



Observatoire
des Sédiments
du Rhône

Programme d'actions de l'Observatoire des Sédiments du Rhône

OSR7 | 2024 - 2027

Projet définitif du 27/10/23

L'Observatoire des Sédiments du Rhône

L'Observatoire des Sédiments du Rhône (OSR) est un dispositif de recherche créé en 2009 à la suite de questions sur la gestion sédimentaire du fleuve qui ont émergé dans le cadre du Plan Rhône. Il a été co-construit par les scientifiques et les gestionnaires du fleuve et il bénéficie du soutien technique et financier des partenaires du Plan Rhône. Cet observatoire a pour mission de produire, rassembler et diffuser des connaissances afin de caractériser les processus hydro-sédimentaires, ainsi que les pollutions associées aux stocks et aux flux de sédiments. L'OSR a été créé dans le cadre de la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR). Il nourrit les problématiques scientifiques de l'Observatoire Hommes-Milieus Vallée du Rhône (OHM VR) et apporte des connaissances robustes sur le fonctionnement du fleuve. La ZABR et l'OHM VR sont deux dispositifs labellisés par le CNRS. Le GRAIE a en charge leur animation et accompagne la coordination et la valorisation de l'OSR.

Depuis 2021, l'OSR est engagé dans une nouvelle séquence de recherche à horizon 2030. Les enjeux stratégiques ont été rediscutés par le collectif chercheurs-partenaires afin de proposer des questions scientifiques originales, pertinentes et toujours en phase avec les attentes opérationnelles des acteurs du fleuve et les documents de planification (comme le nouveau Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux [SDAGE, 2022 - 2027] et le Schéma directeur de gestion sédimentaire du Rhône, qui est en cours d'élaboration).

Six enjeux stratégiques ont ainsi été définis en 2021 :

- Enjeu 1 - Restaurer des habitats de qualité pour promouvoir une biodiversité digne d'un grand fleuve
- Enjeu 2 - Appuyer un plan de gestion sédimentaire raisonnée et durable
- Enjeu 3 - Concilier le bon fonctionnement hydro-sédimentaire du fleuve avec la maîtrise des risques sanitaires et d'inondation
- Enjeu 4 - Anticiper l'impact des changements à venir sur la dynamique sédimentaire et les risques associés
- Enjeu 5 - Avoir des outils numériques performants pour scénariser, anticiper, partager et pérenniser l'information
- Enjeu 6 - Pérenniser le suivi du Rhône sur le long terme pour restaurer le fleuve, comprendre et modéliser les processus, et anticiper les changements

Afin de « restaurer la santé écologique du fleuve », des connaissances supplémentaires sont encore nécessaires pour retrouver des habitats de qualité et promouvoir une biodiversité digne d'un grand fleuve. Il convient notamment de tenir compte de la diversité des pressions exercées sur les écosystèmes fluviaux, dont celles des apports de contaminants. Dans cette perspective, il est important de renforcer la coordination des actions de recherche conduites au sein de l'OHM VR, et de consolider les liens avec le programme RhônEco. L'objectif est de mieux lier les réponses physiques, chimiques et écologiques aux actions de restauration. L'OSR souhaite également poursuivre son appui technique dans la mise en œuvre du Schéma directeur de gestion sédimentaire du fleuve, en cherchant à mieux évaluer les apports en sédiments des affluents, les zones de stockage sur le continuum et l'évolution des fonds, à travers la constitution de bilans sédimentaires. Plus globalement, l'OSR continuera à alimenter les réflexions en vue d'une gestion intégrée du fleuve dans le cadre du SDAGE. Enfin, les jeux de données acquis et les avancées en modélisation permettent désormais de travailler sur des projections pour anticiper les évolutions du fleuve. Différents scénarios de pressions seront testés (changement climatique, hydrologique, modification des sources de contaminants) pour appréhender les réponses du fleuve et les risques associés qu'il conviendra d'anticiper.

Ainsi, l'objectif de l'OSR n'est pas uniquement de « suivre » mais aussi d'analyser et de « comprendre » les réponses du fleuve et la propagation des sédiments et contaminants associés. Pour explorer ces nouvelles questions et répondre aux enjeux sur la décennie, l'OSR7 engage une nouvelle phase de recherche sur les trois prochaines années (2024-2027).

Ce nouveau programme s'articule autour d'objectifs répartis dans cinq axes de travail :

- **Axe A** : Renforcer la compréhension du fonctionnement hydro-sédimentaire du fleuve (notamment de la dynamique des sables) et faire le lien avec les processus hydro-sédimentaires littoraux ;
- **Axe B** : Affiner la connaissance des sources et de la dynamique des matières en suspension (MES) et des contaminants associés pour réduire les apports au fleuve, en étudiant notamment les apports des zones urbaines par temps de pluie ;
- **Axe C** : Suivre les effets des actions de restauration pour s'assurer de leur réussite, renforcer encore leurs effets bénéfiques au long court et proposer des mesures complémentaires lorsque les réponses observées sont en deçà des objectifs fixés ;
- **Axe D** : Engager une nouvelle démarche pour définir des scénarios hydro-sédimentaires intégrant le changement climatique afin de mieux anticiper ses impacts à venir en considérant, par exemple, la fonte des glaciers ;
- **Axe E** : Consolider les bases de l'OSR, permettant de continuer à développer des outils performants et innovants pour transférer les données et les connaissances acquises, proposer des scénarios d'évolution, et ainsi mieux anticiper les changements.

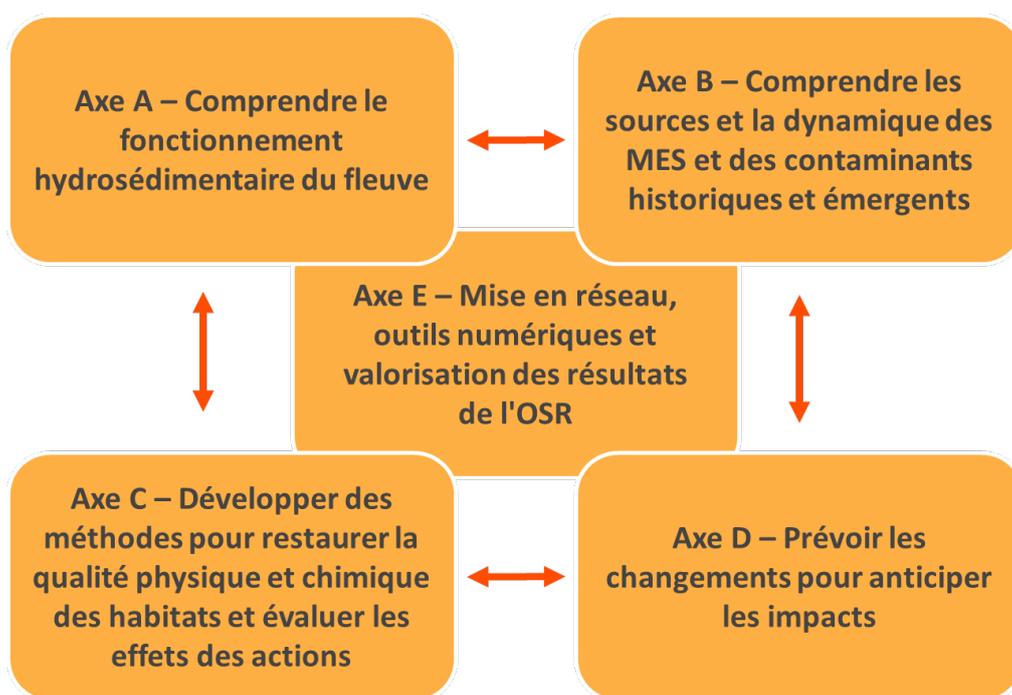


Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Axe A - Comprendre le fonctionnement hydro-sédimentaire du fleuve | 6 |
| Action A.1 - Quantifier les stocks et les flux de sables sur le secteur de Lyon (mesure in situ, bilan sédimentaire et modélisation) | 8 |
| Action A.2 - Evaluer la dynamique de sédimentation des sédiments fins sur le long terme et en lien avec les aménagements | 10 |
| Action A.3 - Suivre les flux et les stocks de sédiments fins et de sables lors d'événements exceptionnels | 13 |
| Axe B - Comprendre les sources et la dynamique des MES et des contaminants particuliers historiques et émergents | 16 |
| Action B.1 - Caractériser la contamination (actuelle et historique) aux PFAS..... | 19 |
| Action B.2 - Evaluer les sources et le devenir des contaminants rejetés au Rhône en zone urbaine | 21 |
| Action B.3 - Poursuivre le traçage sédimentaire pour affiner l'évaluation des contributions des affluents du Haut-Rhône aux flux de MES | 24 |
| Action B.4 - Caractériser la distribution spatiale de la contamination des sédiments de surface sur l'ensemble du linéaire du Rhône..... | 26 |
| Axe C - Développer des méthodes pour restaurer la qualité physique et chimique des habitats et évaluer les effets des actions..... | 29 |
| Action C.1 - Evaluation de l'état des habitats benthiques du Rhône dans les secteurs restaurés et non restaurés | 32 |
| Action C.2 - Evaluation de la réponse des habitats aux actions de recharge sédimentaire | 34 |
| Action C.3 - Evaluer la continuité sédimentaire (charge de fond) au droit des recharges sédimentaire, des barrages et des seuils | 35 |
| Action C.4 - Impact des actions de gestion d'ouvrage et/ou de restauration sur les concentrations des contaminants | 38 |
| Action C.5 - Retour d'expérience des suivis de la restauration des habitats et recommandations opérationnelles | 40 |
| Axe D - Prévoir les changements pour anticiper les impacts | 42 |
| Action D.1 - Intégrer l'érosion dans le modèle hydrologique J2000-Rhône | 44 |

| | |
|---|-----------|
| Action D.2 - Modéliser le transport de sédiments grossiers à l'échelle du bassin sous scénarios de changements climatique et de gestion des ouvrages | 46 |
| Action D.3 - Quantifier l'impact hydro-sédimentaire de la fonte et du retrait glaciaire..... | 48 |
| Action D.4 - Evaluer l'influence potentielle de la fonte des glaciers alpins sur les apports en MES et contaminants | 49 |
| Action D.5 - Communication, valorisation et géo-visualisation des résultats issus de la modélisation prospective | 52 |
| Axe E - Mise en réseau, outils numériques et valorisation des résultats de l'OSR..... | 54 |
| Action E.1 - Exploiter et consolider le réseau de suivi des flux et la bancarisation des échantillons | 56 |
| Action E.2 - Développer la modélisation hydro-sédimentaire du Rhône du Léman à la mer..... | 61 |
| Action E.3 - Bancariser et partager les données de l'OSR | 63 |
| Action E.4 - Valoriser et transférer les avancées scientifiques et techniques de l'OSR | 67 |
| Action E.5 - Direction et coordination | 68 |

The background of the page is an abstract composition of overlapping, wavy shapes in various shades of teal and orange. The colors transition from light teal at the top to darker teal and orange at the bottom, creating a sense of depth and movement.

Axe A

Comprendre le fonctionnement hydro-sédimentaire du fleuve

Responsables de l'Axe A

Benoît Camenen ; Brice Mourier

Responsables d'actions

Benoît Camenen ; Guillaume Dramais ; Brice Mourier

Unités de recherche impliquées

ENTPE-LEHNA ; INRAE-RiverLy (HyR)

Description de l'axe

Si les connaissances sur le fonctionnement hydro-sédimentaire et morphodynamique du Rhône ont beaucoup progressé lors des six précédents programmes OSR, elles restent liées à des efforts méthodologiques importants, que ce soit pour la mesure du charriage de galets avec l'utilisation de traceurs, de suspension de sable (prélèvements associés à la mesure hydro-acoustique), ou de la dynamique des fines (argiles et limons). La poursuite des travaux d'acquisition d'information est nécessaire car cette connaissance de la dynamique sédimentaire reste très fragmentée temporellement ou spatialement. Les principaux tronçons présentant une dynamique sédimentaire forte (Arve jusqu'à Génissiat, Ain-Miribel-Jonage, confluence Isère, embouchure du Rhône) sont identifiés et ont été étudiés pour différents types d'événement (crues, chasses de retenues). Des mesures sur le secteur de Lyon ont permis d'évaluer de forts flux de sables et graviers provenant majoritairement de l'Ain. Aussi, de nombreux progrès ont été réalisés sur la compréhension et la modélisation de la dynamique des MES au travers de la série de barrages du Haut-Rhône. Cette vision spatio-temporelle est fondamentale pour mieux évaluer la qualité et la dynamique du substrat, et donc des habitats sur l'ensemble du Rhône, pour mieux évaluer les impacts des projets de restauration, et pour mieux anticiper et gérer les désordres morphodynamiques causés par les érosions et dépôts de sables et graviers qui impactent les ouvrages et aménagements.

Des efforts sont donc nécessaires pour caractériser la morphodynamique du fleuve et ses trajectoires, que ce soit pour le lit mineur ou les annexes fluviales et marges alluviales. Evaluer en continu la charge de fond, pour les graviers et pour les sables, reste donc un objectif central de l'OSR. Il s'agit donc de poursuivre et renforcer les approches d'évaluation de l'état du lit et de son historique (granulométrie de surface, évaluation des stocks, carottage sur les zones de dépôts, géophysique aquatique) et de suivi du transport sédimentaire (traçage RFID, géophone, hydro-acoustique), couplés avec la modélisation numérique.

Les principaux objectifs de l'axe A sont les suivants :

- Poursuivre le développement méthodologique de suivi des sables avec en particulier la mise en place d'une station hydro-acoustique pour une meilleure compréhension des flux sur le long-terme (Action A1) ;
- Comprendre l'évolution des fonds du fleuve, du lit mineur aux annexes et marges, en couplant développement méthodologique, modélisation et mesures de terrain (Action A2) ;
- Caractériser l'impact des crues rares et événements de chasse (abaissement partiel de Verbois APAVER, Basse-Isère) sur les flux sédimentaires et la dynamique fluviale (dépôt/érosion) (Action A3).

L'action sur la mesure de la dynamique des grossiers (graviers, galets) est associée aux enjeux de restauration ; elle est introduite et traitée dans l'Axe C (Action C3).

Lien avec les enjeux stratégiques

- Enjeu 2 - Appuyer un plan de gestion sédimentaire raisonnée et durable ;
- Enjeu 3 - Concilier le bon fonctionnement hydro-sédimentaire du fleuve avec la maîtrise des risques sanitaires et d'inondation ;
- Enjeu 4 - Anticiper l'impact des changements à venir sur la dynamique sédimentaire et les risques associés ;
- Enjeu 5 - Avoir des outils numériques performants pour scénariser, anticiper, partager et pérenniser l'information ;
- Enjeu 6 - Pérenniser le suivi du Rhône sur le long terme pour restaurer le fleuve, comprendre et modéliser les processus ; anticiper les changements.

Action A.1 - Quantifier les stocks et les flux de sables sur le secteur de Lyon (mesure in situ, bilan sédimentaire et modélisation)

Responsable

Benoît Camenen

Contributeurs

Guillaume Dramais ; Brahim Moudjed ; Céline Berni ; Jérôme Le Coz ; Mickaël Lagouy ; Adrien Bonnefoy ; Fabien Thollet ; Fanny Courapied ; Chargé de Recherche (CDD 14 mois) ; Stagiaire

Unités de recherche impliquées

INRAE-RiverLy (Hyr)

Mots-clés

Lit mineur ; sables ; crue ; charriage ; flux ; stock ; variation temporelle ; capteur/sonde ; jaugeage solide ; hydro-acoustique ; granulométrie

Descriptif général de l'action

Dans la continuité des travaux menés lors du programme OSR6, cette action vise à développer la mesure en continu des flux de sables sur le Rhône sur le secteur de Lyon et une quantification associée des stocks de sables disponibles et mobilisables en crue.

1) Mesure en continu des flux de sables sur le Rhône à Lyon (Perrache)

Afin de proposer pour la première fois une estimation en continu des flux de sables en suspension, une station hydro-acoustique sera mise en place à Perrache (Rhône à Lyon). Il s'agit d'un site où de nombreux jaugeages ont déjà été réalisés (thèse de G. Dramais, 2020), montrant ainsi le potentiel pour la mesure hydro-acoustique et l'application d'un index de concentration (relation entre une mesure de la concentration en sables sur une zone limitée de la section et la concentration moyenne en sables sur la section). Les travaux de thèse de J. Laible sur l'Isère à Grenoble (avec l'utilisation deux HADCP Nortek de 400 et 100kHz) montrent des résultats issus de la mesure hydro-acoustique très encourageants, même si l'évaluation de la granulométrie en suspension reste incertaine. Il est apparu que la fréquence d'émission acoustique était très importante pour améliorer ce point et nous a ainsi orienté vers l'utilisation d'un appareil multi-fréquence (UBSediflow ou Aquacat) positionné en horizontal. En effet, ces appareils permettent l'émission de 4 fréquences différentes pour un moindre coût. Ils ne permettent pas de mesurer la vitesse de l'écoulement, mais cette mesure n'est pas nécessaire si nous travaillons à proximité d'une station dont l'hydrodynamique est connue.

Cette station hydro-acoustique nécessitera de nombreux jaugeages solides complémentaires, en particulier en crue. L'analyse acoustique sera réalisée à l'aide d'un CDD (chargé de recherche, 14 mois) combinant les travaux de A. Vergne (outil développé par B. Moudjed, OSR6) et de J. Laible (routines développées sur la base des travaux de Topping & Wright, 2016).

2) Evaluation des stocks et flux de sables en amont de Lyon

Le stage de F. Masquelier (2022) a permis de montrer que les stocks de sables sur Miribel étaient insuffisants pour expliquer les flux mesurés lors d'une crue du Rhône comme celle de janvier 2018. Les stocks sur l'Ain et surtout la plus forte mobilité de la rivière (permettant une reprise plus grande des sables) indiquent que l'Ain serait potentiellement la zone de stock principale alimentant le Rhône en sables. Nous proposons donc de réaliser des

mesures complémentaires des stocks de sables sur l'Ain et d'étudier leur potentielle remise en suspension en combinant analyse photographique et modélisation numérique.

Nous avons aussi montré qu'un flux de sables non négligeable pouvait provenir du Rhône en amont de la confluence avec l'Ain. Ceci est tout à fait plausible malgré la série de retenues. En effet, de forts dépôts de sables ont été observés dans ces retenues et les sables fins peuvent aisément transiter au travers des ouvrages. Une station hydro-sédimentaire (turbidimètre/préleveur) devrait être installée par CNR au Pont de Loyettes sur le Rhône dans le cadre de l'étude du potentiel nouvel aménagement hydroélectrique RhôneRégia. Nous proposons de collaborer étroitement avec les équipes techniques de CNR pour tenter d'évaluer les flux de sables à cette station d'une manière similaire à ce que nous avons fait pour la station de Beaumont-Montoux sur la Basse-Isère, c'est à dire en utilisant la méthode de l'index de concentration. Il s'agira donc de réaliser en complément quelques jaugeages solides à différents débits.

Apports opérationnels de l'action

La connaissance des flux de sables est un enjeu opérationnel important du fait de sa sensibilité aux dépôts et du potentiel impact de ces dépôts de sables sur la gestion des retenues de barrage (enjeux 2 et 6). Les précédents travaux (OSR5 et OSR6) ont montré qu'une grande quantité de sables transite dans le Rhône à Lyon et que ces sables proviennent potentiellement de l'Ain mais aussi du Haut-Rhône. Ces travaux pourront ainsi fournir une connaissance des flux de sables utile quant à la gestion des ouvrages autour de Lyon.

Planification des activités de recherche

INRAE-RiverLy

Année 1

L'Année 1 sera consacrée à l'installation de la station hydro-acoustique sur le Rhône à Perrache. Le choix exact du site ainsi que le matériel utilisé (Aquascap ou UBSediflow) seront déterminés d'ici la fin du programme OSR6. Il s'agira alors de construire une structure afin de permettre une maintenance aisée du matériel tout en permettant une position de mesure en horizontale optimale.

Des jaugeages liquides et solides seront réalisés au niveau du Pont des Loyettes sur le Rhône pour évaluer la possibilité d'appliquer la méthode de la concentration témoin au niveau de cette station hydro-sédimentaire.

Année 2

L'Année 2 sera principalement consacrée à la mesure hydro-acoustique et à son analyse pour évaluer les flux de sables en continu. Ce travail sera réalisé par un contractuel (chargé de recherche) qui utilisera les outils déjà développés par l'équipe HyR et éventuellement proposera des améliorations (méthodologie, analyse) pour une mesure des flux de sables en continu.

Des jaugeages solides seront nécessaires pour la calibration et validation de la station hydro-acoustique. Ils seront réalisés dès que la station sera en état de fonctionnement pour différents débits du Rhône en se focalisant tout particulièrement sur les crues qui concentrent une grande part des flux sableux. Le suivi de la station hydro-sédimentaire du Pont des Loyettes sera poursuivi en parallèle.

Année 3

L'Année 3 sera consacrée à une synthèse des flux de sables transitant sur le Rhône à Lyon réalisée à partir des résultats de l'Année 2 et de la chronique mesurée pendant environ deux années.

Une évaluation des stocks dans la basse vallée de l'Ain sera réalisée dans le cadre d'un stage de master combinant mesures de terrain, analyse photographies aériennes et modélisation unidimensionnelle. Combiné à l'analyse des flux de sables sur le Rhône à la station hydro-sédimentaire au Pont de Loyettes, ce travail devrait permettre de confirmer les principales sources de sables pour le Rhône à Lyon.

Action A.2 - Evaluer la dynamique de sédimentation des sédiments fins sur le long terme et en lien avec les aménagements

Responsables

Brice Mourier

Contributeurs

André-Marie Dendievel ; Daniel Donzé ; Myriam Hamada ; Thierry Winiarski ; Ingénieur de Recherche (CDD 18 mois) ; Stagiaire

Unités de recherche impliquées

ENTPE-LEHNA

Mots-clés

Lit mineur ; delta ; annexe fluviale ; barrage ; sédiments ; carotte sédimentaire ; dépôt ; stock ; capteur/sonde ; géophysique ; granulométrie

Descriptif général de l'action

Cette action vise à étudier l'impact des aménagements sur la sédimentation dans différents compartiments du lit du Rhône en déployant et combinant des méthodes géophysiques, de carottage et d'analyse sédimentaire sur (i) les secteurs clefs des barrages du Haut-Rhône ; (ii) des secteurs encore peu ou non documentés : Saône aval et delta du Rhône. En contrôlant localement la vitesse et la turbulence des écoulements, les aménagements influent sur le transport des particules fines (fraction < 63 μm , principale composante des MES), mais également des sables fins (jusqu'à 200 μm). Au niveau des zones favorisant l'accumulation des sédiments fins, des stocks conséquents peuvent s'accumuler sur le long terme, mais aussi lors d'épisodes hydrologiques particuliers (crues, APAVER). Ce phénomène est bien connu en amont des retenues et concerne également les tronçons du Rhône court-circuités (RCC) soumis à régulation des écoulements. L'accumulation des sédiments fins peut perturber le fonctionnement des ouvrages, la navigation et dégrader la qualité habitats aquatiques (milieux benthiques, cf. Axe C). Les processus hydro-sédimentaires contrôlant le transport ou le stockage des sédiments fins entrent également en interaction avec la dynamique spatiale et temporelle des contaminants particuliers (cf. Axe B).

1) Accumulation des sédiments fins à l'amont des barrages du Haut-Rhône

L'étude des zones de dépôt à l'amont des retenues Haut-Rhône sera réalisée en partenariat avec la CNR sur des secteurs à enjeux tels que les retenues de Chautagne, Belley ou Brénier-Cordon. Ces secteurs sont soumis à un apport massif de sédiments fins provenant des affluents alpins, ainsi qu'à des opérations de gestion sédimentaire (cf. Action A3.2). Les techniques géophysiques permettent maintenant de caractériser les zones de dépôt en termes de surface et de volume. Une approche innovante sera mise en œuvre en couplant des sondages géophysiques subaquatiques à l'aide d'un sondeur de sédiment (sub-bottom profiler, Echeos 10000), et une analyse des données bathymétriques bancarisées par la CNR afin d'établir des séries temporelles renseignant sur l'évolution des fonds et des stocks sédimentaires. Les bilans volumétriques seront confrontés à l'exploitation du modèle hydro-sédimentaire 1D (simulation continue sur plusieurs décennies, cf. action E2).

2) Sédimentation dans les chenaux latéraux de la Saône aval

La Saône est un affluent majeur du Rhône qui est restée relativement peu étudiée lors des programmes précédents, alors qu'il s'agit d'un cours d'eau mobilisant un flux de MES conséquent et qui, de surcroît, est fortement marqué par les aménagements (digues, biefs et barrages-écluses). Cette action vise à analyser les dépôts de sédiments accumulés dans les chenaux latéraux de sa partie aval, qui sont utilisés comme des indicateurs du fonctionnement des rivières aménagées et éventuellement comme des séquences permettant de documenter les pollutions (lien avec axe B). Des

sondages et des mesures combinant carottages, analyses sédimentologiques, datation et géophysique par radar géologique permettront de quantifier les stocks de sédiments fins et la dynamique de la sédimentation. Deux sites ont d'ores et déjà été pré-identifiés sur la Saône en aval de Tournus et de Villefranche-sur-Saône. Les données obtenues seront comparées à celles des stations de Jons et de l'Île du Beurre sur le Rhône en amont et aval de la métropole lyonnaise (travaux de l'OSR6). Comprendre l'évolution de ces milieux péri-fluviaux permet d'ajuster nos recommandations en matière de gestion et de restauration.

3) Sédimentation dans la zone du delta aquatique

Le delta du Rhône a été relativement peu étudié rétrospectivement dans le cadre de l'OSR, alors que la question des flux de matières vers la mer est prégnante. Étant donnée la situation du delta, on peut s'attendre à ce que l'évolution de la dynamique hydro-sédimentaire soit le résultat des contributions cumulées des forçages anthropiques le long du linéaire, notamment l'impact des aménagements, nombreux sur le linéaire du Rhône. L'objectif est de réaliser des carottes longues dans le delta aquatique afin d'obtenir des séquences temporelles suffisamment étendues pour évaluer les changements sédimentaires liés aux différentes phases d'aménagement du Rhône. Les apports de contaminants à la mer au cours des derniers siècles seront évalués dans un second temps, via des analyses sur ces mêmes archives sédimentaires. Un soutien technique est nécessaire pour réaliser ces carottages et une demande de mission sera réalisée dans le cadre de l'APP annuel de la "Flotte océanographique française" en collaboration avec l'IFREMER. L'objectif de la mission est d'obtenir des profils géophysiques et des carottes longues au niveau du delta aquatique, dans les zones de dépôt du panache de MES. La préparation de la demande de mission auprès de la flotte océanographique française ciblera un navire effectuant des missions de recherches scientifiques principalement en mer Méditerranée et équipé pour les carottages profonds (carottier Calypso). Un minimum de trois jours est nécessaire pour réaliser la géophysique et les carottages.

Apports opérationnels de l'action

Dans le secteur des retenues du Haut-Rhône, l'objectif est de localiser les zones d'accumulation de sédiments en amont des barrages et de mieux comprendre la dynamique des stocks en relation avec l'hydrologie et la gestion des ouvrages. Ce travail vise également à appuyer un plan de gestion sédimentaire durable et participer à maîtriser les risques d'inondation (enjeux 2, 3 et 5).

Dans les secteurs de la Saône et du delta, l'objectif est de mieux comprendre l'effet à long terme des aménagements sur l'accumulation des stocks sédimentaires dans les chenaux secondaires de la Saône et à l'embouchure du Rhône. Ces accumulations sédimentaires peuvent perturber l'utilisation du fleuve, constituer des réservoirs de contaminants qui altèrent durablement la qualité des cours d'eau et compromettent la fonctionnalité écologique des zones concernées. Enfin, les travaux sur le delta marquent une première étape pour quantifier les apports de contaminants à la mer au cours du dernier siècle (enjeux 4 et 6).

Planification des activités de recherche

ENTPE-LEHNA

Année 1

L'Année 1, un suivi des retenues du Haut-Rhône sera réalisé sur deux secteurs (Mots et Belley) afin d'identifier les zones de dépôt qui seront suivies dans le cadre de cette programmation. Les données historiques disponibles (bathymétrie) seront compilées pour ces mêmes zones.

Des campagnes de relevés géo-radars et de carottages seront effectuées sur des sites pré-identifiés de la Saône situés en aval de Tournus et de Villefranche. Cette Année 1 permettra également la préparation de la demande de mission au niveau du delta du Rhône, notamment en répondant à l'appel à projets scientifiques relatif aux navires hauturiers ou côtiers de la flotte océanographique française opérée par l'IFREMER.

Année 2

Au cours de l'Année 2, une seconde campagne de sondage géophysique et bathymétrique sera entreprise dans les retenues du Haut-Rhône. L'objectif sera d'analyser les évolutions au niveau des zones de dépôts identifiées en Année 1, de quantifier les phénomènes d'accumulation et de les mettre en relation avec les événements hydrologiques structurants.

Les données issues des sondages géophysiques et des carottes prélevées dans la Saône seront analysées. La campagne de terrain dans le delta sera réalisée. Selon le calendrier de cette intervention, les analyses des carottes (granulométrie fine et datation) ainsi que les relevés géophysiques du delta pourront débuter.

Année 3

L'Année 3 sera dédiée à la finalisation des relevés géophysiques et des carottes prélevées dans le cadre de cette programmation, ainsi qu'aux analyses et à la synthèse des résultats. En ce qui concerne le Haut-Rhône, l'analyse portera sur les stocks sédimentaires accumulés dans les retenues et l'influence des épisodes hydro-sédimentaires exceptionnels tels que l'APAVÉR sur la dynamique des dépôts. Pour les secteurs de la Saône et du delta, la synthèse inclura une analyse des carottes sédimentaires et des sondages géophysiques, répondant aux objectifs précédemment mentionnés.

Action A.3 - Suivre les flux et les stocks de sédiments fins et de sables lors d'événements exceptionnels

Responsables

Guillaume Dramais ; Brice Mourier

Contributeurs

Benoît Camenen ; Jérôme Le Coz ; Mickaël Lagouy ; Adrien Bonnefoy ; Fabien Thollet ; Fanny Courapied ; Daniel Donzé ; André-Marie Dendievel

Unités de recherche impliquées

ENTPE-LEHNA ; INRAE-RiverLy (Hyr)

Mots-clés

Lit mineur ; APAVER ; barrage ; crue ; sables ; sédiment ; dépôt ; stock ; flux ; remobilisation ; capteur/sonde ; jaugeage solide ; géophysique ; granulométrie ; comparaison modèle/mesure

Descriptif général de l'action

1) Mesures in-situ des flux sédimentaires de sables sur événements majeurs

Cette action vise à avoir une meilleure connaissance des sources et des flux ponctuels de sables sur le Rhône en étudiant plus précisément les événements intenses, provoqués (APAVER) ou naturels. Des campagnes de mesure par prélèvement sont envisagées sur différents sites.

En collaboration avec les équipes de CNR, un suivi du prochain APAVER sera effectué avec des prélèvements afin de déterminer ponctuellement les flux de sédiment en suspension, en se focalisant tout particulièrement sur les flux de sables.

En cas de déclenchement d'une chasse de la chaîne de barrages de la Basse-Isère, un suivi pourra être organisé en collaboration avec les équipes d'EDF et de CNR pour compléter les connaissances des flux de sables qui transitent lors de ces événements et améliorer les protocoles de mesure.

En cas de crue naturelle intense sur le bassin du Rhône, ou plus localisée sur un sous-bassin du Rhône, une équipe pourra être mobilisée pour évaluer ponctuellement des apports intermédiaires de sédiments en suspension. Certains sites ont déjà fait l'objet de campagnes de mesure ponctuelles (Champagneux, Jons, confluence Rhône Saône, Port Saint-Louis). D'autres sites pourront être explorés selon l'actualité hydrologique, la disponibilité du matériel, des équipes, et les questions de sécurité. Les protocoles envisagés sont, selon les possibilités, des jaugeages solides distribués avec mesures ADCP embarquées, la mise en œuvre de préleveurs automatiques en berge, des prélèvements de surface depuis des ponts ou les berges. La mise en œuvre in-situ d'un LISST 200X permettra compléter l'arsenal de prélèvement. L'utilisation de pompes immergées PP36 testées et comparées lors de plusieurs campagnes avec CNR et EDF ces dernières années est envisagée. Ces pompes pourront ainsi venir compléter les solutions de prélèvements tout en réduisant le temps d'analyse des échantillons. Dans un premier temps un travail de repérage cartographique des mises à l'eau, des accès, doit être effectué pour prédéterminer des sites potentiels proches des confluences et sites d'intérêts.

2) Suivi des zones de dépôt dans les retenues à l'aval de Génissiat avant/après le prochain APAVER

En parallèle du suivi des flux sédimentaires, un suivi des stocks sédimentaires accumulés dans les retenues du Haut-Rhône en aval de Génissiat par des relevés géophysiques est prévu avant et après le prochain APAVER. En effet, la comparaison de profils géophysiques acquis par un sondeur de sédiment (sub-bottom profiler – Echeos 10000) avant et quelques semaines après l'événement APAVER 2021 (OSR6) a déjà permis une première estimation du potentiel

de cette méthode pour évaluer des sédiments stockés et/ou remobilisés au cours de cet événement. Des zones d'érosion et de dépôt non négligeables ont été mises en évidence lors de la précédente opération au niveau des retenues de barrage de Genissiat, Motz et Champagneux. L'objectif de ces travaux est de compléter ces premières observations en évaluant les phénomènes de dépôt ou l'érosion par unité de surface, en estimant des volumes, tout en faisant le lien avec les données de flux de sédiments ayant transité. Ce nouveau suivi sera comparé à celui de 2021 et confronté aux résultats ponctuels de modélisation 1D hydro-sédimentaire du Haut-Rhône.

Apports opérationnels de l'action

La gestion des sables est aujourd'hui une problématique importante pour l'OSR, car la mobilité des sables peut rapidement modifier les fonds suite à des événements majeurs, voire modifier la mobilité des graviers, ce qui peut poser des problèmes de gestion d'ouvrages ou d'entretien du chenal. Cette action vise à avoir une meilleure connaissance de la dynamique des flux de sables sur le Rhône, des sources et des flux ponctuels (enjeux 2, 6).

De même, la gestion des sédiments fins constitue également un enjeu opérationnel et environnemental important pour la gestion des ouvrages et plus généralement des cours d'eau (enjeu 3). Les premières observations lors des événements exceptionnels comme les APAVER tendent à montrer un stockage d'une partie des flux mobilisés dans les retenues du Haut-Rhône qu'il convient maintenant de caractériser plus spécifiquement.

Planification des activités de recherche

INRAE-RiverLy

Année 1

L'Année 1 sera consacrée au repérage des sites et des mises à l'eau, pour prédéterminer des sites potentiels proches des confluences et sites d'intérêts. Il s'agira également de prendre contact pour les accès, autorisations et la mise en place de conventions si besoin.

Une veille hydrométéorologique sera effectuée et des interventions auront lieu durant les événements (chasse, crue) en cas d'opportunités. Les analyses des échantillons en laboratoire (MES, sables) et le calcul des flux de sables et MES seront réalisés suite à ces interventions.

L'APAVER est aujourd'hui prévu pour le mois de mai 2024. En collaboration étroite avec la CNR, une campagne de mesure intensive sera réalisée au cours de cet événement au niveau du pont de Pyrimont (aval Génissiat).

Année 2

Durant l'Année 2, une veille hydrométéorologique sera effectuée et des interventions auront lieu durant les événements (chasse, crue) en cas d'opportunités. Les analyses des échantillons en laboratoire (MES, sable) et le calcul des flux de sables et MES seront réalisés suite à ces interventions.

Année 3

Durant l'Année 3, veille hydrométéorologique sera effectuée et des interventions auront lieu durant les événements (chasse, crue) en cas d'opportunités. Les analyses des échantillons en laboratoire (MES, sable) et le calcul des flux de sables et MES seront réalisés suite à ces interventions.

ENTPE-LEHNA

Année 1

Le calendrier de cette action se recoupe avec celui de l'Action A.2 et dépend de la date de programmation de l'APAVER. Au minimum, au cours de l'Année 1, un repérage des sites et des zones de dépôt à enjeu sera réalisé, ce qui permettra de caractériser l'état initial avant APAVER.

Année 2

Le calendrier de cette action se recoupe avec celui de l'action A.2 et dépend de la date de programmation de l'APAVER. Au cours de la l'Année 2, les campagnes de mesures géophysiques avant et après APAVER seront réalisées, et les données issues du suivi de l'APAVER (flux, différentiel bathymétrique) seront compilées.

Année 3

L'Année 3 sera consacrée au traitement de l'ensemble des profils géophysiques avant et après APAVER, à la quantification des dépôts par unité de surface, ainsi qu'à la corrélation de ces données avec les données de suivi.

Axe B

**Comprendre les sources et la
dynamique des MES et des
contaminants particuliers
historiques et émergents**

Responsables de l'axe B

Aymeric Dabrin ; Jérôme Labille

Responsables d'actions

Marina Coquery ; Aymeric Dabrin ; Jérôme Labille ; Jérôme Le Coz ; Mathieu Masson ; Sylvain Merel ; Cécile Miège ; Brice Mourier ; Patrick Boyer

Unités de recherche impliquées

CNRS-CEREGE ; ENTPE-LEHNA ; INRAE-RiverLy (Lama, HyR) ; IRSN

Description de l'axe

Depuis la création de l'OSR en 2009, les équipes de recherche ont développé un réseau d'observation permettant une estimation robuste des flux de MES et des contaminants associés dans le bassin versant du Rhône. L'estimation de ces flux aux deux stations permanentes sur le Rhône (Jons et Arles) et en sortie des principaux affluents, ainsi que les avancées en terme de traçage des sources de MES à l'échelle du Rhône ont permis d'identifier de nouvelles questions et suggèrent de consolider les résultats précédemment obtenus.

Dans ce contexte, l'axe B du programme OSR7 vise à consolider notre connaissance sur la compréhension des sources et la dynamique des MES et contaminants associés dans le Rhône et ses affluents, avec une structuration qui est dans la continuité des inflexions scientifiques initiées dans le précédent programme OSR6. Les objectifs en lien avec des développements méthodologiques pour échantillonner de nouveaux contaminants émergents (e.g. microplastiques) ou mieux comprendre les outils d'échantillonnage (piège à particules - PAP, centrifugeuse en continu...), ont été intégrées à l'action E1 (Exploiter et consolider le réseau de suivi des flux et la bancarisation des échantillons).

Ainsi, l'axe B s'appuie sur 4 actions principales dont les objectifs sont les suivants :

- L'Action B1 est en lien avec l'actualité et la question de la pollution du Rhône par les composés perfluoroalkylés et polyfluoroalkylés (PFAS), et se place dans la continuité des travaux en cours dans le cadre de l'OSR6 (thèse de Tom Ducrocq), qui visent à élaborer de nouvelles approches analytiques de pointe (spectrométrie de masse haute résolution : Non Target Screening, Suspect Screening) pour évaluer sans a priori l'ensemble de la pollution organique des sédiments du Rhône.
- L'action B2 s'appuiera également sur les acquis du programme de l'OSR6, pour identifier quelle est l'influence des zones urbaines en termes d'apports en contaminants au système Rhône. Cette action se veut transversale, en croisant les développements méthodologiques et observations de l'OSR avec les données disponibles de la métropole de Lyon et les travaux menés au sein de l'OTHU sur la gestion des rejets urbains par temps de pluie. Cette action sera aussi l'occasion de se focaliser sur des contaminants émergents et traceurs des pressions urbaines (e.g. gadolinium, platinoïdes).
- L'action B3 est une action de consolidation des acquis pour évaluer les sources de MES qui circulent dans le Rhône. Dans le cadre de l'OSR5 et OSR6, différentes approches ont été développées pour évaluer les sources de MES (réseau MES, modèle hydro-sédimentaire 1D, modèle géochimique). Les précédents travaux ont montré que ces approches sont complémentaires à l'échelle de quelques événements ; il s'agira dans cette action de confronter les modèles géochimiques et hydro-sédimentaire 1D sur des séries temporelles longues (saison, annuelle), avec un pas de temps mensuel sur le Haut Rhône et, éventuellement, plus en aval à Andancette ou Arles.
- L'Action B4 se veut fédératrice entre les différentes équipes de recherche, pour proposer une étude spatiale de la contamination des sédiments de surface (premiers cm) tout au long du continuum Rhodanien. Cette action permettra de comparer cette approche spatiale aux résultats acquis à l'échelle temporelle pour les MES (3 stations de suivi sur le Rhône) et des carottes sédimentaires, dans le cadre des précédents OSR. Ces données seront également utilisées pour éprouver le modèle de dispersion des contaminants (action E2).

Lien avec les enjeux stratégiques

Cet axe B répondra à de nombreux enjeux opérationnels en lien avec les enjeux stratégiques de l'OSR (enjeux 2, 3, 4, 5 et 6), en proposant :

- Une surveillance du Rhône pour une meilleure gestion du risque sanitaire lié aux stocks de PFAS, notamment dans le cadre d'actions de restauration et en réponse aux actualités relatives à la pollution aux PFAS au Sud de Lyon.
- Un focus sur les apports potentiels de contaminants urbains (historiques ou émergents) qui représentent un risque environnemental et sanitaire en lien avec les effluents urbains, dans un contexte de changement climatique et de changement de pratiques associés en milieu urbain (ex : imperméabilisation des sols liée à l'urbanisation).
- Le développement d'outils numériques variés et performants pour mieux connaître à un instant donné les sources de MES et de contaminants associés.
- De renforcer et compléter nos connaissances sur la dynamique de la contamination du Rhône afin d'améliorer la calibration des modèles de transfert pour évaluer et anticiper les scénarios prospectifs et les aides à la décision.

Action B.1 - Caractériser la contamination (actuelle et historique) aux PFAS

Responsables

Brice Mourier ; Cécile Miège

Contributeurs

André-Marie Dendievel ; Sylvain Merel ; Stagiaire

Unités de recherche impliquées

ENTPE-LEHNA ; INRAE-RiverLy (Lama)

Mots-clés

Annexe fluviale ; lit mineur ; carotte sédimentaire ; sédiment ; matières en suspension ; stock ; contaminant particulaire ; PFAS ; analyse non-ciblée

Descriptif général de l'action

La problématique récente de la pollution aux PFAS au sud de Lyon se confronte à celle des actions de restauration et de réactivation des marges dans les Vieux-Rhône qui sont planifiées depuis longtemps. La présence des PFAS - ainsi que d'autres composés d'intérêt émergent - dans les sédiments anciens et récents ou dans les matières en suspension suggère de documenter plus précisément la diversité de ces composés, leurs concentrations ainsi que leur distribution spatiale et temporelle.

La quantification des PFAS accumulés dans les stocks de sédiments est centrale car ces contaminants sont potentiellement remobilisables lors de certains travaux de démantèlement d'ouvrage, de recreusement, ou lors d'opération de gestion sédimentaire. L'analyse des PFAS pose également question car les analyses réglementaires concernent une vingtaine de composés prioritaires alors que la famille des PFAS regroupe plus de 3000 substances présumées.

Dans le cadre de cette action, l'objectif est de compléter les données existantes (carottes et sédiments de surface à l'amont et l'aval de Lyon) pour mieux comprendre les tendances de cette pollution à l'échelle du Rhône, tout en développant une approche analytique non-ciblée qui se concentrera sur la famille des PFAS. Ces travaux contribueront à alimenter les réflexions sur la définition d'une concentration ambiante en PFAS, nécessaire pour établir les seuils de gestion des sédiments.

1) Analyses ciblées des PFAS dans les stocks de sédiments fins

Ce volet repose sur des analyses ciblées dans les stocks de sédiments fins potentiellement mobilisables dans des secteurs peu ou non documentés, en utilisant des méthodes de quantification classiques. Par exemple, les concentrations en PFAS dans les sédiments déposés dans les années 1980 et 1990 dans le RCC de Pierre-Bénite ne sont pas renseignées mais sont susceptibles d'être importantes en raison de sources industrielles locales. Ces mesures permettront de déterminer la concentration d'un nombre limité de PFAS (environ 10 à 20) pour lesquels un étalon analytique est disponible. Les analyses ciblées seront réalisées par le LABERCA (Nantes) sur une quarantaine d'échantillons en coordination avec le groupe de travail « Sédiments PFAS » coordonné par la DREAL AuRA et en lien avec d'autres actions de l'OSR (e.g. B4 et C4).

2) Développement méthodologique pour l'analyse non ciblée des PFAS

Ce volet d'analyse non-ciblée (NTS non-target screening) vient en complément des analyses ciblées, afin de détecter de façon plus large le panel des molécules PFAS présent, sur une sélection des échantillons déjà analysés (cf. ci-dessus). Cette action s'inscrit dans la continuité des analyses NTS/suspectée réalisées dans le cadre de l'OSR6 en lien

avec les développements de la thèse de Tom Ducroq. A ce jour, le choix d'une méthodologie automatisée de traitement des données brutes de spectrométrie a été validé. Un travail méthodologique concernant la confrontation avec des bases de données a été entrepris et sera poursuivi dans cette action pour améliorer le nombre de composés suspectés utilisés au cours du traitement, en ciblant notamment la famille des PFAS.

Apports opérationnels de l'action

En relation avec les enjeux stratégiques 3 et 4, qui concernent respectivement la surveillance du Rhône et la gestion des risques, il est crucial de considérer les implications sanitaires liées aux stocks de PFAS dans les actions de restauration. Cette action sera réalisée en cohérence avec les initiatives en cours au sein du groupe de travail dirigé par la DREAL AuRA, en réponse à la crise sanitaire liée aux PFAS dans la région sud de Lyon.

Planification des activités de recherche

ENTPE-LEHNA

Année 1

Constitution d'une banque d'échantillons de sédiments permettant de compléter nos connaissances sur des périodes et des secteurs encore non documentés. Le choix final des sites et des échantillons analysés sera effectué en coordination GT « Sédiments PFAS ».

Début des analyses quantitatives de PFAS et restitution dans le cadre du GT « Sédiments PFAS ».

Année 2

Poursuite et fin des analyses quantitatives ciblés de PFAS dans les sédiments, et lien avec les analyses non-ciblées réalisées par l'équipe INRAE-RiverLy.

Restitution dans le cadre du groupe de travail (GT) « Sédiments PFAS ».

Année 3

Synthèse de l'ensemble des données et valorisation scientifique en collaboration avec INRAE-RiverLy.

INRAE-RiverLy (Lama)

Année 1

Développement de l'analyse non-ciblée pour les PFAS et application à quelques premiers échantillons de sédiments.

Restitution dans le cadre du groupe de travail (GT) « Sédiments PFAS ».

Année 2

Suite des analyses non-ciblées des échantillons sélectionnés de sédiments (MES et carottes sédimentaires).

Discussion et interprétation des résultats d'analyse ciblée et non-ciblée en collaboration avec ENTPE-LEHNA.

Restitution dans le cadre du groupe de travail (GT) « Sédiments PFAS ».

Année 3

Valorisation des résultats en collaboration avec ENTPE-LEHNA.

Restitution dans le cadre du groupe de travail (GT) « Sédiments PFAS ».

Action B.2 - Evaluer les sources et le devenir des contaminants rejetés au Rhône en zone urbaine

Responsables

Matthieu Masson ; Marina Coquery

Contributeurs

Jérôme Labille ; Hugo Lepage ; Olivier Radakovitch ; Ingénieur de Recherche (CDD, 12 mois) ; Aymeric Dabrin ; Cécile Miège

Unités de recherche impliquées

INRAE-RiverLy (Lama) ; CNRS-CEREGE ; IRSN

Mots-clés

Lit mineur ; apport urbain ; matières en suspension ; colloïdes ; eaux pluviales ; déversoirs d'orage ; flux ; variation temporelle ; contaminant dissous ; contaminant particulaire

Descriptif général de l'action

Cette action fait suite à l'étude préliminaire menée dans l'OSR6 sur la caractérisation et la quantification des apports urbains de contaminants particuliers dans le Rhône. Il s'agira de consolider les stratégies déployées en 2021-2022 pour évaluer les apports de contaminants à l'échelle de l'agglomération lyonnaise : i) à partir de bilans des flux de MES et contaminants particuliers (analyse des concentrations en contaminants dans les matières en suspension collectés dans les pièges à particules à l'amont et à l'aval de Lyon) ; et ii) à partir des mesures des flux de contaminants rejetés dans le Rhône au niveau de sous bassins péri-urbains modèles tels que l'Yzeron ou les Planches (sud-ouest de Lyon). Ces premiers travaux ont été réalisés avec l'appui du Grand Lyon (accès aux données, SIG pour la métropole de Lyon). Des expérimentations de mélanges en laboratoire entre rejets urbains par temps de pluie et échantillons d'eau du Rhône permettront aussi de comprendre les échanges des contaminants dissous d'origine urbaine vers les MES du Rhône.

Des bilans de masses ont été réalisés sur deux années hydrologiques, entre septembre 2019 et août 2022, pour les éléments traces métalliques - ETM (9), les hydrocarbures aromatiques polycycliques - HAP (16) et le phtalate de bis(2-éthylhexyle) - DEHP. Les calculs de charges de MES et contaminants particuliers ont été réalisés pour les stations de Jons (Rhône), de la Saône à l'amont de Lyon, et à Andancette (Rhône) à l'aval de Lyon. Les apports en HAP, DEHP et mercure au niveau de Lyon ont été quantifiés et montrent un bilan de flux excédentaire à l'aval de Lyon indiquant une source urbaine d'introduction de ces contaminants dans le milieu. Dans le cas du mercure, nos premières évaluations ont montré que les charges annuelles rejetées dans les cours d'eaux lyonnais via les déversoirs d'orages et les 3 principales stations de traitement d'eaux usées du Grand Lyon sont du même ordre de grandeur que les charges annuelles excédentaires en aval de Lyon. Pour les autres ETM, le calcul des bilans révèlent parfois des déficits et parfois des excès entre la station aval et les deux stations en amont de Lyon. L'hypothèse des rejets urbains en tant que source manquante dans le bilan de masses de certains contaminants est donc plausible.

L'objectif est d'évaluer l'importance des apports directs de contaminants au fleuve par les villes et la contribution des apports dissous/particulaires. Cette action vise également à aider au choix des méthodes (mesures/calculs) et échelle spatiale d'étude pour évaluer l'importance de ces apports au Rhône avec une volonté d'échanger et de collaborer avec la Métropole de Lyon et l'OTHU.

• **Approche *in situ***

Il s'agira d'étudier le devenir des contaminants d'origine urbaine dans la colonne d'eau, avec d'une part, un focus sur les méthodologies d'échantillonnage des rejets urbains et sur les estimations de bilan de masse à différentes échelles ;

et d'autre part, un focus sur la dynamique d'échange entre les compartiments particulaires, dissous et colloïdaux. Des campagnes de terrain seront organisées sur les bassins versants modèles choisis. La liste des contaminants ciblés sera affinée ; les analyses porteront notamment sur le mercure, certains ETM et TCE (Technical Critical Eléments comme le gadolinium par exemple), HAP, qui sont connus comme étant des traceurs de sources d'apports urbains par temps de pluie. Des fractionnements des échantillons de terrain seront réalisés (ultrafiltration tangentielle ; cellule Amycon) afin de séparer ces compartiments en vue de leur analyse.

- **Approche en laboratoire**

Des expérimentations de mélanges en laboratoire entre rejets urbains par temps de pluie et échantillons d'eau du Rhône permettront aussi de comprendre les échanges des contaminants dissous/colloïdal d'origine urbaine vers les MES du Rhône.

Apports opérationnels de l'action

Cette action collective propose un large focus sur la problématique des rejets d'origine urbaine vers le Rhône. Elle s'inscrit sur l'enjeu 3 de l'OSR7, en abordant le risque sanitaire lié aux contaminants déversés via les effluents urbains (ruissellement, eaux usées...) ; et sur l'enjeu 4 lié aux impacts du changement climatique (e.g., étiage), et les changements de pratique associés en milieu urbain (e.g., urbanisation et imperméabilisation des sols). La métropole de Lyon constituera le cas d'étude privilégié. Plusieurs problématiques prégnantes seront abordées, telles que la mesure de contaminants prioritaires ou émergents, et leur dynamique d'interaction avec les matières en suspension du Rhône. Cette action sera menée en interaction avec la métropole de Lyon et l'OTHU pour l'accès et la connaissance des effluents urbains. Elle permettra de mieux estimer la contribution et l'impact des apports urbains sur la qualité de l'eau et des particules fines du Rhône. Les attendus seront aussi méthodologiques, pour aider sur le choix des méthodes (mesures/calculs) et échelle spatiale d'étude pour évaluer l'importance de ces apports.

Planification des activités de recherche

INRAE-RiverLy

Année 1

Au cours de l'Année 1, une réflexion se déroulera avec l'ensemble des partenaires impliqués sur l'action, dans le but :

- d'identifier les opportunités d'échantillonnage et de collecte de données par les partenaires externes à l'OSR sur l'agglomération Lyonnaise (ex. OTHU, métropole de Lyon), et choisir les sites modèles pour la réalisation des campagnes de terrain ;
- de planifier les interventions d'échantillonnage sur le terrain et les analyses, dans une logique de coordination, optimisation et mutualisation entre les différents partenaires impliqués (interne OSR et autres partenaires régionaux).

Année 2

Au cours de l'Année 2, se concrétiseront les déploiements sur le terrain pour l'échantillonnage et le traitement spécifique des échantillons en labo avant analyse (1 à 2 campagnes de terrain au cours d'un évènement pluvieux, pour 3 à 5 sites, 20-25 échantillons par campagne). Les analyses de contaminants seront réalisées au fil de l'eau. Les résultats seront compilés dans une base de données. Les calculs de bilans de masse seront développés et des outils cartographiques seront utilisés pour faciliter la compilation et l'interprétation des données.

Les expérimentations de mélanges en laboratoire entre rejets urbains par temps de pluie et échantillons d'eau du Rhône seront élaborées et réalisées ; les analyses seront réalisées à la suite des expérimentations.

Année 3

Au cours de l'Année 3, nous réaliserons l'interprétation et la valorisation des données acquises. Des échantillonnages et analyses spécifiques pourront être poursuivis selon les questions scientifiques identifiées.

CNRS-CEREGE

Année 1

Au cours de l'Année 1, principalement, une réflexion se déroulera avec l'ensemble des partenaires impliqués sur l'action, dans le but :

- d'identifier les opportunités d'échantillonnage permises par les partenaires externes à l'OSR sur l'agglomération Lyonnaise (ex. OTHU), et donc les sites de suivi,
 - de planifier les interventions d'échantillonnage sur le terrain dans une logique de coordination, optimisation et mutualisation entre les différents partenaires impliqués.
-

Année 2

Au cours de l'Année 2, se concrétiseront les déploiements sur le terrain pour échantillonnage et le traitement spécifique des échantillons en labo avant analyse. Les analyses de contaminants seront réalisées au fil de l'eau.

Année 3

Au cours de l'Année 3, nous réaliserons l'interprétation et la valorisation des données acquises. Le cas échéant, elles donneront lieu à des échantillonnages et analyses spécifiques complémentaires selon les nouvelles questions scientifiques mises en exergue.

Action B.3 - Poursuivre le traçage sédimentaire pour affiner l'évaluation des contributions des affluents du Haut-Rhône aux flux de MES

Responsables

Aymeric Dabrin ; Jérôme Le Coz

Contributeurs

Matthieu Masson ; 2 Stagiaires

Unités de recherche impliquées

INRAE-RiverLy (Lama/Hyr)

Mots-clés

Lit mineur ; matières en suspension ; flux ; source de MES ; variation temporelle ; comparaison modèle/mesure ; traçage géochimique ; modèle hydro-sédimentaire 1D

Descriptif général de l'action

Les différentes actions de traçage de MES/sédiments menées dans le cadre des précédents programmes (OSR5 et OSR6) ont démontré que les approches de traçage des particules sédimentaires utilisant les ETM dans la fraction résiduelle des particules étaient très robustes, dès lors que les résultats pouvaient être comparés et croisés avec d'autres approches (approches flux de MES, modèle 1D hydro-sédimentaire). Le croisement de ces différentes approches a notamment été réalisé à l'échelle de quelques échantillons à la station de Jons pour des conditions hydrologiques contrastées (Dabrin et al., 2021). Il a ainsi été montré qu'il était possible de déterminer quelle était la contribution relative des affluents du Rhône pour l'échantillon et la période échantillonnée, et que ces résultats étaient en adéquation avec les sorties du modèle 1D simulant les périodes d'échantillonnage des MES. A l'échelle temporelle « longue », cette approche de traçage a été appliquée sur des carottes sédimentaires pour estimer l'historique des contributions relatives des affluents aux flux de MES. En revanche, ces sorties de modèle géochimique appliquées sur des carottes sédimentaires n'ont pas pu être confrontées/comparées à d'autres approches pour les valider. Ainsi, dans le cadre de cette action, nous proposons de déterminer les contributions relatives des affluents aux flux de MES à la station de Jons sur une période temporelle minimum de 2 ans à un pas de temps d'un mois (période de déploiement des pièges à particules). L'objectif est de croiser ces approches de traçage géochimique avec les simulations hydro-sédimentaires 1D à l'échelle de cette période, et au même pas de temps (un mois).

Apports opérationnels de l'action

Cette action s'inscrit dans l'enjeu 5 qui vise à développer des outils numériques performants pour scénariser l'information. L'approche repose sur le couplage des données géochimiques mensuelles sur les MES (cf. Action E1), avec des simulations hydro-sédimentaire 1D (cf. Action E2). Elle permettra de mieux connaître l'origine des MES et d'effectuer une validation croisée entre le modèle hydro-sédimentaire et le modèle géochimique de traçage des MES.

Planification des activités de recherche

INRAE-RiverLy (Lama/Hyr)

Année 1

Identification des périodes qui seront modélisées via le modèle 1D et des échantillons de MES correspondant pour effectuer les analyses géochimiques. Ces choix porteront sur la station de Jons en focalisant une période temporelle minimum de 1 à 2 ans.

Année 2

Les échantillons sélectionnés seront minéralisés et analysés pour identifier les concentrations en ETM dans la phase résiduelle des particules. Les périodes sélectionnées feront l'objet de simulation hydro-sédimentaire 1D pour estimer les contributions relatives des affluents aux flux de MES sur les périodes et stations sélectionnées. Un stage sera proposé pour soutenir les activités de l'Année 2.

Année 3

Les résultats des concentrations en ETM obtenues dans la fraction résiduelle pour les périodes et les stations sélectionnées seront utilisés pour modéliser les contributions des affluents, notamment à partir des données obtenues pour chacune des sources dans le cadre des OSR4 et OSR5. Une fois les contributions obtenues, les sorties seront confrontées avec les sorties du modèle hydro-sédimentaire 1D. Un stage sera proposé pour soutenir les activités de l'Année 3.

Action B.4 - Caractériser la distribution spatiale de la contamination des sédiments de surface sur l'ensemble du linéaire du Rhône

Responsables

Patrick Boyer ; Jérôme Labille

Contributeurs

Frédérique Eyrolle ; Olivier Radakovitch ; David Mourier ; Franck Giner ; Hugo Lepage ; Aymeric Dabrin ; Brice Mourier ; Antoine Martelet ; Daniel Borschneck

Unités de recherche impliquées

IRSN ; CNRS-CEREGE ; INRAE (Lama) ; ENTPE-LEHNA

Mots-clés

Lit mineur ; sédiment ; contaminant particulaire ; variation spatiale ; comparaison modèle/mesure

Descriptif général de l'action

Cette étude s'intéresse à la contamination surfacique des sédiments du Rhône. Elle propose de constituer un jeu de données complémentaire à ceux des archives sédimentaires qui concernent essentiellement la dimension temporelle de la contamination ou issus du réseau de suivi des MES qui sont restreints en termes de résolution spatiale sur le continuum fluvial (3 stations principales du réseau de l'OSR). Pour cela, cette action vise l'acquisition en quelques jours d'un jeu de données standardisées et à pas d'espace régulier de la distribution spatiale de la contamination depuis l'aval proche du lac Léman jusqu'au delta méditerranéen. L'objectif de ces nouvelles informations est de constituer une image quasi-instantanée de la contamination pour contribuer à la calibration des modèles de transferts et à la compréhension de sa dynamique à l'échelle du bassin-versant.

L'action repose sur une campagne de prélèvement d'une dizaine de jours au cours desquels des échantillons de la couche superficielle des sédiments de fond du Rhône seront prélevés à une quarantaine de stations réparties selon une résolution géographique de quelques dizaines de kilomètres. La campagne sera réalisée en période d'étiage pour s'assurer de dynamiques hydraulique et sédimentaire peu actives. A chaque station, un prélèvement sera réalisé dans les zones de dépôts fins du lit mineur près de la rive et un autre dans les marges alluviales. Dans le lit, les prélèvements seront effectués par petit carottage manuel de façon à constituer un échantillon de la couche oxique de surface (~ 1 cm) en contact direct avec la colonne d'eau et un échantillon du premier centimètre de la couche anoxique sous-jacente qui est représentative d'une période d'intégration plus longue. Sur les marges alluviales, seul le premier centimètre sera prélevé.

Pour interpréter les concentrations en contaminants dans les sédiments du Rhône au regard des apports des différents bassins, des prélèvements similaires seront réalisés dans les 13 principaux tributaires à l'amont proche de leurs confluences et aux berges droite et gauche du Rhône à l'aval proche : Arve, Fier, Guiers, Ain, Saône, Gier, Eyrieux, Cance, Ardèche, Isère, Drôme, Durance et Gardon.

Les échantillons de sédiment seront caractérisés d'un point de vue physico-chimique (granulométrie, teneur en eau, carbone organique particulaire - COP et minéralogie...), et accompagnés de mesures physico-chimiques de l'eau de surface aux stations de prélèvement (température, pH, conductivité et turbidité).

En ce qui concerne les contaminants chimiques, à ce stade du projet, l'IRSN effectuera des mesures de tritium technologique, de radiocarbone et d'émetteurs gamma, et le CEREGE assurera la mesure des ETM dans les sédiments.

Au préalable, une réunion de lancement sera proposée aux partenaires de l'OSR pour affiner le protocole et la localisation des stations et discuter de l'intérêt de compléter ces prélèvements pour cibler d'autres contaminants et de bancariser ces échantillons.

In fine, ces données seront spatialisées pour donner une cartographie de la contamination des sédiments surfaciques tout le long du continuum du Rhône. Leur interprétation sera réalisée au regard des différents bassins versants du Rhône, de la dimension temporelle apportée par les archives sédimentaires et en intégrant la calibration de modèles de transfert (cf. action E2).

Apports opérationnels de l'action

Cette action s'inscrit dans l'Enjeu 3 et permettra de constituer un jeu de données original, similaire à une vue « instantanée » de la contamination du corridor du Rhône et ses principaux affluents, et complémentaire aux archives sédimentaires qui sont essentiellement représentatives des évolutions temporelles en un point donné. Avec plus d'une centaine d'échantillons prélevés, caractérisés, mesurés, et bancarisés, l'action apportera un nouveau niveau d'information qui contribuera à renforcer et compléter notre connaissance de la dynamique des contaminations du Rhône et à l'amélioration et la calibration des modèles de transfert (Enjeu 5).

Ces nouvelles données alimenteront notre connaissance de la dynamique des contaminants du Rhône et les outils de diagnostic et de prédiction pour évaluer et anticiper des scénarios et aider à la prise de décision.

Planification des activités de recherche

IRSN

Année 1

Au cours de l'Année 1, l'IRSN organisera une réunion de préparation rassemblant les partenaires scientifiques de l'OSR afin de définir le plan et le protocole de prélèvement, de planifier et de coordonner l'action sur le terrain. Au cours de ces échanges, d'autres partenaires seront appelés à manifester leur intérêt sur l'action afin de prévoir, si cela est possible, un échantillonnage et conditionnement compatible avec leurs besoins. La campagne de prélèvement sera réalisée lors d'un étiage en Année 1. Les échantillons seront bancarisés et seul 1/3 de ces échantillons sera analysé en première année pour lisser les coûts et s'adapter aux capacités analytiques de l'institut. Les analyses porteront en priorité sur la spectrométrie gamma, puis sur le tritium technogénique et le radiocarbone, et seront accompagnées de caractérisations physico-chimiques telles que la granulométrie, COP et la teneur en eau.

Année 2

Au cours de l'année 2, l'IRSN organisera une seconde réunion avec les partenaires pour échanger sur les premiers résultats. Poursuite des analyses des échantillons collectés et les résultats commenceront à être interprétés et mis au regard de la modélisation (cf. action E2).

Année 3

Poursuite de l'analyse des résultats et de la modélisation et valorisation.

CNRS-CEREGE

Année 1

Le CEREGE participera à la réunion de préparation de la mission de prélèvement. Lors du déploiement sur le terrain, du personnel CEREGE (CDD AI OSR) sera mobilisé en appui de l'IRSN. Au laboratoire, la contribution du CEREGE portera principalement sur l'analyse des ETM dans les sédiments et la caractérisation minéralogique par diffraction des rayons X.

Année 2

Poursuite de l'analyse des résultats et de la modélisation.

Année 3

Poursuite de l'analyse des résultats et de la modélisation et valorisation.

Axe C

Développer des méthodes pour restaurer la qualité physique et chimique des habitats et évaluer les effets des actions

Responsables de l’Axe C

Hervé Piégay ; Oldrich Navratil

Responsables d’actions

Jérôme Labille ; Oldrich Navratil ; Hervé Piégay

Unités de recherche impliquées

CNRS-EVS ; CNRS-CEREGE ; INRAE-RiverLy (Hyr/Lama)

Description de l’axe

La restauration du bon fonctionnement physique est un enjeu clé pour atteindre le bon état écologique du fleuve exigé dans le cadre de la Directive Cadre Européenne sur l’Eau. A ce titre, plusieurs opérations de restauration ont été engagées depuis plusieurs années, dont le recreusement et la reconnexion des bras secondaires, la redynamisation des marges ou encore des actions de recharges sédimentaires. Les effets de ces actions sur les habitats et sur le fonctionnement hydro-sédimentaire du fleuve ont fait l’objet de suivis lors des précédents programmes de l’OSR. Cette évaluation concerne l’emprise des opérations (i.e., le linéaire fluvial qui bénéficie des effets positifs de la restauration) et la durée de ces effets en lien étroit avec la dynamique hydrologique et le transport sédimentaire.

En ce qui concerne la qualité physique des habitats (enjeu 1), une attention particulière a été portée sur l’état du fond du lit des cours d’eau car il sert de substrat et de support à de nombreuses espèces aquatiques (animales et végétales), et joue donc un rôle majeur pour la préservation de la biodiversité. Dans le cadre du programme de l’OSR6, l’analyse de la part de sédiments fins (< 2 mm) parmi les sédiments du fond du lit (couches de surface et de subsurface confondues) a permis d’établir un référentiel sur la composition granulométrique du lit des vieux Rhône. Lorsque leur part est trop importante, ces sédiments fins sont susceptibles de colmater les interstices de la matrice caillouteuse, ce qui entrave les courants d’eau riche en oxygène nécessaires à la survie des espèces hyporhéiques. Les suivis entrepris dans l’OSR6 ont mis en évidence différentes tendances. Il apparaît d’abord que les stations de référence (secteurs dynamiques) possèdent les taux de fines les plus faibles (entre 1 et 7 %), comparés aux stations rechargées (jusqu’à 16 %) et aux stations pavées (jusqu’à 27 %). De plus, il apparaît que la variabilité dans le temps (intra-station) est très faible, malgré l’occurrence de petites crues ($T_{max} \sim 5$ ans). A ce stade, les effets de crues de forte intensité ($T > 10$ ans) sur la part de fines n’ont pas pu être établis. Le suivi de telles crues permettrait de mieux comprendre l’effet (dé-)colmatant joué par le charriage pour des crues de différentes intensités. Ce travail souligne l’intérêt d’étudier conjointement les processus de colmatage (action C1) et du charriage (action C3) car ils sont intimement liés.

Pour caractériser le charriage et évaluer les effets des actions de recharge sédimentaire, deux approches avaient été couplées dans le cadre de l’OSR6 : (i) le monitoring du flux sédimentaire par l’utilisation conjointe de traceurs RFID et de géophones (approche de terrain), et (ii) la modélisation hydro-sédimentaire. De la sorte, le suivi *in situ* du transport solide a fourni une calibration des modèles, notamment pour modéliser la propagation d’injections ponctuelles de sédiments grossiers dans le Rhône sur le long terme. Néanmoins, de tels modèles nécessitent d’avoir de bonnes données de terrain pour les calibrer, c’est-à-dire des données couvrant une période la plus longue possible. C’est pourquoi le suivi de certains sites sera poursuivi dans le cadre de l’OSR7 (enjeux 2, 3 et 6). De plus, de nouvelles stations de suivi par géophone seront installées sur trois affluents du Rhône qui présentent un intérêt en termes d’apport et de gestion sédimentaire et/ou de programme de restauration.

En ce qui concerne la qualité chimique des sédiments (action C4), l’objectif est de mesurer le potentiel de remobilisation des contaminants historiques de la berge lors de certaines étapes déterminantes du plan de restauration, qui sont le recreusement et la redynamisation des berges, et les opérations de recharge sédimentaire.

Au final, ces évaluations devraient permettre de mettre en relation le niveau d’ambition des travaux (et leur coût) avec le gain écologique (action C5). Il en découlera des recommandations opérationnelles pour la mise en œuvre des futures opérations de restauration.

Les principaux objectifs de l'axe C sont les suivants :

- Poursuivre le suivi de la qualité des habitats benthiques sur les stations du Rhône et étendre ce suivi aux principaux affluents pour évaluer leur effet (action C1) ;
- Caractériser l'impact d'un évènement de chasse (APAVÉR) sur la qualité des habitats benthiques à l'échelle d'un Vieux Rhône (action C1) ;
- Poursuivre le suivi du flux hydro-sédimentaire par RFID et par géophones de manière à mieux calibrer les modèles hydro-sédimentaires (action C3) ;
- Mesurer le potentiel de remobilisation des contaminants historiques de la berge lors de la restauration (action C4) ;
- Evaluer la durabilité et la longueur du linéaire fluvial qui bénéficie des effets de la restauration et fournir des recommandations opérationnelles (action C5).

Les actions C1 et C3 sont liées aux actions de l'axe A car (i) elles concernent les mêmes enjeux de restauration et (ii) les fractions sableuses et argilo-limoneuse traitées dans l'axe A font partie de la fraction fine considérée comme colmatante (Action C1).

Lien avec les enjeux stratégiques

- Enjeu 1 - Restaurer des habitats de qualité pour promouvoir une biodiversité digne d'un grand fleuve
- Enjeu 2 - Appuyer un plan de gestion sédimentaire raisonnée et durable
- Enjeu 3 - Concilier le bon fonctionnement hydro-sédimentaire du fleuve avec la maîtrise des risques sanitaires et d'inondation
- Enjeu 6 - Pérenniser le suivi du Rhône sur le long terme pour restaurer le fleuve, comprendre et modéliser les processus ; anticiper les changements

Action C.1 - Evaluation de l'état des habitats benthiques du Rhône dans les secteurs restaurés et non restaurés

Responsables

Hervé Piégay

Contributeurs

Alexandre Peeters (Ingénieur de Recherche CDD 7 mois) ; Oldrich Navratil ; Adrien Barral ; Samuel Dunesme ; Lise Vaudor ; Franck Perret ; Louis Rey ; Benoît Camenen ; 2 stagiaires (6 mois chacun)

Unités de recherche impliquées

CNRS-EVS ; INRAE-RiverLy (HyR)

Mots-clés

Lit mineur ; habitats benthiques ; recharge sédimentaire ; APAVER ; crue ; sédiment ; colmatage interstitiel ; écoulements hyporhéiques

Descriptif général de l'action

L'objectif de l'Action C1 est i) d'évaluer et de comparer la qualité du compartiment interstitiel (zone hyporhéique) des Vieux Rhône, dans des secteurs restaurés et non restaurés, au cours du temps (échelle du Rhône) ; ii) d'évaluer la qualité de ce compartiment interstitiel et son évolution le long d'un Rhône-Court-Circuit (RCC). L'évolution temporelle de la qualité du compartiment interstitiel sera également appréhendée dans le temps (avant/après une opération de gestion sédimentaire, APAVER) ; iii) d'évaluer l'effet des actions de restauration sur la qualité du compartiment interstitiel et sur l'état des habitats benthiques du Rhône.

Cette action s'inscrit dans la continuité de l'Action C.1 du programme OSR6. C'est une action importante car l'état des habitats benthiques influence en grande partie la biodiversité du fleuve. Le colmatage interstitiel est une question sensible en matière d'évaluation des habitats benthiques car il régit les échanges entre les écoulements hyporhéiques et les écoulements de surface, et concourt à la bonne santé de ces habitats. Dans les cours d'eau caractérisés par un déficit sédimentaire et la formation d'un pavage, le colmatage interstitiel peut être marqué. Ce phénomène est complexe car il est dynamique et peut varier grandement en fonction des observations, selon que l'on se situe avant ou après une crue ou une chasse par exemple. Le proxy utilisé pour évaluer le colmatage est le pourcentage de sédiments fins (< 2 mm) dans les sédiments du lit. Ce dernier est déterminé par tamisage d'un échantillon prélevé à l'aide d'un cylindre (de type Mc Neil) enfoncé dans le fond du lit. Au terme des premières évaluations réalisées dans le cadre du programme précédent, il apparaissait que la variabilité temporelle de la part de sédiments fins était moins importante qu'initialement prévue et dans tous les cas moins importante que la variabilité inter-site. Néanmoins, la période étudiée ne comprenait pas d'événements hydrologiques importants ($T_{max} \sim 5$ ans). Or, il est reconnu que ce sont les crues de plus forte intensité ($T > 10$ ans) qui sont les plus susceptibles d'entraîner un effet sur l'évolution de la part de sédiments fins (i.e., effets sur le colmatage/décolmatage du lit mineur).

Pour ce nouveau programme d'actions, l'évaluation du colmatage fera l'objet de 6 campagnes de terrain sur 8 stations (sélectionnées parmi les stations étudiées dans le programme précédent). Trois d'entre elles sont localisées dans des secteurs de recharge sédimentaire (afin d'évaluer l'effet de ces actions de restauration sur les habitats aquatiques). Deux autres stations sont situées sur des secteurs à fort transport solide (afin de disposer d'une référence en termes de bon fonctionnement). Les 2 stations restantes se trouvent sur des secteurs très affectés par le déficit sédimentaire (ce qui permet de fournir une référence en termes d'état dégradé). De plus, l'effet des affluents principaux du Rhône sera également étudié pour évaluer leur influence sur l'état des habitats benthiques du Rhône. Ainsi, 3 stations seront

positionnées sur l'Arve, l'Ain et la Drôme. Elles seront également relevées à 6 reprises (avant/après crue ou, à défaut, à intervalles réguliers).

Enfin, une évaluation du colmatage sera également réalisée à une échelle plus fine (échelle d'un Vieux Rhône). Ainsi, 4 stations seront positionnées le long d'un RCC (probablement celui de Chautagne) et leur relevé sera réalisé à 3 reprises, soit une fois avant une opération de gestion sédimentaire APAVER et 2 fois après cette opération.

Apports opérationnels de l'action

Cette action fournit un outil de suivi quantitatif qui va permettre d'évaluer la qualité des habitats benthiques restaurés sur le Rhône et leur pérennité (en fonction du temps et des événements hydrologiques). L'utilisation de référentiels (tant dynamiques que pavés) va également permettre d'identifier la trajectoire prise par les sites restaurés au cours du temps (maintien des conditions dynamique vs. retour vers un état dégradé). Une telle évaluation fournira des éléments qui permettront de comparer et légitimer les actions de restauration entreprises (recharge active vs. recharge passive, par exemple) (enjeux 1 et 6).

En outre, le suivi de l'opération de gestion sédimentaire APAVER dans le RCC de Chautagne fournira des informations quantitatives de l'impact d'une telle opération sur la qualité des habitats benthiques. Comparées avec le suivi mené à plus long terme sur le Rhône, ces nouvelles données permettront de déterminer dans quelle mesure ce mode de gestion sédimentaire peut enrayer les effets des actions de restauration (enjeux 1, 2 et 3).

In fine, ces résultats fourniront des nouveaux éléments auxquels le plan de gestion sédimentaire du Rhône devra tenir compte pour maintenir les habitats restaurés en bonne qualité (enjeu 2).

Planification des activités de recherche

CNRS-EVS

Année 1

Le début de l'Année 1 sera consacré à la recherche et la sélection des sites propices à l'échantillonnage sur les affluents du Rhône (idéalement un radier présentant une profondeur comprise entre 10 et 50 cm). Par la suite, 2 campagnes d'échantillonnage seront réalisées pour 11 stations de prélèvement (Rhône et affluents). Après chaque campagne de prélèvement, les échantillons seront directement analysés en laboratoire (tamisage, pesée et filtration). Le traitement des données et leur interprétation seront réalisés en intégrant les résultats des travaux issus du programme OSR6.

Dans le cas où l'opération de gestion sédimentaire APAVER serait planifiée au printemps 2024, 3 campagnes de prélèvement (1 pré- et 2 post-APAVER) seront réalisées sur le RCC de Chautagne au niveau de 4 sites d'échantillonnage. Les analyses de laboratoire et les traitements des données sont réalisés à la suite de ces prélèvements.

Année 2

Trois campagnes d'échantillonnage seront effectuées durant l'Année 2 selon le même protocole que celui de l'année précédente, et ce pour les 11 stations étudiées (Rhône et affluents).

Réalisation du suivi de l'APAVER le cas échéant.

Année 3

Une campagne d'échantillonnage sera effectuée durant l'Année 3 selon le même protocole que celui des deux années précédentes, et ce pour les 11 stations étudiées (Rhône et affluents).

L'ensemble des résultats fournis par les 6 campagnes de prélèvement (et le suivi APAVER) sera synthétisé dans un rapport en prenant soin d'y intégrer les résultats issus du programme OSR6.

Action C.2 - Evaluation de la réponse des habitats aux actions de recharge sédimentaire

Responsables

Hervé Piégay

Unités de recherche impliquées

CNRS-EVS

Mots-clés

Lit mineur ; habitats benthiques ; recharge sédimentaire ; sédiment ; granulométrie ; réponse morphologique

Objectifs de l'action

Il a été décidé que cette action ne serait pas soutenue dans le cadre de l'OSR7 mais serait construite en lien avec les programmes OSR et RhônEco. Cette action fait l'objet d'un financement distinct.

Cette action va permettre de déterminer quelles sont les réponses morphologiques et granulométriques du chenal à la suite des actions de restauration (réinjections mécaniques ou via des ré-érosions) : est-ce que le sédiment réinjecté va interagir avec le sédiment du lit, en recréant des morphologies/facies/habitats ou, à l'inverse, va-t-il transiter rapidement sans interagir avec le pavage (bypass sédimentaire) ? Cette question est essentielle en vue d'estimer la pérennité ou la durée des effets bénéfiques engendrés par les différentes opérations de restauration (réinjection et/ou réactivation des marges). Il s'agit notamment de suivre la granulométrie des fonds en eau là où il y a eu des injections pour mieux comprendre le processus de dégradation et la réponse potentielle du lit à la restauration (les caractéristiques interstitielles des secteurs non restaurés et restaurés sont encore à établir), et la réponse des peuplements benthiques (renforcer le lien entre les mesures physiques faites dans l'OSR et les observations de RhônEco).

La réponse des habitats aquatiques et des bancs aux actions de restauration n'a pour l'instant pas fait l'objet d'analyses fines. Une première action propose un suivi du colmatage interstitiel (C1). L'objet de l'action C2 est de suivre l'évolution granulométrique des fonds et de la bathymétrie. Les réinjections de sédiments et la redynamisation des marges alluviales doivent permettre de complexifier la morphologie du chenal, notamment de recréer des bancs latéraux ou médians et des zones présentant une granulométrie plus grossière, permettant ainsi de renforcer les échanges eau de surface - eau souterraine et diversifier les habitats.

Cette action permettra de déterminer quel est l'état du fond du lit du Rhône dans les secteurs restaurés, concourant à mieux évaluer quel est la qualité des habitats aquatiques et riverains, principalement les bancs naissants, et l'effet des actions de restauration sur leur état. C'est une action importante pour pouvoir caractériser l'état morphologique du fleuve qui influence la biodiversité.

Action C.3 - Evaluer la continuité sédimentaire (charge de fond) au droit des recharges sédimentaire, des barrages et des seuils

Responsables

Hervé Piégay ; Oldrich Navratil

Contributeurs

Alexandre Peeters (Ingénieur de Recherche CDD 23 mois) ; Adrien Barral ; Samuel Dunesme ; Lise Vaudor ; Franck Perret ; Louis Rey ; 2 stagiaires (6 mois chacun)

Unités de recherche impliquées

CNRS-EVS

Mots-clés

Lit mineur ; recharge sédimentaire ; barrage ; crue ; sédiment ; sables ; gravier ; galet ; flux ; charriage ; capteur/sonde ; RFID ; comparaison modèle/mesure ; géophone

Descriptif général de l'action

Cette action s'inscrit dans la continuité de l'action C.3 de l'OSR6. Cette action vise à caractériser l'état morphologique du fleuve qui influence la biodiversité et l'effet des actions de restauration (durabilité des effets, risque aval résultant du transfert de ces sédiments grossiers). Ses objectifs sont i) d'évaluer la durabilité et la longueur du linéaire fluvial qui peut potentiellement bénéficier des actions de recharge sédimentaires directes (ré-injection mécanique) et indirectes (par érosion latérale à la suite du retrait des casiers Girardon) ; ii) de fournir un retour opérationnel sur ces actions de recharge ; iii) d'évaluer la continuité sédimentaire (charge de fond) au droit de barrages et de seuils.

Cette action permettra de poursuivre et de renforcer le couplage des approches de suivi du flux sédimentaire (RFID et géophones), d'une part, et les approches par modélisation hydro-sédimentaire, d'autre part. De la sorte, l'approche de terrain (suivi du transport solide) fournira une validation des prédictions fournies par les modèles en termes de distance de déplacement, de temps de transfert, et de transport solide par classe granulométrique (i.e., distances de déplacement variables selon la taille des particules). Une fois validés, ces modèles permettront d'établir des scénarios de restauration robustes et généralisables à d'autres contextes. A ce titre, la modélisation hydro-sédimentaire développée dans l'OSR6 s'est avérée être pertinente pour modéliser la propagation d'injections ponctuelles de sédiments grossiers dans le Rhône sur le long terme. Elle présente néanmoins quelques exigences/limites, dont (i) la nécessité d'avoir de bonnes données de terrain pour la calibrer, (ii) la simplification des capacités de charriage au droit du site de réinjection sédimentaire (modèle 1D ne tenant pas compte des conditions bidimensionnelles des écoulements), et (iii) l'absence de prise en compte de l'efficacité de piégeage des seuils/barrages le long du secteur modélisé. Pour améliorer cette modélisation hydro-sédimentaire, le travail suivant sera réalisé.

1) Suivi du flux hydro-sédimentaire par RFID

Afin d'augmenter la base de données de terrain nécessaire à la calibration du modèle, six nouveaux suivis des traceurs sédimentaires RFID seront réalisés (soit deux suivis par an). Le suivi RFID permettra d'évaluer les distances de transport en fonction de l'intensité des événements de crue, le temps nécessaire à l'évacuation complète de la charge injectée en dehors du tronçon court-circuité et la possibilité de transit dans les réservoirs aval. Ce suivi est envisagé sur quatre sites parmi ceux équipés à ce jour, à savoir Motz (CHA), la Platière (PDR), l'île des Gravieres (PDR) et Baix (BLN). Les trois premiers sites étant équipés depuis plus de 6 ans, les distances parcourues par les traceurs sont importantes, ce qui rend leur relevé très chronophage. En fonction des futurs projets de restauration (notamment à Pierre-Bénite), un suivi sur un site nouvellement équipé pourra également être réalisé. Selon leur intérêt, certains sites seront suivis deux fois car, au total, six suivis sont prévus pour quatre (ou cinq) sites.

2) Suivi du flux hydro-sédimentaire par géophones

Comme pour l'action C.3 du programme 6 de l'OSR, l'objectif de cette action est également de coupler les traceurs sédimentaires RFID avec les géophones afin de déterminer, en fonction des caractéristiques hydrauliques locales, les conditions de transfert des sédiments réinjectés soit par érosion latérale soit par injection mécanique. A notre connaissance, cette technologie a été mise en œuvre pour la première fois en grande rivière sur le Rhône. D'un point de vue métrologique, de nouvelles améliorations technologiques compléteront celles déjà apportées aux stations sismiques déjà développées dans le cadre de l'OSR6 (conception d'un intégrateur analogique du signal sismique, développement de géophone connecté IoT sous réseau LoRa®, plateforme de consultation des données en quasi temps-réel, carte de traitement filtrant le signal sur la bande de fréquence 15-100 Hz, i.e. bande de fréquence où se produit le charriage). Pour mieux filtrer les bruits anthropiques et mieux prendre en compte les spécificités des sites, nous chercherons à développer un couplage du système simplifié existant avec une acquisition dans la fréquence de 400 Hz. Le suivi des six stations équipées dans le cadre de l'OSR6 sera reconduit (deux stations sur le canal de Miribel, une sur le Rhône à Caluire et trois stations sur le RCC de BLN). Deux nouveaux sites seront équipés d'un système géophone sur le Rhône prochainement, à savoir CHA pour avoir une référence sur un RCC au transport solide effectif et PBN afin de définir un état initial avant réinjection. Cinq nouvelles stations seront équipées sur trois affluents du Rhône qui présentent un intérêt en termes d'apport et de gestion sédimentaire et/ou de programme de restauration (e.g. Arve, Ain, Drôme). Ce dispositif nous permettra ainsi (i) d'obtenir des chroniques sismiques long terme dans des environnements variés et de les comparer avec les données RFID, (ii) de définir les avantages et limites de cette méthode en grandes rivières grâce à l'analyse du rapport signal/bruit de fond (e.g. bruits anthropiques, hydraulique de la rivière, transport sédimentaire).

3) Modélisation hydro-sédimentaire

Pour améliorer la modélisation hydro-sédimentaire, et plus particulièrement pour comprendre les conditions de départ de la charge injectée, un couplage sera réalisé avec les modélisations bidimensionnelles des écoulements (modèle 2D) au droit des sites d'injection, lorsqu'elles sont disponibles. Ainsi, grâce aux conditions hydrauliques locales, les modèles hydro-sédimentaires pourront être affinés. Fort de ces nouvelles améliorations, le travail de modélisation hydro-sédimentaire sera réalisé pour deux secteurs : le canal de Miribel (site de Jons) et le RCC de PBN. Ceci permettra de déterminer le transport solide dans les secteurs restaurés et notamment la dispersion de la charge injectée mécaniquement pour améliorer l'état écologique du fleuve.

Apports opérationnels de l'action

Grâce aux suivis des RFID et des géophones, cette action va permettre de préciser, voire valider, les valeurs de débit critique de mise en mouvement des sédiments (Q_c) sur les différents sites. Couplées avec les distances de transport (déterminées grâce aux RFID), ces données sont fondamentales pour construire un plan de gestion sédimentaire du fleuve (enjeu stratégique 2). De plus, le suivi par géophone de plusieurs affluents du Rhône fournira des données complémentaires à l'élaboration du plan de gestion sédimentaire.

Ces données vont également nourrir les modèles hydro-sédimentaires en termes de distance de déplacement, de temps de transfert (en lien avec les crues) et de transport solide par classe granulométrique (enjeu 6). Ces modèles vont ainsi (i) fournir un outil opérationnel pour modéliser la propagation d'injections ponctuelles de sédiments grossiers dans le Rhône sur le long terme, (ii) anticiper les changements dans la dynamique des processus, et (iii) permettre d'établir des scénarios de restauration robustes et généralisables à d'autres contextes.

En outre, les suivis par géophone/RFID permettront de mieux comprendre la dynamique sédimentaire en lien avec les opérations de recharge sédimentaire et la gestion des barrages (e.g. Jons). De la sorte, ils fournissent un retour opérationnel sur les actions de restauration en termes d'emprise spatiale et de durabilité des gains écologiques, et du risque encouru en aval (lié au transfert des sédiments) (enjeux 1, 2 et 3).

L'ensemble de ces résultats (caractérisation du transport sédimentaire et évaluation des actions de restauration) vont fournir des éléments sur lesquels le plan de gestion sédimentaire du Rhône devra s'appuyer pour maintenir les habitats restaurés en bonne qualité (enjeux 2 et 6).

Planification des activités de recherche

CNRS-EVS

Année 1

RFID : 2 nouveaux suivis des traceurs sédimentaires RFID et analyse des données.

Géophones : installation des 5 nouveaux géophones et maintenance/suivi des 8 autres sites. Analyse des données.

Modélisation hydro-sédimentaire sur le canal de Miribel (site de Jons).

Année 2

RFID : 2 nouveaux suivis des traceurs sédimentaires RFID et analyse des données.

Géophones : maintenance/suivi des 13 sites. Analyse des données.

Modélisation hydro-sédimentaire sur le RCC de Pierre-Bénite.

Année 3

RFID : 2 nouveaux suivis des traceurs sédimentaires RFID et analyse des données. Synthèse des différents relevés effectués sur l'ensemble des sites suivis.

Géophones : maintenance/suivi des 13 sites. Analyse des données et synthèse. Comparaison avec des suivis menés dans le cadre d'autres projets (eg. Drôme).

Couplage entre les données RFID et les données géophones.

Action C.4 - Impact des actions de gestion d'ouvrage et/ou de restauration sur les concentrations des contaminants

Responsables

Jérôme Labille

Contributeurs

Antoine Martelet (Assistant Ingénieur CDD) ; David Mourrier ; Hugo Lepage

Unités de recherche impliquées

CNRS-CEREGE ; IRSN

Mots-clés

Lit mineur ; recharge sédimentaire ; sédiment ; matières en suspension ; colloïde ; stock ; flux ; contaminant dissous ; contaminant particulaire ; capteur/sonde ; remobilisation

Descriptif général de l'action

Cette action vise à mesurer le potentiel de remobilisation des contaminants historiques de la berge lors de certaines étapes déterminantes du plan de restauration, qui sont le recreusement et la redynamisation des berges, et les opérations de recharge sédimentaire. Lors de ces étapes, des interventions mécaniques de grande ampleur remettront en suspension une grande quantité de sédiments anciennement stockés dans la berge. Les contaminants hérités de la berge, associés à ces sédiments sont alors remis en suspension et transportés vers l'aval. La remise au contact avec l'eau du Rhône peut créer un déséquilibre physico-chimique qui favorise la libération de ces contaminants vers la phase dissoute. Or, dans une logique d'estimation du risque associé à ces contaminants, il est nécessaire d'appréhender leur exposition environnementale à travers la mesure de leur transport et de leur devenir. En cela, l'étude de la dynamique des contaminants entre les compartiments particulaires et dissous du continuum est nécessaire.

L'objectif de cette action est de mettre en place un suivi des MES et des contaminants lors des opérations de redynamisation des berges, afin d'estimer l'effet de remobilisation lié. Pour cela, un piège à particules sera déployé juste en aval du site d'intervention, afin d'encadrer la temporalité des interventions mécaniques (quelques semaines-mois). Un hydro-collecteur sera également déployé afin d'échantillonner l'eau brute notamment lors de pics de turbidité. Dans une approche similaire en temporalité et mode d'échantillonnage, le piège à particules et l'hydro-collecteur à Arles-SORA seront également déployés afin de mesurer le passage du panache de remobilisation plus en aval et estimer le transport des contaminants vers la mer. Afin d'estimer la dynamique des contaminants entre les fractions particulaire, dissoute, et colloïdale, ces trois compartiments seront fractionnés à partir des prélèvements de MES et d'eau réalisés. Des capteurs en continu seront disposés sur le site et à Arles afin de suivre la turbidité, la conductivité, le pH, et le potentiel redox de l'eau sur les mêmes temporalités.

De plus, cette analyse synchrone aux opérations de redynamisation des berges sera précédée d'une approche de diagnostic préventif. Celle-ci consistera en l'analyse de la dynamique des contaminants sur des échantillons de sédiment de berge issus des sites sélectionnés. Les sédiments de berge les plus pertinents seront fractionnés selon une approche similaire à celle décrite ci-dessus pour le panache, afin de mesurer en laboratoire la dynamique de remobilisation des contaminants de la fraction particulaire vers la phase colloïdale ou dissoute. Cette analyse préventive permettra de connaître au préalable l'empreinte contaminant associée à la berge, et ainsi de l'identifier plus certainement lors de leur passage dans le panache. Cette mesure préalable permettra également d'aider au plus tôt les gestionnaires dans leur prise de décision quant à la réinjection de particules fines.

Quatre sites sont identifiés pour cette action sur le corridor sur lesquels les opérations sont prévues au cours de l'OSR7 : Pierre-Bénite Irigny, Saint-Vallier Lempis, Baix Logis Neuf Saulce, et Donzère Mondragon Désirade. Cependant, cette liste est sujette à évolution selon les calendriers d'intervention de la CNR. La faisabilité de cette action repose sur une coopération avec la CNR (agenda, données des contaminants dans les berges, et fourniture d'échantillons de berge).

Pour chaque site ciblé, nous estimons que 3 pièges à particules seront relevés, et 10 L d'eau les plus turbides seront fractionnés pour analyse du dissous/colloïdal/particulaire, plus autant à Arles. Ce qui donne 60-70 échantillons à analyser par site. Les contaminants analysés à partir de cette trentaine d'échantillons seront à minima les ETM ; les échantillons seront bancarisés pour l'analyse d'autres contaminants le cas échéant (ex. PFAS, mercure). Ces tâches se dérouleront sur l'ensemble des 3 années en ciblant 3-4 évènements sur des sites géographiques différents, en moyenne des déploiements de 1-2 mois par an sont envisagés.

Apports opérationnels de l'action

Cette action s'inscrit sur l'enjeu 2 d'appui à un plan de gestion sédimentaire durable. Elle permettra de mieux connaître l'impact des actions de restauration des berges en termes de remobilisation de particules fines et contaminants associés, de leur fractionnement dissous/colloïde/particulaire, et de leur transport ou dépôt dans le corridor. La question de la remobilisation des contaminants présents dans les berges s'inscrit non seulement dans ce contexte de restauration assuré par la CNR, mais aussi en lien avec des questions d'effet filtre des berges, ou de recharge de nappe (enjeu 4).

Planification des activités de recherche

CNRS-CEREGE

Année 1

Analyse à priori de la dynamique des contaminants dans les sédiments de berge les plus pertinents.
Mise en place PAP + capteurs sur site ciblé + station SORA avant/après évènement CNR.
Mesure des MES et contaminants associés et de la chimie de l'eau. Interprétation des résultats.

Année 2

Analyse a priori de la dynamique des contaminants dans les sédiments de berge les plus pertinents.
Mise en place PAP + capteurs sur site ciblé + station SORA avant/après évènement CNR.
Mesure des MES et contaminants associés et de la chimie de l'eau. Interprétation des résultats.

Année 3

Analyse a priori de la dynamique des contaminants dans les sédiments de berge les plus pertinents.
Mise en place PAP + capteurs sur site ciblé + station SORA avant/après évènement CNR.
Mesure des MES fines et contaminants associés et de la chimie de l'eau. Interprétation des résultats.

Action C.5 - Retour d'expérience des suivis de la restauration des habitats et recommandations opérationnelles

Responsables

Hervé Piégay ; Oldrich Navratil

Contributeurs

Jérôme Labille ; Alexandre Peeters (Ingénieur de Recherche CDD 6 mois) ; Lise Vaudor

Unités de recherche impliquées

CNRS-EVS

Mots-clés

Lit mineur ; habitats benthiques ; APAVER ; barrage ; crue ; recharge sédimentaire ; communication ; restauration ; continuité sédimentaire ; retour d'expérience ; recommandations

Descriptif général de l'action

Cette action de synthèse a pour objectifs :

- d'évaluer la durabilité et la longueur du linéaire fluvial qui peut potentiellement bénéficier de ces actions de recharge sédimentaires directes (ré-injection mécanique) et indirectes (par érosion latérale à la suite du retrait des casiers Girardon) ;
- de fournir un retour opérationnel sur ces actions de recharge ;
- d'évaluer la continuité sédimentaire (charge de fond) au droit de barrages et de seuils.

Cette action va permettre de formuler des recommandations opérationnelles pour la mise en œuvre des futures opérations de restauration, notamment pour les actions de recharge sédimentaire en termes de localisation des sites d'injection, de volume et de taille des sédiments injectés et de fréquence d'injection. Des indicateurs d'évaluation seront également apportés. Il s'agit d'une action de synthèse qui s'appuie sur les résultats acquis dans les actions C1, C2, C3 et C4. Elle permettra de faire le lien avec les actions de recherches conduites dans le cadre de la RhônEco.

Apports opérationnels de l'action

Les apports opérationnels concerneront d'abord les retours d'expérience sur les conditions de mise en œuvre des opérations de recharge sédimentaire/ redynamisation et les différents scénarios opératoires : volumes et granulométrie à réinjecter ? Fréquences et éventuelles répétitions des réinjections ? Géométrie de la recharge et mode opératoire à privilégier ?

Ensuite, ces apports opérationnels consisteront aussi en des indicateurs de succès en termes de réponse écologique potentielle (diversification des habitats) et de durabilité (vitesses de transfert, temps de résidence de la charge introduite dans le RCC).

Planification des activités de recherche

CNRS-EVS

Année 1

Action continue de mise en synthèse des résultats acquis dans les Actions C.1, C.2, C.3 et C.4 et lien avec les résultats du programme RhônEco.

Année 2

Action continue de mise en synthèse des résultats acquis dans les Actions C.1, C.2, C.3 et C.4 et lien avec les résultats du programme RhônEco.

Année 3

Synthèse finale des résultats acquis dans les actions C.1, C.2, C.3, C.4, lien avec résultats du programme RhônEco et formulation des recommandations opérationnelles.

The background of the page is an abstract composition of overlapping, wavy shapes in various shades of teal and blue, with a prominent orange shape that curves across the middle. The overall effect is fluid and modern.

Axe D

Prévoir les changements pour anticiper les impacts

Responsables de l'Axe D

Flora Branger ; Mathieu Fressard ; Olivier Radakovitch

Responsables d'actions

Flora Branger ; Mathieu Fressard ; Olivier Radakovitch ; Aymeric Dabrin ; Frédérique Eyrolle ; Fanny Arnaud

Unités de recherche impliquées

CNRS-EVS ; INRAE-RiverLy (HyBv Lama) ; IRSN

Description de l'axe

L'émergence de l'axe D « prévoir les changements pour anticiper les impacts » dans le cadre de l'OSR6 a permis de développer une réflexion sur les facteurs de changement d'intérêt sur le bassin du Rhône et leur impact sur les dynamiques hydro-sédimentaires du fleuve. L'influence de certains de ces facteurs a été estimée sur les transferts hydrologiques et de MES, à travers plusieurs modèles et via un travail préliminaire de scénarisation et de projection qui portait sur deux aspects : le climat, avec un échantillon de six scénarios utilisés dans le cadre du projet Explore2 (INRAE-OIEau), et la gestion des grands barrages hydroélectriques avec trois scénarios. Dans le même temps, les discussions engagées entre les partenaires, gestionnaires et scientifiques, ont permis d'affirmer l'intérêt opérationnel pour ces questions et de hiérarchiser les perspectives de recherche sur les scénarios complémentaires à traiter en priorité.

L'axe D de l'OSR7 s'inscrit dans la continuité de ce travail, avec pour objectif d'approfondir les recherches en se concentrant sur l'amélioration des modèles (affinage des pas de temps de modélisation et intégration des transferts de sédiments grossiers, i.e. sables, graviers, galets) et sur l'actualisation des projections climatiques. En complément, le retrait glaciaire, facteur de changement identifié comme prioritaire mais non traité dans l'OSR6, fera l'objet de deux actions spécifiques.

L'axe D est constitué de 5 actions complémentaires couplant modélisation, mesures de terrain et diffusion des résultats dont les objectifs sont les suivants :

- Deux actions méthodologiques focalisées sur l'amélioration des modèles sédimentaires existants. Action D1 : intégration d'une composante d'érosion à l'échelle de la maille élémentaire dans le modèle J2000 (pas de temps journalier), et action D2 : intégration dans la modélisation CASCADE du transport de sédiments grossiers (pas de temps annuel) et intégration de scénarios de changement climatique ;
- Deux actions d'approfondissement sur l'impact sédimentaire du retrait glaciaire à l'échelle du bassin versant. Action D3 : Quantifier l'impact hydro-sédimentaire de la fonte et du retrait glaciaire, et action D4 : Evaluer l'influence potentielle de la fonte des glaciers alpins sur les apports en MES et contaminants ;
- Une action (D5) portant sur la communication et la valorisation des résultats issus de la modélisation prospective via des outils de géo-visualisation.

Lien avec les enjeux stratégiques de l'OSR

- Enjeu 4 - Anticiper l'impact des changements à venir sur la dynamique sédimentaire et les risques associés
- Enjeu 5 - Avoir des outils numériques performants pour scénariser, anticiper, partager et pérenniser l'information

Action D.1 - Intégrer l'érosion dans le modèle hydrologique J2000-Rhône

Responsables

Flora Branger ; Mathieu Fressard

Contributeurs

Louise Mimeau ; Michaël Rabotin ; Post-doctorant (CDD 16 mois)

Unités de recherche impliquées

INRAE-RiverLy (HyBV) ; CNRS-EVS

Mots-clés

Bassin versant ; changement climatique ; crue ; matières en suspension ; variation spatiale ; variation temporelle ; modélisation ; comparaison modèle/mesure ; scénario prospectif ; hydrologie de montagne ; érosion

Descriptif général de l'action

L'objectif de cette action est d'améliorer le modèle hydrologique distribué J2000-Rhône en intégrant une composante d'érosion, qui puisse se coupler avec les variables hydrologiques simulées par J2000, à l'échelle de chaque maille élémentaire (appelée HRU pour Hydrological Response Unit) et au pas de temps journalier. Des développements antérieurs sur l'érosion dans J2000 ont déjà été réalisés par l'équipe de l'Université Friedrich-Schiller de Jena en Allemagne, sur la base de l'approche MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) dérivée de l'équation USLE. MUSLE diffère par la prise en compte séparée de la précipitation et du ruissellement dans le calcul de l'érosivité, ce qui permet de coupler efficacement la composante d'érosion de MUSLE à un modèle hydrologique qui simule la composante du ruissellement, et de simuler des événements. Les travaux précédents sur J2000 ne sont cependant pas allés jusqu'à leur terme et n'ont pas été testés ni intégrés dans J2000-Rhône.

L'enjeu sera donc de s'approprier cette composante d'érosion, de terminer son développement si nécessaire et de l'intégrer à la nouvelle version de J2000-Rhône, qui comporte également une composante glaciaire évolutive et sera disponible début 2024. Ces travaux s'appuieront sur ceux de l'action D2 de l'OSR6 et l'application du modèle d'érosion RUSLE.

Le deuxième objectif de cette action est de valider le modèle couplé ainsi construit, à partir des données d'observation du réseau de l'OSR, des résultats des modèles construits dans l'OSR6, ainsi que d'autres sources de données potentielles (projets de recherche réalisés en zone alpine, données opérationnelles non intégrées au réseau si disponibles, etc.).

L'ensemble de la tâche D1 sera mené par un post-doctorant qui sera recruté sur 16 mois, sur l'Année 1 et la première moitié de l'Année 2.

Apports opérationnels de l'action

Cette action permettra de consolider l'outil de modélisation J2000, dans l'objectif à plus long terme de quantifier l'impact hydro-sédimentaire du changement global sur le bassin versant du Rhône. Ce travail permettra ainsi de répondre aux enjeux de connaissance des apports sédimentaires au Rhône en provenance des bassins versants des différents affluents, et d'anticiper les changements de ces apports en lien avec le changement global (changement climatique, changements d'occupation des sols, gestion des barrages), de façon à définir une meilleure gestion opérationnelle des processus hydro-sédimentaires et des risques associés (enjeu 4).

Planification des activités de recherche

INRAE-RiverLy

Année 1

L'Année 1 sera consacrée au développement de la composante érosion dans J2000 et aux premiers tests de validation. La première étape sera de récupérer les composantes déjà développées, d'évaluer leur état, et si nécessaire de les corriger et les compléter. Une attention particulière sera apportée au couplage avec la composante glaciaire de J2000-Rhône, car la diminution des surfaces glaciaires avec le temps laissera des zones nues potentiellement très érosives, et nous souhaitons que le modèle puisse les prendre en compte.

En parallèle, récupération des données pour réaliser la validation du modèle couplé, avec l'appui de l'équipe CNRS-EVS et début de la validation du modèle.

Année 2

L'Année 2 sera consacrée à la poursuite et la finalisation de la validation du modèle couplé, qui portera sur les débits simulés, mais également des flux sédimentaires, sur la période historique pendant laquelle les données sont disponibles. Reproduction des flux à l'échelle annuelle, mais aussi à l'échelle saisonnière. Evaluation de la capacité de J2000 à reproduire les flux événementiels.

Année 3

Pas d'activité sur l'Année 3

CNRS-EVS

Année 1

L'implication d'EVS pour l'année 1 sera consacrée à la mise à disposition et à l'ajustement du modèle d'érosion de versants RUSLE-SDR Rhône (développé durant l'OSR6) pour permettre une intégration des résultats dans le modèle J-2000 (basé sur les équations MUSLE). Bien que les deux approches soient assez similaires sur le plan fondamental, un certain nombre d'ajustements techniques seront nécessaires à la bonne interopérabilité des modèles : intégration de nouveaux éléments hydro-météorologiques pour le passage d'une approche à l'échelle interannuelle à une approche événementielle, adaptation des sorties de modèles à l'échelle des HRU (Hydrological Response Unit), nécessaires pour J-2000.

Année 2

Pas d'activité sur l'Année 2

Année 3

Pas d'activité sur l'Année 3

Action D.2 - Modéliser le transport de sédiments grossiers à l'échelle du bassin sous scénarios de changements climatique et de gestion des ouvrages

Responsables

Mathieu Fressard ; Flora Branger

Contributeurs

Post-doctorant (CDD 12 mois)

Unités de recherche impliquées

CNRS-EVS ; INRAE-RiverLy (HyBV)

Mots-clés

Bassin versant ; changement climatique ; sables ; variation temporelle ; variation spatiale ; modélisation ; granulométrie ; comparaison modèle/mesure ; scénario prospectif ; zones sources ; scénarios prospectifs

Descriptif général de l'action

Le travail réalisé durant l'OSR6 (action D.3) a permis de mettre en place le couplage de trois modèles hydrologiques et sédimentaires afin d'estimer les transferts de MES à l'échelle du bassin versant du Rhône, d'identifier les principales sources de MES, puis d'évaluer leur potentiel d'évolution au travers de plusieurs scénarios de changements climatique et de gestion d'ouvrages. Cependant, le transport de sédiments grossiers (i.e. sables : 0.062 à 2 mm, graviers : 2 à 64 mm et galets : 64 à 256 mm) constitue une part importante des transferts au sein du bassin avec de multiples enjeux associés à la qualité des habitats (cf. Axe C), or cette fraction grossière n'est pas encore prise en compte dans la modélisation à large échelle. L'objectif de cette action est donc de combler ce manque de connaissances par l'intégration de la modélisation du transport de sédiments grossiers dans le modèle CASCADE du Rhône.

Cette action est organisée en 4 étapes successives :

- Cartographie des zones sources et de stocks de sédiments grossiers sur les versants. Cette étape constitue le principal enjeu de l'action. La cartographie des zones sources développée durant l'OSR6 s'est focalisée sur les zones de production de sédiments fins (modèle d'érosion RUSLE-SDR), mais reste insuffisante pour caractériser les sources de sédiments grossiers pour lesquels de multiples processus de versants interagissent. Ainsi, cette étape vise à identifier et cartographier les principaux processus à l'origine de l'alimentation de la cascade sédimentaire (chutes de blocs, éboulis, glissements de terrain, coulées de débris, etc.). Ces investigations, principalement focalisées sur l'arc alpin, seront permises par l'utilisation de bases de données existantes à l'échelle nationale (susceptibilité aux glissements de terrain, aux coulées de débris, mises à disposition par le BRGM), et complétées par une approche par télédétection d'images Sentinel pour la cartographie des zones d'érosion de versants (faible couvert végétal). Cette étape sera principalement réalisée par le post-doc recruté.
- Cartographie de la granulométrie des cours d'eau (surface et subsurface du lit principal du Rhône et des principaux affluents). Cette étape vise à enrichir la modélisation du transport dans le modèle CASCADE. Elle sera largement alimentée par les investigations de terrain menées dans le cadre des précédents programmes OSR, complétée par une recherche bibliographique sur les études ayant procédé à de telles mesures sur le bassin.
- Application et calage du modèle. Différentes versions de calage seront proposées puis comparées aux données disponibles pour la validation. Sans être exhaustif, la comparaison avec les distances de déplacement de galets équipés de RFID et les mesures géophones devraient permettre une première validation des vitesses de transfert modélisées.

- Application de scénarios prospectifs en lien avec les bases de données disponibles dans le cadre du projet Explore2 : scénarios climatiques (attention particulière portée au scénario RCP 8.5 pour harmonisation avec les résultats de l'OSR6) et de gestion d'ouvrages (lien fort avec EDF et CNR pour la construction de scénarios).

Apports opérationnels de l'action

Cette action s'inscrit dans le cadre des enjeux stratégiques 4 et 5, avec pour objectif de proposer des outils permettant, sur la base de scénarisations, d'anticiper les impacts du changement climatique et des changements d'usages de l'eau sur la dynamique hydro-sédimentaire. En se focalisant sur la connectivité sédimentaire avec une approche globale sur l'ensemble du fleuve et de ses affluents, ce travail pourra être mobilisé pour, par exemple, orienter la localisation de futures actions de restauration (localisation des zones en crise ou forte aggradation sédimentaire, et comprendre le lien avec leur sources) ou estimer l'impact de l'implantation d'ouvrages sur le continuum hydro-sédimentaire à large échelle.

Planification des activités de recherche

CNRS-EVS

Année 1

Constitution des bases de données SIG pour l'identification des zones sources de sédiments grossiers (analyse de données disponibles et cartographie par télédétection – images Sentinel). Cartographie de la granulométrie des chenaux (analyse bibliographique et interpolation spatiale).

Année 2

Application et validation du modèle. Synthèse des résultats et construction des cartes de référence pour la période actuelle.

Année 3

Application de scénarios prospectifs sur la base du modèle calibré en Année 2. Synthèse des résultats et construction des cartes de référence pour la prospective.

INRAE-RiverLy

Année 1

Contribution à la constitution des bases de données.

Année 2

Pas d'activité sur l'Année 1

Année 3

Mise à disposition des scénarios prospectifs et contribution à l'analyse des résultats.

Action D.3 - Quantifier l'impact hydro-sédimentaire de la fonte et du retrait glaciaire

Responsables

Flora Branger

Contributeurs

Louise Mimeau ; Michaël Rabotin ; Post-doctorant (2 mois)

Unités de recherche impliquées

INRAE-RiverLy (HyBv)

Mots-clés

Bassin versant ; changement climatique ; eau ; modélisation ; comparaison modèle/mesure ; scénario prospectif ; retrait glaciaire

Descriptif général de l'action

L'objectif de cette action est de mettre en œuvre le modèle J2000-Rhône avec composante glaciaire, et couplé avec la composante d'érosion développée dans l'action D1. Selon le niveau d'avancement de la validation du modèle développé en D1, une première simulation prospective couplée climat / retrait glaciaire / transfert sédimentaire sera réalisée, de façon à dimensionner le travail ultérieur. En fonction des résultats de cette simulation prospective, notamment en termes de temps de calcul, de taille des fichiers de sortie et d'estimation des post-traitements nécessaires, on sera en mesure d'estimer le nombre de scénarios couplés climat / usages qu'il sera possible de simuler, ainsi que le nombre de variables et/ou les points de sortie du modèle à considérer. Cela fera l'objet de recommandations qui pourront être appliquées dans un travail ultérieur. Ce travail sera notamment réalisé par le post-doctorant (2 mois) recruté sur cette action, à la suite de l'action D1.

Apports opérationnels de l'action

Obtention d'éléments méthodologiques préparatoires à la réalisation de simulations prospectives : impact hydro-sédimentaire du retrait glaciaire. Ce travail, en complément des actions D1 et D2, permettra de répondre aux enjeux de connaissance des apports sédimentaires au Rhône en provenance des bassins versants des différents affluents, et d'anticiper les changements de ces apports en lien avec le changement global (changement climatique, changements d'occupation des sols, gestion des barrages), de façon à définir une meilleure gestion hydro-sédimentaire du fleuve (volet prospective de l'OSR) (enjeux 4 et 5).

Planification des activités de recherche

INRAE-RiverLy

Année 1

Pas d'activité sur l'Année 1

Année 2

A la suite de l'action D1, réalisation de simulations afin de dimensionner des simulations prospectives futures et émission de recommandations.

Année 3

Pas d'activité sur l'Année 3

Action D.4 - Evaluer l'influence potentielle de la fonte des glaciers alpins sur les apports en MES et contaminants

Responsables

Aymeric Dabrin ; Frédérique Eyrolle

Contributeurs

CDD AI NORD OSR ; Stagiaire ; David Mourier ; Franck Giner

Unités de recherche impliquées

INRAE-RiverLy (Lama) ; IRSN

Mots-clés

Lit mineur ; changement climatique ; matières en suspension ; sédiment ; dépôt ; flux ; source de MES ; variation temporelle ; contaminant dissous ; contaminant particulaire ; capteur/sonde ; retrait glaciaire

Descriptif général de l'action

Cette action, exploratoire et complémentaire des approches de modélisation de cet Axe D, propose des approches de terrain (échantillonnage) et de mesures *in situ*. L'objectif de cette action vise d'une part, à déterminer quelle est l'influence de la fonte prononcée des glaciers alpins, notamment à la fin de la période estivale, sur les transferts de MES et de contaminants associés et, d'autre part, à évaluer la vitesse de fonte de ces glaciers.

1) Caractérisation de la contamination des glaciers : approche spatio-temporelle

Nous proposons de focaliser cette action sur le Glacier de St Sorlin, un des glaciers alpins qui disparaîtra dans un avenir relativement proche (période de 30 à 50 ans). Ce glacier alimente le Rhône via l'Arvan, l'Arc et l'Isère ; il a aussi été choisi car il est suivi depuis de nombreuses années par les glaciologues (IGE à Grenoble) et fait partie des glaciers qui sont étudiés dans le cadre de suivis écologiques et chimiques (Sophie Cauvy-Fraunié, INRAE RiverLy). Ainsi, pour obtenir le signal du glacier, et non celui de la fonte de la neige tombée lors de l'hiver précédent, nous proposons de caractériser, à chaque fin de période estivale, les niveaux de contaminants dans les glaces, les eaux glaciaires, les sédiments glaciaires et les MES glaciaires, soit une quinzaine d'échantillons pour chaque campagne. Nous viserons un large panel de contaminants (i) susceptibles d'être déposés depuis de nombreuses années sur les glaciers par dépôts atmosphériques (mercure, plomb, pesticides, radionucléides) ou (ii) apportés par les activités humaines (produits pharmaceutiques) en lien avec les activités touristiques (alpinisme, ski, randonnée). Pour comparer les niveaux de concentrations en contaminants dans les eaux et MES alimentées par les glaciers, nous effectuerons le même type de prélèvement sur des rivières proches du glacier de St Sorlin, mais non alimentées par la fonte des glaciers.

Aussi, afin d'évaluer l'influence de cette fonte sur les transferts et la qualité des MES, nous envisageons de déployer des pièges à particules plus en aval pour intégrer l'ensemble des cours d'eau glaciaires et sur le continuum (Arvan/Arc/Isère). Ces déploiements seront effectués en différentes périodes de l'année (afin d'évaluer l'évolution temporelle des niveaux en contaminants dans ces MES et l'évolution potentielle du signal géochimique des particules érodées/expulsées, nécessaire au traçage géochimique des particules (influence sur l'empreinte des particules de l'Isère (Cf. action B3). Dans la mesure du possible, ces campagnes de déploiement de piège à particules seront couplées avec le déploiement de sonde turbidimétrique pour évaluer les flux de MES (et contaminants associés) sur des périodes temporelles définies.

Enfin, en lien avec des campagnes qui ont eu lieu au printemps 2023 avec l'association de plongeurs d'ODYSSEUS 3.1, nous projetons de proposer une campagne estivale à la source du Rhône au niveau du glacier du Rhône au col de la Furka en Suisse. Cette campagne permettra d'obtenir des informations sur le niveau de contamination des glaces, des

eaux et des MES émises à la source du Rhône, mais aussi de proposer une comparaison avec les résultats acquis sur le Glacier de St Sorlin.

2) Evaluation de la vitesse de fonte des glaciers

En parallèle de ces approches, des prélèvements d'eau et de dépôts de farine glaciaire seront réalisés aux exutoires d'une trentaine de torrents glaciaires du massif des écrins afin de tester l'utilisation du tritium comme un traceur de la vitesse de fonte des glaciers. En effet, le temps recyclage des masses d'eau au sein des glaciers alpins étant de l'ordre d'une soixante années, la fonte des glaciers suggère une potentielle mobilisation des radionucléides à vie moyenne et longue, apportés par les retombées atmosphériques globales des essais nucléaires de surface effectués entre 1955 et 1981, culminant en 1963. Le tritium (période de décroissance radioactive de 12,3 ans) est un radionucléide conservatif des masses d'eau facilement mesurable sur quelques dizaines de mL d'eau filtrée. Il peut être utilisé comme « sentinelle » de la remobilisation des autres radionucléides et plus largement d'autres contaminants également piégés au cours de cette période (grande accélération industrielle). L'originalité de l'approche, serait de l'utiliser comme « radio chronomètre » afin de déterminer l'âge des masses d'eau émises par les glaciers et d'évaluer les vitesses de fonte. Cette approche méthodologique, déjà largement appliquée en hydrogéologie et dans le domaine océanique, est exploratoire dans le domaine des eaux de fonte glaciaire.

Apports opérationnels de l'action

Cette action tentera d'apporter des éléments de réponse sur l'influence potentielle de la fonte des glaciers alpins sur les apports en MES et contaminants au fleuve Rhône. Ces connaissances seront indispensables pour les gestionnaires notamment vis-à-vis de la question de la ressource en eau et de l'évolution des flux hydro-sédimentaires (enjeu stratégique 4). Les eaux alimentées par les glaciers seront-elles de plus en plus contaminées (moins de dilution et relargage de contaminants) et donc impropres à la consommation/irrigation ? Les périodes estivales de fonte seront-elles propices à une augmentation des flux de particules et donc un colmatage/remplissage des aménagements ? La mise à nue de la roche et des sols par la fonte constituera-t-elle une source secondaire de particules, modifiant encore plus fortement les apports sédimentaires de l'Isère au Rhône et donc les dépôts à leur confluence ? Ces travaux permettront également d'estimer dans quel délai le glacier de St Sorlin disparaîtra et ne sera donc plus en mesure d'alimenter en eau les aménagements (hydroélectriques notamment) du continuum Arvan/Arc/Isère/Rhône.

Planification des activités de recherche

INRAE-RiverLy

Année 1

L'Année 1 visera à définir une stratégie d'échantillonnage et un calendrier d'échantillonnage réaliste sur le glacier de St Sorlin et le glacier à la source du Rhône :

- Campagnes ciblées en fin d'été pour l'échantillonnage de glace, d'eau et de sédiments.
- Déploiement de pièges à particules, sondes turbidimétriques en sortie de glacier et sur le continuum Arvan/Arc/Isère

Année 2

Réalisation des campagnes ciblées et déploiement de pièges à particules.

Recrutement d'un stagiaire pour la réalisation d'une partie des campagnes, pré-traitement des échantillons, analyse des échantillons et traitement des données obtenues.

Année 3

Compilation des données obtenues sur glacier de St Sorlin et Glacier du Rhône, traitement des données et mise en regard avec données MES/contaminants long terme sur l'Isère.

IRSN

Année 1

L'Année 1 visera à analyser les échantillons d'eau et de dépôts collectés en 2023 aux exutoires des 32 torrents glacières au sein du massif des Ecrins ainsi que ceux qui seront effectués sur le glacier de St Sorlin et à renouveler les échantillonnages de l'année n-1.

- Analyses de tritium par scintillation liquide bas niveau (ALOKA) et spectrométrie gamma sur les dépôts.
- Exploitation et interprétation des résultats.

Seconde campagne de prélèvements aux exutoires des torrents glacières échantillonnés en 2023 (en fin d'été 2024). Prélèvements de 100 mL d'eau (filtration in situ, 0,2 µm) sur chaque site + dépôts glaciaires sous réserve de leur présence.

Année 2

Poursuite des analyses et de l'interprétation des résultats. Réalisation d'une 3^{ème} campagne de prélèvement.

Année 3

Exploitation et interprétation de l'ensemble des résultats.

Action D.5 - Communication, valorisation et géo-visualisation des résultats issus de la modélisation prospective

Responsables

Mathieu Fressard ; Olivier Radakovitch ; Fanny Arnaud

Contributeurs

Stagiaire 6 mois ; Flora Branger

Unités de recherche impliquées

CNRS-EVS ; IRSN ; INRAE-RiverLy (HyBv)

Mots-clés

Bassin versant ; changement climatique ; Géo-visualisation, communication, scénarios prospectifs ; modélisation

Descriptif général de l'action

Cette action inédite par rapport à l'OSR6 porte sur les modalités de valorisation et de visualisation des résultats obtenus dans l'axe D (notamment les sorties de modèles) afin d'améliorer la communication autour de la représentation du changement. De nombreuses sorties de modèles, cartes, graphiques, etc. ont été produits dès l'OSR6 dans le cadre des recherches portant sur l'anticipation des changements socio-environnementaux (changement climatique, gestion des ouvrages). Ces résultats sont souvent difficiles à appréhender pour le lectorat (chercheurs d'autres disciplines, partenaires techniques, grand public), en raison de la complexité des phénomènes spatio-temporels qu'ils documentent.

Cette action a pour objectif de porter un regard réflexif sur nos modes de représentation des résultats de modélisation, et ainsi améliorer la communicabilité auprès des gestionnaires, scientifiques et grand public. Il s'agira notamment (1) d'effectuer une veille bibliographique et technologique sur les interfaces de géo-visualisation des processus de changements, (2) de proposer un atelier participatif entre scientifiques et gestionnaires de l'OSR afin d'identifier les besoins et difficultés de chaque communauté et (3) de proposer de nouveaux éléments de représentation des résultats sur la base de ces réflexions (web SIG, cartes animées, infographies et documents simplifiés).

Cette action valorisant les connaissances acquises dans l'ensemble de l'Axe D, le travail sera réalisé en Année 3 du programme OSR7. Ce travail reposera sur un stage de Master 2 en humanités numériques ou médiation scientifique.

Apports opérationnels de l'action

La communication autour des impacts du changement climatique constitue un enjeu de société majeur. A l'échelle du Rhône, les conséquences sur les dynamiques hydro-sédimentaires apparaissent comme potentiellement importantes et les résultats doivent ainsi être diffusés au plus grand nombre. Cette action répond à cet enjeu et permettra de disposer de documents de référence pour les scientifiques et les gestionnaires, avec pour objectif de faciliter la diffusion des résultats de prospective de l'OSR.

Planification des activités de recherche

CNRS-EVS

Année 1

Pas d'activité sur l'Année 1

Année 2

Pas d'activité sur l'Année 1

Année 3

Veille bibliographique et technologique.

Co-organisation / animation d'un atelier participatif afin d'identifier les besoins et les difficultés en matière de compréhension et appropriation des résultats sur les processus de changements.

Rédaction d'un cahier des charges tenant compte des besoins des partenaires.

Alimentation d'un web SIG (GéoOSR) et réalisation de cartes animées, infographies et documents simplifiés en fonction des besoins identifiés et des technologies disponibles.

IRSN

Année 1

Pas d'activité sur l'Année 1

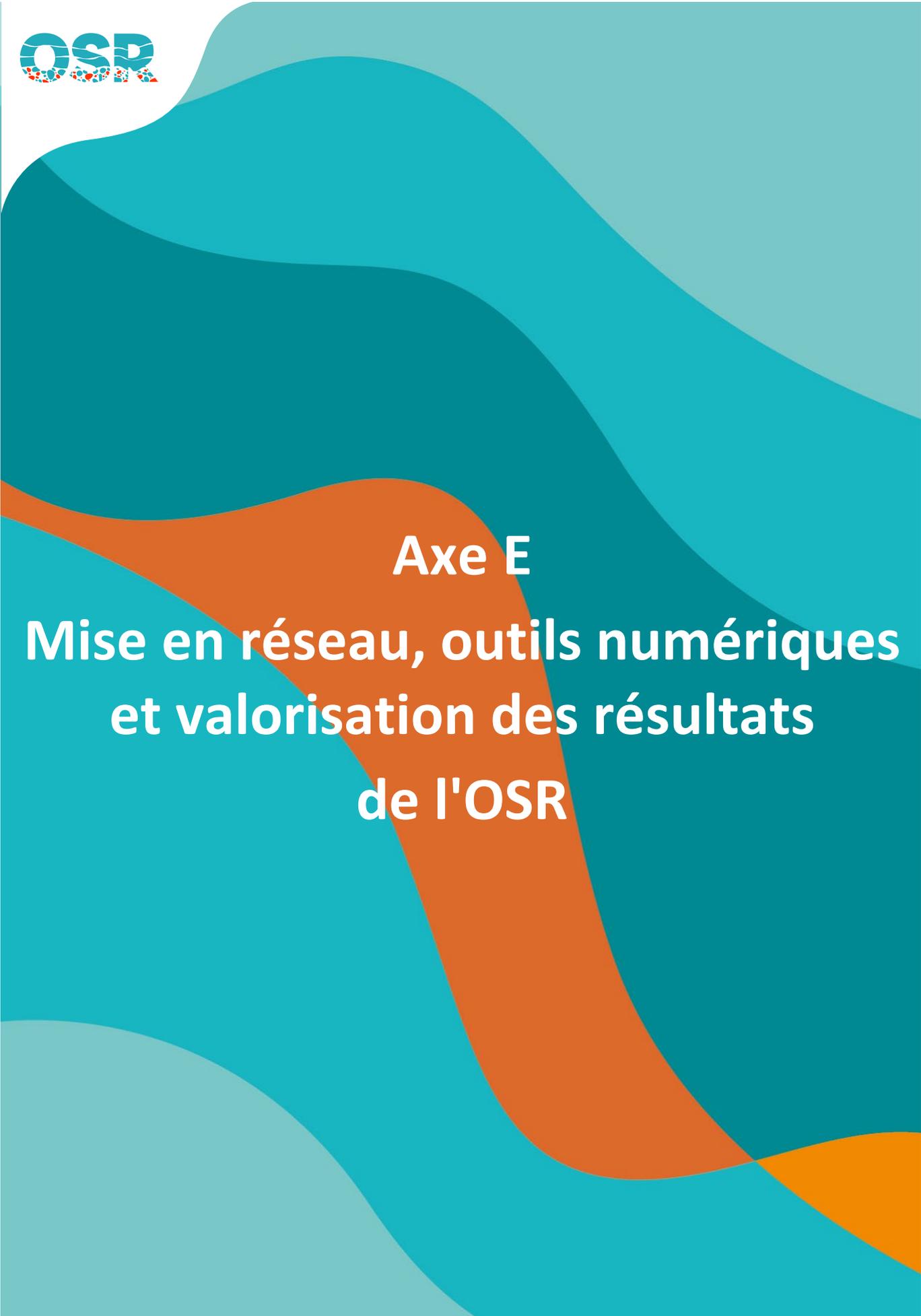
Année 2

Pas d'activité sur l'Année 2

Année 3

Co-organisation / animation d'un atelier participatif afin d'identifier les besoins et les difficultés en matière de compréhension et appropriation des résultats sur les processus de changements.

Participation à la rédaction du cahier des charges sur la représentation des processus de changement.

The background of the page is an abstract composition of overlapping, wavy shapes in various shades of teal and blue, with a prominent orange shape that curves across the middle. The text is centered over this background.

Axe E

Mise en réseau, outils numériques et valorisation des résultats de l'OSR

Responsables de l'Axe

Jérôme Le Coz ; Fanny Arnaud

Responsables d'actions

Fanny Arnaud ; Patrick Boyer ; Flora Branger ; Marina Coquery ; Jérôme Labille ; Jérôme Le Coz ; Bertrand Morandi ; Hugo Lepage ; Théophile Terraz ; Fabien Thollet

Unités de recherche impliquées

CEREGE-AMU ; CNRS-EVS ; ENTPE-LEHNA ; GRAIE ; IFREMER ; INRAE-RiverLy ; IRSN

Description de l'axe

L'Axe E est un axe méthodologique transversal qui vient en appui aux autres axes et vise à développer, maintenir, exploiter, transférer et valoriser les données, les modèles et outils produits dans l'OSR, à destination du collectif scientifique, des partenaires techniques et des publics extérieurs. Les actions de cet axe sont essentielles pour optimiser la production scientifique du collectif OSR en partageant et en validant les outils et données, et pour capitaliser les connaissances issues du dispositif d'observation sur le long terme.

L'Axe E regroupe 5 actions qui soutiennent l'ensemble des actions de recherche menées dans les axes A, B, C et D du programme OSR7. Ces 5 actions se situent dans la continuité de l'axe E du précédent programme OSR, en y apportant des améliorations compte-tenu du contexte très dynamique des développements technologiques et de la science ouverte. :

- Les actions E1 et E2 portent sur l'acquisition d'échantillons et de données via le réseau des stations OSR et le développement des outils de modélisation.
- Les actions E3 et E4 portent sur la valorisation des travaux de l'OSR et du développement des outils de partage et de communication
- L'action E5 centralise le pilotage du projet

Lien avec les enjeux stratégiques

Les apports opérationnels de l'Axe E sont la connaissance des flux sédimentaires et des contaminants associés sur l'ensemble du continuum fluvial (dont les exports à la mer) de l'échelle événementielle (crue, APAVER...) à l'échelle annuelle et interannuelle. Les outils de modélisation hydro-sédimentaire visent à modéliser et prédire les tendances d'évolution morpho-dynamique, des flux sédimentaires et de contaminants, et du régime hydrologique sur des événements réels et sous des scénarios de projection. Les applications web et bureau visent à ouvrir et partager largement les données et métadonnées produites et collectées dans l'OSR. Ainsi, l'Axe E répond directement aux enjeux stratégiques 5 et 6 du programme à l'horizon 2030. En tant qu'axe transversal, il répond indirectement aux enjeux 1, 2, 3 et 4.

Action E.1 - Exploiter et consolider le réseau de suivi des flux et la bancarisation des échantillons

Responsables

Fabien Thollet ; Jérôme Labille ; Hugo Lepage

Contributeurs

IRSN : David Mourier ; Franck Giner ; Valérie Nicoulaud-Gouin ; Doctorant (36 mois)

INRAE-RiverLy : Jérôme Le Coz ; Marina Coquery ; Aymeric Dabrin ; Assistant.e Ingénieur.e (CDD 30 mois)

CNRS-CEREGE : Antoine Martelet (Assistant Ingénieur, CDD 30 mois) ; Daniel Borschneck ; Vladimir Vidal

IFREMER : Olivier Herlory ; Ivane Pairaud ; François Dufois ; Michel Répécaud ; Christophe Ravel

Unités de recherche impliquées

CNRS-CEREGE ; IFREMER ; INRAE-RiverLy ; IRSN

Mots-clés

Lit mineur ; bassin versant ; delta ; crue ; apports urbain ; matières en suspension ; flux ; variation temporelle ; variation spatiale ; contamination particulaire ; modélisation ; comparaison modèle/mesure ; granulométrie ; capteur/sonde

Descriptif général de l'action

Cette action vise à maintenir et améliorer le réseau de stations de mesure de l'OSR, afin de continuer à produire et partager les chroniques continues de concentrations et flux en MES et contaminants associés utiles à différentes actions du programme OSR. Principalement assurée par INRAE Riverly au Nord et CEREGE + IRSN au Sud, cette action repose sur le recrutement de deux assistants ingénieurs financés par l'OSR7, pour 30 mois chacun au sein d'INRAE et du CNRS-CEREGE. Ces personnes seront respectivement mobilisées au Nord et au Sud en appui des personnels permanents pour assurer les interventions sur le terrain, périodiques et ponctuelles, ainsi que les analyses physico-chimiques systématiques décrites ci-après. Cette action comprend les tâches suivantes :

- Calcul des flux de MES et de contaminants. La maintenance des stations turbidimétriques sur les 3 stations sur le Rhône et sur les principaux affluents sera poursuivie, ainsi que la collecte régulière d'échantillons d'eau pour mesurer les concentrations en MES, nécessaires à l'établissement des conversions MES(turb). Les données de ces stations sont bancarisées sur la base [BDOH](#).
- Mise en place d'un turbidimètre à la station SORA pour harmoniser les mesures avec celles des autres stations. A noter que l'IRSN prévoit l'installation d'une sonde multiparamétrique (chlorophylle a, température, conductivité, pH) dont les données pourront être mise à disposition de l'OSR pour interpréter les observations.
- Amélioration des dispositifs d'échantillonnage sur l'Ardèche et le Gardon. Sur l'Ardèche, le dispositif de prélèvements automatisé est éloigné de la station turbidimétrique et son pilotage manuel ne permet pas 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.
- Collecte d'échantillons de MES grâce aux pièges à particules et centrifugeuses fixes à Jons et Arles sur le Rhône ; et collecte de MES à l'aide de PAP sur les autres stations du réseau (Rhône à Andancette/St Vallier et principaux affluents). Les mesures de la distribution granulométrique et COP seront réalisées systématiquement sur tous les échantillons de MES collectés. Les analyses d'ETM et mercure seront focalisées sur les 3 stations sur le Rhône (Jons, Andancette et Arles) ainsi que sur la Saône. L'analyse des radionucléides sera poursuivie à Arles et Jons.

Des compléments d'analyses de contaminants seront envisageables sur les autres stations du réseau grâce à la conservation des échantillons via l'outil Banque (échantillothèque à -80°C et logiciel de documentation associé).

- Une station turbidimétrique temporaire pourra être installée sur l'Ain ou un autre affluent en vue d'explorer les flux de MES et contaminants apportés au Rhône. Les prélèvements pour les analyses de contaminants seraient effectués par centrifugation mobile ou piège à particules (PAP).
- Pérennisation de la station MesuRho, équipée de sondes multiparamétriques pour la mesure en sub-surface et au-dessus du fond des variables physico-chimiques (température, salinité, pression, turbidité, oxygène dissous, fluorescence), d'un ADCP (mesure des courants, vagues) et d'une station météorologique.
- Intégrer un premier jeu de capteurs low cost sur le réseau, en complément des sondes multiparamétriques citées ci-dessus. Dans une première étape, une réflexion collective portera sur les types de sondes existantes et d'intérêt pour le suivi des MES et de la chimie de l'eau. A minima, cela comprendra la mesure de turbidité, déjà largement déployée sur les stations du réseau d'observation via des matériels onéreux. Après acquisition, les capteurs seront déployés à la station Sora afin de procéder à une calibration et intercomparaison avec les mesures en place (cf. ci-dessus). A l'issue de cet essai, une réflexion portera sur l'intérêt de multiplier ce type de capteurs sur le réseau, soit en complément sur les stations hydro-sédimentaires existantes, soit en équipement ponctuel de site d'intérêt liés à des événements.
- Mener une réflexion pour la mise en place d'un double conditionnement des MES avant stockage et bancarisation, par i) lyophilisation (tel que pratiqué actuellement) et ii) congélation de matières fraîches, pour l'analyse ultérieure des microplastiques. En fonction des réflexions, des échanges avec des projets connexes (e.g. projet ZABR MicroPlasticRiver) et de leurs conclusions, cette bancarisation pourra débuter avant la fin du programme OSR7, si l'échantillonnage des MES utilisant les pièges à particules apparaît comme une méthode pertinente pour le piégeage des microplastiques.
- Intercomparaison des méthodes de prélèvement lors d'une crue à Arles. Ces travaux font suite aux travaux d'intercomparaison des PAP réalisés à Jons (Masson et al., 2018) et à Arles en période de faible débit dans le cadre de l'OSR6 (mai 2022). Une étude complémentaire sera réalisée lors d'une crue à Arles pour comparer les méthodes de prélèvements lors de fort débit et de fortes charges en suspension. Ces travaux précédents, ainsi que ceux de la littérature scientifique, confirment le biais granulométrique du PAP par rapport aux centrifugeuses en continu, et donc de la dilution potentielle de la concentration de certains contaminants (ETM, radionucléides). Il est donc intéressant d'étudier si ce biais subsiste ou s'amplifie lors des crues, durant lesquelles la proportion de particules grossières est non négligeable.
- Modélisation des concentrations en MES en fonction du débit aux différentes stations du réseau de suivi par modèle de données. L'objectif de ce travail est d'utiliser les outils d'apprentissage automatisé (machine learning) pour prédire les paramètres d'intérêt : charge en suspension (en complément/remplacement des relations Cs-Q), granulométrie et COP des MES, et concentration des contaminants particuliers (radionucléides dans un premier temps, ETM et Hg ensuite). Ces travaux seront réalisés dans le cadre d'une thèse (financement IRSN/OSR) et font suite à des premiers travaux exploratoires réalisés dans le cadre de l'OSR6 et dont les résultats ont démontré l'intérêt de cette approche pour modéliser les concentrations en MES à Arles et Jons. L'objectif ici est d'étendre à l'ensemble des stations OSR et d'améliorer le modèle afin de prédire au mieux les paramètres d'intérêts, notamment lors des événements extrêmes. Les récents travaux de transférabilité montrent qu'il est possible de paramétrer le modèle à partir d'une station bien caractérisée (par exemple l'Isère ou la Saône) pour ensuite l'appliquer à des stations avec très peu de données (Ardèche ou Gardon). Les travaux seront réalisés en interaction avec la modélisation hydro-sédimentaire du Rhône de l'action E2, car les deux approches sont complémentaires. Enfin, cette approche permettra de faire des prédictions sous scénarios de changement climatique en lien avec l'axe D.

Apports opérationnels de l'action

Cette action assure un rôle clef dans le programme OSR (enjeu stratégique 6), en permettant de maintenir le réseau de stations de mesure et de continuer à produire, partager et bancariser les chroniques continues de données utiles à différentes actions du programme. En effet, l'ensemble des données mises à disposition dans la base BDOH/OSR (séries temporelles de débit, concentrations en MES, concentrations en contaminants, et flux calculés pour MES et contaminants) sont nécessaires pour l'analyse opérationnelle du fonctionnement hydro-sédimentaire du fleuve à l'échelle événementielle (crues, chasses) comme à des échelles plus longues (annuelle, pluri-annuelle). Le bilan des flux de MES et contaminants à l'échelle du Rhône et de ses principaux affluents permet de hiérarchiser et prioriser les actions visant à maîtriser et réduire les impacts anthropiques sur les milieux, en particulier sur la mer côtière. Les échantillons collectés et conservés dans l'échantilloteur (Banquise) permettront l'étude rétrospective des contaminations, y compris pour des substances émergentes et avec des techniques d'analyse plus avancées, dans une démarche d'amélioration constante des opérations de suivi. Les procédures et protocoles de prélèvements et d'échantillonnage mis à disposition du collectif renforcent la capacité opérationnelle à pratiquer des suivis équivalents à ceux de l'OSR, en particulier pour d'éventuels prestataires.

Planification des activités de recherche

CEREGE-AMU

Année 1

Les activités du CNRS-CEREGE sur l'action E1 se déclinent en 4 sous actions :

- Sur le réseau Sud, en binôme avec l'IRSN, assurer les missions de prélèvements des MES, et la maintenance des équipements en place ; puis conditionner les échantillons de MES par lyophilisation et broyage et les expédier en vue de leurs analyses et bancarisation à l'INRAE ;
- Réaliser les analyses d'ETM sur les échantillons de MES de Saône, Jons, Andancette et Arles, et intégrer les données ETM dans la base de données BDOH ;
- Participer à une action ponctuelle d'intercomparaison des outils d'échantillonnage en période de crue.
- Acquérir et déployer un jeu de capteurs low cost pour le suivi de la qualité de l'eau à la station Sora

Année 2

Maintien du réseau d'observation, prélèvements / analyses ETM et bancarisation des données sur la base BDOH/OSR.

Intercomparaison et calibration des mesures de capteurs low cost.

Année 3

Maintien du réseau d'observation, prélèvements / analyses ETM et bancarisation des données sur la base BDOH/OSR.

IFREMER

Année 1

Sur les 3 années de l'OSR, l'Ifremer assurera le maintien en situation opérationnelle de la station MesuRhô. En fonctionnement nominal, il est prévu une visite d'entretien et de contrôle tous les 3 mois pour effectuer une rotation des sondes. L'Ifremer procédera à l'étalonnage, la préparation des sondes. En cas de détection de dysfonctionnement, une ou plusieurs missions complémentaires dédiées seront organisées afin de réaliser un diagnostic puis les réparations nécessaires. A chaque sortie, des profils hydrologiques seront réalisés à l'aide d'une sonde CTD et des prélèvements d'eau seront réalisés au niveau du système de mesure en sub-surface afin d'évaluer la concentration en MES et en pigments chlorophylliens.

Les données des séries temporelles de turbidité et des mesures ponctuelles de concentrations en MES seront bancarisées dans BDOH/OSR. Un contrôle qualité des données sera effectué a posteriori sur les séries annuelles. Cette action sera récurrente et contribuera au rapport annuel sur le réseau de mesures. Elle sera assurée grâce à la mobilisation de personnels permanents (ingénieurs, techniciens, chercheurs).

Année 2

Exploitation de MesuRho, validation et bancarisation des données.

Année 3

Exploitation de MesuRho, validation et bancarisation des données.

INRAE-RiverLy

Année 1

INRAE poursuivra la collecte de MES par pièges à particules et centrifugation, assurera la maintenance du réseau d'observation sur le Rhône et ses affluents et la bancarisation des données acquises des mesures physiques et contaminants sur la base BDOH/OSR, en incluant les données des partenaires opérationnels (EDF, CNR).

INRAE réalisera les analyses de granulométrie et COP sur tous les échantillons et l'analyse du mercure dans les MES sur les 3 stations permanentes du Rhône et la station Saône ; et assurera la bancarisation des échantillons en vue d'analyses futures rétrospectives/utilisables pour d'autres actions du programme OSR7.

Amélioration des dispositifs d'échantillonnage sur l'Ardèche et le Gardon. Le développement d'un système de communication à distance (GSM par exemple) sera étudié pour permettre la communication entre un turbidimètre et un préleveur automatique d'échantillon distant de quelques kilomètres.

Réflexion sur le déploiement d'une station turbidimétrique temporaire sur l'Ain ou un autre affluent du Rhône.

Année 2

Maintien du réseau d'observation, prélèvements / analyses physico-chimiques et bancarisation des données sur la base BDOH/OSR, bancarisation des échantillons de MES.

Année 3

Maintien du réseau d'observation, prélèvements / analyses physico-chimiques et bancarisation des données sur la base BDOH/OSR, bancarisation des échantillons de MES.

IRSN

Année 1

L'IRSN participera avec le CNRS-CEREGE aux missions de prélèvements du réseau SUD, à la maintenance des équipements et à la calibration du turbidimètre à Arles. La radioactivité gamma des échantillons de MES prélevés à Jons sera analysée en plus de celle mesurée en routine à la station d'Arles. Année 1, 2 et 3.

L'IRSN participera également à l'étude d'intercomparaison des prélèvements lors d'un épisode de crue à Arles en pilotant l'action et en mettant à disposition les moyens de la station à l'ensemble des collaborateurs. Des analyses seront réalisées sur l'ensemble des prélèvements et comparées à l'étude similaire réalisée en période de faible débit en mai 2022. Report possible en Année 2 si pas de crue en Année 1.

Travaux de la thèse en 1^{ère} année : synthèse bibliographique des solutions existantes et application sur les stations du Rhône pour modéliser la CMES à partir de variables environnementales (pédologie, occupation du sol, pluviométrie...).

Année 2

Maintien du réseau d'observation, prélèvements / analyses radionucléides et bancarisation des données sur la base BDOH/OSR.

Réalisation de prélèvement et de mesure granulométrique et de COP dans le cadre de la thèse en machine learning.

Travaux de la thèse en 2^{ème} année : modélisation de la taille des particules et du COP des MES.

Année 3

Maintien du réseau d'observation, prélèvements / analyses radionucléides et bancarisation des données sur la base BDOH/OSR.

Travaux de la thèse en 3^{ème} année : modélisation de la concentration des contaminants d'intérêt (radionucléides, ETM, Hg).

Action E.2 - Développer la modélisation hydro-sédimentaire du Rhône du Léman à la mer

Responsables

Patrick Boyer ; Théophile Terraz

Contributeurs

Jérôme Le Coz ; Benoît Camenen ; Ingénieur d'Etudes (CDD 12 mois) ; Ingénieur de Recherche (CDD 24 mois) ; Stagiaire de 6 mois

Unités de recherche impliquées

INRAE-RiverLy ; IRSN

Mots-clés

Lit mineur ; bassin versant ; barrage ; crue ; matières en suspension ; sédiment ; sables ; contaminant particulaire ; contaminant dissous ; modélisation ; comparaison modèle/mesure

Descriptif général de l'action

1) Développements logiciels

Développement codes AdisTS et Mage charriage

Nous poursuivons les développements des codes de calcul Mage et Adis-TS. La complexification des solveurs de calcul nécessite le développement de fonctionnalités avancées de pré-traitement, analyse et visualisation hydro-sédimentaire dans l'environnement graphique de modélisation Pamhyr2, dans le but de fluidifier la modélisation 1D du Rhône du Léman à la mer (mission du CDD Ingénieur d'Etudes en développement logiciel).

Développement du code CASTEAURx pour le transfert des contaminants particuliers

Deux développements du code CASTEAURx seront réalisés pour la modélisation du transfert des contaminants particuliers :

- Le premier propose de compléter la modélisation actuelle à l'équilibre du fractionnement liquide/solide des contaminants avec deux options dynamiques : 1) une approche E-K qui combine une fraction en équilibre instantané et une fraction dynamique et 2) une approche K-K qui combine une fraction en échange lent et une fraction en échange rapide.
- Le second consiste à étendre la modélisation des transferts en intégrant les échanges entre la colonne d'eau et les sédiments de fond.

2) Développement/amélioration du modèle OSR 1D du Rhône du Léman à la mer

Le développement et l'amélioration du modèle 1D a pour objectif la simulation hydro-sédimentaire continue du Rhône sur tout le linéaire, intégrant le fonctionnement des ouvrages au fil de l'eau et de Génissiat en période normale et APAVER (mission du CDD Ingénieur de Recherche en modélisation hydraulique). Les paramètres sédimentaires d'Adis-TS seront calés et validés par comparaisons avec les bilans bathymétriques CNR dans les retenues du Haut-Rhône entre 1990 et 2020. Le développement du module de charriage dans Mage dans le cadre de l'OSR6 va permettre l'intégration du calcul de l'évolution des fonds et de la granulométrie dans le modèle 1D du Rhône.

3) Applications

- Applications du modèle 1D et de modèles 2D locaux (Telemac-Gaia) sur d'autres actions OSR7 (cf description des actions A.1, A.2, A.3, B.3, C.2, D.1, D.2, E.1).

- Calibration du modèle de transfert des contaminants aux sédiments de fond du code CASTEAURx à partir des données acquises dans l'action B.4.

Apports opérationnels de l'action

Les codes de calcul open source, l'interface graphique de modélisation, le modèle du Rhône 1D, les résultats de simulation hydro-sédimentaire, les développements du code CASTEAURx autour du fractionnement liquide/solide des contaminants particulaires et des échanges entre la colonne d'eau et les sédiments de fond renforceront les moyens d'analyse et d'interprétation des données empiriques disponibles sur le Rhône ainsi que les capacités d'expertise pour l'évaluation des conséquences à moyen et long termes.

Planification des activités de recherche

INRAE-RiverLy

Année 1

Développement des codes de calcul et de l'interface graphique de modélisation.

Le cas échéant, application du modèle en support aux autres actions OSR7

Année 2

Développement des codes de calcul et du modèle 1D.

Le cas échéant, application du modèle en support aux autres actions OSR7

Année 3

Développement des codes de calcul et du modèle 1D.

Le cas échéant, application du modèle en support aux autres actions OSR7

IRSN

Année 1

Implémentation dans le code CASTEAURx des deux modèles dynamiques de fractionnement liquide/solide des contaminants métalliques.

Année 2

Implémentation dans le code CASTEAURx d'un modèle de transfert des contaminants entre la colonne d'eau et les sédiments de fond.

Année 3

Au cours de cette Année 3 le modèle sera testé et calibré à partir des données issues de l'action B.4. L'action sera finalisée par la rédaction du rapport final. L'Année 3 impliquera un stagiaire de 6 mois qui réalisera la calibration du modèle de transfert des polluants particulaires du code CASTEAURx en intégrant les données acquises dans l'action B.4.

Action E.3 - Bancariser et partager les données de l'OSR

Responsables

Flora Branger ; Fanny Arnaud

Contributeurs

Brice Mourier ; Benoît Camenen ; Jérôme Labille ; Hervé Piégay ; Oldrich Navratil ; Mathieu Fressard ; Olivier Radakovitch ; Jérôme Le Coz ; Fabien Thollet ; Samuel Dunesme ; Aymeric Dabrin ; Ingénieur d'Etudes (CDD 9 mois), prestation d'ingénierie (3 mois environ)

Unités de recherche impliquées

CNRS-EVS ; CNRS-CEREGE ; ENTPE-LENHA ; INRAE-RiverLy (Lama/Hyr/HyBv) ; IRSN ; IFREMER

Mots-clés

Bases de données ; géo-visualisation ; data-visualisation ; communication ; DOI ; métadonnées ; échantillothèque

Descriptif général de l'action

Cette action permet de maintenir et renforcer le processus de description et de partage des données produites et collectées dans l'OSR, en améliorant l'automatisation et l'interopérabilité des services ([BDOH](#), [catalogue de métadonnées](#), [GéoOSR](#), [photothèque](#), [Chrono-Rhône](#), <https://hal.science/OSR>, serveurs de stockage) afin d'augmenter la visibilité des résultats de recherche de l'OSR.

L'objectif est d'améliorer les fonctionnalités des applications web et bureau : recherches dans les bases de données, exports de données, représentations graphiques, visualisations cartographiques, extensions de l'interopérabilité. Cette action va également permettre d'enrichir les contenus par l'import de nouvelles fiches de métadonnées, de séries temporelles, de couches spatiales et d'évènements dans les différents outils, par exemple. Un dernier objectif est d'améliorer le partage des connaissances en consolidant les connexions entre les outils, dans le contexte évolutif de la science ouverte et de l'écosystème national sur le partage des données eau-sédiments.

L'action E.3 se compose de 3 sous-actions :

1) Outils de bancarisation

Maintenance et poursuite des développements de l'application BDOH (INRAE) et poursuite de la bancarisation des données. Pour les nouveaux développements, on ciblera plus particulièrement l'implémentation du concept d'échantillon pour ajouter une information supplémentaire aux valeurs de certaines chroniques (lien entre toutes les concentrations obtenues à partir du même échantillon, qui n'existe pas à l'heure actuelle), ainsi que la réalisation des développements nécessaires pour coupler BDOH avec des Infrastructures de Données spatiales (IDS) et doter l'application d'une interface cartographique minimaliste, en lien avec l'outil GéoOSR.

Bancarisation des données et maintenance du serveur ENS de Lyon-Observatoire.

Développements, maintenance, alimentation des outils DataViz (catalogue de métadonnées, GéoRhône, photothèque, ChronoRhône).

2) Faciliter les échanges de données entre les partenaires de l'OSR

Dialogue sur le conventionnement et sur la connexion des outils des scientifiques-et des partenaires techniques, traçabilité des demandes de données.

3) Partage des données au-delà de l'OSR

Valorisation de l'échantillothèque : gestion des demandes, communication sur le dispositif, capitalisation sur les demandes en lien avec des projets de recherche.

Créer et consolider les connexions entre les outils de l'OSR, dans le contexte très évolutif de la science ouverte et de l'écosystème national sur les données eau-sédiments (PEPR OneWater, infrastructure de recherche OZCAR, Réseau des Zones Ateliers, projets de recherche en lien avec le Rhône).

Réflexion sur une stratégie de dépôt des données de l'OSR dans des entrepôts de données en ligne (e.g., www.data.gouv.fr) et accompagnement des chercheurs sur ces questions.

Apports opérationnels de l'action

Application open-source BDOH nécessaire au fonctionnement de BDOH/OSR pour la bancarisation et la mise à disposition des chroniques du réseau d'observation, que ce soit à destination des scientifiques ou des opérationnels. BDOH/OSR contient à ce jour 897 chroniques sur 48 paramètres différents, commençant pour certaines dès 1816 (données de débits historiques). Sur la période 2020-2023, 3922 téléchargements de données ont été réalisés de la part de 139 utilisateurs enregistrés. Mise à disposition d'échantillons de MES via l'échantillothèque Banquise pour les besoins futurs. Ouvrir et partager largement les données et métadonnées produites et collectées dans l'OSR grâce à des outils en libre accès. L'OSR dispose à ce jour de 4 outils (en plus de BDOH) de visualisation, consultation et/ou téléchargement des données, et un espace de stockage (ENS) d'une capacité de 6 To évolutifs. L'OSR gère une vingtaine de demandes de données par an (extérieures à BDOH), dont la plupart concerne la convention de mise à disposition de données CNR pour le programme OSR.

Planification des activités de recherche

INRAE-Riverly

Année 1

L'Année 1 sera consacrée au suivi de la fin des travaux réalisés en Année 3 de l'OSR6 sur l'application BDOH (correction de bugs, amélioration des fonctionnalités d'administration des chroniques (duplication, recherche) et édition automatique de récapitulatifs annuels téléchargeables) et à la préparation de la phase de développements qui sera lancée en Année 2. Seront notamment réalisés le recueil de bugs et idées d'améliorations suite aux tests des nouvelles fonctionnalités, ainsi qu'une discussion avec l'équipe EVS (GéoOSR) sur le couplage entre BDOH et des IDS, qui permettra d'affiner les choix de développements à faire en Année 2.

Année 2

L'Année 2 sera l'année de réalisation du programme de développements pour BDOH. Outre des tâches de maintenance et de correction de bugs qui auront été collectés au cours de l'Année 1, on se concentrera sur deux grandes tâches :

- L'implémentation du concept d'échantillon. Ce concept permettra de relier entre elles les chroniques de concentration qui sont actuellement considérées comme totalement indépendantes les unes des autres, en gardant trace de l'échantillon dont proviennent l'eau / les sédiments analysés. Pour intégrer ce concept au schéma de données de BDOH, on s'inspirera de schémas de données et de bases de données assez proches (bases de données du CUAHSI) où ce concept est déjà présent.
 - Le couplage avec des infrastructures de données spatiales et le développement d'une interface cartographique minimale dans BDOH. Une interface cartographique nous est demandée depuis de nombreuses années par les utilisateurs pour faciliter les recherches de chroniques. La page de recherche actuelle est peu ergonomique et s'appuie sur des menus déroulants, ce qui rend les recherches fastidieuses, encore plus sur l'OSR qui comporte près de 900 chroniques. L'idée est de développer un moteur cartographique intégré à la page de recherche de BDOH. Les données cartographiques complémentaires utilisées pour alimenter ce moteur (occupation du sol, topographie, et toute autre carte d'intérêt) proviendront d'autres infrastructures de données spatiales (et en particulier GéoOSR), d'où la nécessité de développer un couplage.
-

Ce travail nécessitera le recours à une prestation d'ingénierie, qui pourra être réalisée en un seul bloc ou découpée en plusieurs missions, selon le plan de charge du prestataire et les phases de développement identifiées au cours de l'Année 1.

Année 3

L'Année 3 sera consacrée à la finalisation du travail démarré en Année 2, aux tests des différents développements et à leur mise en production.

CNRS-EVS

Année 1

La maintenance des outils est assurée par un informaticien permanent (S. Dunesme). En concertation avec F. Arnaud pour le suivi de projet, il est prévu en Année 1 de finaliser les développements informatiques initiés pendant l'Année 3 de l'OSR6 :

- GéoRhône : finalisation de la migration de l'application ESRI ArcGIS Server vers une nouvelle infrastructure mieux calibrée pour la montée en charge.
- ChronoRhône : amélioration des fonctionnalités d'importation et d'édition de données, amélioration de l'interface web (étiquetage des événements, recherche par mots-clés, gestion des images, ajout du DOI, tutoriel d'utilisation...).
- Catalogue de métadonnées : consolidation de la visualisation de données via GeoServer, documentation d'un workflow pour la création de DOI associés aux fiches de métadonnées.
- Mise en place des statistiques de fréquentation sur les différents outils.
- Gestion de l'espace serveur ENS-Observatoire : allocation de stockage pour les données OSR sur la nouvelle infrastructure serveur EVS. Un investissement sera nécessaire sur cette infrastructure serveur afin de pouvoir migrer les outils sur des machines plus récentes, plus stables et scalables en fonction de la montée en charge.

L'Année 1 sera également dédiée au dialogue avec les partenaires techniques, afin de consolider le conventionnement et les modalités d'échanges d'informations dans le collectif et vers l'extérieur, dans la mesure où nous recevons régulièrement des demandes extérieures à l'OSR.

Année 2

L'Année 2 sera consacrée à l'enrichissement des contenus des outils :

- GéoRhône : importation de nouvelles couches, création de nouvelles cartes thématiques suivant les besoins identifiés dans les différents axes de recherche.
- ChronoRhône : continuation du travail de révision des 336 événements historiques de la base de données, initié dans l'OSR6 (homogénéisation de la bibliographie, homogénéisation du champ Description, ajout d'une image par événement, spatialisation, suppression d'événements obsolètes ou erronés, etc.).
- Photothèque : importation de nouvelles images suivant les besoins identifiés dans les différents axes de recherche.

Les connexions entre les outils de l'OSR seront consolidées (par exemple : BDOH/GéoOSR ; serveur ENS-Observatoire/catalogue de métadonnées) et des liens seront faits avec les autres infrastructures et réseaux de recherche sur les données eau-sédiments (PEPR OneWater, OZCAR, RZA, projets en lien avec le Rhône). Une réflexion sera également engagée sur une stratégie de publication des données de l'OSR dans des entrepôts en ligne, avec un accompagnement des chercheurs sur ces questions.

L'Année 2 nécessite le recrutement d'un CDD Ingénieur d'études de 5 mois, en plus du suivi de projet réalisé par F. Arnaud.

Année 3

L'alimentation des contenus sera poursuivie en Année 3 :

-
- ChronoRhône : organisation d'un atelier chercheurs-opérationnels pour enrichir la Frise (saisie collaborative de nouveaux évènements dans l'application).
 - Catalogue de métadonnées : accompagnement des chercheurs pour saisir les fiches de métadonnées issues des actions de recherche de l'OSR6 et OSR7, étant donné qu'un décalage temporel est toujours observé entre l'étape de production de données et l'étape de diffusion.
 - Serveur ENS-Observatoires : il mutualise et pérennise les données acquises par l'ensemble des équipes de recherche de l'OSR. L'enjeu est de récupérer les données auprès des chercheurs et des partenaires, afin d'éviter la perte d'informations et faciliter la réutilisation de données.

Les connexions entre les différents outils de l'OSR et avec les infrastructures et réseaux de recherche thématiques seront poursuivies.

L'Année 3 nécessite le recrutement d'un CDD Ingénieur d'études de 4 mois, en plus du suivi de projet réalisé par F. Arnaud.

Action E.4 - Valoriser et transférer les avancées scientifiques et techniques de l'OSR

Responsables

Bertrand Morandi ; Marina Coquery ; Hugo Lepage

Contributeurs

Benoît Camenen, Brice Mourier, Aymeric Dabrin, Jérôme Labille, Hervé Piégay, Oldrich Navratil, Mathieu Fressard, Flora Branger, Olivier Radakovitch, Fanny Arnaud, Jérôme Le Coz

Unités de recherche impliquées

CEREGE-AMU ; CNRS-EVS ; ENTPE-LEHNA ; IFREMER ; INRAE-RiverLy ; IRSN ; Graie

Mots-clés

Valorisation ; communication ; livrables ; outils

Descriptif général de l'action

Cette action permet de valoriser les résultats scientifiques et les produits de recherche de l'OSR (rapports, publications, documents de synthèse, outils, etc.) et de renforcer la visibilité du programme au niveau national et international.

Elle implique l'ensemble des partenaires scientifiques de l'OSR. Elle est coordonnée par le Graie à travers différents types d'actions :

- Vérifier le contenu des livrables et les résultats, en étant le garant du travail produit et de leur compréhension par les partenaires du Plan Rhône-Saône ;
- Diffuser largement les connaissances acquises, notamment via les outils en ligne (site internet : <https://observatoire-sediments-rhone.fr/> ; portail documentaire : <https://hal.science/OSR> ; relais d'actualités) ;
- Amender le contenu, le graphisme et la mise en page des documents de valorisation produits par l'OSR ;
- Faire rayonner l'OSR à un niveau national et international via l'organisation d'événements OSR et la participation à des événements externes (scientifiques, techniques et grand public).

Le contenu détaillé de cette mission est discuté annuellement avec les partenaires scientifiques et les partenaires du Plan Rhône-Saône afin d'être au plus près des besoins de gestion et des avancées de l'OSR. Cette mission fait l'objet d'une demande de subvention annuelle du Graie, distincte de celle portée par les équipes de recherche.

Action E.5 - Direction et coordination

Responsables

Marina Coquery ; Hugo Lepage

Contributeurs

Bertrand Morandi ; Laure Pelisson

Partenaires impliqués

INRAE-RiverLy ; IRSN ; Graie

Mots-clés

Animation ; conseil scientifique ; comité de pilotage ; budget ; rapports d'activité

Descriptif général de l'action

La direction et la coordination scientifique de l'OSR sont portées par Marina Coquery (INRAE-RiverLy) et Hugo Lepage (IRSN).

La coordination administrative et financière (7 partenaires scientifiques et 7 partenaires financiers, soit au minimum 10 conventions de partenariat chaque année) est portée par INRAE-RiverLy. Elle est conduite en lien étroit avec les services gestionnaires des différents partenaires scientifiques.

La coordination et l'animation technique de l'OSR et de ses différentes instances de gouvernance est portée par le Graie, en lien avec la co-direction de l'OSR. Des réunions régulières sont organisées à cette fin (CODIR).

Les actions qui permettent d'assurer l'avancement du programme de l'OSR sont les suivantes :

- La préparation et l'animation du Comité de Pilotage (COFIL) ;
- La préparation et l'animation du Conseil Scientifique (CS) ;
- La gestion des interactions entre équipes de recherche, et entre partenaires scientifiques et partenaires opérationnels (exemple : réunions d'axes, ateliers, séminaires thématiques) ;
- Le suivi des livrables et rapports d'activités annuels ;
- Le suivi des conventions de partenariat ;
- La bonne intégration et le suivi des projets labellisés en lien avec l'OSR ;
- La gestion au quotidien de l'OSR (animation courante).

Cette mission fait l'objet d'une demande de subvention annuelle du Graie, distincte de celle portée par les équipes de recherche.



Observatoire des Sédiments du Rhône

Dispositifs scientifiques cadres



Partenaires scientifiques



Partenaires techniques et financiers



Cofinancé par
l'Union européenne