

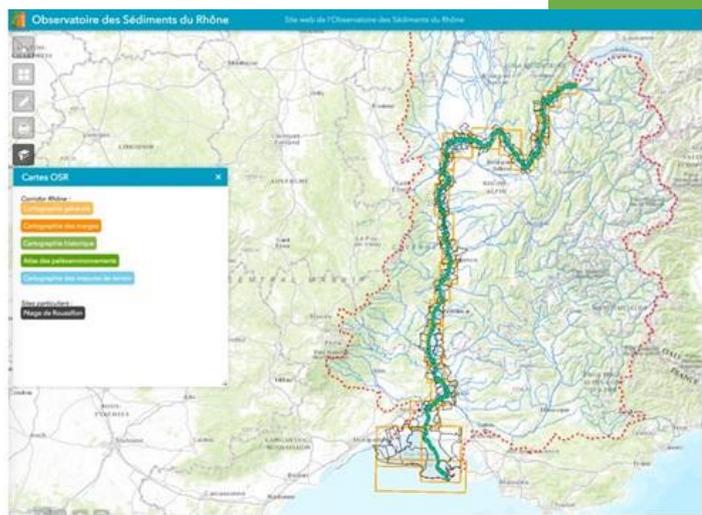


Observatoire des Sédiments du Rhône

OSR5 2018-2020

Modélisation des flux – Modèle hydro-sédimentaire 1D

Action D1
Rapport d'avancement
Version du 30 Mars 2020

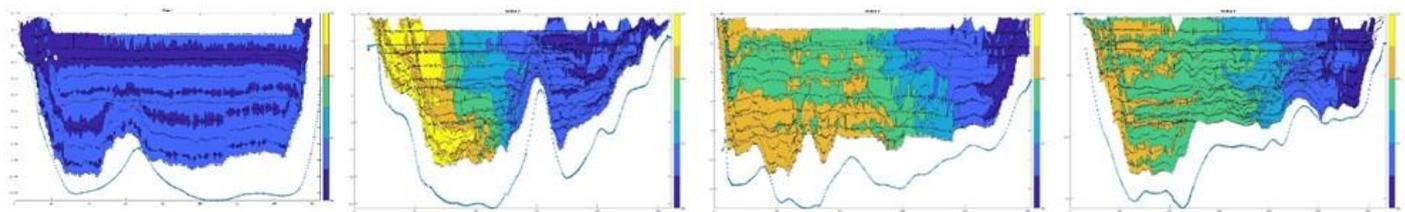


Archives topographiques du Rhône en aval de Lyon (1900-1907)
Ce dossier comprend 4 documents topographiques représentant la ligne d'eau d'étiage et le fond du lit du Rhône de Lyon à Donzère-Mondragon (du p.k. 0 au p.k. 190), entre 1900 et 1907, levés Elsa Parrot
Hervé Piégay

MNT de l'embouchure du Rhône (2012-2013)
Couche raster représentant la bathymétrie (MNT) à l'embouchure du Rhône de 2012 à 2013 (4 campagnes)
François Sabatier
Benjamin Kulling

Bases de données de l'IGN
Ensemble de couches vectorielles et raster acquises auprès de l'IGN, couvrant tout le territoire français ou certains départements de la région Rhône-Alpes : BD CARTHAGE (niveau hydrographique...)
Kirstell Michel

Levé LIDAR sur le Vieux Rhône de Donzère-Mondragon (2014)
Levé LIDAR (MNT) réalisé en 2014 par Opria pour le compte de la CNR sur le Vieux Rhône de Donzère-Mondragon.
Dad Roux-Michollet



Rapport d'avancement sur l'Action D1 :

Modélisation des flux – Modèle hydro-sédimentaire 1D

Personnes impliquées	Équipe de recherche
Jérôme Le Coz	INRAE – Centre de Lyon Villeurbanne
Benoît Camenen	INRAE – Centre de Lyon Villeurbanne
Jean-Baptiste Faure	INRAE – Centre de Lyon Villeurbanne
Laura Troudet CDD OSR 2018-2020	INRAE – Centre de Lyon Villeurbanne
Marina Launay CDD OSR 2017-2018	INRAE – Centre de Lyon Villeurbanne
Patrick Boyer	IRSN – Centre de Cadarache
Olivier Radakovitch	IRSN – Centre de Cadarache
Romarc Verney	Ifremer – Centre de Brest

Résumé

L'axe D de l'OSR5 regroupe les outils numériques et de communication : modèle hydro-sédimentaire, base de données BDOH pour les calculs de flux, web-SIG et métadonnées.

Ce document décrit les améliorations et applications opérationnelles effectuées sur le modèle hydro-sédimentaire 1D du Rhône développé dans le cadre de l'Observatoire des Sédiments du Rhône pour l'année 2019 (OSR5).

Le développement du modèle hydro-sédimentaire 1D est une action transversale à l'OSR5 qui vient alimenter les problématiques des actions A2, B2, B3, C1, C2 et 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.

Les travaux effectués sur les années 2018 et 2019 se sont concentrés sur la modélisation des flux de MES de l'échelle de l'évènement au pluriannuel et le développement des outils de modélisation (Mage 8, couplage Mage-AdisTS, mélange en aval d'une confluence, charriage et évolution des fonds). Une démarche de comparaison et d'intégration des outils de simulation numériques INRAE, IRSN et Ifremer a progressé en vue d'actions communes.

Mots-clés

Rhône, modélisation numérique, hydrodynamique, MES, Mage-AdisTS

R A P P O R T	5
1. SIMULATIONS DE FLUX DE MES ET DE CONTAMINANTS PLURIANNUELLES	7
1.1. Le Modèle du Rhône du Léman à la mer	7
1.2. Modélisation hydraulique de l'évènement au pluriannuel	8
1.2.1. Série de données 2010-2018	8
1.2.2. Simulation numérique de l'évènement au pluriannuel	8
1.3. Décomposition des flux d'eau et de MES	9
1.3.1. Décomposition des flux d'eau de l'évènement au pluriannuel	10
1.3.2. Décomposition des flux de MES	11
1.4. Calcul des dépôts stratigraphiques	14
2. DEVELOPPEMENT DU CODE DE CALCUL	16
2.1. Introduction	16
2.2. Implémentation des ouvrages dans AdisTS	17
2.3. Fonctionnement des ouvrages dans AdisTS	17
2.3.1. Principes	17
2.3.2. Mise en œuvre pratique	19
2.4. Implémentation du charriage dans MAGE-AdisTS	19
2.5. Autres développements	20
3. COLLABORATION AUTOUR DE LA MODELISATION	21
3.1. Réunions d'échanges et projets communs	21
3.2. Formations et appui aux actions OSR	22
4. RÉFÉRENCES	23
A N N E X E S	25
Annexe 1 – Comparaison des débits mesurés et calculés par Mage 1D aux stations de Ternay, Valence, Viviers et Beaucaire entre 2010 et 2018	27
Annexe 2 – Décomposition des hydrogrammes à Arles entre 2010 et 2018	28

R A P P O R T

1. SIMULATIONS DE FLUX DE MES ET DE CONTAMINANTS PLURIANNUELLES

1.1. Le Modèle du Rhône du Léman à la mer

Le développement du modèle du Rhône a été initié dans le cadre du projet Axelera-PCB (Andriès et al., 2012a ; 2012b) et poursuivi dans le cadre des programmes OSR2, OSR3 et OSR4. La description détaillée du modèle ainsi que les améliorations apportées (règles de gestion des ouvrages, géométrie, calage des lignes d'eau, etc.) sont incluses dans les divers livrables OSR précédents.

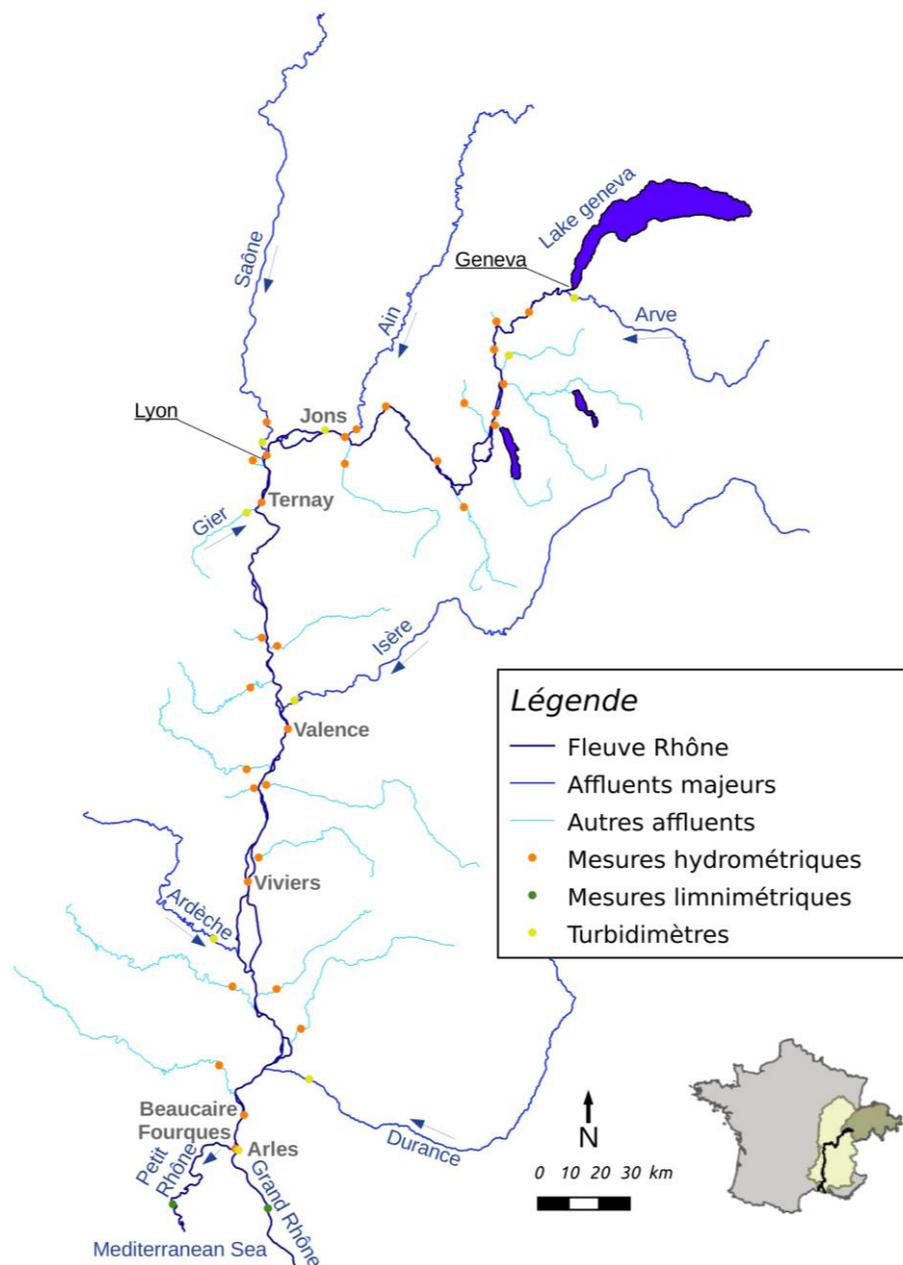


Fig.1 : Emprise du modèle du Rhône entre le lac Léman et la mer Méditerranée. Les 26 affluents et les 21 ouvrages inclus dans le modèle sont représentés.

Le modèle du Rhône présente une continuité hydraulique sur tout le tronçon linéaire, 545 km, du lac Léman à la mer Méditerranée excepté au niveau de l'aménagement à grande capacité de Génissiat (cf. fig.1). Le modèle intègre le fonctionnement des 20 autres ouvrages hydro-électriques via leurs consignes d'ouvrage fonction des débits et lignes d'eau en amont des usines aux points de contrôle (Dugué et al., 2015). L'une des actions de l'axe D1 est d'intégrer le module Génissiat au modèle afin d'obtenir une modélisation hydraulique continue sur tout le linéaire du Léman à la mer. Action présentée au paragraphe §2.1.

1.2. Modélisation hydraulique de l'évènement au pluriannuel

Le modèle numérique 1D du Rhône permet de modéliser les écoulements à surface libre sur le linéaire du Rhône. Seuls des évènements de crue et de chasse (en 2008, 2011, 2012 et 2015) ont été simulés jusqu'à l'OSR4. Le modèle a montré sa robustesse face à de tels évènements hydro-sédimentaires intenses sur des échelles de temps de l'ordre de quelques semaines ou mois de simulation (en moyenne 1 à 2 mois en continu). L'intérêt aujourd'hui est porté sur la modélisation pluriannuelle sur la période disposant de mesures OSR pour *in fine* simuler des flux de MES et de contaminants sur plusieurs années afin de réaliser des bilans de flux moyens tracés par affluents.

Le contenu du modèle du Rhône développé à INRAE est repris (Dugué et al., 2015) amélioré et adapté pour effectuer des modélisations non plus sur des évènements, de type crue ou chasse, mais sur plusieurs années incluant les variations de périodes de forts à faibles débits.

1.2.1. Série de données 2010-2018

L'avantage du bassin versant du Rhône est qu'il dispose de nombreuses stations de mesure implantées le long des cours d'eau et permet une mesure en continu des hauteurs d'eau et le calcul des débits. Les sources de données, intégrées au modèle, sont la CNR, la Banque HYDRO, l'OFEV et BDOH.

Les conditions aux limites amont du modèle sont des hydrogrammes, pour le Rhône et tous les affluents. Les conditions aux limites aval sont des limnigrammes.

Le choix s'est porté sur une période récente de 2010 à 2018. Les données sont quasi complètes pour toutes les stations intégrées au modèle du Rhône. Les périodes de lacunes ont été comblées par interpolation linéaire.

1.2.2. Simulation numérique de l'évènement au pluriannuel

La première simulation est effectuée sur la partie du modèle, appelé Bas-Rhône, de Lyon-Perrache à la mer Méditerranée. Les résultats de simulation des hydrogrammes de 2010 à 2018 aux stations de Ternay, Valence, Viviers et Ternay sont présentés en Annexe 1.

Le modèle numérique reproduit bien l'évolution temporelle des débits le long du linéaire sur cette période de plusieurs années 2010-2018. Il reproduit particulièrement bien les évènements de forts débits, voir figure 2. Ainsi, le débit calculé à Beaucaire lors des crues est très satisfaisant. Le modèle est moins robuste pour le calcul des périodes de faibles débits, ce qui était attendu étant donné que le fonctionnement infra-journalier des aménagements (éclusées) n'est pas simulé.

Des tests ont été effectués afin d'améliorer les écoulements en période d'étiage. Des modifications sur l'ajout de seuils dit « fictifs » et les consignes d'ouvrages sont testés en respectant le calage des lignes d'eau. Ces seuils qui n'existent pas sur le terrain permettraient d'éviter des calculs en régime torrentiel, se produisant à cause d'une variation brutale de la géométrie du chenal. Fréquemment rencontrés lors

de la simulation de périodes de faibles débits, ces calculs en régime torrentiel augmentent considérablement les temps de calcul du modèle.

Les temps de calculs initiaux de Mage 1D pour simuler la période de 9 ans étaient de 24 heures. Avec des améliorations sur les paramétrages et le fonctionnement hydraulique, le temps de calcul est divisé presque par un facteur 5.

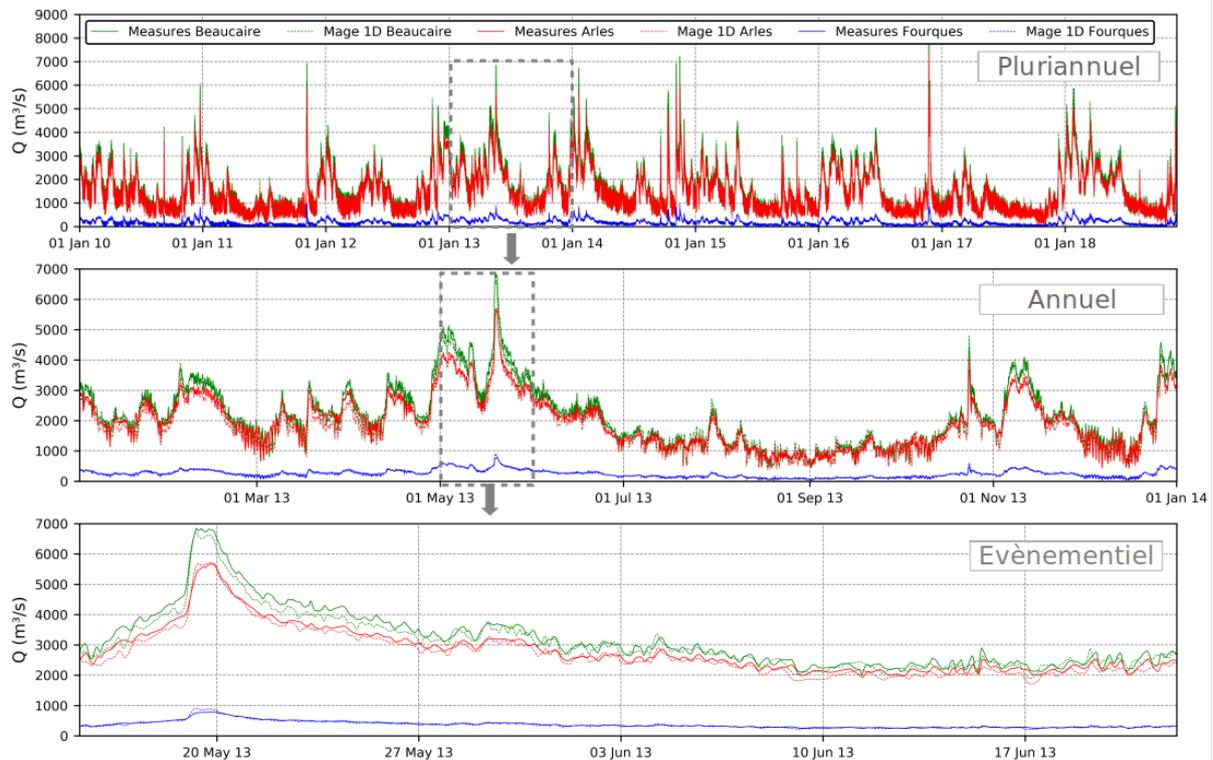


Fig.2 : Répartition des eaux dans le delta du Rhône. Comparaison des débits mesurés et calculés par Mage 1D aux stations de Beaucaire, Arles et Fourques, à différentes échelles temporelles emboîtées : pluriannuelle (période de 2010 à 2018, en haut), annuelle (2013, au milieu), évènementielle (crue de mai 2013, en bas).

La répartition des eaux dans le delta du Rhône est correctement modélisée. La figure 2 montre, pour l'année 2013, que les débits calculés à Fourques et à Arles sont très proches de ceux mesurés *in situ*.

Le module Génissiat (voir §2.1) est intégré au modèle, Une simulation hydraulique sur plusieurs décennies est en cours sur tout le tronçon du Rhône, du lac Léman à la mer Méditerranée.

1.3. Décomposition des flux d'eau et de MES

Le modèle numérique 1D du Rhône permet de modéliser la propagation des flux d'eau et de matières en suspension (MES) et leur dépôt/érosion sur le linéaire du Rhône. Pour un évènement donné, et sous réserve de connaître les différentes conditions d'entrée (hydrogrammes, limnigrammes et concentrations en MES) du modèle, il est possible de connaître en tout point donné du réseau :

- le débit et la hauteur d'eau en fonction du temps,
- la concentration en MES en fonction du temps,

- la quantité d'eau provenant de chaque affluent (origine de l'eau),
- l'origine des pics de concentration en MES (origine du sédiment),
- la granulométrie des sédiments encore en suspension (sous réserve de connaître la granulométrie des conditions amont).

1.3.1. Décomposition des flux d'eau de l'évènement au pluriannuel

L'utilisation de solutés fictifs comme « traceur numérique » des différents affluents avec AdisTS permet de déterminer la quantité d'eau provenant de chaque affluent, ce qui est appelé décomposition des flux d'eau ou des hydrogrammes.

Un premier résultat de simulation de décomposition des flux d'eau à Beaucaire de l'évènement au pluriannuel est présenté en figure 3. Les résultats de décomposition des hydrogrammes à Arles entre 2010 et 2018 sont présentés en Annexe 2.

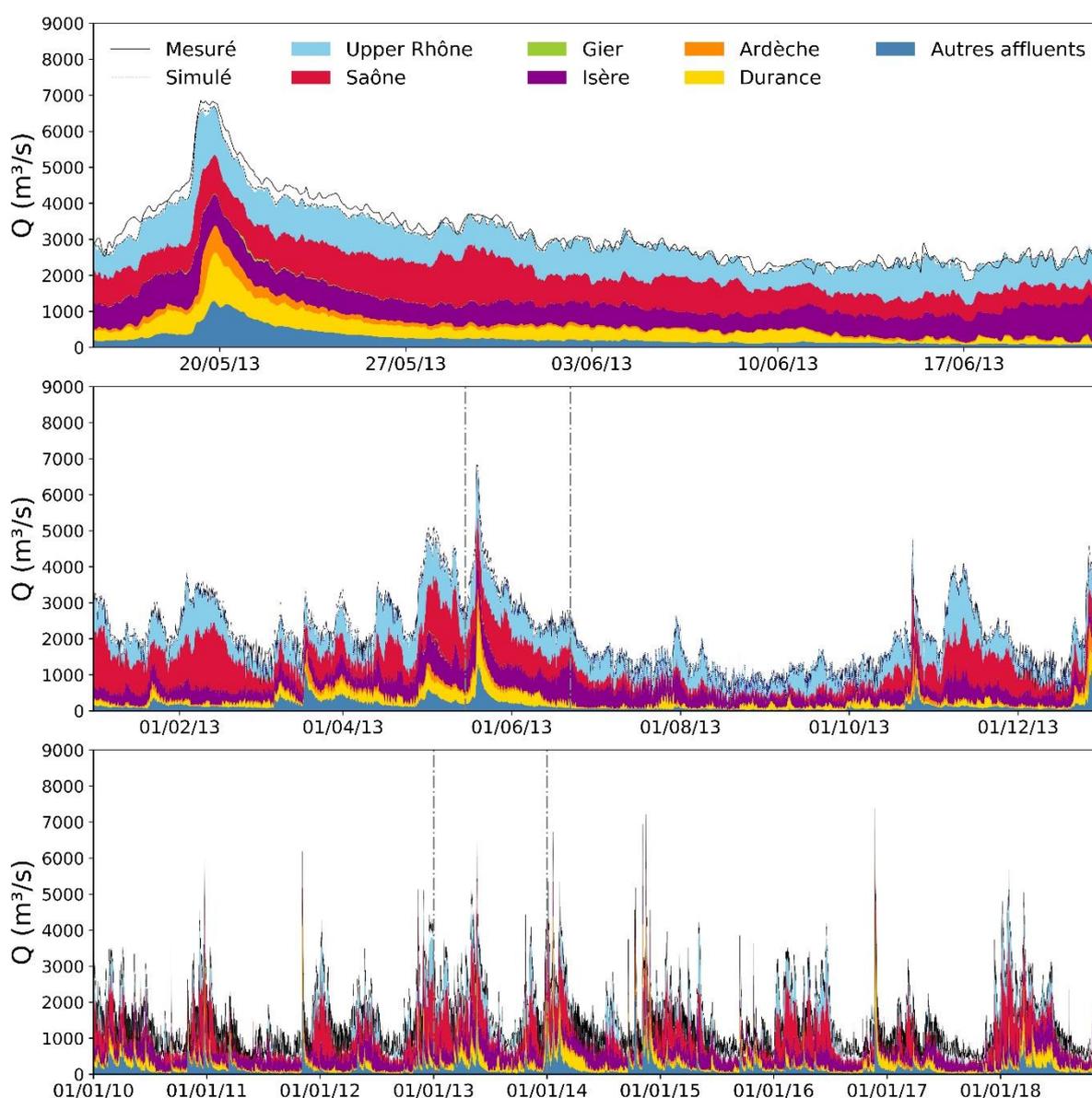


Fig.3 : Décomposition de l'hydrogramme à Beaucaire en 2016 en fonction des apports (évènementiel, annuel et pluriannuel).

1.3.2. Décomposition des flux de MES

A l'échelle de l'évènement, la simulation de la décomposition des flux d'eau et de MES a été validée courant 2018 par le précédent CDD OSR (Launay et al, 2019). Une partie des résultats est présentée dans cet article.

Avant de modéliser des flux de MES sur plusieurs années, il faut reconstituer les concentrations en MES en fonction du temps aux différents points d'entrée du modèle. Nous disposons des séries de concentration en MES sur des périodes courtes et seulement pour quelques affluents intégrés au modèle. Les périodes de mesure pour les stations du Bas-Rhône sont présentées en figure 4 et commencent en 2010. Elles combinent plusieurs évènements de crues.

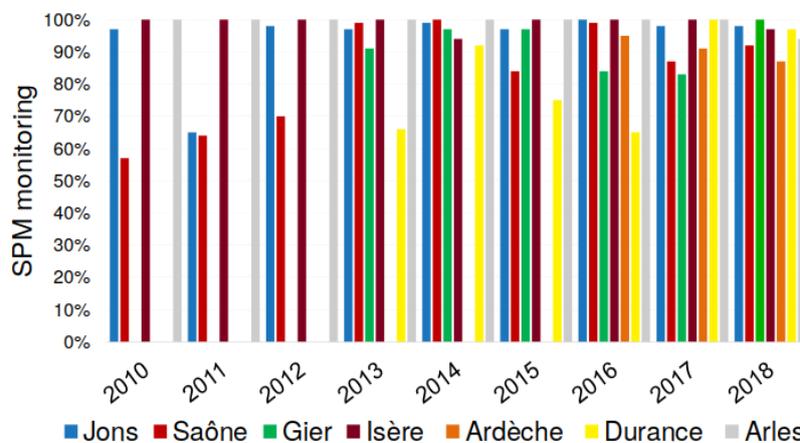


Fig.4 : Périodes d'échantillonnage des MES jusqu'à 2018 pour les stations du Bas-Rhône.

Le choix de la méthode de reconstitution des concentrations s'inspire de la relation Cs-Q (Poulier et al. 2019) issu de la méthode SiRCA (Sadaoui et al., 2016) suivi de la méthode Baratin (Le Coz et al. 2014). La reconstitution des concentrations en MES est exposée en figure 5.

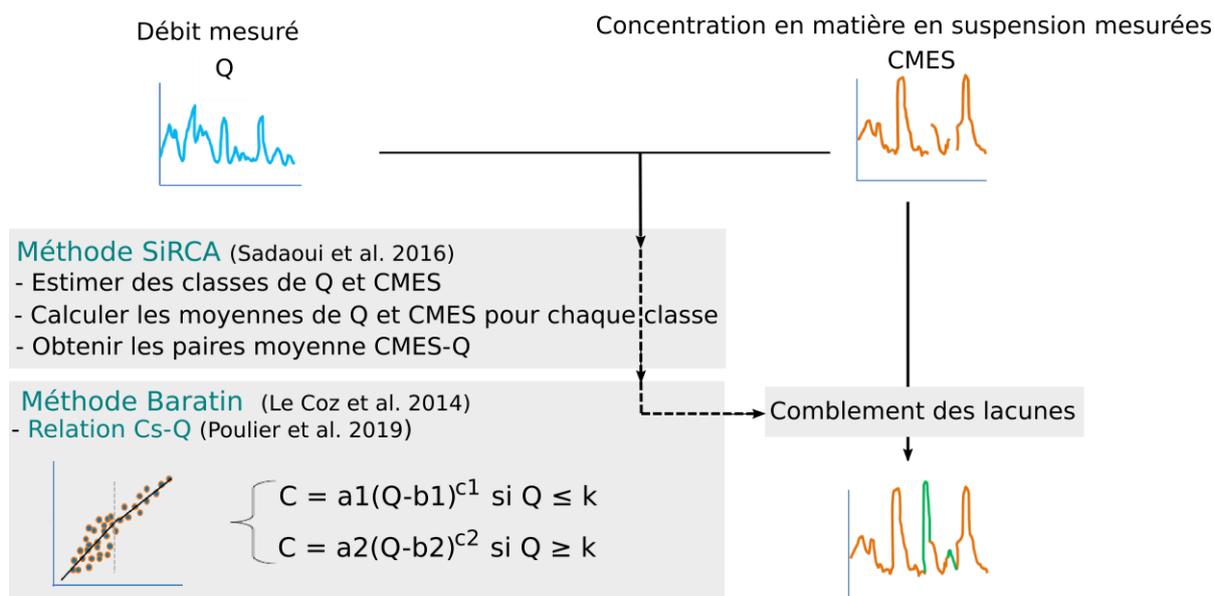


Fig.5 : Méthode de reconstitution des Concentrations en MES – Comblement des lacunes par la relation Cs-Q.

Plusieurs simulations ont été faites en utilisant 4 classes de sédiments, allant de l’argile jusqu’au sable très fin. Ces classes de sédiments ont été déterminées sur des échantillons du Rhône dans le cadre de la thèse de Marina Launay (Launay, 2014) voir tableau 1. Le calage des paramètres sédimentaires du modèle a été effectué par Lucie Guertault, sur l’aménagement de Génissiat pour chacune des classes de sédiment modélisées (Guertault, 2015) et a été repris ici dans la modélisation du transport de MES à granulométrie composée entre 2010 et 2018. Trois scénarios de la répartition (fin, moyen et grossier) de la taille des grains (GSD) ont été modélisés (tableau 1 et figure 6). Les pourcentages sont obtenus par la méthode de démodulation présentée dans la thèse de Marina Launay (Launay, 2014).

	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable très fin
d_{50} (μm)	7	20	50	100
Porosité	0.45	0.45	0.45	0.45
ρ_s (kg/m^3)	2650	2650	2650	2650
a_{PD}	1	1	1	1
C_o	1	1	0.5	0.2
% échantillon A – Fin GSD	31	44	25	0
% échantillon B – Moyen GSD	23	28	31	18
% échantillon C – Grossier GSD	12	18	40	30

Tableau 1 : Propriétés des sédiments du Rhône pour la modélisation du transport de MES

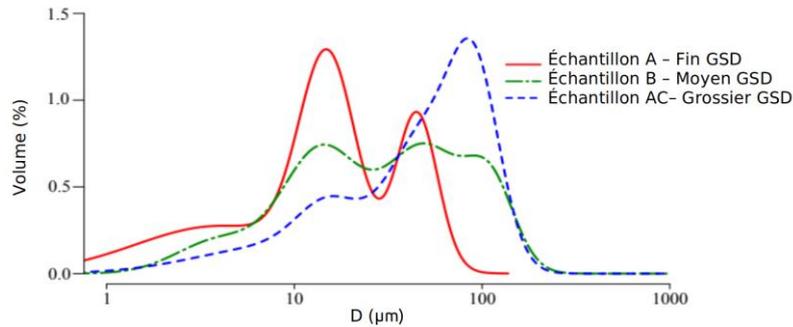


Fig.6 : Trois scénarios de la répartition de la taille des grains (GSD).

Les résultats de la simulation entre 2010 et 2018 pour les 3 scénarios montrent que les concentrations de SPM simulées sont sensibles à la distribution de la taille des grains en raison des processus d'érosion/dépôt. Les résultats à Arles pour l'année 2016 sont présentés en figure 7. Ces résultats révèlent bien que les MES plus fines sont principalement transportées pendant la période d'inondation naturelle, les crues. Les MES plus grossiers sont surtout transportés pendant les périodes de rinçage des barrages, i.e. les chasses et abaissements.

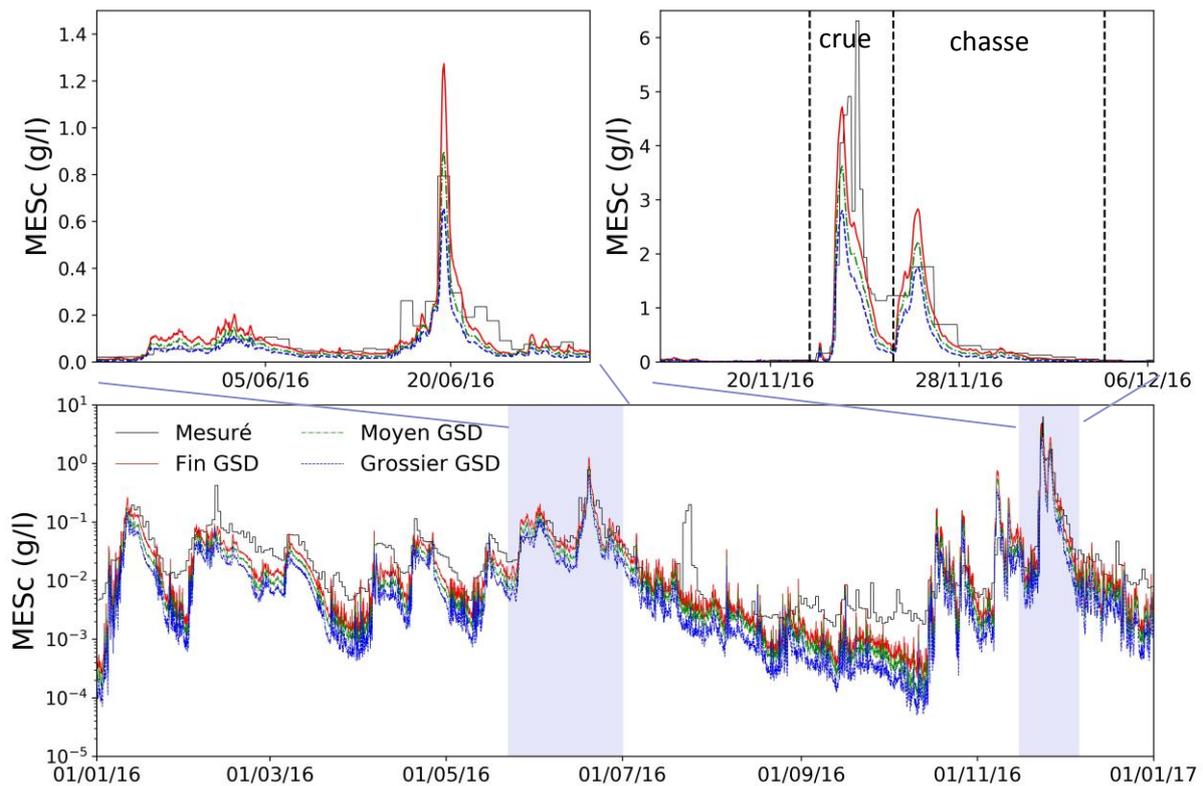


Fig.7 : Résultat de simulation à Arles pour l'année 2016 de 3 scénarios de répartition de la taille des grains (GSD).

La simulation de la décomposition des MES permet de révéler les différents apports en MES suivant les évènements. Il est à noter que la distribution des sources de MES est différente tout au long de l'année en raison du régime hydrologique moyen. Un des résultats est présenté en figure 8 pour la simulation à Arles pour l'année 2016 dans le cas d'une distribution fine des MES. Il en ressort que la contribution la plus importante vient de la Saône et du Haut-Rhône en hiver, et de l'Isère au printemps

et en été, en accord avec les régimes hydrologiques. La part de MES provenant de la Durance et de l'Ardèche sont relativement faibles mais elles correspondent à des événements courts et violents au printemps et à l'automne.

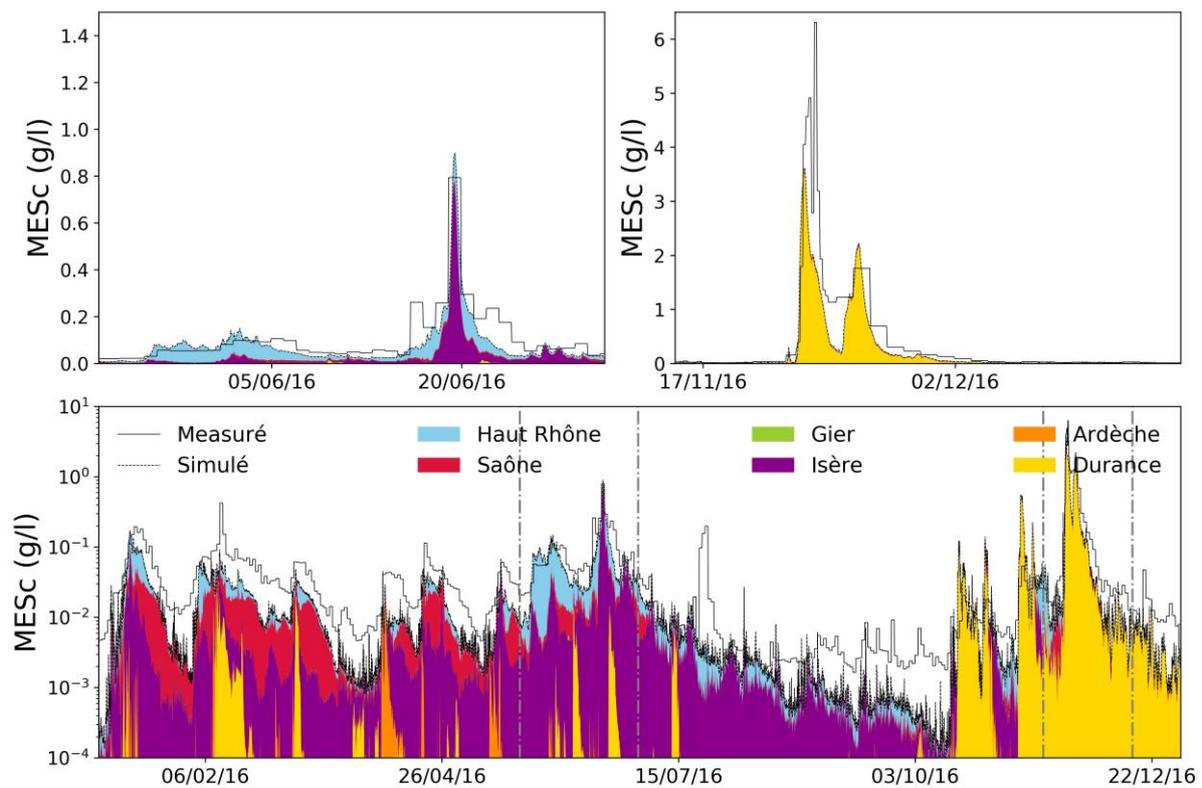


Fig.8 : Décomposition des MES à Arles pour l'année 2016 dans le cas d'une répartition fine des MES.

L'intérêt d'un tel modèle est de révéler les sources de MES en tout point de la rivière. La relation Cs-Q semble efficace. Il est envisagé aussi d'adimensionnaliser les relations Cs-Q par le débit moyen des affluents pour transférer des relations Cs-Q « types » d'une station hydro-sédimentaire vers un affluent « similaire » ne disposant pas de données. On s'appuiera également sur les analyses spatiales de la production sédimentaire des bassins versants réalisées par INRAE et EVS dans l'action C1.2 de l'OSR5.

À terme une modélisation des flux de contaminants est souhaitée.

1.4. Calcul des dépôts stratigraphiques

Le calcul hydro-sédimentaire est stable et robuste sur plusieurs années, le modèle est opérationnel pour divers cas d'études sur le secteur du Bas-Rhône. Les 2 principales études envisagées sont :

- la modélisation des MES et de certaines substances (contaminants), déjà présentée au §1.3,
- la modélisation des séries de dépôts.

Des séries de dépôts, ou plus communément appelée séries stratigraphiques, sont actuellement connues. À plusieurs endroits (Lône de Beurre, Haut-Rhône), des carottes sédimentaires ont été

analysées en lien avec l'action C2 de l'OSR5 sur l'historique des contaminations. Les objectifs sont les suivants :

- améliorer le calage des taux de dépôt dans le modèle,
- affiner la datation des évènements de crue individuels dans les carottes,
- reconstituer les flux de MES du passé ayant pu entraîner les dépôts de crue observés dans les carottes.

Ce travail a été initié en novembre 2019 dans le cadre du démarrage de la thèse de Nicolas Noclin (LEHNA et INRAE), voir figure 9.

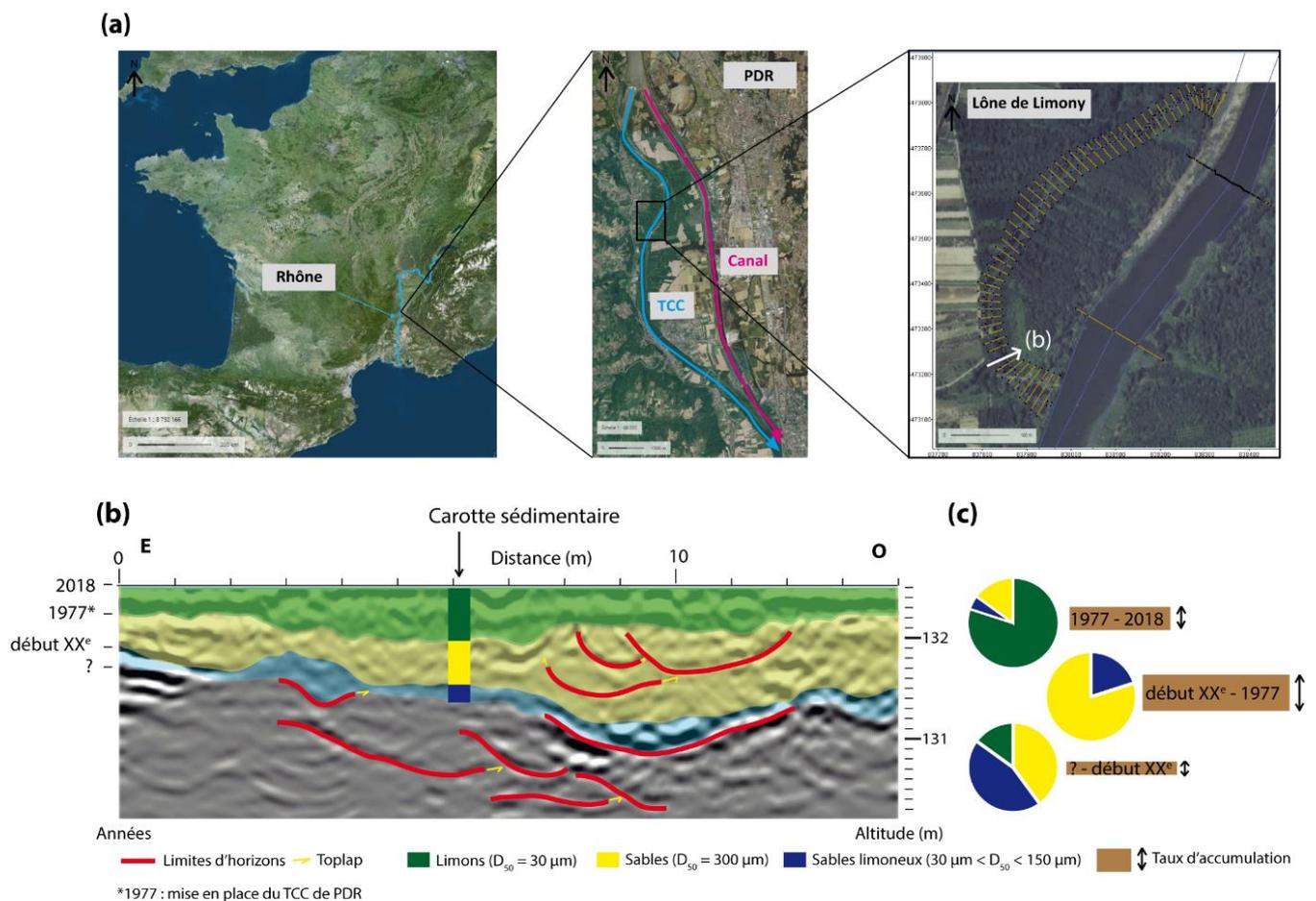


Fig.9: (a) Situation de la lône de Limony en rive droite du vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon (PDR) (b) profil géophysique transversale interprété et données sédimentaire (c) exemple d'information que l'on peut extraire d'une simulation pluri-déca-annuelle sous MAGE/Adis-TS.

2. DEVELOPPEMENT DU CODE DE CALCUL

2.1. Introduction

Le code de calcul AdisTS résout des équations de convection – diffusion pour chaque polluant et classe granulométrique suivis. La modélisation est monodimensionnelle et couplée à la modélisation hydraulique à surface libre réalisée avec le code de calcul MAGE. Un des principaux objectifs du développement d'AdisTS est de modéliser le transport et la dispersion des sédiments fins sur le Rhône entre le lac Léman et la mer. Cette modélisation hydro-sédimentaire du Rhône est l'objet de l'autre versant de l'axe D-1.

AdisTS est un code de calcul qui s'utilise en ligne de commande, il est développé sous Linux mais peut aussi être utilisé sous MS-Windows, bien qu'avec des performances moindres. Comme on veut pouvoir réaliser des simulations très longues (plusieurs années) et que le linéaire à prendre en compte est grand (plus de 500 km), un effort important est fait pour obtenir les meilleures performances en temps de calcul. Pour cela le code est écrit afin qu'il puisse utiliser au mieux les capacités de parallélisation des processeurs modernes (processeurs multi-cœurs).

On présente dans ce rapport intermédiaire les développements réalisés sur les codes MAGE et AdisTS relatifs au transport de sédiments fins et au transport par charriage. On a travaillé sur deux axes de développement principaux :

1. Implémenter dans AdisTS la modélisation de l'effet des ouvrages élaborée par Lucie Guertault dans sa thèse consacrée à la retenue de Génissiat.
2. Implémenter un module de transport solide par charriage et de déformation des sections sous l'effet de celui-ci.

À cela il faut ajouter les développements d'arrière-plan réalisés en parallèle : amélioration de l'utilisabilité des programmes à mesure que les besoins apparaissent, corrections de bugs, amélioration de fonctionnalités déjà implémentées comme le couplage fort d'AdisTS avec Mage pour la prise en compte de l'évolution des fonds sous l'effet des dépôts-érosions.

Il faut noter que désormais les développements logiciels concernent autant Mage-8 qu'AdisTS. En effet l'intégration de l'effet des ouvrages sur la propagation des concentrations a conduit à repenser et réimplémenter toute la structure de données permettant de représenter les ouvrages. Ce travail a été fait autant dans Mage-8 que dans AdisTS. En effet pour assurer un bon couplage entre Mage et AdisTS d'une part et faciliter ensuite la maintenance du code, il était nécessaire d'utiliser le même code pour Mage-8 et AdisTS. De même, après réanalyse de la question, il a été décidé que, pour des raisons techniques, il est préférable d'implémenter le module de charriage dans Mage-8 et non dans AdisTS. Cela ne change rien pour l'utilisateur final qui doit, de toutes façons, utiliser les 2 codes de calcul. Au contraire, dans les cas où il souhaite ne prendre en compte que le charriage, un seul code, Mage-8, lui sera nécessaire.

2.2. Implémentation des ouvrages dans AdisTS

Dans les versions antérieures d'AdisTS, et en particulier dans celles utilisées par Lucie Guertault pour son travail sur la retenue de Génissiat, AdisTS considère les ouvrages en travers comme transparents pour les concentrations. Cependant comme les concentrations en solutés ou en sédiments fins ne sont pas constantes sur la verticale dans un profil en travers de rivière et que la lame d'eau qui traverse un ouvrage ne représente qu'une partie de la section d'écoulement du profil qui contient l'ouvrage, il est clair que les concentrations dans cette lame d'eau sont différentes des concentrations moyennes dans le profil complet. Cela est particulièrement difficile à négliger pour la retenue de Génissiat, vu sa profondeur importante et les différents organes hydrauliques, de la vanne de fond à l'évacuateur de crue en surface, en passant par la vanne de demi-fond et les groupes.

Considérer les ouvrages comme transparents pour les concentrations permettait de ne pas se préoccuper de connaître les détails de leur constitution, la connaissance de leur position suffisait (savoir qu'il y a un ouvrage entre ce profil et le suivant). Au contraire modéliser l'effet de filtre sédimentaire des ouvrages requiert de disposer de tous leurs paramètres géométriques et hydrauliques. Il faut donc qu'AdisTS lise le même fichier de données que Mage. Cela a été l'occasion de rajeunir en profondeur la structure de données permettant de manipuler les ouvrages à la fois dans Mage-8 et dans AdisTS. Une autre contrainte poussait à cette mise à niveau : dans le cas de la modélisation des débordements en lit majeur à l'aide d'ISM (*Independent Subsections Method*, projet ANR Flowres), il faut pouvoir répartir les ouvrages élémentaires qui constituent un ouvrage global dans un profil en travers, entre les différentes sous-sections du profil. La représentation des ouvrages telle qu'elle est faite dans les versions précédentes de Mage ne permet pas cela.

Prendre en compte les ouvrages dans AdisTS impose une modification supplémentaire de Mage-8 pour les cas où il y a des ouvrages mobiles comme dans le modèle hydro-sédimentaire du Rhône. Il faut enregistrer la position de chacun des ouvrages élémentaires au même pas de temps d'enregistrement que les lignes d'eau calculées par Mage-8. Cet enregistrement n'est fait que pour les ouvrages mobiles, pour les autres l'état fourni par le fichier de données initial (fichier SIN) suffit. Il y a un fichier de type CSV (*Comma Separated Values*) pour chaque ouvrage mobile. Côté AdisTS il fallait compléter la lecture des lignes d'eau enregistrées par la lecture des positions des ouvrages mobiles plus les fonctions d'interpolation adéquates puisque les pas de temps utilisés par AdisTS sont beaucoup plus courts que les pas de temps de calcul de Mage-8 et *a fortiori* ses pas de temps d'enregistrement des résultats.

2.3. Fonctionnement des ouvrages dans AdisTS

2.3.1. Principes

La question traitée ici est celle de savoir quelle concentration on a dans la section aval d'un ouvrage connaissant la concentration moyenne dans la section amont et la position verticale de la section d'écoulement de l'ouvrage.

Le flux de matière qui passe à travers l'ouvrage est le produit du débit de l'ouvrage (une part seulement du débit total s'il y a plusieurs ouvrages dans le profil en travers) par la concentration moyenne dans la section d'écoulement. Dans le cas d'une vanne, cette section d'écoulement est le produit de la largeur de la vanne par la hauteur d'ouverture de la vanne.

Pour estimer la concentration moyenne dans la section d'écoulement de l'ouvrage, on a pris le parti d'utiliser l'estimation de la concentration à la profondeur de son point central.

Pour chaque ouvrage élémentaire qui constitue un ouvrage global, on calcule le flux de matière qui transite par lui ; la somme de ces flux donne le flux total qui, divisé par le débit total, donne une concentration à l'aval de l'ouvrage.

Au final cette modélisation de l'effet des ouvrages sur le transfert de concentration repose sur une reconstitution du profil vertical de concentration à partir de la concentration moyenne.

Le profil vertical de concentration est une exponentielle définie de la façon suivante :

$$C(z) = C_R e^{\left(-R \frac{z}{h}\right)} \text{ avec } C_R = \bar{C} \frac{R}{1-e^{-R}} \quad (1)$$

C_R est la concentration de référence, C est la concentration moyenne, h est la hauteur de la surface libre au-dessus du fond et z est une hauteur entre 0 et h . R est le paramètre de Rouse défini par :

$$R = \frac{w_s}{\kappa u_*} \quad (2)$$

Où w_s est la vitesse de chute (gravité), u_* la vitesse de cisaillement (turbulence) et $\kappa = 0,4$ est la constante de von Karman. Si on intègre C entre 0 et h on retrouve bien la concentration moyenne \bar{C} . Le problème se résume finalement à estimer u_* pour chaque ouvrage. u_* est défini par :

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}} = \sqrt{g R_h J} = \sqrt{g R_h} \frac{V}{K R_h^{2/3}} \quad (3)$$

Comme on a besoin de la contrainte locale, on remplace le premier R_h par la hauteur d'eau locale :

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}} = \sqrt{g R_h J} = \sqrt{g z} \frac{V}{K R_h^{2/3}} \quad (4)$$

Module additionnel pour les vannes

- Estimation de la concentration dans les vannes du barrage

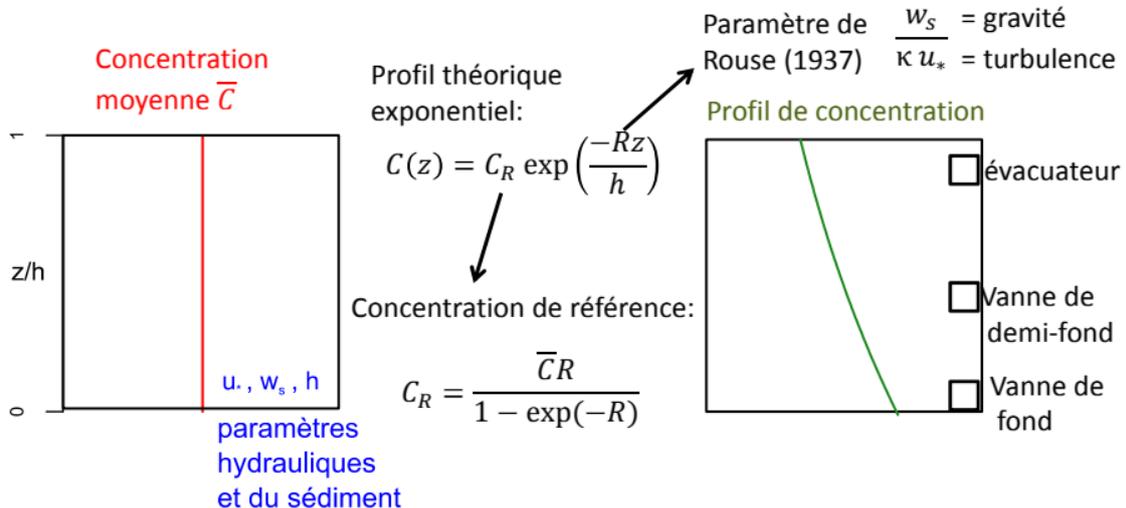


Fig 10 : Extrait du diaporama de soutenance de thèse de Lucie Guertault (2015)

2.3.2. Mise en œuvre pratique

La mise en œuvre a été plus compliquée que prévu et, pour l'instant au moins, ce modèle d'ouvrage est incompatible avec les schémas numériques traditionnels d'AdisTS. Pour pouvoir avancer, nous avons donc dû implémenter un schéma numérique plus simple, le schéma explicite décentré amont. Cela nous a amené à enrichir la panoplie des méthodes numériques disponibles dans AdisTS.

Tous les problèmes ne sont pas encore résolus, notamment le mécanisme qui, à partir d'un saut de concentration au passage d'un ouvrage (comme les vannes du barrage de Génissiat), déclenche une érosion dans la retenue, n'est pas encore bien représenté. En clair on sait estimer l'augmentation de concentration au passage du barrage, mais pas bien comment cela se traduit dans la retenue. Divers essais pour ajuster un terme source sur cette différence de concentration n'ont, pour l'instant, pas encore donné de résultats satisfaisants.

2.4. Implémentation du charriage dans MAGE-AdisTS

Dans le cadre de l'OSR-4, une première implémentation de la structure de données nécessaire à la modélisation du charriage (représentation des couches sédimentaires) a été réalisée dans AdisTS. À l'étude il s'est avéré qu'il serait plus pratique de modéliser le charriage dans le code de calculs hydrauliques (Mage) plutôt que dans le code de transport en suspension (AdisTS). Les raisons qui ont conduit à ce changement de stratégie sont les suivantes :

- il faut pouvoir faire du charriage sans transport en suspension et on ne peut pas faire tourner AdisTS sans au moins une concentration à transporter ;
- le travail sur le couplage fort AdisTS – Mage a montré que le couplage entre l’hydraulique et l’évolution de la géométrie est plus facile à gérer à l’intérieur du même code de calcul que entre 2 codes qui doivent calculer en parallèle ;
- l’implémentation de la structure de données dans AdisTS n’est pas satisfaisante parce qu’elle a une empreinte mémoire trop importante dans les cas sans charriage puisqu’elle réserve la place nécessaire aux données de charriage absentes.

Il a donc été décidé d’implémenter le module de charriage dans Mage-8. Pour cela la structure de données qui avait été implémentée dans AdisTS pour représenter les couches sédimentaires a été transférée dans Mage et largement modifiée. Un des objectifs était de ne pas avoir à gérer des données vides quand ces données n’existent pas. Il a été possible et relativement facile d’atteindre cet objectif en utilisant les facultés de programmation orientée objet introduites dans les normes récentes du langage Fortran.

Actuellement nous avons ainsi une version de Mage-8 qui dispose des fonctionnalités supplémentaires suivantes :

- chaque point de chaque profil en travers peut être enrichi de plusieurs couches sédimentaires définies par leur cote plancher, leur granulométrie (d_{50}), leur étendue granulométrique et une contrainte de mise en mouvement ;
- les données des couches sédimentaires peuvent être définies de 2 façons différentes :
 - soit point par point : dans ce cas les fichiers de géométrie au format ST sont complétés sur chaque ligne pour donner, en plus des coordonnées (x,y,z) du point, la liste de ses couches sédimentaires ;
 - soit par tronçons : dans ce cas les couches sédimentaires sont définies par leur épaisseur. Pour les secteurs où on ne veut pas définir de tronçon, on définit une couche sédimentaire par défaut.
- Cette double méthode de définition permet, grâce à une fonction d’export de la géométrie au format ST étendu (points (x,y,z) + couches sédimentaires) d’initialiser confortablement une simulation (donnée par tronçons) et de faire une reprise à partir d’un état final (donnée point par point).
- Une option de la ligne de commande permet à l’utilisateur de choisir le mode de prise en compte du charriage qu’il souhaite : pas de charriage (valeur par défaut), charriage à partir de données point par point et charriage à partir de données par tronçon. Cela fonctionne sans que l’utilisateur ait besoin de modifier ses fichiers de données, les données inutiles sont ignorées et s’il manque des données il y a un message d’erreur bloquante.

À la date de rédaction de ce rapport (26/03/2020), il reste à réaliser les étapes suivantes :

- reprendre dans Mage le calcul de la contrainte locale au fond tel que fait dans AdisTS ;
- implémenter la modification de la géométrie sous l’effet de l’écoulement.

2.5 Autres développements

- Couplage fort AdisTS – Mage-8 : Au printemps 2018 la CNR a accueilli un stagiaire pour travailler sur une inter-comparaison de codes de calcul pour le transport de sédiments fins en suspension avec évolution des fonds. Lors de ce stage quelques bugs ont été mis en évidence et ont été corrigés.
- Amélioration de la robustesse d’AdisTS : bilan de masse, schémas numériques alternatifs.

3. COLLABORATION AUTOUR DE LA MODELISATION

3.1 Réunions d'échanges et projets communs

Une mise en relation des modèles numériques développés au sein de l'IRSN et de Irstea fut initiée lors de la première réunion de travail en février 2019. Les minutes de la réunion de travail OSR modélisation sont fournies en Annexe 3.

L'objectif de la réunion fut d'établir des échanges entre les deux organismes (IRSN et Irstea) sur les modèles qu'ils utilisent pour simuler le transfert d'eau et de MES dans le cadre de l'OSR : modèles "de crise" STERNE (Golfe du Lion) et Casteaur (hydro-sédimentaire 1D, radio-nucléides), modèles Mage et AdisTS (hydro-sédimentaire et morphodynamique) et leur application au Rhône du lac Léman à la mer Méditerranée dans le cadre de l'OSR.

De prometteuses pistes de comparaison et échanges autour de Casteaur et Mage-AdisTS ont été prévues, notamment dans le cadre de la thèse d'Adrien Delaval. Il pourrait utiliser le modèle OSR du Rhône et comparer avec l'approche hydraulique simplifiée de Casteaur pour évaluer l'impact des approximations. Des premiers échanges ont eu lieu concernant des données d'entrées du modèle du Rhône développé par Irstea (coefficient de rugosité, conditions aux limites hydrauliques) pour l'IRSN.

Des échanges méthodologiques mutuels seraient intéressants, notamment pour développer les simulations des processus chimiques (partition, etc) dans AdisTS en s'inspirant des options plus avancées de Casteaur. L'application de Mage-AdisTS (en régime transitoire) sur des géométries simplifiées par biefs de type Casteaur pourrait être comparée aux résultats de Casteaur sur un même site, par exemple un bief aménagé du Rhône.

Une réunion plus large, étendue aux modélisateurs des autres partenaires de l'OSR (notamment CNR), a été organisée en septembre 2019.

Des projets d'actions communes avec d'autres partenaires pour intégrer les modèles du bassin versant au Golfe du Lion ont été proposées pour financement par l'Agence de l'Eau (action ContinuumMES) et l'ANR (proposition ANR Continuum). L'action ContinuumMES a été acceptée par l'Agence de l'Eau et va pouvoir démarrer en 2020 avec le recrutement d'un CDD de 12 mois. Il s'agit de chaîner les 3 modèles J2000 Rhône (hydrologie distribuée sur le bassin versant), OSR 1D (Rhône du Léman à la mer) et MARS3D-MUSTANG (Golfe du Lion, Ifremer), et d'évaluer des scénarios de long-terme sur les flux d'eau et de MES. La proposition ANR Continuum n'a en revanche pas passé la 1^{ère} phase de sélection. Une réunion avec les partenaires a permis de dresser une liste d'améliorations pour resoumettre une proposition pour 2021.

3.2 Formations et appui aux actions OSR

Outre les appuis par téléphone et courrier électronique, on peut noter les actions de formation et appui suivantes pour différents partenaires et actions de l'OSR5.

- Appui au stage d'Emilio Corrales Lalinde (CNR, 2018). Encadrants : Thierry Fréaud pour CNR, Éric Barthélémy pour INP Grenoble. Sessions de formation à PamHyr-Mage et AdisTS : 5 et 16 avril 2018 (2 1/2 journées).
- Appui au postdoc d'Alyssa Serlet (Cerege). Journée formation Pamhyr-Mage appliqué au modèle du Rhône 29/07/2019. Échanges réguliers par mail ou visio depuis cette formation.
- Appui à la thèse de Mathieu Lucas (INRAE). Demi-journée formation Pamhyr-Mage appliqué au modèle du Rhône, secteur Beaucaire 23/01/2020, échanges réguliers.
- Appui à la thèse de Nicolas Noclin (ENTPE). Journées et demi-journées de formation Pamhyr-Mage appliqué au modèle du Rhône, secteur PDR 22/01/2020, 06/02/2020, 03/03/2020, échanges réguliers par courriel.
- Démo du logiciel modeleur-secma par André Paquier 13/02/2020 avec Mathieu, Nicolas et Laura.
- Appui à la thèse d'Adrien Laval. Point Pamhyr-Mage pour prise en main du modèle Rhône lors des journées modélisation, échanges par courriel.

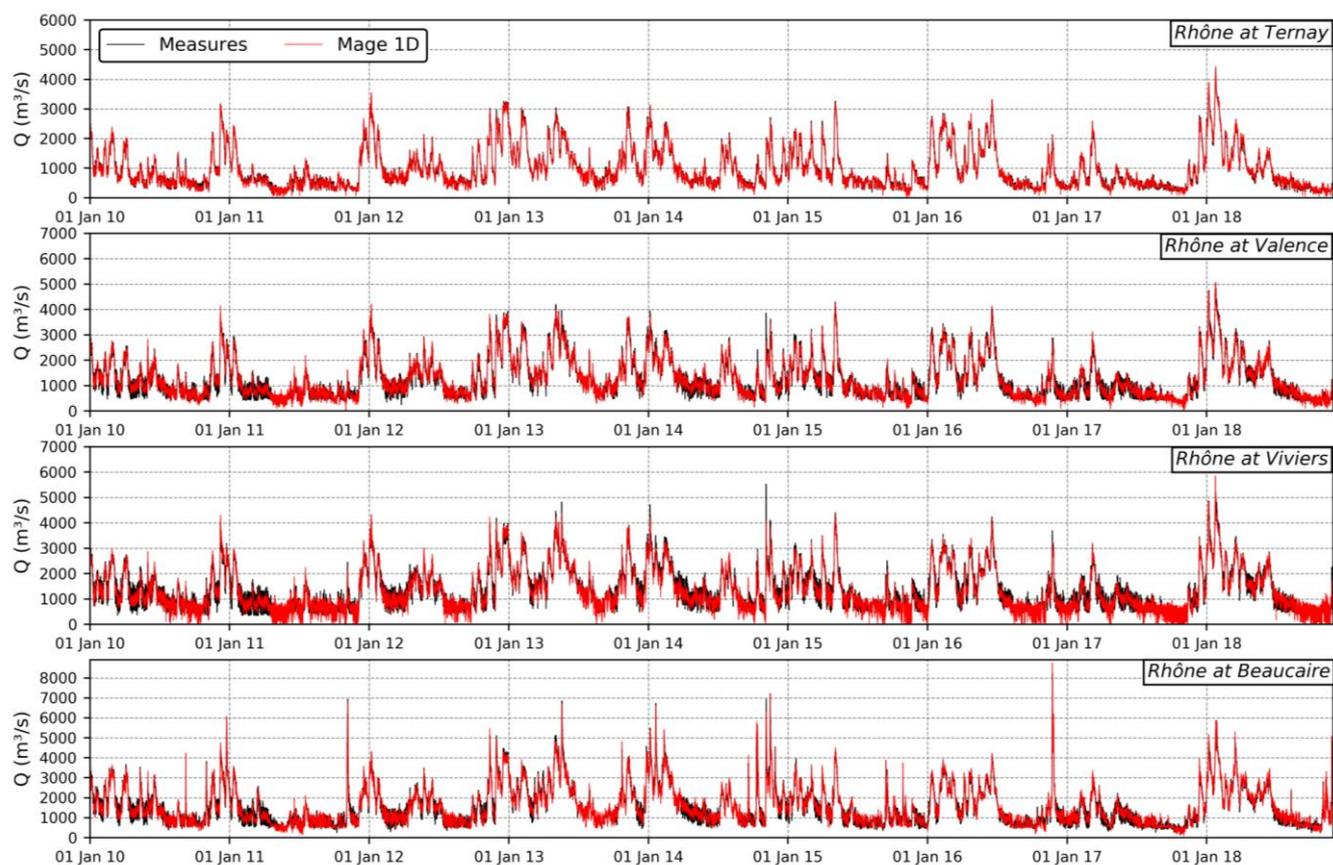
4. RÉFÉRENCES

- Andriès E., Camenen B., Faure J.-B., Launay M., and Le Coz J. (2012). Modélisation hydro-sédimentaire du site de Miribel-Jonage à l'aide des modèles numériques Mage et AdisTS, Rapport scientifique, Irstea Lyon-Villeurbanne.
- Andriès E., Camenen B., Faure J.-B., Le Coz J., and Launay M. (2012). Modélisation hydro-sédimentaire du Rhône à l'aide des modèles numériques Mage et AdisTS, Rapport scientifique, Irstea Lyon-Villeurbanne.
- Camenen B., Andriès E., Faure J.-B., de Linares M., Gandilhon F., and Raccasi G. (2013). Experimental and numerical study of long term sedimentation in a secondary channel : example of the Beurre island on the Rhône river, France. In *ISRS Kyoto*, Japan.
- Corrales Lalinde E. (2018). Transport sédimentaire en suspension, Rapport de stage, CNR Lyon.
- Dugué V., Walter C., Andriès E., Launay M., Le Coz J., Camenen B., and Faure J.-B. (2015). Accounting for hydropower schemes' operation rules in the 1D hydrodynamic modeling of the Rhône River from Lake Geneva to the Mediterranean Sea, 36th IAHR 2015 World Congress, The Hague, The Netherlands.
- Dugué V., Le Coz J., Camenen B., Faure J.-B., Walter C., Andriès E., and Launay M. (2015). A 1-D hydro-sedimentary numerical model to improve the understanding of suspended particulate matters and contaminant fluxes in the Rhône River, *IS Rivers 2015*, Lyon, France.
- Elder J. (1959). The dispersion of marked fluid in turbulent shear flow. *Journal of Fluid Mechanics*, 5(4), 544-560.
- Fischer H. (1975). Discussion of simple method for predicting dispersion in stream by R. S. McQuivey and T. N. Keefer, *Journal of Environmental Engineering Division*, 101(3), 453-455.
- Guertault L. (2015). Evaluation des processus hydro-sédimentaires d'une retenue de forme allongée : application à la retenue de Génissiat sur le Haut-Rhône. Thèse de Doctorat, Université Lyon 1, Lyon, France.
- Guertault, L., B. Camenen, C. Peteuil, A. Paquier, and J.-B. Faure (2016), One-dimensional modeling of suspended sediment dynamics in dam reservoirs, *Journal of Hydraulic Engineering-ASCE*, 142(10), doi:10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001157.
- Iwasa Y., and Aya S. (1991). Predicting longitudinal dispersion coefficient in open channel flows. *International Symposium on Environmental Hydraulics*, Hong-Kong, China.
- Koussis A., and Rodriguez-Mirasol J. (1998). Hydraulic estimation of dispersion coefficient for streams. *Journal of Hydraulic Engineering ASCE*, 124(3), 317-320.
- Launay M. (2014). Flux de contaminants particuliers dans un grand cours d'eau anthropisé : dynamique des PCB et du mercure transportés par les matières en suspension du Rhône, du Léman à la Méditerranée. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard, Lyon, France.
- Launay M., Le Coz J., Camenen B., Walter C., Angot H., Dramais G., Faure J.-B., Coquery M. (2015). Calibrating pollutant dispersion in 1-D hydraulic models of river networks, *Journal of Hydro-environment Research*, 9, pp 120-132.

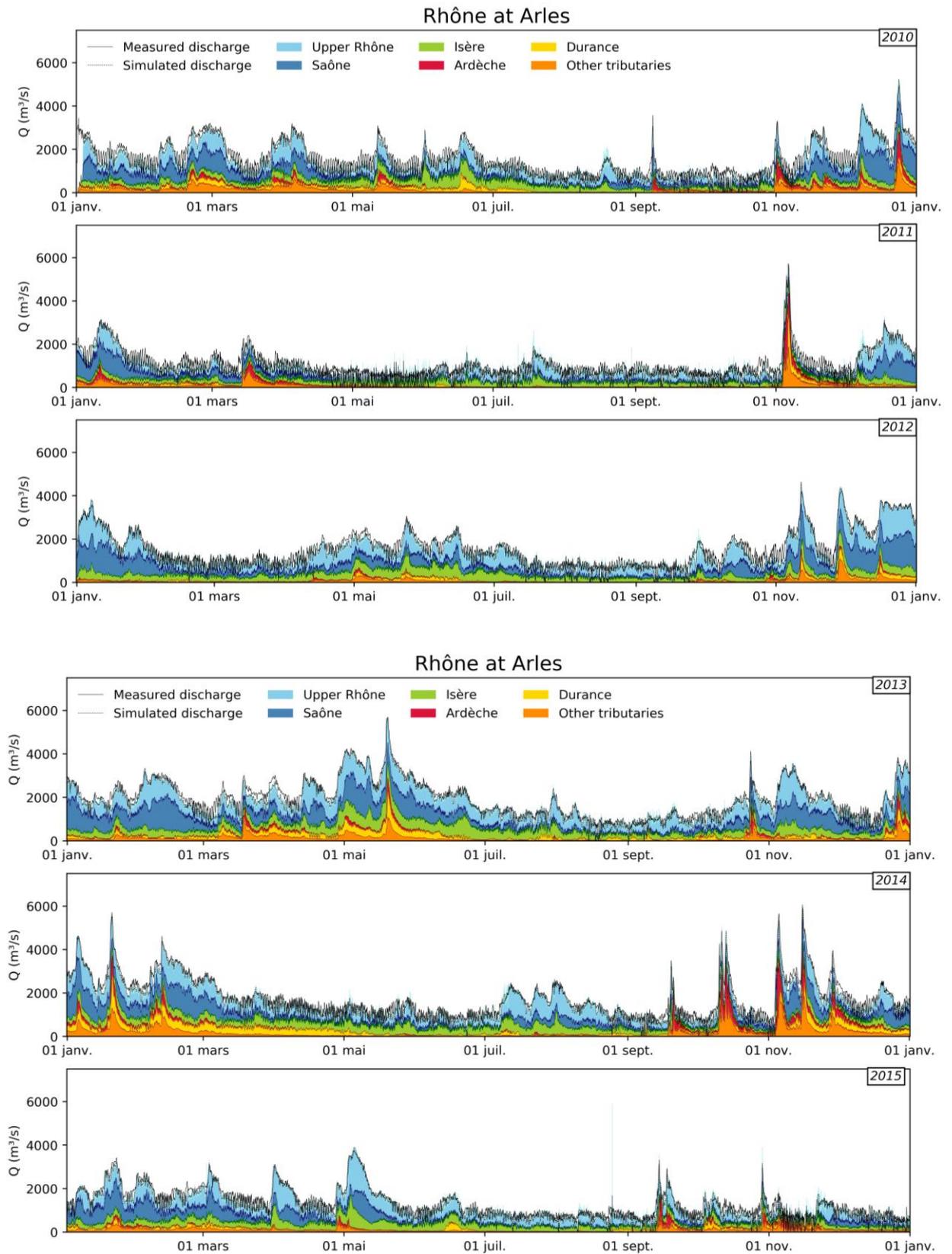
- Launay M., Dugué V., Faure J.-B., Coquery M., Camenen B. and Le Coz J. (2019), Numerical modelling of the suspended particulate matter dynamics in a regulated river network, *Science of the Total Environment*, Volume 665, pp 591-605.
- Le Coz, J., Renard, B., Bonnifait, L., Branger, F., Le Bouriscaud, R. (2014). "Combining hydraulic knowledge and uncertain gaugings in the estimation of hydrometric rating curves : a Bayesian approach", *Journal of Hydrology*, Volume 509, pp 573-587.
- Liu H. (1977). Predicting dispersion coefficient of streams. *Journal of Environmental Engineering Division*, 103(1), 59-69.
- Negrello, P., Menu, S. and Reynaud, S. (2012). Evolution de la consigne de chasse des ouvrages de la Basse Isère – Analyses complémentaires de la modélisation hydrosédimentaire du bief Rhône. Rapport technique EDF/CNR.
- Observatoire des Sédiments du Rhône (2013). Suivi scientifique des opérations de chasses sur le Haut-Rhône de juin 2012. Rapport technique. Livrable OSR3.
- Observatoire des Sédiments du Rhône (2015). Modélisation hydro-sédimentaire 1-D du Rhône de Lyon à la mer Méditerranée – Bilan 2014. Rapport technique. Livrable OSR3.
- Observatoire des Sédiments du Rhône (2017). Modélisation hydro-sédimentaire du Rhône – Action V2. Rapport technique. Livrable OSR4.
- Pouchoulin S., Mignot E., Rivière N., Le Coz J., Numerical simulations on mixing of passive scalars in river confluences. *River Flow 2018*, Volume 40, 05019.
- Poulier G., Launay M., Le Bescond C., Thollet F., Coquery M., Le Coz J. (2019). Combining flux monitoring and data reconstruction to establish annual budgets of suspended particulate matter, mercury and PCB in the Rhône River from Lake Geneva to the Mediterranean sea, *Science of the Total Environment*, Volume 658, pp 457-473.
- Rathbun, R. E., and C. E. Rostad (2004), Lateral mixing in the Mississippi River below the confluence with the Ohio River, *Water Resour. Res.*, 40, W05207, doi:10.1029/2003WR002381.
- Sadaoui, M., Ludwig, W., Bourrin, F., Raimbault, P. (2016). "Controls, budgets and variability of riverine sediment fluxes to the Gulf of Lions (NW Mediterranean Sea)", *Journal of Hydrology*, Volume 540, pp 1002-1015.
- Seo I., and Cheong T. (1998). Predicting longitudinal dispersion coefficient in natural streams. *Journal of Hydraulic Engineering ASCE* ; 124(1), pp 25-32.
- Yotsukura, N., and E. D. Cobb (1972), *Transverse diffusion of solutes in natural streams*, *U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, 582-C.

A N N E X E S

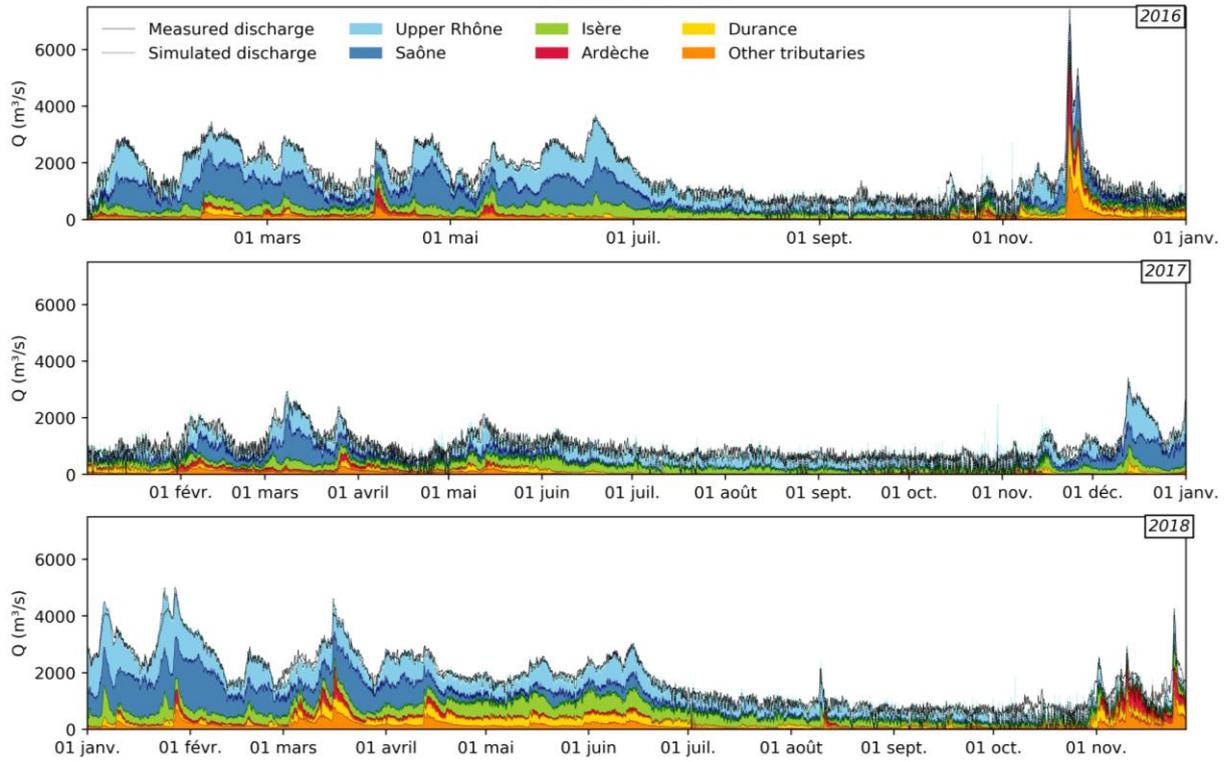
Annexe 1 – Comparaison des débits mesurés et calculés par Mage 1D aux stations de Ternay, Valence, Viviers et Beaucaire entre 2010 et 2018.



Annexe 2 – Décomposition des hydrogrammes à Arles entre 2010 et 2018



Rhône at Arles



Annexe 3 – Minutes de la réunion de travail OSR modélisation

Minutes Réunion OSR modélisation

7 février 2019

Irstea – Lyon

Présents IRSN : *O.Radakovitch, C. Duffa, P.Boyer, A. Delaval*

Présents IRSTEA : *J. Le Coz, B. Camenen, JB. Faure, L. Troudet*

1) Tour de table avec présentation de chacun

OR refait un point sur l'objectif de la réunion : échanges à faire entre les deux organismes sur les modèles qu'ils utilisent pour simuler le transfert d'eau et de Matières en Suspension dans le cadre de l'OSR. Cette réunion est prévue comme une tâche de l'action D1 de l'OSR 5.

CD décrit ce qu'est le modèle STERNE (IRSN). Il s'agit d'un modèle implémenté au centre de crise IRSN et qui vise à greffer un module simulant le devenir des radionucléides dissous en mer sur la base de sortie d'un autre modèle qui traite de l'hydrodynamique. Previmer avait été utilisé jusqu'ici mais il est arrêté et on s'est tourné vers le SHOM pour nous fournir les prochaines sorties hydro. Le SHOM utilise le modèle HYCOM (résolution de 1,7 km). Emprise du modèle : toute la méditerranée occidentale (résolution 1,7 km) avec des zooms à faire sur des zones sensibles (delta du Rhône, rade de Toulon).

AD : décrit son sujet de thèse (modélisation du transfert de radionucléides dans un continuum bassin versant-mer) et le besoin de prendre en compte la désorption à l'embouchure. Les sorties de CASTEAUR seront à prendre en considération dans Sterne.

JB : développeur des modèles Mage et AdisTS. Mage : Réseau ramifié, grands domaines, ouvrages éventuellement mobiles/réglables. Adis et AdisTS (version sédimentaire) récupèrent les lignes d'eau calculées par Mage et font respectivement du transport de polluant et de sédiments. L'implémentation du charriage et de l'évolution des fonds dans AdisTS est en cours. Maintenant il y a des couplages entre AdisTS et Mage : AdisTS modifie le lit de la rivière par dépôt-érosion et relance les calculs de Mage. Objectif : simulation sur grand domaine et longue durée (typiquement : le Rhône pendant 100 ans).

Il existe une application en temps réel (modèle Rosaly) faite par Burgeap pour les champs captants de l'agglomération lyonnaise opérés par Veolia pour le compte de la Métropole de Lyon. Ce bureau d'étude utilise ce modèle pour simuler le Rhône entre le lac Léman et Lyon et couple ceci avec la nappe de Miribel Jonage. Rosaly est dédié à la prévision de la distribution d'un polluant dissous ou particulaire. Il y a un accord entre Burgeap et Irstea et ils s'échangent les infos lorsqu'ils arrivent à avancer sur des paramètres.

AdisTS (OSR) est développé en open source, la version de Mage développée actuellement est aussi open source dans le cadre d'un projet ANR. Il y a aussi une interface graphique open source (Pamhyr).

LT : nouvelle en CDD sur les missions Irstea de l'action D1. Elle a travaillé sur la modélisation continue pluri-annuelle : 2010 à 2018.

BC : travaille sur le charriage, la suspension, la mise en place et le développement d'ADISTS avec André Paquier (charriage et évolution des fonds, en s'inspirant des options du modèle 1D Rubarbe d'Irstea). Ces processus seront implémentés dans AdisTS et le modèle du Rhône dans le cadre de l'OSR.

2) Présentation du modèle CASTEAUR (P. Boyer)

Outil pour la crise, très simple et robuste, utilisable sur tous les cours d'eau. Ce qui est recherché en priorité c'est la propagation des débits avec l'hypothèse que le bon mélange est vérifié. Les rejets diffus peuvent être pris en compte (apports BV, dépôt d'origine atmosphérique...), et il contient un modèle sédimentaire et un modèle de

chaîne trophique. Les biefs sont à section trapézoïdale sans débordement ni casier et l'hydraulique est modélisée à chaque instant en régime quasi-permanent : successions d'états stationnaires.

Il contient un modèle sédimentaire à 3 couches : une interface peu cohésive qui est à l'équilibre avec la colonne d'eau. Au-dessous il y a une couche active cohésive qui continue de diffuser vers la colonne d'eau (zone oxygène), et au-dessous une couche passive, que seule l'érosion peut remobiliser.

Le taux d'érosion reste empirique et doit être calibré à partir de relations charge-débit, et il n'y a pas de modification de la géométrie du lit.

Question de BC sur le fait que la représentation des couches ne se retrouve vraiment que dans les barrages. Expérience d'AdiTS : les lits mineurs et moyens sont séparés, les échanges sont seulement sur le lit moyen (pas le lit mineur).

Le stock de sédiment change mais pas la géométrie. Echelle de temps recherchée : de l'heure, au jour, voire jusqu'à 50 ans.

La partie sédiment est éliminée pour une simulation en situation de crise. En crise la démarche est en effet très conservatrice pour aller en premier chercher des valeurs seuils.

Le Kd est variable en fonction de la granulométrie des classes de particules considérées.

L'outil est repris pour travailler sur des réseaux géographiques géoréférencés pour pouvoir mieux prendre en compte les dépôts atmosphériques en cas d'accident (CASTEAURx). Il ne contient pas de modèles hydrologiques de BV.

Intérêt du modèle : on peut faire des statistiques.

Dans AAdiTS le polluant solide est fixé sur un certain type de particules (granulo). Discussion sur le besoin ou pas d'intégrer un Kd dans Adis. Irstea gère avec des particules de même taille qui peuvent avoir différentes teneurs, alors que Casteaur à une concentration par taille granulométrique.

Présentation Thèse Adrien Delaval : hydrogrammes du Rhône.

Essai de CASTEAUR sur quelques années hydrologiques. 38 biefs sur le Rhône de Bugey jusqu'à la diffluence. Les apports des affluents ont été rentrés avec les chroniques de BDOH pour l'essentiel, sur l'année 2015. Les relations données-sortie modèle sont bonnes à Lyon et Valence mais pas à Arles ou des écarts parfois de deux jours apparaissent sur les montées de crue. Ce point devrait être amélioré avec CASTEAURx qui permettra d'intégrer les différentes branches du Rhône et les barrages.

Irstea confirme que cela pourrait être due aux éclusées. En crue, les barrages sont ouverts sur les tronçons court-circuités et la propagation est ralentie (créant ainsi un décalage entre la réalité et le modèle). Le fait que l'on n'ait pas ce décalage avant Arles est peut-être dû au fait qu'en amont la propagation moyenne dans les deux branches du Rhône (vieux Rhône et Rhône court-circuité) doit être proche de la propagation combinée, les canaux et Vieux-Rhône n'ayant pas des différences de longueur aussi fortes que sur les aménagements de l'aval du Rhône.

Problème avec les ouvrages, la répartition de débit à l'amont dépend de la sortie.

PB : il faut modifier le modèle pour prendre en compte un réseau hydrographique et mieux modéliser les lignes d'eau, notamment en tenant compte des hauteurs d'eau imposées à l'aval.

JB : pourquoi on ne couplerait pas directement avec Mage ? Le modèle construit avec Mage contient tous les 21 aménagements du Rhône avec les règles des barrages.

PB : on est en train de finir la partie réseau et la partie hydro simplifiée. A l'issue je serais intéressé pour coupler avec le modèle existant avec Mage.

JBF dit que l'IRSN peut effectivement intégrer Mage, d'autant plus que cet organisme a acheté la licence, et que Mage est maintenant gratuit et bientôt open-source. La question est de savoir si on fait tourner Mage en parallèle ou si on récupère ses sorties. On peut aussi utiliser Mage en spécifiant les tronçons sous des formes simplifiées (rectangulaire, trapézoïdale...), ce qui serait très pratique et proche de l'approche CASTEAUR.

Proposition de PB : on commence par faire un couplage simple Mage-CASTEAURx, et pour ceci je vais récupérer des fichiers de Mage pour tester la faisabilité de leur lecture par CASTEAUR.

JBF : je peux fournir des routines de lecture qui permettent d'aller plus vite.

Coefficient de dispersion = relation empirique, Irstea privilégie la formule d'Iwasa et Aya après essai de traçage à la rhodamine sur le Rhône à Lyon (Launay et al., 2015, JHER).

PB dit qu'il serait bien d'avoir les données on-line des débits. Il propose que l'on pourrait aussi avoir un modèle qui tourne en permanence et en temps-réel, ce qui serait l'idéal pour la crise. IRSTEA est aussi intéressé pour contribuer à cela, même si une telle application opérationnelle va au-delà de leurs missions de recherche.

3) Présentation de ADIS, modèle 1D hydrosédimentaire (L. Troudet)

Le modèle est décomposé entre bas et haut Rhône. Le barrage de Génissiat est encore à intégrer (en hydraulique c'est OK mais en sédiment c'est pas encore bon, trop de variabilité possible en MES sur les 60m de profondeur de la retenue).

Modèle lancé de Lyon à la Méditerranée. Une cote imposée à Petite Abbaye et Grand Boisviel en Camargue, où il y a des limnigraphes CNR.

Les ouvrages ont tous des fonctionnements inclus avec deux types de lois automatiques, ou paramétrage avec enregistrements temporel des niveaux aux points de réglage des aménagements.

Se reporter à son ppt si besoin.

4) Perspectives-axes de collaborations

- Réflexion sur couplage simplifié Mage-CASTEAUR sur le Rhône à mettre en route (**Boyer, Faure, Troudet doivent en discuter**)

- faire une comparaison CASTEAURx-Mage-Adis pour évaluer l'impact des simplifications

- Avoir une réflexion sur la gestion des concentrations en contaminants chimiques (Kd simple ?), à calculer en post-traitement de l'hydraulique ?

- Réunion OSR plus générale à faire avec Ifremer (Verney, Fusch, Pairaud), CNR (S. Reynaud) et EDF (Kamal El Kadi, Magali Jodeau) et autres, de la même manière que l'atelier OSR de 2016. **@érôme lancera un doodle.**

- Plus urgent : projet agence à déposer par Irstea, et/ou à la zabr. Irstea doit donner des idées à l'agence pour début mars dans le cadre de son accord cadre. Ils veulent coupler leur modèle distribué du Rhône avec le modèle hydraulique du Rhône et le modèle Ifremer du Golfe du Lion. PB : cela rentre pile poil avec le projet que l'on a pour le centre de crise.

- Projet d'une application du modèle qui tourne en temps réel : idée à faire circuler entre nous et qui mérite réflexion et association avec partenaires opérationnels (cf. gestion de crise, Dreal de bassin).

- Projet d'une ANR Continuum : modélisation numérique intégrée du continuum BV-GOL. Intéressés potentiels: IRSTEA, LMFA/INSA, IFREMER, IRSN, IGE, CNR, EDF ?



Observatoire des Sédiments du Rhône



Observatoire des Sédiments du Rhône

GRAIE – OHM Vallée du Rhône

66 bd Niels Bohr – CS 52132

69603 Villeurbanne Cedex

www.graie.org/osr/

Contact :

agathe.chateauminois@graie.org