



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

OSR5 2018-2020



Version du 23 septembre 2019

BUDGET PREVISIONNEL ANNEES 2018-2020

Table des matières

A) Redynamisation des marges alluviales : faisabilité, risques, opportunités	5
A1. Evolution morphologique des marges à l'échelle du RCC	5
A2. Charge de fond et redynamisation du chenal	7
A2.1. Evaluation des stocks de sédiments grossiers	8
A2.2. Evaluation du transport solide : synthèse globale et validation d'un protocole de mesure de la granulométrie	8
A2.3. Estimation du volume et de la granulométrie des sédiments grossiers transportés pour différents débits – approche fine au sein des RCC en voie de redynamisation	8
A2.4. Suivi de l'effet morphologique du démantèlement des marges : Validation des estimations de charriage par des observations in situ	9
B) Monitoring des flux	10
B1. Pérennisation et coordination du réseau de suivi des flux de MES et de contaminants associés – Vie du Réseau	10
B2. Suivis évènementiels (chasses et crues) des flux de MES et contaminants	13
B3. Le suivi des sables	14
B3.1. Premières études de la géochimie des fractions sableuses	14
B3.2. Actions sable – morphologie locale	14
C) Approfondissement des connaissances pour établir le diagnostic de l'état fonctionnel du Rhône ..	15
C1. Interprétation des concentrations, des flux et des sources	16
C1.1. Interprétation des données de traçage des MES.....	16
C1.2. Analyse spatiale des sources de MES.....	16
C1.3. Approfondissement d'une méthodologie pour l'évaluation des tendances spatiales de contamination – Spécificité du Rhône vis-à-vis des grands fleuves français.....	17
C2. Tendances temporelles des contaminations, historique des flux et estimation des stocks (approches MES vs carottes)	17
C3. Partition et flux des contaminants dans les phases dissoutes et particulières à l'échelle annuelle : contrôle des évènements hydrologiques, des périodes d'étiage et du gradient salin	19
C3.1. Evaluation de la contribution relative des flux de contaminants associés aux particules (MES) et dans le dissous	19
C3.2. Réactivité des contaminants avec la matière organique	19
C3.3. Transfert particulaire-dissous des radio-isotopes à l'embouchure.....	20
C4. Morphodynamique du chenal	21
C4.1. Evaluation des effets hydrauliques/hydrologiques de l'évolution morphologique du lit (approche rétrospective et prospective)	21
C4.2. Modélisation de l'évolution morphodynamique du lit	22

C5. Nouvelles métrologies, mesures intégrées	22
C5.1. Stratégie pour l'analyse rétrospective des échantillons du réseau d'observation (contaminants émergents)	22
C5.2. Analyses rétrospectives pour la recherche de substances médicamenteuses	22
C5.3. Etude et amélioration de l'efficacité d'échantillonnage des pièges à particules	23
C5.4. Acquisitions géophysiques en milieu aquatique	23
D) Modélisation / Bancarisation et valorisation des données	24
D1. Modélisation des flux – modèle hydrosédimentaire 1D.....	24
D2. Développement de l'application informatique BDOH pour l'OSR	26
D3. Intégration des données dans le web-SIG	26
D4. Bancarisation des données.....	27
E) Direction	27
Budget prévisionnel	28

Les propositions pour l'Observatoire des Sédiments du Rhône OSR5 ont été organisées selon un plan en 4 axes qui permet de répondre aux priorités des partenaires et restructurer les équipes autour de questions collectives permettant de renforcer le dispositif de connaissances :

A) Redynamisation des marges alluviales, B) Monitoring des flux, C) Approfondissement des connaissances pour établir le diagnostic de l'état fonctionnel du Rhône, et D) Outils numériques et gestion des données (modèle hydrosédimentaire 1D, BDOH, web-SIG...).

A) Redynamisation des marges alluviales : faisabilité, risques, opportunités

Ce premier axe est centré sur les enjeux de connaissance permettant de mettre en œuvre le schéma de ré-élargissement et de redynamisation des marges. Il s'agit notamment d'évaluer la faisabilité de certaines opérations, notamment les risques de relargage de contaminants ou au contraire les opportunités de certains scénarios (e.g. amélioration des habitats aquatiques et riverains du fait de la disponibilité d'une charge grossière). Cet axe est à la fois centré sur les sites sur lesquels interviennent les opérateurs mais aussi sur d'autres sites ou sur tout le continuum afin de disposer d'une vision intégrée et alimenter la réflexion autour du schéma de gestion sédimentaire.

L'objectif est double :

- Comprendre le processus de sédimentation fine en plaine alluviale et évaluer les risques de relargage. OSR4 a montré que la chronologie de la sédimentation est très différente selon les RCC et que cela a un effet direct sur le niveau de contamination à attendre.
- Comprendre les conditions de transport solide afin d'optimiser les opérations de redynamisation des marges alluviales.

A1. Evolution morphologique des marges à l'échelle du RCC

Responsables : Thierry Winiarski (ENTPE-LEHNA) et Jean-François Berger (CNRS-EVS)

L'objectif de cette action est de constituer un modèle conceptuel/référentiel généralisable en termes de fonctionnement du fleuve et d'évolution des marges alluviales à l'échelle d'un RCC ; et d'intégrer ces connaissances dans la sélection des sites-candidats pour la restauration. Ce modèle pourra être confronté à celui observé sur d'autres fleuves aménagés.

L'aménagement du Rhône depuis le 19^{ème} siècle a sensiblement affecté son évolution naturelle. Afin de mieux appréhender les effets des aménagements sur la morphologie des marges, les parties du fleuve court-circuitées (RCC) semblent être une échelle d'étude particulièrement adéquate. En effet, on trouve à cette échelle divers aménagements pouvant avoir une influence sur les modes de sédimentation : i/ présence de barrages qui peuvent être un frein au transport sédimentaire, ii/présence de casiers Girardon qui ont constitué et qui constituent encore des stocks sédimentaires, iii/ présence de « by-pass » : les flux sédimentaires dans le Vieux-Rhône et dans le canal de dérivation peuvent transiter selon des vitesses différentes. De plus, les différentes modalités de sédimentation peuvent renseigner sur l'état de contamination des sédiments. Les processus de redistribution post-dépositionnels par les pratiques agricoles (homogénéisation par labours et micro-colluvionnements locaux dans les parcelles

cultivées) sont aussi à intégrer dans les approches du devenir des stocks de contaminants présents dans les sédiments remobilisés.

A partir de l'état des stocks de sédiments évalué par différentes techniques : cartographie, géophysique, carottage, sondage à la perche ; il s'agit d'estimer les principaux volumes de matériaux stockés et les contaminants associés à l'activité humaine dans les divers compartiments constituant un RCC (casiers, chenaux reconnectés lors des crues, zones de débordement, réservoirs de barrages).

Au cours de l'OSR4, de l'imagerie géophysique a été effectuée sur 3 RCC : Pierre-Bénite, Péage-de-Roussillon et Donzère. Cette caractérisation a permis de décrire les structures des différents environnements de dépôt sur les marges atterries (casiers, chenaux de crues, zones de débordement). Cette approche a également permis de faciliter la localisation des zones de carottages, pour une meilleure représentativité de ce mode de prélèvement. Ainsi, 15 carottes ont été prélevées sur les 3 RCC, elles ont été décrites, analysées granulométriquement et par Core scanner (XRF haute-résolution). En revanche, les métaux (Cd, Zn, Ni, Pb, Hg, Cu) ont été mesurés sur seulement 5 carottes ; et les datations et mesures de concentration en PCB n'ont été effectuées que sur 2 carottes.

a. ENTPE-LEHNA

L'objectif sera de compléter l'évaluation des stocks sédimentaires et des concentrations en contaminants de Lyon à Donzère sur les différents compartiments atterris du lit majeur et de mettre en place une méthodologie pour les stocks non remaniés immergés. A terme, l'objectif est de transposer ces approches à d'autres fleuves.

En 2018, il s'agira de compléter les analyses sur quatre carottes prélevées à Donzère-Mondragon et Pierre-Bénite dans le cadre de l'OSR4. La priorisation des sites et des carottes sera discutée avec le collectif scientifique et les partenaires techniques.

En 2019-2020, l'objectif sera de décrire les modes de dépôt et évaluer les stocks des sédiments non remaniés et immergés, dans les compartiments ayant un fort potentiel d'enregistrement des processus d'érosion/dépôt : casier en eau, lône, port, darse, barrage et autres annexes fluviales. Pour cela, une approche prospective par géophysique aquatique sera développée en 2018 (voir action C5.4). En fonction des résultats obtenus, six carottes pourront être prélevées dans un ou plusieurs des 3 RCC étudiés (peut être en priorisant Pierre-Bénite). Une carotte supplémentaire pourrait être prélevée dans le plan d'eau Guinet (RCC de Pierre-Bénite) caractérisé par une création récente (1970) et sans connexion avec le fleuve (eau de la nappe) afin de renseigner la part atmosphérique des contaminations.

Pour les 6 carottes :

- Description générale, profil de distribution granulométrique, matière organique, Core scanner (XRF haute-résolution).
- Mesures des métaux et des PCB.
- Mesure des activités du ¹³⁷Cs afin de dater les carottes.

Dans ce cadre une thèse est financée par l'ENTPE depuis octobre 2017 au titre provisoire « Variabilité spatio-temporelle des dépôts sédimentaires hérités et des contaminants associés dans les milieux péri-fluviaux anthropisés » dont l'objectif est de proposer un modèle conceptuel/référentiel généralisable basé sur la notion « sédiments hérités » (ou « legacy sediments »).

b. CNRS-EVS

En 2018, l'objectif est de finaliser le travail de synthèse sur l'évaluation de l'état des stocks sédimentaires pour l'étude de faisabilité du schéma de ré-élargissement des marges alluviales. Cette synthèse est centrée sur les marges récentes de la plaine et sur les casiers, et exploite les analyses conduites par l'ENTPE, les analyses géomatiques complémentaires conduites par EVS et les datations au ^{14}C afin d'établir la chronologie de la sédimentation, notamment au 20^{ème} siècle. Il s'agira de mettre en lien la dynamique d'atterrissement et les facteurs potentiels qui la contrôlent à travers une analyse comparative des RCC de Pierre-Bénite, Péage-de-Roussillon et Donzère-Mondragon.

En 2019 et 2020, l'objectif est d'effectuer de nouvelles campagnes sur un nouveau RCC où sont prévues des actions de redynamisation (e.g. Baix-le-Logis-Neuf), et le secteur de Beaucaire où une analyse hydraulique rétrospective est envisagée (voir action C4.1). En effet, le site de Beaucaire intègre les changements hydrologiques affectant tout le corridor rhodanien et ses affluents. On dispose également de données de ligne d'eau anciennes permettant d'étoffer les interprétations. Il s'agira de faire une analyse fine des changements paysagers à partir des cartes anciennes existantes. Ce travail s'appuiera également sur une campagne exploratoire (quelques profils GPR et une à deux carottes) réalisée par l'ENTPE et complétée par des sondages à la perche et des mesures au XRF. Ce travail permettra de caractériser les états initiaux (période pré-aménagement au 19^{ème} siècle) grâce aux analyses géochimiques et granulométriques des stocks sédimentaires des marges actives.

Une thèse auto-financée par l'ENS (2017-2020) permettra par ailleurs de reconstituer les structures hydro-morphologiques au cours du temps sur les sites de Donzère-Mondragon et Brégnier-Cordon (site supplémentaire à ceux de l'OSR pour l'analyse du continuum fluvial). Focalisé sur les séquences fortement marquées par les activités humaines, ce travail de thèse a pour objectif de restituer un historique des changements fluviaux par une approche rétrospective combinant archives sédimentaires et cartographie afin de caractériser l'état de référence du fleuve avant son aménagement contemporain. Les analyses régressives conduites dans l'OSR4 ont permis d'identifier une série de chenaux abandonnés par défluviation depuis plusieurs siècles, dans le sud de la plaine du Tricastin (RCC de Donzère-Mondragon). Ces chenaux représentent un fort potentiel et seront intégrés dans la thèse. Les carottes récentes prélevées à Brégnier-Cordon pourront être comparées aux carottes OSR de Pierre-Bénite, Péage-de-Roussillon et Donzère-Mondragon, dans un contexte d'aménagement différent puisque le Haut-Rhône n'a pas (ou peu) été aménagé lors de la phase Girardon.

A2. Charge de fond et redynamisation du chenal

Responsables : Hervé Piégay (CNRS-EVS), Michal Tal (AMU-CEREGE), Benoît Camenen (Irstea)

L'objectif de cette action est d'éclairer les partenaires techniques dans la mise en œuvre du programme de gestion sédimentaire du Rhône et d'évaluer les opportunités et les réponses morphologiques du schéma de ré-élargissement et de redynamisation des marges. Les objectifs sont :

- Evaluer les stocks de sédiments grossiers dans la plaine alluviale.
- Disposer d'une vue synoptique des conditions de transport solide sur l'ensemble du Rhône et des capacités de transport existantes.
- Evaluer les effets morphologiques des ré-érosions dans les secteurs de redynamisation.
- Utiliser ces retours d'expériences et les connaissances synoptiques pour optimiser les travaux ultérieurs de démantèlement des marges.

- Assister les opérateurs dans la définition des scénarios de recharge sédimentaire sur différents RCC en tenant compte des données acquises et des résultats de l'étude du schéma de gestion sédimentaire en cours.

Les actions ci-dessus sont en lien avec l'application du modèle hydrosédimentaire 1D du Rhône (action D1 avec l'appui technique d'un CDD).

A2.1. Evaluation des stocks de sédiments grossiers

Responsable : Hervé Piégay (CNRS-EVS)

Il s'agit ici d'évaluer les volumes de sédiments grossiers stockés dans les marges alluviales susceptibles d'être ré-érodées et d'établir des scénarios de recharge en lien avec les évaluations effectuées en A2.2. Le travail a déjà été réalisé (OSR4) sur les secteurs de Donzère-Mondragon (DZM), Pierre-Bénite (PBN) et Péage-de-Roussillon (PDR). Il s'agit, dans OSR5, de le faire sur Baix-le-Logis-Neuf (BLN) afin de pouvoir accompagner la définition des actions de restauration sur ce nouveau site.

Les travaux de l'OSR4 ont montré qu'il y avait beaucoup plus de graviers stockés dans les casiers que ce que l'on n'attendait. Ce résultat semble indiquer qu'un transport solide, du chenal vers les casiers, était toujours actif dans les années qui ont suivi la construction des casiers. En l'état actuel, il manque la granulométrie de ces stocks pour évaluer la pertinence de réinjecter ces sédiments et évaluer la réaction potentielle du Rhône en termes de transport solide.

En 2018, aucune action n'est prévue. En 2019-2020, l'objectif est d'analyser les données granulométriques collectées par la CNR dans les études avant-travaux de PBN, DZM, PDR, BLN afin d'ne faire une synthèse. Des sondages au carottier pédologique et des prélèvements massiques complémentaires seront réalisés sur le site de BLN pour caractériser la granulométrie. Ces données seront intégrées à l'étude du transport solide (A2.2).

A2.2. Evaluation du transport solide : synthèse globale et validation d'un protocole de mesure de la granulométrie

Responsable : Hervé Piégay (CNRS-EVS)

Cette action a pour objectif de finaliser les protocoles de caractérisation granulométrique qui ont été testés sur les RCC de Miribel et de Bourg-lès-Valence. Il s'agit notamment d'évaluer s'il est possible de coupler les techniques acoustiques (sonar latéral ou ADCP) et d'imagerie subaquatique, et de synthétiser les tests réalisés pour la caractérisation granulométrique par prélèvements (Wolman et volumétrie) et par photos en conditions immergées. A l'issue de la synthèse de ces différents protocoles, nous serons en mesure de proposer les protocoles les plus pertinents pour la suite des actions.

A2.3. Estimation du volume et de la granulométrie des sédiments grossiers transportés pour différents débits – approche fine au sein des RCC en voie de redynamisation

Responsable : Michal Tal (AMU-CEREGE)

Cette action a pour objectif d'estimer les capacités de transport solide du Rhône au régime actuel et tronçon par tronçon, en s'appuyant sur la méthodologie établie dans le cadre de l'OSR4 : couplage du

modèle hydraulique 1D (MAGE-Irstea) et des données granulométriques disponibles pour le Rhône avec des équations de charriage, afin d'estimer les conditions hydrauliques à différents débits sur toute la longueur du Rhône (CDD Daniel Vázquez).

En 2018-2019, cette analyse sera approfondie pour aboutir à une meilleure compréhension des transferts de charge de fond aux conditions hydrauliques actuelles. Nous proposons deux lignes de travail : 1) valider les estimations des capacités de transport sur certains RCC avec les données bathymétriques récentes (tous les 100 m) ; et 2) estimer les capacités de transport par classe de taille granulométrique (gravier grossier, gravier fin, fraction sableuse). Les estimations de la charge de fond seront réalisées sur des sites clés (Miribel, Pierre-Bénite, Donzère et Baix-le-Logis-Neuf) pour évaluer les capacités de transport et potentiels d'érosion-dépôt.

Dans un second temps (2019-2020), le but est de tirer profit de la vision globale de la capacité de transport sur tout le linéaire, pour caractériser la continuité sédimentaire amont-aval de la charge grossière et d'établir une hiérarchie des secteurs selon leur dynamique. Ces résultats vont permettre de détailler les secteurs soumis à des enjeux particuliers et d'évaluer si les opérations de redynamisation à mettre en œuvre sont ajustées au contexte hydrosédimentaire actuel. Pour cela, les estimations déjà faites à l'échelle globale du Rhône seront améliorées avec une caractérisation plus détaillée de la granulométrie et de la bathymétrie du chenal à l'échelle locale. Nous cherchons à évaluer l'impact des différentes variables (granulométrie, hydraulique) sur les estimations de charriage à partir d'une étude de sensibilité en intégrant les différents scénarios discutés et les éléments fournis par l'étude du schéma de ré-élargissement et par l'action A2.1.

A2.4. Suivi de l'effet morphologique du démantèlement des marges : Validation des estimations de charriage par des observations in situ

Responsable : Hervé Piégay (CNRS-EVS)

Dans cette action, nous effectuerons des suivis *in situ* et ferons le lien avec les travaux de modélisation de l'action A2.3 afin de valider les modèles et les améliorer pour établir les scénarios avant-travaux : où intervenir, quelle granulométrie est optimale, à quelle fréquence et quel volume réinjecter, quel résultat potentiel attendre en termes de transport solide ? Ce travail sera conduit en coopération étroite avec les services de la CNR qui déploieront des traceurs RFID sur les nouveaux sites, et avec le CEREGE afin de valider les estimations de transport solide.

a. CNRS-EVS

Nous proposons d'analyser et de synthétiser les données de traçage RFID (PIT-tags passifs et actifs) acquises sur plusieurs sites afin de mieux comprendre les conditions de transport dans différents contextes hydrauliques et avec différentes granulométries.

Nous intégrerons dans la synthèse les suivis de Péage-de-Roussillon (GéoPeka/Réserve Naturelle de la Platière ; 2017), Chautagne (GéoPeka/CNR ; 2017), Miribel (EVS/BURGEAP/Métropole ; OSR 2016-2018), l'injection sur la berge restaurée de l'île des Gravieres à Péage-de-Roussillon (EVS ; OSR 2018) et les nouveaux sites équipés par la CNR (Donzère et Baix-le-Logis-Neuf). Selon les sites, nous participerons aux suivis en partenariat avec la CNR et les agents de la Réserve Naturelle de la Platière afin de construire progressivement un jeu de données cohérent et partagé.

En 2018 : poursuite du suivi de Miribel (et modélisation en lien avec l'action A2.3.), équipement de la berge de l'île des Gravieres à Péage-de-Roussillon. L'idée est de suivre les changements morphologiques affectant ce site suite au démantèlement des ouvrages, alors que sur les autres sites, nous regardons uniquement le transfert de la charge dans la section.

En 2019-2020 : mise en place d'un tableau de bord de suivi de la mobilité des galets par RFID sur tous les secteurs de recharge listés ci-avant, intégration des données issues des nouveaux sites, dont un à Donzère-Mondragon.

b. AMU-CEREGE

Les travaux de réinjection de graviers réalisés dans le secteur de Péage-de-Roussillon en 2017, et le suivi de l'évolution du lit et de la dispersion des particules (bathymétrie, PIT-tags) sont une occasion unique de comparer les observations de terrain avec les estimations du transport effectuées dans l'action A2.2. L'action A2.4 a pour objectif d'analyser en détail les liens entre l'hydraulique, les forces tractrices, et le transport solide à l'échelle du tronçon. Ce travail de comparaison des estimations et des observations *in situ* peut être également réalisé dans les autres tronçons où des opérations de réinjection sont prévues en 2018 (Donzère-Mondragon, Baix-le-Logis-Neuf). Cette analyse doit permettre d'évaluer notre capacité à prédire la dynamique sédimentaire du Rhône et d'identifier les lacunes, pour ensuite améliorer notre approche de calcul.

B) Monitoring des flux

B1. Pérennisation et coordination du réseau de suivi des flux de MES et de contaminants associés – Vie du Réseau

Responsables : Jérôme Le Coz (Irstea), Hugo Lepage (IRSN), Jean-Paul Ambrosi (CNRS-CEREGE), Ivane Pairaud (Ifremer)

Il s'agit de poursuivre la maintenance et l'exploitation des stations de mesure des flux : maintenance des sondes turbidimétriques et échantillonneurs automatiques associés, prélèvements (pièges à particules, centrifugeuses), analyses physico-chimiques (concentration en MES, granulométrie, concentration en contaminants), bancarisation des échantillons, bancarisation des résultats d'analyse et des chroniques de flux.

Les stations permanentes sont les stations principales du Rhône à Jons et à Arles-SORA, ainsi que les affluents majeurs : Arve à Genève, Fier à Motz, Saône à Lyon, Gier à Givors, Isère à Beaumont-Montoux, Ardèche à Sauze-St Martin, Durance, Gardon, et la station MesuRho dans la zone du pro-delta pour assurer le continuum jusqu'à la mer.

De nouvelles stations sont à déployer en fonction des demandes et de la faisabilité : compléter avec des prélèvements la future station turbidimétrique CNR de Saint-Vallier, station intermédiaire sur le Rhône entre Jons/Saône et Arles (pour bilan intermédiaire) ; nouvelle station turbidimétrique sur un affluent comme la Drôme (beaucoup de particules fines, impact de l'arboriculture) ; installation de pièges à particules (PAP) sur les affluents.

Fréquence des prélèvements/collecte des MES :

- Tous les mois (et plus souvent autour des crues) : collecte des MES, traitement des échantillons pour conservation (congélation, lyophilisation, broyage), bancarisation des échantillons et envoi des chroniques (BDOH). Environ 120 échantillons / an.
- Evènements hydrologiques : prélèvements lors d'évènements hydrologiques (APAVÉR Haut-Rhône 2020, Chasse basse-Isère, crues sur les affluents et sur le Rhône).
- Analyses physico-chimiques des échantillons collectés : analyses allégées (paramètres globaux, mercure, métaux et radionucléides) : 60 à 180 échantillons / an selon les budgets.

a. CNRS-CEREGE

Poursuite en 2018 de la maintenance des stations et des prélèvements depuis le sud de l'Isère jusqu'à la Mer (Barcarin, Arles-SORA, Durance, Drôme et affluents cévenols : Ardèche, Gardon, Cèze...). La demande d'une nouvelle station sur la Drôme est associée à l'existence de « Terres noires » sur le bassin versant, qui produisent peut-être de fortes concentrations de MES lors de crues éclairs, mais c'est inconnu à ce jour.

Le CEREGE n'interviendra plus que ponctuellement (soutien lors de crue ou opération lourde) sur la partie échantillonnage à partir de janvier 2019. C'est l'IRSN qui prendra le relais en 2019 et 2020 pour les prélèvements et la maintenance des stations de la Drôme, de l'Ardèche, de la Durance et du Gardon pour alléger le budget global de l'OSR (pas de recrutement d'un ingénieur CDD par le CEREGE mais seulement d'un technicien pour réaliser les analyses). Le turbidimètre de Barcarin sera retiré courant 2018, suite à de nombreux actes de vandalisme.

Le MIO continue à s'occuper des prélèvements sur la station Arles-SORA et des mesures de charges en MES, via un financement AERMC à part. Le technicien attiré à cette station partira bientôt en retraite, et la demande d'un CDD réseau flux Sud est d'autant plus importante pour assurer les prélèvements sur une période transitoire si besoin. Dans les rares cas où la centrifugeuse du MIO ne peut être utilisée, les échantillons sont récupérés avec le piège à particules utilisé par l'IRSN pour les analyses de TOL et ¹⁴C.

Analyse et dosage des métaux en phase particulaire (+ éléments traces-traceurs de sources) sur l'ensemble des stations du réseau d'observation des flux, et mesure de la granulométrie des échantillons des stations du Sud : Arles-SORA et affluents du Sud (2018-2020). A partir de janvier 2019, les échantillons seront fournis par les partenaires du projet continuant les campagnes de terrain.

Bancarisation des échantillons et des résultats analytiques, envoi des chroniques (BDOH).

b. Irstea

Poursuivre la maintenance (turbidimètre/prélèvements) du réseau actuel des stations Nord, du Léman à l'Isère incluse (Arve, Fier, Guiers, Jons, Saône, Gier, Isère) ; avec la pérennisation des stations temporaires du Gier et du Fier. Maintenance de la centrifugeuse mobile et de la centrifugeuse fixe à Jons.

Installer une nouvelle station turbidimétrique sur la Drôme.

Organiser la participation de partenaires opérationnels (CNR, DREAL, EDF, SIG...) à l'exploitation du réseau. Transfert de compétences.

Financement et installation de nouveaux équipements pour les stations, notamment des pièges à particules (PAP, lien Action C3.1. Evaluation de la contribution relative des flux de contaminants associés aux particules (MES) et dans le dissous à l'échelle annuelle).

- Réinstallation d'un PAP sur l'Arve en 2020 (selon le budget et sous réserve de disponibilité des Services Industriels de Genève).
- Installation d'un PAP sur la station turbidimétrique CNR de Saint-Vallier dont la mise en service est prévue fin 2018 par la CNR.
- Des stations temporaires à redéployer plus au Sud sont à discuter avec les partenaires.

Campagnes de terrain : prélèvements une fois par mois et lors d'événements hydrologiques majeurs (chasse de barrage APAVER Haut-Rhône en 2020). En 2018 : dosage Mercure et COP (toutes les stations, soit 120 échantillons), mesure de la concentration en MES (vérification des courbes de calibration) et granulométrie sur les échantillons de Jons et des stations sur les affluents du Nord. En 2019 : seulement la moitié des échantillons (soit environ 60) ; en 2020 : tous les échantillons de l'année et si possible les échantillons de 2019 non traités (soit 120 + 60 échantillons).

Bancarisation des échantillons et des chroniques (BDOH).

Afin de constituer une banque échantillon de MES sur le long terme permettant une conservation adéquate (limitation dégradation des contaminants) en vue d'une analyse rétrospective des échantillons, notamment dans le cadre d'analyses de tendances de contamination, nous demandons le financement d'une enceinte -86°C pour le stockage et la bancarisation des échantillons (achat en 2020).

c. IRSN

Les travaux engagés dans l'action B1 sont complémentaires des actions réalisées au cours de l'OSR4 et visent à mieux évaluer les apports des différents affluents du Rhône qui n'ont pas pu être suffisamment caractérisés. L'objectif principal est de contribuer à l'amélioration des modèles de dispersion de radionucléides (notamment le modèle CASTEAUR) en confrontant les prédictions aux mesures pour des situations hors rejets accidentels. Une attention particulière sera portée lors des périodes d'étiages car les premiers résultats montrent des teneurs en hausse pour la plupart des radionucléides. Entre autres, l'analyse du TOL et du ¹⁴C va se poursuivre pour compléter la base de données des affluents et confirmer les premières hypothèses avancées en lien avec l'action C3.2. L'analyse des rejets des industries nucléaires, principalement le centre de Marcoule, va être nécessaire pour ajuster les modèles de prédictions en évaluant leur impact sur les flux de radionucléides. Ce point est en lien avec les travaux réalisés dans le cadre du Plan Rhône sur les archives sédimentaires (projet ArchéoRhône) et de l'action C2 de l'OSR5 (tendances temporelles des contaminations). Des travaux similaires ont eu lieu sur la Loire et ont été nécessaires pour une meilleure interprétation des mesures réalisées sur des archives sédimentaires. Le dernier point de cette action concerne l'évaluation du débit de dose qui a été initié au cours de l'OSR4. Ces travaux préliminaires ont été mis en œuvre afin d'évaluer l'impact des radionucléides artificiels sur le débit de dose induit à la faune et la flore à la station d'Arles où la base des données est robuste. Ces travaux vont se poursuivre pour prendre en compte les radionucléides dans leur ensemble et mettre les résultats en relation avec les paramètres hydrologiques. La majorité du budget est consacré aux analyses radionucléides (gamma, TOL et ¹⁴C) et aux missions de terrain pour la maintenance du réseau et l'évaluation des régimes hydrologiques extrêmes.

L'IRSN s'occupera des prélèvements et de la maintenance des stations du bas Rhône à partir de 2019 pour alléger la demande de budget du CEREGE. Ce besoin implique une augmentation du budget IRSN pour la réalisation des missions (environ 4 000 € sur 24 mois), mais le coût total est nettement inférieur au recrutement d'un ingénieur CDD au CEREGE.

d. Ifremer

L'Ifremer poursuivra la caractérisation de l'impact des crues et des tempêtes sur les apports de matière du Rhône à la station MesuRho à l'aide des mesures acquises à la plateforme instrumentée autonome en temps quasi-réel (mesures de l'hydrologie, de la turbidité et de la courantologie), de la réalisation de profils hydrologiques et optiques (turbidimètre) et de l'analyse des MES lors des opérations tous les 2 mois et lors d'événements extrêmes. L'OSR viendra soutenir les opérations de sorties terrain pour maintenance de la station. Ces sorties terrain pourraient également venir en soutien aux campagnes de terrain conduites par l'IRSN pour étudier le relargage de radio-isotopes dans la phase dissoute.

Dans le cadre de l'OSR, il est donc demandé un financement d'équipements pour contribuer au maintien de la station, et l'achat d'un turbidimètre wetlabs en 2019 de façon à mieux mesurer le contenu en MES.

Durant l'OSR4, la station MesuRho a été intégrée au réseau des stations de l'OSR. Les données, d'abord mises en base dans Coriolis côtier (<http://www.data.coriolis-cotier.org/>), sont en cours de mise en base dans BDOH. En parallèle des mesures optiques et acoustiques en temps quasi-réel par les sondes, le financement de l'OSR a permis d'acquérir des données supplémentaires de concentrations en MES et en Chlorophylle pour calibrer les mesures précédentes. Les données acoustiques sont en cours d'exploitation et de calibration pour en déduire la turbidité. Des données MesuRho ont été utilisées pour valider le modèle morphodynamique de l'embouchure du Rhône développé par L. Boudet (CEREGE) pendant sa thèse (Boudet et al., 2016). Une publication est actuellement en préparation autour de l'étude de l'influence des crues et tempêtes sur le devenir des particules issues du Rhône à MesuRho.

Dans le cadre de l'OSR5, nous proposons, dans la continuité de l'OSR4, de consolider le réseau d'observation présent sur le continuum bassin versant-zone côtière, avec une contribution à la maintenance de la station MesuRho. Avec la mise en veille du suivi à Barcarin, cette station devient l'unique point d'observation caractérisant la transition Rhône aval zone côtière, qu'il devient indispensable de préserver.

B2. Suivis évènementiels des flux de MES et contaminants

Responsables : Marina Coquery (Irstea), Ivane Pairaud (Ifremer)

a. Irstea - Identification des sources diffuses de contamination au sud de Lyon

Les travaux menés dans le cadre du programme OSR4 ont permis de montrer que les bilans des flux de MES étaient relativement équilibrés à l'échelle du fleuve Rhône. En revanche, les flux de contaminants particuliers (Hg, PCB, ...) sont excédentaires à Arles/Beaucaire en comparaison des apports des différents affluents. Cela suggère l'existence d'autres apports le long du corridor rhodanien (petits affluents, rejets ponctuels ou diffus, ...). Pour répondre à cette hypothèse nous proposons des campagnes ciblées en étiage et en crue en 2019, afin de prélever des MES le long du Rhône entre la confluence Rhône/Saône et Arles. Ces prélèvements de MES seront réalisés au moyen de la

centrifugeuse mobile. Des prélèvements pour l'analyse des contaminants dans la fraction dissoute seront également réalisés. Métaux et contaminants organiques hydrophobes sont à prioriser en fonction de leurs propriétés physico-chimiques, de leur occurrence et des bilans de flux. Deux campagnes de prélèvements seront organisées suite aux discussions entre les partenaires qui permettront d'affiner les priorités (un maximum de 30 échantillons de MES est prévu pour les analyses).

b. Ifremer

L'observation ponctuelle lors de campagnes en mer des tailles des MES dans le panache du Rhône a montré une forte hétérogénéité pour des périodes de crues similaires, laissant entrevoir des différences dans les typologies d'apports et les processus de floculation. Dans le cadre du programme de suivi des flux de MES lors de crues et chasses du Rhône de l'OSR5, une approche complémentaire du réseau amont est proposée, dédiée à la caractérisation du spectre en classe de taille des MES apportées par le Rhône à l'embouchure. Grâce au déploiement d'un LISST 100X sur quelques semaines, des événements clés pourront être observés sur le continuum comme des lâchers de barrage, ou des crues (mais plus aléatoires dans le temps). Le déploiement se fera successivement en surface et au fond.

Ces observations sont déterminantes pour comprendre et modéliser la dynamique des MES et l'évolution de leur comportement, notamment leur vitesse de chute, et évaluer ainsi leur devenir dans le milieu côtier.

B3. Le suivi des sables

B3.1. Premières études de la géochimie des fractions sableuses – ACTION ANNULEE

Responsable : Jean-Paul Ambrosi (CNRS-CEREGE)

Lors de l'OSR4, un premier essai de la détermination de l'origine des sables à partir d'éléments chimiques a été réalisé avec succès sur la confluence Rhône-Isère. Nous proposons de poursuivre cette étude dans l'OSR5. L'idée n'est pas de travailler à grande échelle mais plutôt à l'échelle de confluences où le mélange des sables pourrait être analysé entre amont et aval, ainsi que sur des prélèvements de crue (échantillons recueillis en couplage avec l'action B3.2) Les sites prioritaires seront à définir avec les partenaires, mais cela pourrait être les confluences de la Durance, de la Saône, et de l'Ardèche. Les prélèvements peuvent se faire à partir des berges pour les affluents notamment, ou à partir de préleveurs et de bateau en coordination avec CNR et/ou Irstea. Par ailleurs, il pourrait être envisagé d'établir un lien avec l'action C2 sur la chimie des fractions sableuses des carottes.

B3.2. Actions sable – morphologie locale

Responsable : Benoit Camenen (Irstea)

Un gros travail de méthodologie (en particulier sur les prélèvements et le sous-échantillonnage) et de test de différentes techniques de mesure (tests de différents types de préleveurs pour la mesure du charriage et de la suspension graduée de sable, mesures acoustiques par ADCP, Aquascap) a été réalisé lors de l'OSR4. Ce travail a permis d'avancer vers un protocole de mesure et de traitement des données acquises adapté à la spécificité du sable. Cependant, le jeu de données acquis reste insuffisant actuellement pour réaliser des bilans. Il s'agit donc aujourd'hui d'acquérir un jeu de données suffisant sur différents sites-pilotes pour permettre l'établissement de courbes de tarage sédimentaire et

proposer une estimation des flux moyens annuels et/ou des flux sableux lors d'événements ponctuels (thèse de Guillaume Dramais en cours).

Quatre sites sont retenus pour ces mesures (selon les possibilités liées à l'hydrologie et/ou des événements de chasse sédimentaire) :

- Le site de Chancy-les Ripes (à l'aval des retenues de Verbois et Chancy-Pougny) où un transport de sable non négligeable a été observé lors des chasses sédimentaires du Haut-Rhône en 2016, avec en ligne de mire les prochaines chasses du Haut-Rhône (suivi APAVER de 2019 ou 2020).
- Le Rhône à Perrache : l'objectif est ici d'évaluer le transport solide résiduel en sable lors des événements de crue, de premières expériences ayant montré que la capacité de transport n'est pas atteinte.
- L'Isère aval lors des crues/chasses de la Basse-Isère. De la même manière que pour le site de Chancy-les-Ripes, un transport de sable n'apparaît que pour ces événements de chasse. Il s'agit ici de rester en alerte en cas de crue/chasse pour déployer nos instruments de prélèvement (Helley-Smith, bouteille de Delft, P72) en collaboration avec la CNR et EDF afin d'évaluer les flux de sables évacués lors de ces événements et appréhender les possibles dépôts à la confluence. Contrairement à l'OSR4, aucun financement complémentaire de la CNR et EDF n'existe pour la réalisation de ces travaux ; l'étude proposée se fera donc entièrement dans le cadre de l'OSR5.
- Enfin, pour la partie sud, nous proposons de réaliser des opérations « coup de poing » lors des crues sur une nouvelle station sur un site proche Beaucaire. L'objectif est ici de vérifier si le transport sableux atteint bien la capacité de transport du Rhône et de proposer le cas échéant une courbe de tarage sédimentaire permettant de quantifier les apports à l'embouchure à valider en lien avec les mesures bathymétriques réalisées par le CEREGE. Le choix d'abandonner le site de Barcarin est lié aux difficultés expérimentales (maintenance difficile, mesures en crue dangereuses).

Trois à cinq de campagnes de mesure sont envisagées par an incluant la mesure *in situ* (prélèvements, mesures acoustiques), l'analyse (concentration, granulométrie, calcul de flux) et le rapport d'étude (courbe de tarage sédimentaire si possible, estimation de flux moyens).

En parallèle, un rapport décrivant en détail les différents protocoles de mesure proposés suite à l'OSR4 pour l'estimation des flux de sable sera écrit et partagé avec nos partenaires. En particulier, un rapport sera proposé sur l'utilisation de l'acoustique pour l'amélioration de la mesure des flux de sables (thèses d'Adrien Vergne et Guillaume Dramais).

C) Approfondissement des connaissances pour établir le diagnostic de l'état fonctionnel du Rhône

Il s'agit ici de présenter des questions scientifiques pertinentes pour l'OSR mais qui n'impliquent pas la mise en place d'un suivi permanent (elles peuvent bien sûr s'appuyer sur celui-ci qui relève du point B). Ces questions peuvent être traitées à l'échelle de trois ans ou moins. Elles visent à approfondir certaines connaissances permettant d'établir les diagnostics de l'état fonctionnel du Rhône. Elles peuvent être thématiques ou méthodologiques, relatives aux MES ou à la charge de fond, et elles permettront de consolider les connaissances acquises et les diagnostics fonctionnels que les équipes peuvent fournir aux opérateurs.

C1. Interprétation des concentrations, des flux et des sources

Au-delà des acquisitions, les données doivent être interprétées et traduites en recommandations opérationnelles. Cette partie constitue de fait la valeur ajoutée que le collectif scientifique apporte à l'Observatoire des Sédiments du Rhône.

C1.1. Interprétation des données de traçage des MES

Responsables : Jean-Paul Ambrosi (CNRS-CEREGE) et Aymeric Dabrin (Irstea)

a. CNRS-CEREGE (*action programmée seulement en 2018*)

Le traitement statistique des données des stations d'Arles et de Jons entamé dans le cadre de l'OSR4 avait montré l'existence de signatures chimiques différenciées. Le nombre d'échantillons n'était pas suffisant, notamment sur les affluents, pour contraindre l'ensemble des stations suivies. En 2018, nous proposons d'intégrer dans une analyse statistique (hiérarchisation, composante principale, etc.) les données acquises au cours de l'OSR4. Une attention particulière sera portée sur l'identification de chaque station et particulièrement les données des affluents en termes de spécificité chimique, d'origine des particules et des liens entre les différentes stations (apport, dilution du signal).

b. Irstea

Suite aux résultats récents sur le traçage des MES et leur utilisation pour l'estimation des contributions au flux de MES des différents affluents, plusieurs verrous sont apparus concernant différents aspects : comment corriger les concentrations géochimiques de l'effet granulométrique et les intégrer aux modèles de mélange (non additivité des ratios), comment évaluer les incertitudes des contributions relatives des affluents, quelle méthode mettre en place pour évaluer la justesse des contributions... ? La poursuite des analyses sur les affluents du Sud récemment équipés permettra de valider cette approche géochimique pour évaluer les contributions des affluents aux flux de MES sur l'ensemble du bassin du Rhône. Ces travaux viseront également à évaluer la signature des MES autochtones (source potentielle de MES non prise en compte dans les modèles de mélanges). Aussi, pour interpréter les données de traçage des MES (géochimie de fraction non réactive des particules) et les mettre en regard de leur origine à l'échelle des sous-bassins versants, nous proposons une caractérisation physique (identification des minéraux et quantification de la composition élémentaire) des phases non réactives des MES (diffraction X, Quemscan...). Cet essai portera sur les MES des affluents en amont de Jons. Des essais réalisés par le CEREGE avaient été peu concluants sur les MES brutes ; Irstea souhaite tester ce type d'approche sur la fraction non réactive et totale des MES. L'ensemble de ces travaux sont menés dans le cadre d'une demi-bourse de thèse Irstea. Nous demandons une partie du financement de cette thèse dans cette action (6 mois en 2019 et 6 mois en 2020). Nous prévoyons également un stage de master en 2019 sur ce sujet en soutien à la thèse.

C1.2. Analyse spatiale des sources de MES

Responsables : Mathieu Fressard (CNRS-EVS), Flora Branger (Irstea)

Il s'agit d'estimer la production de MES à l'échelle du bassin versant du Rhône à partir de l'analyse spatiale de données géographiques (lithologie, système de pentes, occupation du sol, etc.). Plusieurs

modèles ont déjà été appliqués sur le Haut-Rhône (Bertrand, 2009 ; Launay, 2014) montrant des résultats prometteurs dans l'estimation globale des transferts de sédiments fins ; mais illustrant également la difficulté de prédire directement la dynamique sédimentaire à des échelles aussi larges. Ainsi, il apparaît nécessaire de proposer des approches multiscalaires et multiméthodes de modélisation de l'érosion et des transferts sédimentaires afin de développer des procédures de calage/validation robustes des modèles spatialisés.

Une approche d'analyse spatiale préliminaire et multi-échelle des sources en MES sera réalisée en 2019. Après une phase de collecte et d'homogénéisation des données géographiques, un premier modèle spatial global (qualitatif) sera appliqué à l'échelle du bassin versant du Rhône (tâche Irstea). Dans le même temps, un modèle d'érosion (quantitatif) à une échelle plus fine (*i.e.* 50.000^{ème}) sera développé sur quatre sous-bassins versants représentatifs de la diversité des contextes agro-morpho-climatiques du bassin versant du Rhône (tâche CNRS-EVS). En complément des mesures situationnelles de MES réalisées par l'Irstea, ce modèle à échelle fine permettra de valider les estimations du modèle global.

Sur la base des résultats de 2019, nous proposons pour 2020 de réaliser une simulation spatiale régionale des sources sédimentaires du Rhône en nous basant sur le couplage d'un modèle des transferts de sédiments basé sur la théorie des graphes (Cossart et Fressard, 2017 ; Fressard et Cossart, 2018) (tâche CNRS-EVS) avec un modèle hydrologique spatialisé (Branger et al., 2016) (tâche IRSTEA). Ces deux modèles seront notamment alimentés par la première phase de calage de 2019. A terme, les résultats de la simulation spatiale permettront de mieux comprendre la dynamique sédimentaire globale du bassin versant (notamment pour les sédiments fins) et de tester différents scénarios de changement (*e.g.* climatique, aménagements, modification des pratiques culturelles, etc.).

C1.3. Approfondissement d'une méthodologie pour l'évaluation des tendances spatiales de contamination – Spécificité du Rhône vis-à-vis des grands fleuves français

Responsable : Marina Coquery (Irstea)

Analyse d'échantillons supplémentaires (déjà dans l'échantillothèque) en sous-traitance pour les polluants les plus pertinents (fréquemment quantifiés, présentant un risque environnemental avéré) et les stations insuffisamment documentées (suivi court, lacunes temporelles, etc.).

Remettre les données acquises lors des programmes précédents dans un contexte national voire européen. Comparer avec les données issues d'autres bassins français (Loire, Adour-Garonne) pour dégager/identifier les spécificités du BV du Rhône.

C2. Tendances temporelles des contaminations, historique des flux et estimation des stocks (approches MES vs carottes)

Responsables : Brice Mourier (ENTPE-LEHNA), Hugo Lepage (IRSN), Jean-François Berger (CNRS-EVS), Aymeric Dabrin (Irstea)

Nous souhaitons pour l'OSR5 renforcer les interactions entre les analyses des flux et des stocks sédimentaires car c'est une lacune de l'observatoire, qui a traité les deux questions séparément dans les axes II et III de l'OSR4. Du fait des avancées en termes d'identification des bassins source et de la compréhension de la chronologie de sédimentation des compartiments du lit majeur, il est maintenant

opportun d'intercomparer les données de contamination des MES et des sédiments et d'analyser les sources dans une perspective historique. Il s'agirait également d'établir un fond géochimique de référence (caractériser le fond préindustriel), considéré comme un cadre référentiel solide sur lequel se baser pour interpréter les dynamiques actuelles.

Les chantiers identifiés dans cette tâche visent à faire la synthèse des données existantes en flux et stock (contaminations des MES, des sédiments de surface et des carottes sédimentaires), et à appliquer les protocoles géochimiques à des sédiments anciens pour interpréter les tendances et identifier les sources de la contamination, dans un cadre plus global qu'il ne l'est jusqu'à présent (inter-comparaison).

a- Synthèse des données (2018)

Cette action vise principalement à financer du traitement de données existantes sur les contaminants ubiquistes (métaux, PCB...) obtenues par les différentes équipes de l'OSR. Il s'agit ici de faire la synthèse des données en intégrant les résultats du suivi des flux de MES et de contaminants, des carottes préalablement effectuées sur Rhône dans le cadre de l'OSR (carottes ENTPE et EVS), du projet « ArcheoRhône » (2 carottes sur le Rhône + 1 carotte sur la Saône) et du projet AFB INTERPOL (en cours de financement). A ces données, pourront s'ajouter les données issues du suivi réglementaire de la qualité de l'eau coordonné par l'AERMC et celles obtenues dans le cadre d'opérations d'entretien sédimentaire (sur garage écluses par exemple). L'objectif principal de cette synthèse n'est pas de produire de nouvelles données mais de valoriser l'existant.

La synthèse permettra une inter-comparaison des niveaux de concentrations en fonction des matrices analysées et une évaluation rétrospective des tendances de contamination et de la variabilité des chroniques. Les résultats permettront également d'identifier des besoins de connaissances sur des secteurs du Rhône qui seraient mal renseignés ou sur des fenêtres temporelles clés (préindustrielles) afin de mieux interpréter les concentrations actuelles, les fonds géochimiques, les sources, et disposer de référentiels robustes.

Les échanges entre équipes favoriseront la constitution d'un inventaire des pratiques des équipes de l'OSR (par ex. méthodes de prélèvement, de conditionnement, de préparation et d'analyses des échantillons). Ce travail nécessite une réflexion collective entre les membres de l'OSR afin d'orienter cette synthèse dans une logique d'inter-comparaison de la pollution des grands fleuves sur le long terme (échelle nationale et/ou européenne).

b- Acquisition de nouvelles données (2019-2020)

Analyses complémentaires à prévoir dans les carottes en fonction des objectifs :

- Mesures sur des séquences historiques (préindustrielle, 19^{ème} siècle...) pour déterminer des fonds géochimiques (lien avec action A1 pour échantillonnage de niveaux historiques).
- Traçage géochimique de MES/sédiment sur les carottes existantes. Une demie-bourse de thèse sur le sujet est auto-financée par Irstea.

La méthodologie qui a été développée pour tracer l'origine des particules à l'échelle des MES du Rhône et de ses affluents sera finalisée et optimisée (cf. Action C1.1) pour être validée jusqu'à Arles (détermination des termes sources manquants : Drôme, Gardon...). Cette méthodologie sera transposée aux carottes sédimentaires pour estimer les contributions relatives des affluents au cours

du siècle dernier, et pour éventuellement mettre en regard l'origine des MES avec des pics de contamination, mais aussi pour évaluer l'influence des différents aménagements du Rhône sur les historiques de transport sédimentaire. Ces travaux sont menés dans le cadre de la demie-bourse de thèse financée par Irstea et nous demandons 6 mois de financement complémentaire en 2020.

C3. Partition et flux des contaminants dans les phases dissoutes et particulières à l'échelle annuelle : contrôle des événements hydrologiques, des périodes d'étiage et du gradient salin

C3.1. Evaluation de la contribution relative des flux de contaminants associés aux particules (MES) et dans le dissous sur une station contaminée

Responsables : Aymeric Dabrin (Irstea), Brice Mourier (ENTPE-LEHNA)

L'objectif de cette action est de développer une approche méthodologique pour évaluer la partition des concentrations et des flux relatifs dissous et particuliers des contaminants. Pour cela nous proposons de déployer deux méthodes simples et intégratives en parallèle, le piège à particules pour les MES et les échantillonneurs intégratifs passifs (EIP) pour la fraction dissoute. Nous avons choisi le site du Gier comme station expérimentale pour cette approche, en raison de ses fortes concentrations en divers contaminants. Il s'agit d'une part de comparer la partition dissous/particulaire des concentrations et d'autre part d'évaluer les flux particulaire et dissous sur une année hydrologique complète, prenant en compte les périodes d'étiage et de crues.

- De mai 2017 à mai 2018, des prélèvements ponctuels dissous, des déploiements d'échantillonneurs passif (POCIS, DGT) seront réalisés sur la station du Gier (fortement contaminé par un large panel de substances) en parallèle de la récupération des MES au moyen du piège à particules (cf. Action B1). La stratégie d'échantillonnage consiste à déployer/récupérer les échantillonneurs intégratifs passifs tous les 15 jours pendant 1 an (calé sur la fréquence de prélèvement des pièges à particules de l'OSR).
- En 2018, réalisation des prélèvements intégratifs dissous et analyses pour les métaux, mercure, pharmaceutiques, hormones et pesticides dans le cadre d'une action AFB/Aquaref.
- En 2019, analyse des contaminants organiques dans les MES, correspondant à ceux déjà suivis dans le dissous (hormones, pharmaceutiques et pesticides).
- En 2020, suite des analyses, interprétation des résultats et synthèse.

C3.2. Réactivité des contaminants avec la matière organique

Responsables : Frédéric Eyrolle et Olivier Radakovitch (IRSN)

Si la taille des particules est un paramètre important à quantifier pour mieux comprendre la variabilité des teneurs de nombreux contaminants en transit dans un fleuve, les teneurs en matière organique associée aux particules en suspension sont également à considérer. En effet, la matière organique peut influencer sur les concentrations des éléments traces, d'une part en modifiant les capacités d'échange de ces éléments avec les sites spécifiques inorganiques (atténuation d'adsorption), et d'autre part, en portant potentiellement ces contaminants (phase porteuse par bio intégration des contaminants). Il est donc fondamental de connaître les proportions de matière organique en transit dans les suspensions

du fleuve. Par ailleurs, la qualité et l'origine de la matière organique peut également expliquer certaines variabilités des teneurs en contaminants, en particulier en considérant les proportions autogène/allogène en transit dans le fleuve. Enfin, le rôle de la matière organique dans les processus de transfert des contaminants vers la chaîne trophique est à préciser. En effet, il est attendu que les contaminants traces portés par la matière organique constituent une voie de transfert privilégiée vers les organismes vivants.

Pour l'IRSN l'étude du COP est fondamentale dans le cadre des travaux de recherches associés au TOL (Tritium organiquement lié) et au ^{14}C , c'est-à-dire les deux radionucléides qui intègrent pleinement le cycle du carbone. Le COP est dans ce contexte la phase porteuse pour ces deux radionucléides. Bien qu'ils ne présentent qu'une très faible radiotoxicité ils sont émis majoritairement par les installations nucléaires et de fait entrent dans les préoccupations sociétales émergentes. Nos travaux récents montrent que les niveaux peuvent considérablement varier en fonction de la nature du COP, notamment en fonction de la proportion de carbone fossile. Le livrable sur ces deux RN, a été remis et décrit cette problématique. Il s'agit de mieux comprendre et surtout d'expliquer les teneurs en TOL et en ^{14}C dans les sédiments du bassin du Rhône.

C'est dans ce contexte, que nous proposons de caractériser plus avant la nature et l'origine du COP, dans un premier temps par des analyses des rapports C/N et des isotopes du carbone et de l'azote ; d'autres analyses pourraient très probablement permettre de mieux évaluer les proportions de carbone fossile et le caractère bio assimilable des composés organiques porteurs du TOL et du ^{14}C : ces réflexions pourront être menées plus profondément (revue bibliographique) en 2018 (quelques réflexions sur les liens complexes entre métaux et matière organique seront également menées grâce aux données obtenues par le CNRS-CEREGE dans le cadre de l'action B). Outre le TOL et le ^{14}C , il n'est pas exclu que certains autres RN ou métaux soient partiellement associés au COP. Enfin, les contaminants organiques, hydrophobes, sont principalement associés à cette phase. Dans ce contexte, de même que la caractérisation granulométrique des particules sédimentaire, il est attendu que la caractérisation du COP puisse permettre de mieux comprendre la variabilité des concentrations. Le budget de cette action est réparti entre réunion de travail et analyses CHN + D13C/D15N.

Dans le cas particulier du ^{14}C les travaux réalisés ou en cours ne traitent pas directement, à notre connaissance, de la caractérisation du carbone organique fossile au sein de la phase organique particulaire, un vecteur de dilution important des teneurs en ^{14}C dans les sédiments du Rhône en raison des surfaces importantes de « terres noires » en particulier sur les affluents de l'Isère et de la Durance. Les proportions en COP autogènes, les seules susceptibles d'être marquées par les rejets des installations nucléaires sont également à déterminer afin de mieux comprendre les termes sources et les dynamiques de transfert et de transformation du ^{14}C à l'échelle du bassin du Rhône.

C3.3. Transfert particulaire-dissous des radio-isotopes à l'embouchure

Responsable : Olivier Radakovitch (IRSN)

Les métaux et radio-isotopes adsorbés sur les particules du Rhône peuvent être soumis à un relargage vers la phase dissoute au débouché du fleuve. Ce phénomène lié au passage de l'eau douce à l'eau salé n'est pas encore caractérisé sur le Rhône pour les radio-isotopes, or il peut affecter nombre de ceux issus des rejets comme le ^{137}Cs et ^{134}Cs , ^{90}Sr , ^{54}Mn , ^{60}Co . En modifiant la répartition particulaire/dissous de ces apports, ce relargage potentiel rend ces éléments plus bio-assimilables et favorise leur capacité

de dispersion. Ainsi, si l'essentiel du ^{137}Cs particulaire se dépose vers l'embouchure, le ^{137}Cs dissous a lui déjà été observé jusqu'en Espagne. Enfin, mieux comprendre ce processus est aussi nécessaire pour le cas où des rejets accidentels se produiraient en période d'étiage, affectant ainsi le comportement dans la partie aval du fleuve.

En 2019, deux campagnes de terrain seront réalisées simplement pour définir la structuration du mélange eau douce/eau salée dans le Rhône, ce fleuve étant caractérisé par la pénétration d'un « coin salé » typique aux estuaires sans marée. Fort de cette expérience, deux campagnes de terrain seront conduites en 2020 pour étudier le relargage de radio-isotopes dans la phase dissoute. Ces campagnes seront étendues jusqu'à la mer avec la collaboration d'Ifremer (bouée MesuRho).

C4. Morphodynamique du chenal

C4.1. Evaluation des effets hydrauliques/hydrologiques de l'évolution morphologique du lit (approche rétrospective et prospective)

Responsables : Hervé Piégay (CNRS-EVS), Jérôme Le Coz (Irstea), Thierry Winiarski (ENTPE-LEHNA)

Le schéma de ré-élargissement et de redynamisation des marges est engagé pour améliorer les conditions hydrauliques des RCC et mieux prendre en compte le risque d'inondation. Il repose sur l'idée que la sédimentation fine enregistrée depuis deux siècles sur les marges affecte significativement la débitance du fleuve.

L'objectif de cette action est de mieux caractériser les effets hydrauliques des changements morphologiques contemporains et renforcer ainsi nos diagnostics et les prises de décision associées. Les premiers essais rétrospectifs ont été effectués dans l'OSR4, notamment grâce aux connaissances acquises sur les dynamiques sédimentaires (cf. livrables de l'Axe II – Sédimentation et morphologie du lit majeur). Le travail engagé dans OSR4 sur Péage-de-Roussillon sera poursuivi à Beaucaire. Il s'agit d'un site stratégique car il intègre l'ensemble des changements hydrologiques et hydrauliques du bassin, et nous disposons par ailleurs de données hydrologiques anciennes et des lignes d'eau permettant de mieux évaluer les incidences des changements morphologiques sur les débits et de faire des validations.

Un point clé est de reconstituer l'évolution géomorphologique du tronçon fluvial contrôlant la relation hauteur-débit à la station de Beaucaire (soit environ entre la confluence avec le Gardon et l'aval du pont de la RD90 à Beaucaire), et d'en quantifier les incertitudes. Irstea prendra en charge les aspects hydrauliques (modélisation, courbes de tarage) et EVS les aspects géomorphologiques historiques. A terme, avec l'établissement d'une courbe de tarage sédimentaire, il serait aussi possible d'évaluer les flux moyens de sable.

a. CNRS-EVS et ENTPE-LEHNA

Il s'agit ici de reconstituer les géométries anciennes (avant travaux Girardon) et également des états futurs en tenant compte des dynamiques de sédimentation sur le site de Beaucaire (données topographiques extraites des cartes anciennes et données sédimentologiques à acquérir).

b. Irstea

Analyse 1D des débits dans les géométries reconstituées à Donzère et Beaucaire. Et, sous réserve de pouvoir financer et démarrer la thèse dirigée par Michel Lang sur le sujet : analyse hydrologique rétrospective du secteur de Beaucaire pour évaluer l'évolution de la relation hauteur-débit depuis le début des relevés journaliers de hauteur d'eau en 1812. Cette action prolongerait la réanalyse des statistiques hydrologiques que nous avons engagées récemment, et permettrait d'estimer la série des débits avec incertitude depuis 1812, la station de Beaucaire étant la station historique qui boucle l'ensemble des apports du bassin versant du Rhône à la Méditerranée.

C4.2. Modélisation de l'évolution morphodynamique du lit

Responsables : Michal Tal (AMU-CEREGE), Benoît Camenen (Irstea)

Une compréhension quantitative plus précise de l'évolution historique du Rhône devrait être faite en considérant les rétroactions entre le transport par charriage, l'évolution du lit (aggradation/dégradation), et l'hydraulique. L'outil permettant de faire cela est la modélisation morphodynamique (1D). L'adaptation des modèles morphodynamiques existants sur des secteurs du Rhône va permettre une évaluation détaillée sur la façon dont le lit du Rhône a évolué en réponse aux aménagements, et ainsi fournir un outil pour prédire la trajectoire de sa future évolution. L'abondance des données historiques du Rhône est idéale pour valider ce type de modèles sur un grand fleuve fortement aménagé et développer un outil puissant pour la prédiction. Les tronçons d'intérêt pour cette étude sont Miribel, Pierre-Bénite, Péage-de-Roussillon, Donzère-Mondragon.

Une estimation des capacités de transport historiques pourrait être faite à partir des données bathymétriques anciennes et en supposant un régime non-aménagé. Ces résultats nous permettront de quantifier l'impact des différentes phases d'aménagement sur les transferts de sédiment grossier.

C5. Nouvelles métrologies, mesures intégrées

C5.1. Stratégie pour l'analyse rétrospective des échantillons du réseau d'observation (contaminants émergents) – ACTION ANNULEE

Responsable : Marina Coquery (Irstea)

La constitution de l'échantillonnage permettant l'analyse rétrospective des échantillons de MES (conservation à -80°C) est prévue dans l'action B1. Le développement des approches d'analyse non-target screening (NTS) n'est pas envisagé dans OSR5.

C5.2. Analyses rétrospectives pour la recherche de substances médicamenteuses – ACTION ANNULEE

Responsable : Yves Perrodin (ENTPE-LEHNA)

A partir des carottes prélevées dans l'OSR4 et caractérisées pour les PCB et métaux (OSR4 et OSR5), des mesures de substances médicamenteuses pourraient être réalisées. Cette approche est déjà opérationnelle sur l'Arve dans le cadre du Projet SIPIBEL et pourrait être réalisée de manière exploratoire sur le RCC de Pierre-Bénite (impact de la station d'épuration, de l'ancienne gravière, de l'usine Aspro,

etc.). Liste des 15 médicaments indicateurs et mesurables : Analgésiques (paracétamol et acide salicylique) ; Anti-inflammatoires (kétoprofène, diclofénac et ibuprofène) ; Bêtabloquants (aténolol et propranolol) ; Antifongique (éconazole) ; Hormone (éthinyloestradiol) ; Antidépresseur (carbamazépine) ; Antibiotiques (sulfaméthoxazole, ciprofloxacine, aztreonam, meropenem et vancomycine). Cette liste pourra être mise en regard avec les résultats de l’Axe IV de l’OSR4 (notamment l’action « Etat des lieux des contaminants émergents sur le bassin) afin d’harmoniser les molécules à chercher.

C5.3. Etude et amélioration de l’efficacité d’échantillonnage des pièges à particules

Responsables : Céline Berni et Matthieu Masson (Irstea), Hugo Lepage (IRSN)

a. Irstea

Nous proposons de poursuivre les expériences sur les pièges à particules en labo (canal hydraulique) et sur le terrain, notamment à travers des expérimentations d’écoulement de l’eau et des particules à proximité et dans le piège. Nous souhaitons améliorer notre compréhension du fonctionnement des PAP : qu’est-ce qui est piégé ? Pour cela nous comparerons la granulométrie des MES dans les PAP, les prélèvements et les dépôts sédimentaires.

Nous souhaitons également tester de nouveaux designs de pièges (profilage, parois internes de décantation ...) afin d’améliorer l’efficacité d’échantillonnage des particules fines (y compris des sables).

Enfin, la chasse de l’Arc pourrait être un bon terrain de jeu pour tester de nouveaux pièges, ou les anciens, à proximité du dispositif de prélèvement multi profondeur de Benoît Camenen. Cela permettrait de comparer ce qui est piégé avec ce qu’on prélève par pompage pendant l’évènement.

b. IRSN

Pour le suivi des concentrations en radionucléides dans le Rhône, l’IRSN dispose de pièges à particules installés en aval des centrales nucléaires ainsi qu’à Arles (SORA). Le fonctionnement de ces pièges diffère par rapport à ceux utilisés par IRSTEA car ils sont émergés et alimentés par des pompes. Des travaux seront menés pour comparer les pouvoirs piégeant de ces deux utilisations et l’impact que cela a sur la représentativité du prélèvement et notamment sa granulométrie. La réalisation de tests en commun sur canal hydraulique permettra de mettre en évidence ces paramètres et de déterminer un facteur de correction à appliquer pour corriger les valeurs de concentration.

C5.4. Acquisitions géophysiques en milieu aquatique

Responsable : Thierry Winiarski (ENTPE-LEHNA)

Les zones atterries de 3 RCC (Pierre-Bénite, Péage-de-Roussillon et Donzère) ont été étudiées dans OSR4, on propose à présent d’utiliser la même méthodologie (couplage Géophysique-GPR / Carotte) pour les zones en eau. L’obtention de carottes en milieu aquatique ne pose pas de problème particulier (cf. Action A1) mais il est nécessaire que ces carottes aient une signification quant au mode de dépôt dans son ensemble. Pour cela, nous proposons une approche géophysique afin de décrire l’environnement de dépôt et si possible de proposer une estimation des volumes. Cette approche de couplage géophysique/carottes est habituel en milieu marin, mais en milieu fluvial cette approche

est plus délicate : la hauteur d'eau est faible (problème de propagation des ondes), la présence de gravier peut perturber le signal, etc.

En 2018, il s'agira de tester et développer l'imagerie par sondeur de sédiments SBP (Sub-Bottom Profiler) et le GPR aquatique dans les annexes fluviales en eau (darse, lône, barrage, port). Un système d'acquisition géophysique : Echoes 10 000 de la société IXBlue a été acquis par l'ENTPE en 2017 (un premier essai en juin 2017 sur le barrage de Chavagneux avec la CNR s'est avéré encourageant mais des mises au point méthodologiques restent à faire). L'objectif de cette approche géophysique est de mieux connaître les modes de dépôts, les structures et éventuellement les volumes des sédiments déposés.

En 2019-2020, cette méthode sera utilisée sur les RCC déjà étudiés, peut être en privilégiant les secteurs de Péage-de-Roussillon et Pierre-Bénite. Cette approche améliorera la représentativité des archives sédimentaires. Il peut être envisagé d'utiliser cette technique sur d'autres sites pouvant intéresser les autres partenaires du projet.

D) Modélisation / Bancarisation et valorisation des données

Cet axe regroupe les outils numériques de communication : modèle hydrosédimentaire, base de données BDOH pour les calculs de flux, web-SIG et données.

D1. Modélisation des flux – modèle hydrosédimentaire 1D

Responsables : Jérôme Le Coz, Benoit Camenen, Jean-Baptiste Faure (Irstea), Patrick Boyer (IRSN), Ivane Pairaud (Ifremer)

Le développement du modèle hydrosédimentaire 1D est une action transversale à l'OSR5 qui vient alimenter les problématiques des actions A2, B2, B3, C1, C2, C3 en lien avec l'évolution des fonds et les impacts sur les lignes d'eau, la charge de fond, les flux de MES, de contaminants et de sable.

a. Irstea

- *Simulation numérique des flux de MES et contaminants pour affiner les bilans de flux (de l'événement au pluriannuel)*

Modélisation des MES et de certaines substances modèles lors d'événements de crue et de chasse, voire sur plusieurs années sur la période disposant de mesures OSR. Les résultats auront pour but d'évaluer l'origine des flux, mais aussi le stockage/déstockage de matériaux dans le réseau hydrographique (aménagements en particulier), en lien avec les bilans de flux interannuels établis dans OSR4.

Modélisation des séries de dépôt (stratigraphie) à l'endroit de prélèvement de carottes (lien avec action C2 sur l'historique des contaminations) pour 1) améliorer les taux de dépôt dans le modèle, 2) affiner la datation des événements de crue individuels dans les carottes, et 3) reconstituer les flux de MES du passé ayant pu entraîner les dépôts de crue observés dans les carottes.

- *Modélisation 1-D charriage, sable, avec évolution des fonds*

Application du modèle au Rhône. Test sur le secteur de Miribel / confluence de l'Ain, et sur le RCC de Bourg-lès-Valence.

- *Développement du code de calcul hydrosédimentaire*

Poursuite du développement de l'interface graphique.

Poursuite de l'implémentation du charriage et de l'évolution des fonds.

Intégration du module Génissiat pour les événements de chasses sédimentaires (développé par Lucie Guertault dans sa thèse, cf. Guertault et al. 2016).

Intégration d'une formule de mélange après confluence (cf. thèse Sébastien Pouchoulin 2016-2019), avec une première formulation « basique » et une formulation affinée ensuite en exploitant les campagnes de mesure « mélange aux confluences » (voir ci-après).

- *Campagnes de mesure « mélange aux confluences »*

Mesure du taux de mélange après plusieurs confluences Rhône-affluent (par exemple Arve, Ain, Isère...) pour confrontation à la formule paramétrique développée dans la thèse de Sébastien Pouchoulin, et en vue de l'implémentation du taux de mélange dans le modèle 1D du Rhône. Le paramètre le plus adapté pour mesurer le mélange semble être la température de l'eau, éventuellement la conductivité électrique (achat sonde CTD). Déploiement depuis bateau avec positionnement GPS et mesure de profondeur par capteur de pression.

b. IRSN

Pour modéliser la dispersion des radionucléides dans les rivières, l'IRSN utilise son modèle CASTEAUR (CALcul Simplifié des Transferts dans les cours d'EAUx Récepteurs). Ce modèle permet d'estimer la dispersion d'un rejet (accidentel ou non) dans la rivière concernée en prenant en compte les différents compartiments (hydrologique, sédimentaire et biologique). Ce modèle se veut opérationnel pour évaluer rapidement l'étendue d'une contamination et pourrait donc bénéficier des derniers travaux de l'OSR pour affiner ses calculs, notamment sous le Rhône où le modèle 1D est particulièrement robuste. Cette action se fera sous forme de réunion de travail entre les modélisateurs pour mettre en relation les deux modèles et améliorer la modélisation du transport sédimentaire et des contaminants.

Une thèse IRSN est également en cours pour relier la turbulence d'un écoulement à sa capacité à mettre et maintenir en suspension une taille de particule donnée. Les résultats de ce modèle seront comparés à des données in-situ, notamment à celles de l'OSR à Arles et à Jons.

c. Ifremer

Les flux de MES et de contaminants associés, des bassins versants aux canyons sous-marins du Golfe du Lion, sont fortement dépendants des forçages hydrométéorologiques et de la politique d'aménagement et de gestion de l'eau, actuels et futurs. L'évaluation des trajectoires possibles des flux de MES dans le système bassin versant/mer côtière est appréhendée via la mise en œuvre d'outils de modélisation numérique des transports liquides et solides. Dans le cadre des précédentes phases de l'OSR, un modèle numérique 1D du transport de sédiments du corridor fluvial du Léman à la mer a été déployé par l'Irstea pour l'OSR. En parallèle, dans le cadre de projets régionaux ou ANR, l'Ifremer a développé un modèle numérique 3D du transport sédimentaire dans le Golfe du Lion.

Dans le cadre de l'OSR5, une action exploratoire proposée conjointement par l'Irstea et l'Ifremer concernera l'évaluation du potentiel du couplage de ces deux modèles dans le but de tracer le devenir des apports des différents bassins versant de leur source à leur dispersion dans le Golfe du Lion.

Différentes actions sont proposées :

- i. Modélisation des flux d'eau et de matière pour palier à l'absence de mesures sur certaines périodes à la station SORA, qui pose ensuite problème pour le modèle côtier car la condition en limite est mal connue. En effet, en l'absence de mesures du contenu en MES à SORA, le flux de MES à l'aval est estimé à partir d'une relation simple prenant en compte le débit du fleuve. La mise en place d'un modèle déterministe des flux constituerait une avancée importante.
- ii. Etude d'événements particuliers, le long du continuum, avec un traçage des sources particulières par bassin versant et une évaluation de la variabilité spatiale et temporelle des flux particulières en fonction de la nature (sable/vase) des MES.

D2. Développement de l'application informatique BDOH pour l'OSR

Responsables : Flora Branger (Irstea)

Poursuite des développements de fonctionnalités sur les calculs et visualisation de flux :

- Possibilité de hiérarchiser l'affichage des chroniques en liste pour chaque station (par exemple par famille de contaminant), à utiliser aussi pour sélectionner les chroniques mères pour calcul des filles.
- Affichage différent des mesures <LQ et Estimées, calcul du % mesuré/estimé dans les flux cumulés.
- Calcul automatique des dates début/fin de la chronique-fille = période de recouvrement des chroniques-mères.
- Transformation de chronique discontinue en chronique continue (cf. moulinette R de Flora), applicable sur des lots de chroniques.
- Gestion séquentielle des jobs (calculs de chroniques-filles, de flux), ce qui permettra des calculs plus performants, et la mise à jour automatique des chroniques-filles lorsqu'on actualise une chronique-mère.
- Calcul et publication d'un tableau récapitulatif des flux cumulés mensuels et annuels (annuaire, mais pas sous forme de chroniques supplémentaires).
- Calcul de statistiques sur les chroniques discontinues (type camembert) = nb de mesures/mois.

D3. Intégration des données dans le web-SIG

Responsables : Fanny Arnaud et Aurélie Antonio (CNRS-EVS)

Une nouvelle plateforme cartographique dynamique a été mise en ligne en juillet 2017 (<https://websig.ens-lyon.fr:3344/webappbuilder/apps/39/>). Elle contient 5 cartes thématiques qui permettent de visualiser les principaux résultats de recherche des précédents programmes OSR. Les nouvelles données seront intégrées par les ingénieurs EVS. Quelques mois de CDD sont à programmer en 2020 afin de poursuivre le développement.

D4. Bancarisation des données

Responsables : Fanny Arnaud (CNRS-EVS)

Continuation de l'alimentation des outils numériques de gestion des données afin de faciliter le partage des connaissances entre les chercheurs et les partenaires techniques : géo-catalogue de métadonnées en ligne et serveur de stockage des données.

E) Direction

Responsables : Hervé Piégay (CNRS-EVS), Olivier Radakovitch (IRSN)

La direction est portée par Hervé Piégay et Olivier Radakovitch.

Etant donné la complexité du projet (7 partenaires scientifiques et 7 partenaires financiers, soit minimum 10 conventions de partenariat chaque année), une demande d'appui administratif et financier est portée par Irstea pour le collectif.

La coordination technique, l'animation des différentes instances de gouvernance et la valorisation des résultats de l'OSR sont portées par Dad Roux-Michollet. Cette mission fait l'objet d'une demande de subvention du GRAIE, distincte de celle portée par les équipes de recherche.

Budget prévisionnel

L'année 2018 a été programmée de manière allégée afin de terminer les actions engagées dans l'OSR4 et assurer le suivi minimum. En 2019 et 2020, le collectif proposent de nouvelles actions et plus d'analyses. **Les arguments budgétaires expliquant l'augmentation des coûts sont précisés dans le tableau.**

Action	Unité de Recherche	2018	2019	2020
A1 Evolution morphologique des marges à l'échelle du RCC Argument budgétaire 2019-2020 : ENTPE : Augmentation des coûts de fonctionnement en 2019 liés au prélèvement de nouvelles carottes dans le lit mineur (missions et consommables sur 3 secteurs) et analyses (métaux, matière organique, analyse qualitative des métaux au Core scanner, datation au Cs137, PCB).	ENTPE - LEHNA			
	CDD	-	-	-
	Permanents	29 000 €	29 200 €	25 950 €
	Equipement	-	-	-
	Analyses/Missions/Sous-traitance	35 000 €	49 500 €	24 400 €
	Total	64 000 €	78 700 €	50 350 €
	Demande subvention	35 000 €	49 500 €	24 400 €
	CNRS - EVS			
	CDD	32 100 €	19 350 €	13 500 €
	Permanents	26 200 €	14 450 €	15 050 €
Equipement	-	-	-	
Analyses/Missions/Sous-traitance	2 000 €	3 640 €	3 000 €	
Total	60 300 €	37 440 €	31 550 €	
Demande subvention	34 100 €	22 990 €	16 500 €	
A2 Charge de fond et redynamisation du chenal <i>(Application du modèle hydrosédimentaire dans les différentes actions de cette thématique)</i>	Irstea			
	CDD	(Cf. CDD modèle)	(Cf. CDD modèle)	(Cf. CDD modèle)
	Permanents	5 000 €	4 960 €	3 259 €
	Equipement	-	-	-
	Analyses/Missions/Sous-traitance	1 000 €	1 000 €	1 000 €
	Total	6 000 €	5 960 €	4 259 €
Demande subvention	1 000 €	1 000 €	1 000 €	

A2.1 Evaluation des stocks de graviers	CNRS - EVS	BUDGETISE avec l'action A1		
A2.2 Evaluation du transport solide : synthèse globale et validation d'un protocole de mesure de la granulométrie	CNRS - EVS CDD Permanents Equipement Analyses/Missions/Sous-traitance Total Demande subvention	26 100 € 8 650 € - 3 000 € 37 750 € 29 100 €	- - - - 0 € 0 €	- - - - 0 € 0 €
A2.3 Estimation du volume et de la granulométrie des sédiments grossiers transportés pour différents débits – approche fine au sein des RCC en voie de redynamisation Argument budgétaire 2019-2020 : 2 mois de post-doc en 2018 pour intégrer la bathymétrie fine (100 m) dans le modèle MAGE et réaliser des simulations hydrauliques à différents débits, 3 mois de post-doc en 2019 et en 2020 pour modéliser les capacités du transport par fraction granulométrique à partir des équations empiriques du charriage et des nouvelles données granulométriques, et pour comparer avec les données RFID (action A2.4)	Aix-Marseille Université - CEREGE CDD Permanents Equipement Analyses/Missions/Sous-traitance Frais généraux Total Demande subvention	9 220 € 13 700 € 2 500 € 1 000 € - 26 420 € 12 720 €	13 900 € 18 000 € - 1 000 € - 32 900 € 14 900 €	13 900 € 18 200 € - 1 000 € 3 210 € 36 310 € 18 110 €
A2.4 Suivi de l'effet morphologique du démantèlement des marges : validation des estimations de charriage par des observations in situ	Aix-Marseille Université - CEREGE	BUDGETISE avec l'action A2.3		

<p>Argument budgétaire 2019-2020 :</p> <p>Besoin de personnel pour les campagnes de terrain et l'analyse des données des suivi RFID. En 2019 et 2020, 2 nouveaux sites seront équipés par la CNR. Au total, 7 à 8 sites sur 5 RCC (Miribel, Chautagne, Péage-de-Roussillon, Donzère-Mondragon, et peut-être Baix-le-Logis-Neuf).</p>	CNRS - EVS				
	CDD	6 500 €	44 900 €	45 000 €	
	Permanents	4 950 €	8 500 €	11 480 €	
	Equipement	-	-	-	
	Analyses/Missions/Sous-traitance	7 000 €	2 000 €	2 000 €	
	Total	18 450 €	55 400 €	58 480 €	
	Demande subvention	13 500 €	46 900 €	47 000 €	
<p>B1</p> <p>Vie du Réseau</p> <p>Argument budgétaire 2019-2020 :</p> <p><u>CEREGE</u> : budget 2018 sur 7 mois ; budgets 2019 et 2020 annualisés et minimaux avec réduction du niveau de recrutement du CDD et prise en compte des frais de gestion du CNRS et du CEREGE (+16%, soit 9 936 €) intégrés dans la ligne budgétaire Analyses/Missions /Sous-traitance</p> <p><u>Irstea</u> : Les frais de fonctionnement (prélèvements et analyses) restent minimums sur les 3 ans, des achats d'équipement sont prévus en 2018 et 2020 : 2 sondes turbidimétriques, un préleveur automatique type ISCO, et une enceinte -86°C pour la bancarisation/stockage des échantillons (afin d'assurer la possibilité de réaliser des analyses à long terme sur les contaminants organiques). En 2020, besoins plus importants pour les analyses de 60 échantillons prélevés en 2019 et 120 échantillons prélevés en 2020 ; et pour le fonctionnement et la maintenance des stations, notamment pour le suivi APAVER.</p> <p><u>IRSN</u> : Un stage de M2 est demandé en 2019, l'objectif principal de ce stage sera d'évaluer la contribution des affluents du Rhône à la concentration et au flux particulaire de césium-137 mesurés à Arles. Les coûts de déplacements sont plus élevés en</p>	CNRS - CEREGE				
	CDD	36 250 €	36 250 €	36 250 €	
	Permanents	48 130 €	62 100 €	59 100 €	
	Equipement	-	-	-	
	Analyses/Missions/Sous-traitance	18 000 €	25 850 €	28 850 €	
		Total	102 380 €	124 200 €	124 200 €
		Demande subvention	54 250 €	62 100 €	65 100 €
		Irstea			
	CDD (Salaire brut chargé)	57 465 €	37 835 €	47 240 €	
	CDD (Environnement)	51 320 €	31 100 €	38 778 €	
	Permanents	86 520 €	79 160 €	91 882 €	
	Equipement	5 500 €	-	10 500 €	
	Analyses/Missions/Sous-traitance	32 400 €	28 015 €	33 500 €	
		Total	233 205 €	176 110 €	221 900 €
		Demande subvention	95 365 €	65 850 €	91 240 €
	IRSN				
CDD	-	7 200 €	-		
Permanents	52 550 €	31 900 €	31 900 €		
Equipement	-	-	-		
Analyses/Missions/Sous-traitance	20 570 €	23 105 €	24 465 €		
	Total	73 120 €	62 205 €	56 365 €	
	Demande subvention	20 570 €	30 305 €	24 465 €	

<p>2019 et 2020 car l'IRSN prend le relais du CEREGE pour les prélèvements Rhône Sud. Légère diminution du nombre d'analyse en TOL en 2019.</p> <p><u>Ifremer</u> : Achat d'un turbidimètre wetlabs en 2019 de façon à mieux mesurer le contenu en MES.</p>	Ifremer			
	CDD	-	-	-
	Permanents	16 000 €	19 500 €	15 000 €
	Equipement	2 400 €	18 000 €	-
	Analyses/Missions/Sous-traitance	12 000 €	11 500 €	9 000 €
	Total	30 400 €	49 000 €	24 000 €
Demande subvention	14 400 €	29 500 €	9 000 €	
<p>B2</p> <p>Suivis évènementiels des flux de MES et contaminants. <i>Mobilité des contaminants associés au MES</i></p> <p>Argument budgétaire 2019-2020 :</p> <p>Action qui démarre en 2019, campagnes ciblées en étiage et en crue afin de prélever des MES, analyses chimiques (MES, COP, granulométrie, mercure, contaminants organiques), et contribution d'un CDD (6 mois) : réflexion sur le plan d'échantillonnage, organisation des campagnes, exploitation des données, rédaction du rapport.</p>	Irstea			
	CDD (Salaire brut chargé)	-	20 290 €	21 996 €
	CDD (Environnement)	-	16 690 €	18 061 €
	Permanents	-	22 250 €	42 952 €
	Equipement	-	-	-
	Analyses/Missions/Sous-traitance	-	22 280 €	-
	Total	0 €	81 510 €	83 009 €
	Demande subvention	0 €	42 570 €	21 996 €
Ifremer	BUDGETISE avec l'action B1			
<p>B3.2</p> <p>Action sable – morphologie locale</p>	Irstea			
	CDD – Master	-	-	-
	Permanents	37 210 €	37 220 €	32 398 €
	Equipement	-	-	-
	Analyses/Missions/Sous-traitance	7 500 €	7 500 €	7 500 €
	Total	44 710 €	44 720 €	39 898 €
Demande subvention	7 500 €	7 500 €	7 500 €	

<p>C1.1</p> <p>Interprétation des données de traçage des MES</p> <p>Argument budgétaire 2019-2020 :</p> <p><u>CEREGE</u> : action uniquement en 2018 pour conduire une analyse statistique des données OSR4.</p> <p><u>Irstea</u> : 2019-2020, poursuite de l'action de traçage vers le Sud du bassin versant du Rhône. Analyses chimiques complémentaires d'échantillons de MES prélevés dans les affluents au sud de Lyon ; analyses physiques pour compléter l'interprétation des résultats. Un stage de M2 en 2019 et co-financement de la thèse de Céline Bégorre à partir de 2019.</p>	CNRS - CEREGE			
	CDD	-	-	-
	Permanents	9 135 €	-	-
	Equipement	-	-	-
	Analyses/Missions/Sous-traitance	450 €	-	-
	Total	9 585 €	-	-
	Demande subvention	450 €	-	-
	Irstea			
	CDD (Salaire brut chargé)	-	19 730 €	16 705 €
	CDD (Environnement)	-	13 680 €	13 716 €
Permanents	-	16 620 €	20 291 €	
Analyses/Missions/Sous-traitance	-	4 910 €	-	
Total	0 €	54 940 €	50 712 €	
Demande subvention	0 €	24 640 €	16 705 €	
<p>C1.2</p> <p>Analyse spatiale des sources de MES</p> <p>Argument budgétaire 2019-2020 :</p> <p>Cette action démarre en 2019, avec des stages de M2.</p>	CNRS - EVS			
	CDD	-	3 400 €	3 400 €
	Permanents	-	8 550 €	10 750 €
	Equipement	-	-	-
	Analyses/Missions/Sous-traitance	-	1 500 €	2 000 €
	Total	0 €	13 450 €	16 150 €
	Demande subvention	0 €	4 900 €	5 400 €
	Irstea			
	CDD – Master	-	3 095 €	3 326 €
	Permanents	-	16 550 €	19 006 €
Equipement	-	-	-	
Analyses/Missions/Sous-traitance	-	-	-	
Total	0 €	19 645 €	22 332 €	
Demande subvention	0 €	3 095 €	3 326 €	

C1.3 Approfondissement d'une méthodologie pour l'évaluation des tendances spatiales de contamination – Spécificité du Rhône vis-à-vis des grands fleuves français	Irstea			
	CDD (Salaire brut chargé)	20 295 €	-	-
	CDD (Environnement)	16 690 €	-	-
	Permanents	14 885 €	8 260 €	-
	Equipement	-	-	-
	Analyses/Missions/Sous-traitance	10 000 €	-	-
Total	61 870 €	8 260 €	0 €	
Demande subvention	30 295 €	0 €	0 €	
C2 Tendances temporelles des contaminations, historique des flux et estimation des stocks (approche MES vs carottes) Argument budgétaire 2019-2020 : La synthèse des données est réalisée en 2018 par Brice Mourier, chargé de recherche à l'ENTPE. En 2019-2020, de nouvelles données seront acquises (missions et analyses), avec l'aide d'un technicien recruté à EVS et d'un étudiant en doctorat (demi-bourse de thèse financée par Irstea + 6 mois de financement OSR5 en 2020)	Irstea			
	CDD (Salaire brut chargé)	-	-	16 705 €
	CDD (Environnement)	-	-	13 716 €
	Permanents	-	11 160 €	12 067 €
	Analyses/Missions/Sous-traitance	-	-	-
	Total	0 €	11 160 €	42 488 €
	Demande subvention	0 €	0 €	16 705 €
	ENTPE - LEHNA			
	CDD	-	-	-
	Permanents	12 530 €	10 350 €	10 370 €
	Analyses/Missions/Sous-traitance	-	2 000 €	2 000 €
	Total	12 530 €	12 350 €	12 370 €
	Demande subvention	0 €	2 000 €	2 000 €
	CNRS - EVS			
	CDD	-	3 250 €	-
Permanents	-	7 700 €	7 400 €	
Equipement	-	-	-	
Analyses/Missions/Sous-traitance	-	2 000 €	5 000 €	
Total	0 €	12 950 €	12 400 €	
Demande subvention	0 €	5 250 €	5 000 €	

C3.1 Evaluation de la contribution relative des flux de contaminants associés aux particules (MES) et dans le dissous Argument budgétaire 2019-2020 : Action qui démarre en 2019 : quantification des flux de MES en substances émergentes (hormones, pharmaceutiques et pesticides, dont plusieurs substances réglementées DCE) sur le Gier. Analyse des contaminants organiques en 2019/2020 et interprétation des résultats en 2020 (3 mois de CDD).	Irstea			
	CDD (Salaire brut chargé)	-	1 705 €	3 666 €
	CDD (Environnement)	-	1 400 €	3 010 €
	Permanents	-	24 070 €	20 263 €
	Equipement	-	-	-
	Analyses/Missions/Sous-traitance	-	2 580 €	3 400 €
	Total	0 €	29 755 €	30 339 €
Demande subvention	0 €	4 285 €	7 066 €	
C3.2 Réactivité des contaminants avec la matière organique	CNRS - CEREGE			
	CDD	-	-	-
	Permanents	9 135 €	-	-
	Analyses/Missions/Sous-traitance	-	-	-
	Total	9 135 €	0 €	0 €
	Demande subvention	0 €	0 €	0 €
	IRSN			
	CDD	-	-	-
	Permanents	12 800 €	6 975 €	2 580 €
	Equipement	-	-	-
Analyses/Missions/Sous-traitance	3 205 €	2 105 €	4 440 €	
Total	16 005 €	9 080 €	7 020 €	
Demande subvention	3 205 €	2 105 €	4 440 €	
C3.3 Transfert particulaire-dissous des radio-isotopes à l'embouchure Argument budgétaire 2019-2020 : Action qui démarre en 2019, 2 campagnes par an.	IRSN			
	CDD	-	-	-
	Permanents	-	15 575 €	10 320 €
	Equipement	-	-	-
	Analyses/Missions/Sous-traitance	-	3 705 €	2 775 €
	Total	0 €	19 280 €	13 095 €
	Demande subvention	0 €	3 705 €	2 775 €

<p>C4.1</p> <p>Evaluation des effets hydrauliques/hydrologiques de l'évolution morphologique du lit (approche rétrospective et prospective)</p> <p>Argument budgétaire 2019-2020 :</p> <p>Quelques analyses des données de l'OSR4 seront réalisées en 2018 par Irstea. Le site de Beaucaire sera étudié à partir de 2020 (CDD + missions EVS).</p>	Irstea			
	CDD	-	-	-
	Permanents	8 275 €	-	16 356 €
	Equipement	-	-	-
	Analyses/Missions/Sous-traitance	-	-	-
	Total	8 275 €	0 €	16 356 €
	Demande subvention	0 €	0 €	0 €
	CNRS - EVS			
	CDD	-	-	25 500 €
	Permanents	-	-	12 060 €
Equipement	-	-	-	
Analyses/Missions/Sous-traitance	-	-	2 000 €	
Total	0 €	0 €	39 560 €	
Demande subvention	0 €	0 €	27 500 €	
<p>C4.2</p> <p>Modélisation de l'évolution morphodynamique du lit</p> <p>Argument budgétaire 2019-2020 :</p> <p>2 mois de post-doc en 2018 pour la construction d'un modèle morphodynamique 1D sur quelques tronçons clés, 3 mois de post-doc en 2019 et en 2020 pour réaliser les simulations de l'évolution du lit, modéliser la dispersion des traceurs et comparer avec les données RFID (action A2.4).</p>	Aix-Marseille Université - CEREGE			
	CDD	12 780 €	13 900 €	13 900 €
	Permanents	13 700 €	18 000 €	18 200 €
	Analyses/Missions/Sous-traitance	1 000 €	1 000 €	1 000 €
	Frais généraux			3 210 €
	Total	27 480 €	32 900 €	36 310 €
	Demande subvention	13 780 €	14 900 €	18 110 €
	Irstea			
	CDD	-	-	-
	Permanents	2 500 €	2 500 €	-
Analyses/Missions/Sous-traitance	-	-	-	
Total	2 500 €	2 500 €	0 €	
Demande subvention	0 €	0 €	0 €	

C5.1 Stratégie pour l'analyse rétrospective des échantillons du réseau d'observation (contaminants émergents)	Irstea	Action annulée du programme OSR5		
C5.2 Analyse rétrospective pour la recherche de substances médicamenteuses		Action annulée du programme OSR5		
C5.3 Etude et amélioration de l'efficacité d'échantillonnage des pièges à particules	Irstea			
	CDD – Master	3 095 €	-	-
	Permanents	30 395 €	-	-
	Equipement	-	-	-
	Analyses/Missions/Sous-traitance	4 100 €	-	-
	Total	37 590 €	0 €	0 €
	Demande subvention	7 195 €	0 €	0 €
	IRSN			
	CDD	-	-	-
	Permanents	11 650 €	-	-
Equipement	-	-	-	
Analyses/Missions/Sous-traitance	370 €	-	-	
Total	12 020 €	0 €	0 €	
Demande subvention	370 €	0 €	0 €	
C5.4 Acquisitions géophysiques en milieu aquatique Argument budgétaire 2019-2020 : En plus des missions et de l'achat de petits matériels, des stages de Master sont prévus en 2019 et 2020.	ENTPE - LEHNA			
	CDD	-	2 800 €	2 800 €
	Permanents	17 870 €	26 950 €	26 980 €
	Equipement	-	-	-
	Analyses/Missions/Sous-traitance	6 000 €	3 600 €	4 000 €
	Total	23 870 €	33 350 €	33 780 €
Demande subvention	6 000 €	6 400 €	6 800 €	

<p>D1</p> <p>Modélisation des flux – modèle hydrosédimentaire 1-D</p> <p>Argument budgétaire 2019-2020 :</p> <p>Action principalement portée par Irstea, 4 mois de CDD en 2018, 12 mois en 2019 et 2 mois en 2020.</p>	Irstea			
	CDD (Salaire brut chargé)	18 375 €	46 290 €	45 388 €
	CDD (Environnement)	12 565 €	38 080 €	37 268 €
	Permanents	35 300 €	35 300 €	48 916 €
	Equipement	-	-	-
	Analyses/Missions/Sous-traitance	7 000 €	2 000 €	-
	Total	73 240 €	121 670 €	131 572 €
	Demande subvention	25 375 €	48 290 €	45 388 €
	IRSN			
	CDD	-	-	-
	Permanents	6 300 €	8 600 €	6 300 €
	Equipement	-	-	-
	Analyses/Missions/Sous-traitance	555 €	185 €	185 €
	Total	6 855 €	8 785 €	6 485 €
Demande subvention	555 €	185 €	185 €	
Ifremer				
CDD	-	-	-	
Permanents	-	4 000 €	-	
Analyses/Missions/Sous-traitance	-	1 000 €	-	
Total	0 €	5 000 €	0 €	
Demande subvention	0 €	1 000 €	0 €	
<p>D2</p> <p>Développement de l'application informatique BDOH pour l'OSR</p>	Irstea			
	CDD (Salaire brut chargé)	29 600 €	-	-
	CDD (Environnement)	24 350 €	-	-
	Permanents	25 840 €	25 850 €	18 386 €
	Equipement	-	-	-
	Analyses/Missions/Sous-traitance	-	-	-
	Total	79 790 €	25 850 €	18 386 €
Demande subvention	29 600 €	0 €	0 €	

D3 Intégration des données dans le web-SIG	CNRS - EVS				
	CDD	-	-	6 500 €	
	Permanents	24 000 €	25 100 €	28 800 €	
	Equipement	-	-	-	
	Analyses/Missions/Sous-traitance	-	-	-	
	Total	24 000 €	25 100 €	35 300 €	
	Demande subvention	0 €	0 €	6 500 €	
D4 Banca­ri­sa­tion des données	CNRS - EVS				
	CDD	6 500 €	-	-	
	Permanents	17 100 €	17 100 €	22 300 €	
	Equipement	-	-	-	
	Analyses/Missions/Sous-traitance	2 000 €	-	2 000 €	
	Total	25 600 €	17 100 €	24 300 €	
	Demande subvention	8 500 €	0 €	2 000 €	
E Direction, Coordination financière	CNRS - EVS				
	CDD	-	-	-	
	Permanents	5 500 €	6 560 €	6 560 €	
	Equipement	-	-	-	
	Analyses/Missions/Sous-traitance	500 €	500 €	500 €	
	Total	6 000 €	7 060 €	7 060 €	
		Demande subvention	500 €	500 €	500 €
	IRSN				
	CDD	-	-	-	
	Permanents	10 000 €	10 000 €	10 000 €	
	Equipement	-	-	-	
	Analyses/Missions/Sous-traitance	500 €	1 000 €	800 €	
	Total	10 500 €	11 000 €	10 800 €	
		Demande subvention	500 €	1 000 €	1 000 €

	Irstea (pour le collectif)			
	CDD (salaire brut chargé)	16 170 €	16 170 €	9 974 €
	CDD (Environnement)	9 450 €	9 450 €	8 189 €
	Permanents			
	Equipement			
	Analyses/Missions/Sous-traitance			
	Total	25 620 €	25 620 €	18 163 €
	Demande subvention	16 170 €	16 170 €	9 974 €

Synthèse des budgets de l'OSR5 par organisme de recherche et par année

(Les montants intègrent, le cas échéant, les frais de gestion des laboratoires)

	2018		2019		2020	
	Budget global	Subvention	Budget global	Subvention	Budget global	Subvention
CNRS – EVS	172 100 €	85 700 €	177 360 €	89 400 €	235 300 €	120 900 €
CNRS – CEREGE	121 100 €	54 700 €	124 200 €	62 100 €	124 200 €	65 100 €
Aix-Marseille Université – CEREGE	53 900 €	26 500 €	71 700 €	35 700 €	72 620 €	36 220 €
ENTPE – LEHNA	100 400 €	41 000 €	130 200 €	63 700 €	99 715 €	36 415 €
Irstea	544 680 €	196 330 €	582 080 €	197 230 €	661 251 €	210 926 €
Coordination administrative et financière	25 620 €	16 170 €	25 620 €	16 170 €	18 163 €	9 974 €
IRSN	118 500 €	25 200 €	110 350 €	37 300 €	93 765 €	32 665 €
Ifremer	30 400 €	14 400 €	54 000 €	30 500 €	24 000 €	9 000 €
TOTAL	1 166 700 €	460 000 €	1 275 510 €	532 100 €	1 329 014 €	521 200 €