2023</b>		10	20	12	11	11	11	9	9	7	9	9	<b>118</b>
<b>Mercure (INRAE)</b>	Analysés	4	11	7	6	6	3	6	6	4	6	6	65
	En cours	6	9	5	5	5	8	3	3	3	3	3	53
<b>COP (INRAE)</b>	Analysés	4	11	7	6	6	3	6	6	4	6	6	65
	En cours	6	9	5	5	5	8	3	3	3	3	3	53
<b>ETM (CEREGE)</b>	Analysés	4	4	2	5	5	3	8	7	5	7	7	57
	En cours	4	12	8	4	4	5	5	4	2	2	4	54
<b><sup>14</sup>C (IRSN)</b>	Analysés	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	0	0
	En cours	-	-	-	-	-	-	-	7	6	-	9	22
<b>TOL (IRSN)</b>	Analysés	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	En cours	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	9
<b>Sp. gamma (IRSN)</b>	Analysés	-	0	-	-	-	-	-	1	-	-	0	1
	En cours	-	3	-	-	-	-	-	6	-	-	-	9
<b>CHN (IRSN)</b>	Analysés	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	0	0
	En cours	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10
<b>Granulométrie (INRAE)</b>	Analysés	10	18	11	10	10	10	9	9	7	9	9	112
	En cours	0	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	6

## 6. L'outil Banqueise 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  $-80^{\circ}\text{C}$  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.

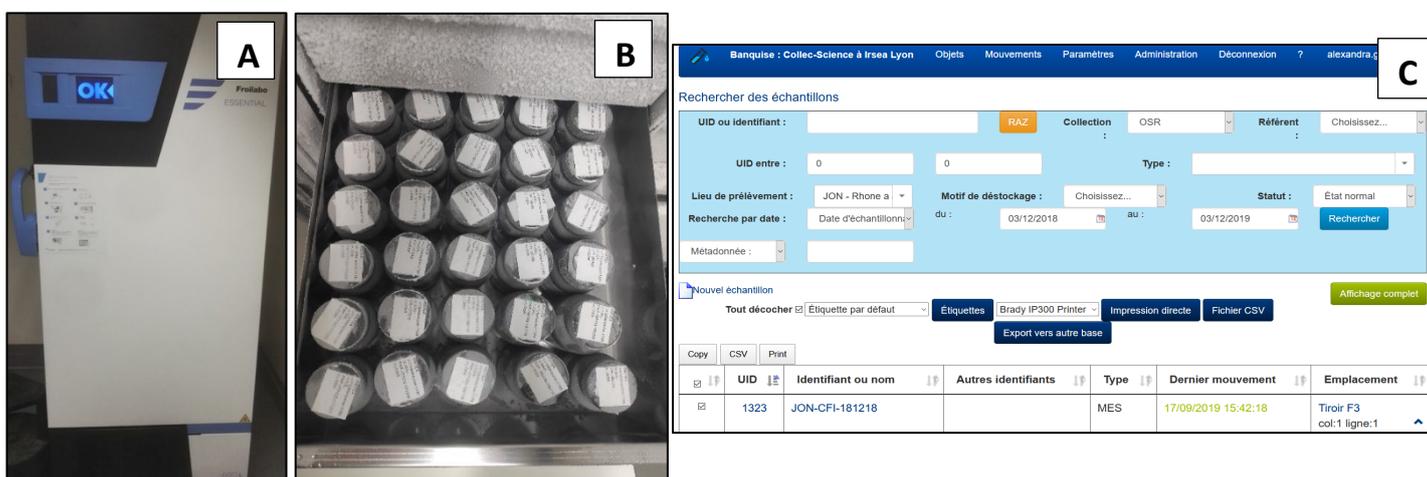


Figure 8 : Enceinte  $-80^{\circ}\text{C}$  utilisée pour le stockage des échantillons de MES de l'OSR et interface Banqueise utilisée pour la bancarisation des métadonnées (A : congélateur  $-80^{\circ}\text{C}$  ; B : échantillons stockés dans le congélateur  $-80^{\circ}\text{C}$  ; C : interface du logiciel Banqueise)

Fin 2023, l'un des deux congélateurs à  $-80^{\circ}\text{C}$  est tombé en panne. Tous les échantillons qu'il contenait ont été transférés vers son homologue. Des réflexions sont en cours pour l'achat d'un nouvel appareil.

## 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
<b>Total</b>	<b>1763</b>	<b>258</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).

En 2023 :

- 24 échantillons ont été sous-échantillonnés pour réaliser des analyses non-ciblées de micropolluants organiques dans le cadre du stage de M2 de Laurianne Haquette, en lien avec la thèse de Tom Ducroq : « Exploration des historiques de contamination à l'aide de l'analyse chimique non ciblée » (thèse OSR6, INRAE).
- Une prise de contact avec INRAE a été effectuée par le laboratoire EDYTEM pour accéder à des échantillons de l'OSR dans le cadre du projet ERC « Lake-switch ». Des échanges sont en cours pour pouvoir répondre à cette demande.

## 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.*, 2018a].

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. Les périodes de calcul de flux instantanés de contaminants dépendent de la réalisation des analyses, en lien avec la disponibilité de l'échantillon (étape de traitement de l'échantillon et envoi au partenaire scientifique en charge de l'analyse) et avec l'état d'avancement de l'analyse en elle-même.

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.

Actuellement, les chroniques continues de contaminants bancarisées dans BDOH sont comblées par une ancienne méthode (comblement par valeurs forfait avec application d'un seul forfait sur toute la période de la lacune, quelle que soit sa durée). Comblement impliquant de nombreuses étapes de calcul manuel au travers de fichiers Excel).

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 forfaits, 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 forfaits. Cette méthode permet un comblement plus fin et plus représentatif du flux réel.

En 2023, nous sommes toujours en attente du déploiement de la méthode de comblement des lacunes dans les chroniques de contaminants aux données bancarisées dans BDOH.

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

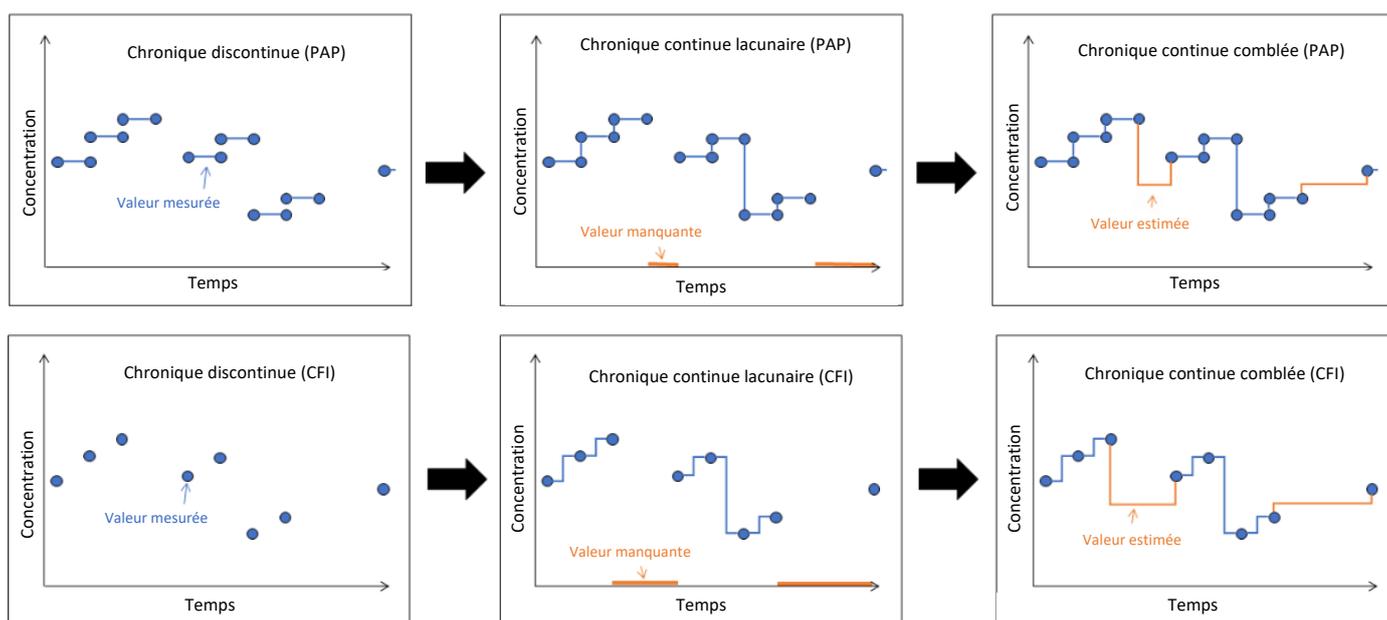
estimée. Enfin, on reconstruit une chronique complète de turbidité en fusionnant la chronique mesurée avec la chronique estimée. On ne retient bien sûr les valeurs estimées que lorsqu'une lacune était présente dans la chronique mesurée. L'étape ultime consiste à remplacer la chronique de turbidité dans 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 particulières de micropolluants. Ce comblement est 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 :

1. Export de la chronique de turbidité pour sauvegarde
  2. Export du débit
  3. Application des relations  $C_s(Q)$
  4. Calcul de la turbidité par inversion des relations  $MES(turb)$
  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" aux données de comblement
  7. Réimport 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 particulaire**, 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., 2020). 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 (Tableau 12).

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). 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 forfait correspondante, en fonction du cours d'eau et des conditions hydrologiques pendant la période. Dans la nouvelle méthode de comblement, il est envisagé de redécouper les lacunes supérieures à 1,5 fois la période habituelle d'échantillonnage, de sorte à éviter l'estimation trop grandes périodes avec un même forfait. Le nombre de sous-découpage 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. 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 sera appliquée que pour les pièges à particules.



**Figure 9 : 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**

## 7.4 Données bancarisées en 2023

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 non pas été mises à jour. Il en va de même pour les chroniques de flux de contaminants, calculées à partir des chroniques continues (voir § 6.2 et 6.3).

Les méthodes exactes de redécoupage des lacunes dans les chroniques comblées de concentration en contaminants seront développées dans un prochain rapport, une fois leur mise en application effective.

Le Tableau 14 présente l'état des lieux des données bancarisées dans BDOH à date du 31/12/2023.

**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 04/01/2023.**

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>	31/12/73 04/12/23 (OFEV)	29/03/12 04/01/24 (INRAE)	29/03/12 10/08/23 (INRAE)	29/03/12 10/08/23 (INRAE)	13/11/12 25/08/14 (INRAE)	13/11/12 25/08/14 (INRAE)	13/11/12 25/08/14 (INRAE)	13/11/12 25/08/14 (INRAE)	13/11/12 25/08/14 (INRAE)	22/01/13 25/08/14 (Cerege)	22/01/13 25/08/14 (Cerege)	Non bancarisée	Non calculés	Non bancarisée
<b>Fier à Motz</b>	15/01/99 10/08/23 (CNR)	15/04/14 04/01/24 (INRAE)	15/04/14 10/03/23 (INRAE)	15/04/14 10/03/23 (INRAE)	05/03/14 03/05/23 (INRAE)	05/03/14 03/05/23 (INRAE)	15/04/14 10/03/23 (INRAE)	05/03/14 24/11/16 (INRAE)	15/04/14 24/11/16 (INRAE)	21/12/15 03/05/23 (Cerege)	21/12/15 20/12/16 (Cerege)	20/01/15 26/05/20 (IRSN)	20/01/15 23/11/17 (IRSN)	15/04/14 03/10/23 (INRAE)
<b>Guiers à Belmont-Tramonet</b>	01/01/90 14/02/99 (CNR)	05/04/12 18/07/12 (INRAE)	05/04/12 18/07/12 (INRAE)	05/04/12 18/07/12 (INRAE)	19/06/12 18/07/12 (INRAE)	05/04/12 11/12/18 (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 14/02/99 31/08/22 (CNR)	30/10/08 31/12/22 (EDF)	31/12/09 31/12/16 (EDF)	31/12/09 31/12/16 (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 01/01/91 10/08/23 (CNR)	29/10/08 31/12/22 (EDF)	29/10/08 31/12/16 (EDF)	30/04/15 31/12/16 (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>	31/12/80 12/10/23 (DREAL ARA)	20/10/11 26/10/13 (INRAE)	20/10/11 26/10/13 (INRAE)	20/10/11 26/10/13 (INRAE)	07/05/12 28/08/13 (INRAE)	02/01/12 28/08/13 (INRAE)	07/05/12 28/08/13 (INRAE)	02/01/12 28/08/13 (INRAE)	07/05/12 28/08/13 (INRAE)	05/01/12 15/03/13 (Cerege)	05/01/12 15/03/13 (Cerege)	Non mesurée	Non calculé	Non mesurée
<b>Ain à Pont-de-Chazey</b>	01/11/11 31/01/13 (DREAL ARA)	20/07/12 08/06/17 (INRAE)	20/07/12 06/17 (INRAE)	20/07/12 16/01/13 (INRAE)	20/07/12 28/01/13 (INRAE)	08/12/11 28/01/13 (INRAE)	20/07/12 16/01/13 (INRAE)	08/12/11 28/01/13 (INRAE)	28/08/12 16/01/13 (INRAE)	Non bancarisée	Non calculé	Non bancarisée	Non calculé	Non mesurée
<b>Rhône à Jons</b>	31/12/92 01/08/23 (INRAE)	31/12/99 04/01/24 (Eau du Gd Lyon)	31/12/99 07/07/23 (INRAE)	31/12/99 07/07/23 (INRAE)	22/06/11 01/06/23 (INRAE)	15/03/11 01/06/23 (INRAE)	22/06/11 04/06/19 (INRAE)	22/06/11 06/12/16 (INRAE)	22/06/11 06/12/16 (INRAE)	20/09/11 12/01/23 (Cerege)	20/09/11 29/05/19 (Cerege)	18/01/12 16/11/22 (IRSN)	18/01/12 19/12/17 (IRSN)	22/05/12 19/09/23 (INRAE)
<b>Saône à Lyon</b>	14/09/81 10/08/23 (CNR)	02/12/09 03/01/24 (INRAE)	02/12/09 16/08/23 (INRAE)	02/12/09 10/08/23 (INRAE)	02/08/12 01/06/23 (INRAE)	12/12/11 01/06/23 (INRAE)	02/08/12 28/08/18 (INRAE)	12/12/11 28/11/16 (INRAE)	02/08/12 28/11/16 (INRAE)	08/02/13 20/01/23 (Cerege)	08/02/13 25/10/16 (Cerege)	08/02/13 15/05/20 (IRSN)	08/02/13 19/12/17 (IRSN)	02/08/12 19/09/23 (INRAE)
<b>Gier à Givors</b>	31/12/89 12/09/23 (DREAL ARA)	23/04/13 03/01/24 (INRAE)	23/04/13 09/07/23 (INRAE)	23/04/13 09/07/23 (INRAE)	23/04/13 05/06/23 (INRAE)	23/04/13 05/06/23 (INRAE)	23/04/13 13/02/19 (INRAE)	23/04/13 28/11/16 (INRAE)	23/04/13 28/11/16 (INRAE)	06/01/16 04/05/23 (Cerege)	06/01/16 14/02/17 (Cerege)	03/12/14 26/08/20 (IRSN)	03/12/14 25/10/17 (IRSN)	23/04/13 20/09/23 (INRAE)
<b>Rhône à Andan-cette</b>	A Saint-Vallier 01/01/18 10/08/23 (CNR)	01/01/19 31/12/22 (CNR)	01/01/19 31/12/22 (CNR)	01/01/19 31/12/22 (CNR)	19/10/18 05/06/23 (INRAE)	19/10/18 05/06/23 (INRAE)	Non calculé	Non mesurée	Non mesurée	19/10/18 04/05/23 (Cerege)	Non calculé	Pas de données	Non calculé	19/10/18 20/09/23 (INRAE)
<b>Isère à Beaumont-Monteux</b>	20/03/97 10/08/23 (CNR)	01/01/10 31/12/22 (EDF)	01/01/10 31/12/22 (INRAE)	01/01/10 31/12/22 (INRAE)	09/09/14 08/03/23 (INRAE)	09/09/14 08/03/23 (INRAE)	09/09/14 29/08/18 (INRAE)	09/09/14 15/09/16 (INRAE)	09/09/14 15/09/16 (INRAE)	09/09/14 08/03/23 (Cerege)	09/09/14 18/04/17 (Cerege)	16/01/15 20/10/20 (IRSN)	16/01/15 18/04/17 (IRSN)	09/09/14 20/09/23 (INRAE)
<b>Drôme à Livron-sur-Drôme</b>	01/02/18 10/08/23 (CNR)	23/10/18 04/01/24 (INRAE)	23/10/18 10/07/23 (INRAE)	23/10/18 10/07/23 (INRAE)	23/10/18 08/06/23 (INRAE)	23/10/18 08/06/23 (INRAE)	Non calculé	Pas de données	Non calculé	23/10/18 05/07/23 (Cerege)	Non calculé	23/10/18 16/02/21 (IRSN)	Non calculé	23/10/18 05/09/23 (INRAE)
<b>Ardèche à St-Martin-d'Ardèche</b>	01/01/10 01/10/23 (HPCGD)	14/01/16 04/01/24 (INRAE)	14/01/16 31/12/22 (INRAE)	14/01/16 31/12/22 (INRAE)	01/03/16 08/06/23 (INRAE)	01/03/16 08/06/23 (INRAE)	01/03/16 19/04/18 (INRAE)	01/03/16 18/10/16 (INRAE)	01/03/16 18/10/16 (INRAE)	01/03/16 05/07/23 (Cerege)	01/03/16 16/01/18 (Cerege)	01/03/16 05/04/22 (IRSN)	01/03/16 21/04/17 (IRSN)	14/06/2016 05/09/23 (INRAE)
<b>Durance à Bonpas</b>	01/01/93 10/08/23 (CNR)	21/06/10 31/12/22 (EDF)	31/10/13 31/12/22 (EDF)	30/11/13 31/12/22 (INRAE)	14/10/15 03/05/23 (INRAE)	14/10/15 03/05/23 (INRAE)	14/10/15 22/03/18 (INRAE)	16/11/15 19/07/16 (INRAE)	16/11/15 19/07/16 (INRAE)	16/11/15 06/07/23 (Cerege)	16/11/15 20/12/17 (Cerege)	15/02/16 28/09/22 (IRSN)	15/02/16 07/06/17 (IRSN)	14/10/15 07/09/23 (INRAE)
<b>Gardon à Remoulins</b>	01/01/00 10/08/23 (CNR)	20/06/17 03/01/24 (INRAE)	20/06/17 28/09/23 (INRAE)	20/06/17 15/06/23 (INRAE)	15/11/17 06/06/23 (INRAE)	15/11/17 06/06/23 (INRAE)	15/11/17 29/05/18 (INRAE)	Pas de données	Non calculé	15/03/11 06/07/23 (Cerege)	Non calculé	13/02/18 07/01/21 (IRSN)	Non calculé	05/12/18 07/09/23 (INRAE)
<b>Rhône à Beaucaire</b>	31/12/99 10/08/23 (CNR)	Non mesurée	Données du Rhône à Arles	03/03/05 20/12/22 (INRAE)	Données du Rhône à Arles	Données du Rhône à Arles	24/03/09 16/07/18 (INRAE)	Données du Rhône à Arles	18/01/10 19/10/16 (INRAE)	Données du Rhône à Arles	01/06/18 19/07/18 (Cerege)	Données du Rhône à Arles	03/03/05 12/11/14 (IRSN)	Données du Rhône à Arles
<b>Rhône à Arles</b>	01/01/90 10/08/23 (CNR)	Non mesurée	03/03/05 20/12/22 (MIO)	03/03/05 20/12/22 (INRAE)	31/12/06 06/06/23 (MIO)	24/03/09 06/06/23 (INRAE et Ifremer)	24/03/09 19/07/18 (INRAE)	18/01/10 19/10/16 (INRAE et Ifremer)	18/01/10 19/10/16 (INRAE)	01/06/11 06/07/23 (Cerege)	01/06/11 19/07/18 (Cerege)	03/01/05 31/05/22 (IRSN)	03/03/05 12/11/14 (IRSN)	06/12/18 07/09/23 (INRAE)

## 8. Perspectives

Plusieurs perspectives d'action à mener sont à considérer pour l'exploitation et la consolidation du suivi du réseau de mesure, en lien avec le futur programme de l'OSR7 :

- Mise à jour de l'ensemble des chroniques de flux de contaminants particulières bancarisées dans BDOH en appliquant les nouvelles règles de comblement des lacunes dans les chroniques continues de concentration en contaminant (cf. § 7.2). => Cette action apparaît comme prioritaire pour la mise à disposition de flux de contaminants robustes.
- Poursuite de l'enrichissement des courbes de calibration (turbidité vs. MES) des différentes stations. Les dispositifs d'échantillonnage de l'Ardèche et du Gardon pourront notamment être améliorés. Sur l'Ardèche, le dispositif de prélèvements automatisé est éloigné de la station turbidimétrique et son pilotage manuel permet avec difficulté de capter les événements de crue. Sur le Gardon, aucun préleveur automatique n'est présent rendant difficile la collecte d'échantillons de crue. Un système de commande à distance sera développé pour que les prélèvements soient asservis aux turbidimètres pour améliorer l'établissement des relations MES(turb) et répondre aux besoins de réactivité liés à la nature des événements sur ces cours d'eau.
- Mise en place d'un turbidimètre à la station SORA (Arles) pour harmoniser les mesures avec celles des autres stations.
- Poursuite de l'utilisation des méthodes d'apprentissage automatisé et profond (machine et deep learning) pour le calcul des concentrations de MES. Un stage de master 2 est prévu début 2024 pour étendre la méthode aux stations autres que Arles et Jons puis une thèse débutera en octobre 2024 sur cette thématique dans le cadre de l'OSR7 (avec une extension à la modélisation d'autres paramètres comme la taille des particules, la concentration de carbone organique particulaire et certains contaminants).
- Intercomparaison des méthodes de prélèvements de MES lors d'une crue à Arles pour poursuivre les travaux d'intercomparaison des PAP qui ont été réalisés à Arles en année 2 de l'OSR 6 en période de faible débit ; une étude complémentaire sera réalisée lors d'une crue à Arles pour comparer les méthodes de prélèvements lors de forts débits et de fortes charges en suspension.

## 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., Raidalet 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>

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., J. Le Coz, M. Coquery, F. Thollet, M. Lagouy, A. Buffet, G. Dramais, A. Dabrin, M. Masson, C. Miège, G. Grisot, H. Delile (2019) – Rapport sur le fonctionnement du réseau OSR

d'observation des flux de matières en suspension et de contaminants particulaires (OSR 5 – année 2019). Rapport OSR5, 35 p. <https://hal.science/OSR/hal-03126148>

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 particulaires 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., Poulier, 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 particulaires 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., Eyrolle F., Labille J., Ambrosi J-P., Delanghe D., Raimbault P. (2021) – Concentrations and fluxes of suspended particulate matters and associated contaminants in the Rhône River from Lake Geneva to the Mediterranean Sea. <https://dx.doi.org/https://doi.org/10.15454/RJCQZ7>

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*, 637-668, 538-549. <https://hal.science/OSR/hal-02015899v1>

Piégay H., Radakovitch O., Morandi B., Chateauminois A., Clémens A. (2022) – L'Observatoire des Sédiments du Rhône. 12 années de recherche pour la connaissance et la gestion hydro-sédimentaire du fleuve. Bilans et perspectives scientifiques. 72 p, <https://hal.science/OSR/hal-03869998v1>

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. (2018a) – 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>

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.

Thollet F., Branger F., Le Coz J., Le Bescond C., Pérreal G., Raidelet N. (2017) — Outils de stockage et visualisation des données du réseau OSR d'observation des flux de matières en suspension et de contaminants particuliers. Rapport OSR4, action V.4, 10 p. <https://hal.science/OSR/hal-03749350v1>

Thollet F., Le Coz J., Branger F., Vila B., Gruat A., Le Bescond C., Pérreal G., Raidelet N. (2019) — Développement de l'application informatique BDOH pour l'Observatoire des Sédiments du Rhône. Rapport OSR5, action D2, 14 p. <https://hal.science/OSR/hal-02609185v1>

## 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 01/12/2023 (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)	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 Creys	Permanente	Aval confluence avec le Guiers	Station CNR à Pont de Groslée	Station EDF (opérationnelle)	Chasse 2012 (6 échantillons)	Chasse 2012 (26 échantillons)
Rhône à Villebois	Permanente	Aval confluence avec le Guiers	Station CNR à Pont de Groslée	Station CNR (opérationnelle)		
Rhône à Bugey	Permanente	Amont confluences avec la Bourbre puis l'Ain	Station CNR à Lagnieu	Station EDF (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 plusieurs 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-0338893v2">https://hal.science/OSR/hal-0338893v2</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)	
Rhône à Cruas	Permanente	Aval confluence Isère (mélange des eaux suffisant ?)		Station EDF (opérationnelle mais non calibrée)		
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		Station provisoire (INRAE ?)		18/11/11 et 02/10/20 (mobile, 2 échantillons)
Aigue	Possible	Affluent du Rhône aval / flux MES et contaminants pas explorés par OSR		Station provisoire (INRAE ?)		
Ouvèze	Possible	Affluent du Rhône aval / flux MES et contaminants pas explorés par OSR		Station provisoire (INRAE ?)		
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. 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 4. 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

