



DREAL AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

Le fleuve Rhône
du lac Léman jusqu'à la mer Méditerranée

Etude préalable à la réalisation du schéma directeur de gestion sédimentaire du Rhône

Rapport de Mission 4
Inventaire et retour d'expérience
des modes de gestion et des actions de restauration

Version finale – décembre 2020

Réf : CEAUCE172551 / REAUCE03391-02



BURGEAP Agence Centre-Est • 19, rue de la Villette – 69425 Lyon CEDEX 03
Tél : 04.37.91.20.50 • Fax : 04.37.91.20.69 • burgeap.lyon@groupeginger.com



DREAL
AUVERGNE-RHONE-ALPES

Le fleuve Rhône
du lac Léman jusqu'à la mer Méditerranée

Etude préalable à la réalisation du schéma directeur de gestion sédimentaire du Rhône

Rapport de Mission 4
Inventaire et retour d'expérience des modes de gestion
et des actions de restauration

Ce rapport a été rédigé par le groupement de bureaux d'études composé de BURGEAP, GEOPEKA, ACTEON, ARALEP, MOSAIQUE ENVIRONNEMENT et DELTARES

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction	Vérification		Validation	
			Nom	Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport provisoire de Mission 4	10/09/2020	01	BURGEAP : F. LAVAL, G. GILLES GEOPEKA : G. FANTINO, E. CATALON ACTEON : S. LACOMBE ARALEP : J.-P. MALLET MOSAÏQUE ENVT : E. BOUCARD	G. GILLES P. STROSSER J.-F FRUGET		F. LAVAL	
Rapport final de Mission 4	15/12/2020	02	F. LAVAL, G. FANTINO	G. GILLES		F. LAVAL	

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CEAUCE172551 / REAUCE03391-02
Numéro d'affaire :	A41860
Domaine technique :	BV04
Mots clé du thésaurus	SCHEMA DIRECTEUR D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX, TRANSPORT SOLIDE PAR CHARRIAGE, TRANSPORT SOLIDE PAR SUSPENSION, SEDIMENT, HYDRAULIQUE FLUVIALE, INONDATION, EAU A USAGE AGRICOLE, EAU A USAGE INDUSTRIEL, EAU A USAGE DOMESTIQUE, VOIE NAVIGABLE, ECLUSE, POISSON, QUALITE ECOLOGIQUE, HABITATS AQUATIQUES



BURGEAP Agence Centre-Est • 19, rue de la Villette – 69425 Lyon CEDEX 03
Tél : 04.37.91.20.50 • Fax : 04.37.91.20.69 • burgeap.lyon@groupeginger.com



INTRODUCTION

La DREAL Auvergne-Rhône-Alpes intervient comme maître d'ouvrage de l'élaboration du schéma directeur de gestion sédimentaire du Rhône entre le lac Léman et la mer Méditerranée, en partenariat avec CNR, EDF et l'Agence de l'Eau qui participent financièrement au dossier et composent le Secrétariat Technique (SECTECH).

Le Comité de pilotage du dossier (COPIL) est composé des membres précédents, ainsi que de l'Office Français de la Biodiversité (OFB), de Voies Navigables de France (VNF), de la Métropole de Lyon, de la Région Auvergne-Rhône-Alpes (AURA), de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), la Région Occitanie, et de l'Observatoire des Sédiments du Rhône (OSR).

Cette étude est réalisée par le groupement de bureaux d'études composé de BURGEAP, en tant que mandataire, GeoPeka, ACTeon, ARALEP, MOSAÏQUE Environnement et DELTARES.

L'étude comporte 2 phases et les 9 missions d'étapes suivantes :

- **PHASE 1 – Etat des lieux :**
 - Mission 1 – Recueil des données et des études existantes sur le périmètre de l'étude ;
 - Mission 2 – Synthèse du fonctionnement hydrosédimentaire du fleuve Rhône ;
 - Mission 3 – Identification des enjeux liés à la gestion sédimentaire sur le fleuve en termes d'écologie, de sûreté/sécurité et d'usages socio-économiques ;
 - Mission 4 – Inventaire et retour d'expérience des modes de gestion et des actions de restauration ;
 - Mission 5 – Retour d'expérience sur les types de gestion mis en place sur d'autres grands cours d'eau internationaux ;
- **PHASE 2 – Elaboration du schéma de gestion sédimentaire et mise à jour :**
 - Mission 6 – Définition des scénarios et des actions-clés permettant d'atteindre les objectifs ;
 - Mission 7 – Analyse de la faisabilité des actions-clé et des scénarios par grands secteurs ;
 - Mission 8 – Eléments méthodologiques pour la déclinaison opérationnelle de la stratégie de gestion et de restauration ;
 - Mission 9 – Proposition d'une méthodologie de mise à jour du schéma directeur.

Le présent rapport constitue le rapport de la Mission 4.

Cette mission a été menée entre mars 2018 et septembre 2020. La collecte des données a été menée jusqu'en juin 2019, ce qui peut expliquer la non prise en compte de données plus récentes.

Le travail a été mené par BURGEAP pour le volet gestion et par GEOPEKA pour le volet restauration. Les autres membres du groupement (ACTeon, ARALEP, MOSAÏQUE Environnement) ont procédé à une relecture du rapport. La cohérence de l'ensemble est assurée par BURGEAP.

L'objectif de cette Mission 4 consiste à analyser les différents programmes de gestion réalisés par les gestionnaires du Rhône, ainsi que leur évolution dans le temps. De plus, l'objectif est de mettre en évidence les éventuelles incohérences et les complémentarités possibles entre ces programmes ou d'un territoire à l'autre.

Le travail de la Mission 4 porte sur les programmes d'actions des membres du comité de pilotage, à savoir la CNR, EDF, VNF et le Grand Lyon. A cette liste, qui comporte la très grande majorité des actions, ont été ajoutées :

- des opérations de gestion par d'autres maîtres d'ouvrage contenues dans la base de données CNR (COGEMA, SMHAR, CCI, SALINS, etc.) ;
- des actions de gestion transmises par les SIG Genève et la SFMCP, avec une visibilité partielle sur les volumes et les coûts des actions ;
- des opérations de gestion identifiées par la DREAL par les dossiers réglementaires de la période 2007-2017 par les maîtres d'ouvrage suivants : CCBTA (communauté de communes Beaucaire Terre d'Argence), Ville de Viviers, Ville de Tournon, SYRIPEL (Syndicat Rhône Isère Plaisance & Loisirs – port des Roches de Condrieu), Ville de Bourg-lès-Valence, BRL, Ville d'Avignon,
- des opérations de restauration portées par d'autres maîtres d'ouvrage que la CNR (SHR, etc.).

Pour le détail des actions, le lecteur pourra se reporter aux fiches UHC des 25 Unités Hydrographiques Cohérentes du Rhône dont la référence est généralement rappelée dans le texte.

Bien que le recensement des actions se veuille exhaustif sur la période 1995-2018, il est possible que certaines actions, en nombre assurément limité, aient échappé au recensement. Enfin, lorsqu'une action a été réalisée mais que les informations ne sont pas connues (localisation, volumes, coûts, etc.), celle-ci est mentionnée dans le texte des fiches UHC mais elle ne figure pas dans l'exploitation des bases de données et dans l'analyse globale du présent rapport.

Le rapport se décline selon les parties suivantes :

- PARTIE A : méthodologie ;
- PARTIE B : actions de gestion et d'entretien ;
- PARTIE C : actions de restauration ;
- PARTIE D : synthèse

Le rapport de Mission 4 s'accompagne de documents complémentaires :

- Fiches de synthèse par UHC :
 - Un rapport de synthèse pour chacune des 25 UHC du Rhône ;
 - La section H de ces fiches correspond plus particulièrement aux éléments traités dans le rapport de Mission 4 ;
- Notice explicative des fiches UHC ;
- Rapport annexe : bibliographie, glossaire.

Pour citer ce document :

Laval F., Gilles G., Fantino G., Catalan E., Strosser P., Lacombe S., Mallet J.-P., Fruget J.-F., Boucard E. (2020). Etude préalable au schéma directeur de gestion sédimentaire du fleuve Rhône du lac Léman jusqu'à la mer Méditerranée. Phase 1 – Etat des lieux. Rapport de Mission 4 – Inventaire et retour d'expérience des modes de gestion et des actions de restauration. Groupement de bureaux d'études BURGEAP-GEOPEKA-ACTEON-ARALEP-MOSAÏQUE Environnement-DELTARES. Secrétariat technique : DREAL, CNR, EDF, Agence de l'Eau.

SOMMAIRE

PARTIE A. METHODOLOGIE 6

1.	Typologie synthétique.....	7
2.	Rappel des obligations des gestionnaires et concessionnaires.....	7
2.1	Pour la CNR.....	7
2.2	Pour EDF	8
2.3	Pour les SIG de Genève	8
2.4	Pour la SFMCP	8
2.5	Pour VNF	8
2.6	Pour les autres Maîtres d'Ouvrage	8
3.	Organisation du rapport.....	9

PARTIE B. ACTIONS DE GESTION ET D'ENTRETIEN 10

1.	Typologie des actions de gestion et d'entretien.....	11
1.1	Les enjeux de gestion sédimentaire.....	11
1.2	Les mesures de gestion adaptées aux motifs d'intervention.....	12
1.3	Les chasses	13
1.4	Les dragages	14
1.5	Les opérations de gestion terrestre : charruage et essartage	14
2.	Opérations de chasse sédimentaire ou d'accompagnement de chasse	15
2.1	Chasses suisses et accompagnements sur le Haut-Rhône	15
2.1.1	Gestion sédimentaire passée	15
2.1.2	Opérations d'APAVÉR à partir de 2016.....	20
2.1.3	Bilan des accompagnements de chasse pour les ouvrages suisses et français.....	24
2.1.4	Opérations de dragages consécutives aux APAVER	28
2.1.5	Futures opérations d'APAVÉR.....	28
2.2	Chasses et mises en transparence sur les affluents intéressant le Rhône	28
2.2.1	Ouvrages de la basse Isère	28
2.2.2	Ouvrages de l'Arve	32
2.2.3	Ouvrages du Fier aval.....	32
2.2.4	Ouvrages de la basse vallée de l'Ain	33
2.2.5	Ouvrages de la basse vallée de la Durance	33
2.3	Pertinence et pérennité des actions de chasse et de mise en transparence.....	33
3.	Opérations de dragage d'entretien	35
3.1	Mise en perspective historique des dragages d'entretien	35
3.2	Principes des dragages d'entretien.....	35
3.2.1	Modalités de réalisation des dragages.....	35
3.2.2	Devenir des sédiments	35
3.3	Traitement de la base de données.....	38
3.3.1	Construction de la base de données	38
3.3.2	Attributs de la base de données	38
3.3.3	Précisions et limites sur la base de données	38
3.4	Approche globale	39
3.4.1	Nombres d'opérations et de sites de dragages.....	39
3.4.2	Occurrence des volumes de dragages	39
3.4.3	Comparaison avec la période 1987-2006	40
3.4.4	Répartitions de volumes	41

3.5	Approche géographique par UHC	44
3.5.1	Nombres d'opérations et de sites de dragages	44
3.5.2	Volumes globaux par UHC	44
3.5.3	Répartitions de volumes	46
3.6	Approche chronologique	52
3.6.1	Nombre d'opérations de dragages par années	52
3.6.2	Volumes globaux par années	52
3.6.3	Répartitions chronologiques	53
3.7	Approche par motifs d'intervention	55
3.7.1	Pour la navigation.....	56
3.7.2	Pour l'écoulement des crues	61
3.7.3	Pour l'exploitation	65
3.7.4	Pour les prélèvements.....	66
3.7.5	Pour les autres motifs.....	66
3.8	Relations entre les événements hydrosédimentaires et les dragages d'entretien	67
3.9	Pertinence et pérennité des actions de dragage	68

4.	Gestion terrestre du lit des Vieux Rhône	70
4.1	Motifs d'intervention	70
4.2	Techniques utilisées	71
4.3	Réflexion menée dans l'UHC de Chautagne	75
4.4	Effet des travaux d'entretien sur les communautés végétales	75
4.5	Pertinence et pérennité des actions de gestion terrestre.....	75

PARTIE C. ACTIONS DE RESTAURATION 77

1.	Historique de la restauration du fleuve Rhône	78
1.1	Retour sur les origines de la restauration du fleuve Rhône.....	78
1.2	Le programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône	78
1.3	Du programme décennal au Plan Rhône.....	78
1.4	Les différents types d'actions de restauration menés ou en réflexion sur le Rhône	79
2.	Bilan des actions de restauration du fleuve Rhône	80
2.1	Le relèvement des débits et régimes réservés	80
2.1.1	Principe de restauration.....	80
2.1.2	Bilan des actions réalisées	80
2.1.3	Pertinence et pérennité	80
2.1.4	Intérêts et limites pour la gestion sédimentaire du Rhône et enjeux associés.....	81
2.2	La restauration des îlons et des zones humides associées.....	81
2.2.1	Principe de restauration.....	81
2.2.2	Bilan des actions réalisées	81
2.2.3	Pertinence et pérennité	84
2.2.4	Intérêts et limites pour la gestion sédimentaire du Rhône et enjeux associés.....	84
2.3	La réactivation de la dynamique fluviale sur les marges alluviales	85
2.3.1	Principe de restauration.....	85
2.3.2	Bilan des actions de restauration	85
2.3.3	Pertinence et pérennité	86
2.3.4	Intérêts et limites pour la gestion sédimentaire du Rhône et enjeux associés.....	87
2.4	Les réinjections sédimentaires.....	88
2.4.1	Principes de restauration.....	88
2.4.2	Bilan des actions de restauration	88
2.4.3	Pertinence et pérennité	89
2.4.4	Intérêts et limites pour la gestion sédimentaire du Rhône et enjeux associés.....	89
2.5	Les interventions sur les seuils transversaux (Vieux Rhône et affluents)	90
2.5.1	Principes de restauration.....	90

2.5.2	Bilan des actions de restauration.....	90
2.5.3	Pertinence et pérennité.....	90
2.5.4	Intérêt et limite pour la gestion sédimentaire du Rhône et enjeux associés	90
2.6	La restauration de lâchers morphogènes.....	91
2.6.1	Principes de restauration	91
2.6.2	Bilan des actions de restauration.....	91
2.6.3	Pertinence et pérennité.....	92
2.6.4	Intérêt et limite pour la gestion sédimentaire du Rhône et enjeux associés	93

PARTIE D. SYNTHESE..... 94

1.	Synthèse et vision globale.....	95
1.1	Les opérations de gestion sédimentaire.....	95
1.2	Les opérations de restauration.....	98

ANNEXES

- Annexe 1. Analyse des effets des travaux de gestion et de restauration sur les enjeux sédimentaires, écologiques, sûreté-sécurité et socio-économiques
- Annexe 2. Caractérisation des effets bruts potentiels des actions de gestion
- Annexe 3. Caractérisation des effets bruts potentiels des actions de restauration
- Annexe 4. Typologie des actions pour l’atteinte du bon potentiel écologique du Rhône (Grontmij, 2014)

1. Typologie synthétique

Pour ce rapport de Mission 4, il est important que les éléments de terminologie soient précisés de façon à ce que chaque acteur de gestion de l'hydrosystème du Fleuve Rhône utilise le même langage. Aussi, nous avons dans un premier temps établi une typologie des actions de gestion menées par les gestionnaires.

Les études et bases de données consultées nous ont ainsi permis d'établir une première typologie des actions de gestion qui est reportée dans le Tableau 1 ci-dessous. Ces définitions ont ensuite été complétées, précisées et illustrées dans le cadre de la mission.

Tableau 1 : Typologie des actions de gestion, d'entretien et de restauration

Type	Problématiques relatives à la gestion sédimentaire	Motifs / enjeux	Objectifs	Action
Actions de gestion	Dépôts sédimentaires	navigation exploitation prélèvement eau, loisirs sûreté hydraulique sûreté nucléaire ouvrage à vocation écologique	Gestion des dépôts sédimentaires	Dragage de sédiments fins
		navigation exploitation prélèvement eau, loisirs sûreté hydraulique sûreté nucléaire ouvrage à vocation écologique		Restitution de fines
		navigation exploitation prélèvement eau, loisirs sûreté hydraulique sûreté nucléaire ouvrage à vocation écologique		Dragage de sédiments grossiers
		navigation exploitation prélèvement eau, loisirs sûreté hydraulique sûreté nucléaire ouvrage à vocation écologique		Restitution de sédiments grossiers
		exploitation sûreté hydraulique	Réduction de la sédimentation	Chasse de retenue
		exploitation sûreté hydraulique		Mise en transparence de barrage
		sûreté hydraulique environnement	Limiter l'implantation de la végétationsur les bancs alluviaux	Charruage
	Végétalisation des atterrissements	sûreté hydraulique	Maitriser le développement de la végétalisation des bancs alluviaux	Essartage
Actions de restauration	Chenalisation du lit	environnement sûreté hydraulique	Remobilisation latérale de sédiments Restaurer un espace de bon fonctionnement (inclut gestion passive : dégradation des ouvrages)	Réactivation des marges alluviales
	Déficit sédimentaire	environnement sûreté hydraulique	Restauration du lit (fond, couche active)	Réinjection de sédiments grossiers externes
	Homogénéité des formes fluviales	environnement sûreté AEP	Recréation/restauration de milieux annexes	Restauration des îlots et zones humides associées
		environnement sûreté AEP	Restauration des conditions hydrologiques d'étiage	Relèvement des débits et régimes réservés
	Activité sédimentaire limitée en fréquence	environnement	Restauration de la dynamique fluviale	Restauration de lâchers morphogènes
	Blocage du transit des matériaux au droit d'un ouvrage transversal	environnement	Restauration de la continuité sédimentaire du Rhône et/ou des affluents	Restauration de la continuité sédimentaire des ouvrages transversaux

2. Rappel des obligations des gestionnaires et concessionnaires

Cette partie récapitule les obligations des gestionnaires et des concessionnaires qui déclenchent des actions de gestion sédimentaire (chasse, dragage, essartage, charruage) et qui cadrent également les opérations de restauration.

Ne sont rappelés ici que les principales obligations. Le détail des obligations pouvant déclencher des actions de dragage figure dans le rapport de Mission 3.

2.1 Pour la CNR

• Concession générale

La loi du 27 mai 1921 dite « loi Rhône » approuve un programme d'aménagement du fleuve du triple point de vue de l'utilisation de la puissance hydraulique, de la navigation et des autres utilisations agricoles. La « loi Rhône » a permis de construire la concession du Rhône, qui est structurée autour de 3 documents fondamentaux :

- La convention de concession générale du 20/12/1933 approuvée par le décret du 05/06/1934, par laquelle l'Etat accorde la concession de l'aménagement et de l'exploitation du Rhône à CNR ;
- Un cahier des charges général de la concession, annexé à la convention de concession générale précitée, approuvé par le décret du 05/06/1934 qui détaille les obligations générales de concessionnaire de CNR ;
- Un cahier des charges spécial pour chaque chute hydroélectrique, annexé à une convention conclue entre l'Etat et CNR, approuvé par décret qui détaille les obligations de concessionnaire de CNR pour chaque chute hydroélectrique.

• Opérations de dragages d'entretien et d'accompagnement de chasses suisses

Afin de respecter ses obligations de concessionnaire, CNR réalise des opérations de dragage d'entretien et d'accompagnement de chasses suisses pour répondre notamment aux objectifs suivants :

- Maintien de la profondeur du chenal de navigation (article 7 du cahier des charges général) ;
- Entretien des profondeurs nécessaires à l'évacuation des crues (article 15 du cahier des charges général et 16 du cahier des charges spécial de chaque chute hydroélectrique) ;
- Entretien des ouvrages de la concession (articles 10 du cahier des charges général).

L'arrêté inter-préfectoral n°2011077-0004 du 18 mars 2011, portant autorisation au titre des articles L.214-1 à 6 du Code de l'Environnement, des opérations de dragage d'entretien sur le domaine concédé du Rhône de la chute de Génissiat au palier d'Arles, autorise CNR à réaliser ses dragages d'entretien au titre de la loi sur l'eau et ce, pour une durée de 10 ans. Le document cadre s'intitule PGPOD (Plan de Gestion Pluriannuel des Opérations de Dragage).

Chaque année, des fiches d'incidence dragage, conformes à l'arrêté inter-préfectoral d'autorisation précité, sont transmises à la Police de l'Eau. Les demandes sont instruites par la police de l'eau (DREAL) avec l'avis des services : DREAL, ARS, DDT, ONEMA. Une réunion annuelle de programmation permet de valider le programme annuel d'entretien. Cette validation permet à CNR de lancer ses travaux de dragage selon le planning retenu.

Pour les accompagnements de chasse suisse (APAVÉR), une autorisation a été délivrée pour une durée de 10 ans, soit pour la période de 2016-2026.

Ces opérations de dragages d'entretien et d'accompagnement de chasses suisses sont décrites dans la Partie B du présent rapport.

• Missions d'intérêt général

Les missions d'intérêt général (MIG) résultent du schéma directeur 2003-2023 de la concession CNR établi suite à l'avenant du 16 juin 2003 de la convention de concession générale, et sont à l'origine d'une grande partie des actions de restauration du Rhône et de ses annexes, impulsées par différentes démarches parallèles des années 1980-1990 : PIREN Rhône, Plan d'action Rhône de 1992, SDAGE de 1996, programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône initié en 1998, Plan Rhône en 2007.

Le schéma directeur établit le programme d'actions, envisagé en 2003 au moment de la signature de l'avenant à la convention de concession, afin de répondre aux missions initiales de la concession, ainsi qu'aux missions d'intérêt général. Il comporte notamment des dispositions relatives à l'environnement (volet V).

- B. - Restauration des tronçons court-circuités du Rhône, ainsi que des îlots et des milieux annexes du Rhône et de ses affluents
- C. - Restauration de l'axe de migration « Rhône et ses affluents » et des connexions piscicoles
- D. - Gestion du domaine foncier de la concession

Les actions listées ci-dessus sont en lien avec l'aspect hydrosédimentaire et doivent être analysées dans le cadre de la gestion sédimentaire du fleuve.

Ces actions s'insèrent dans la Partie C du présent rapport.

Dans le cadre de la prolongation de la concession CNR, les missions d'intérêt général ont vocation à être remplacées par les « Plans 5 Rhône » (P5R). En particulier, le volet environnement du futur schéma directeur comprend la disposition suivante : « Les actions clés identifiées par le schéma directeur de gestion sédimentaire du Rhône seront hiérarchisées et mises en œuvre dans un calendrier partagé avec les parties intéressées. »

2.2 Pour EDF

La concession de l'ouvrage de Cusset (cf. fiche UHC#10-ALY) a fait l'objet de l'arrêté inter-préfectoral n°02-4192 du 5 décembre 2002 approuvant le règlement d'eau de la chute, avec en annexe un cahier des charges, une consigne générale et une consigne de crue. Le cahier des charges de la concession est daté du 15 janvier 2002, tout comme l'arrêté inter-préfectoral concédant à EDF la chute de Cusset. Il a été modifié par courrier de la Préfecture de Région le 27 mars 2015.

Par ailleurs, les CNPE du Bugey, de St-Alban, de Cruas-Meysses et de Tricastin, relevant de la réglementation des Installations Nucléaires de Base et de la loi n°2006-686 du 13 juin 2006, ont également leurs propres obligations d'entretien. En effet, le bon fonctionnement des tranches du point de vue de la production, mais surtout du point de vue de la sûreté, est directement lié au niveau des sédiments présents dans le chenal d'amenée puisqu'il conditionne le débit entrant et l'efficacité des circuits de refroidissement.

Les actions sont soumises aux articles L.214-1 à 6 du Code de l'Environnement et font l'objet d'un plan pluriannuel d'entretien.

Les actions de dragages et de mises en transparence (barrage de Jons, ouvrages des basses vallées de l'Isère et de la Durance) qui résultent de ces documents réglementaires sont décrites en Partie B.

2.3 Pour les SIG de Genève

La concession de l'ouvrage de Verbois (UHC#01-SUI) a fait l'objet de la Loi 3289 du 5 octobre 1973 concédant aux Services Industriels de Genève (SIG) la force motrice hydraulique d'une section du Rhône pour l'exploitation d'une usine hydroélectrique dite de Verbois.

La concession de l'ouvrage du Seujet (UHC#01-SUI) a fait l'objet de la Loi 5570 du 12 septembre 1984 concédant aux Services Industriels de Genève (SIG) la force motrice hydraulique d'une section du Rhône pour l'exploitation hydroélectrique dite du Seujet, située entre les ponts de la Coulouvrenière et de Sous-Terre. Une convention concernant la propriété, les servitudes, les concessions, l'exploitation, le maintien et l'entretien de l'ouvrage du Seujet a été établie le 5 novembre 1987 entre l'Etat de Genève, la Ville de Genève et les Services Industriels de Genève (SIG). Le règlement sur la manœuvre de l'ouvrage de régularisation du niveau du lac Léman à Genève est entré en vigueur le 1^{er} juillet 1997.

La gestion de ces ouvrages suisses est soumise à l'article 40 de la loi sur la protection des eaux (LEaux ; RS814.20) qui établit le principe général d'octroi d'une autorisation pour effectuer des opérations de curage et de

vidange, et prévoit des conditions particulières si celles-ci sont nécessaires à la sécurité de l'exploitation. Les opérations font l'objet d'une autorisation pour entretien important des cours d'eau sur la base de la loi cantonale sur les eaux (L 2 05) et de son règlement d'exécution.

Les actions de dragages et de chasses aux ouvrages de Verbois et du Seujet qui résultent de ces documents réglementaires sont décrites en Partie B.

2.4 Pour la SFMCP

La concession de l'ouvrage de Chancy-Pougny (UHC#02-CHP) est une concession à la fois suisse et française, en application de la Convention conclue entre la France et la Suisse le 4 octobre 1913.

Côté français, la concession est issue d'un arrêté du 25 juillet 2003 concédant à la Société des Forces Motrices de Chancy-Pougny (SFMCP) l'exploitation et la rénovation de la chute hydroélectrique de Chancy-Pougny sur le Rhône dans le Département de l'Ain. La date d'entrée en vigueur de la concession est le 1^{er} octobre 2003. Le cahier des charges de la concession est inscrit dans une convention du 24 juillet 2003 entre l'Etat et la SFMCP.

Côté suisse, la concession est issue d'un acte du 12 mai 2003 concédant à la Société des Forces Motrices de Chancy-Pougny (SFMCP) l'utilisation de la force hydraulique du Rhône à Chancy-Pougny. La date d'entrée en vigueur de la concession est également le 1^{er} octobre 2003.

Pour l'ouvrage de Chancy-Pougny les conditions réglementaires sont similaires à celles de Verbois et Seujet. L'ouvrage étant transfrontalier, l'autorité concédante est la Confédération par l'intermédiaire de l'office fédéral de l'énergie, qui approuve le dossier de demande préalablement à la délivrance de l'autorisation cantonale.

Les actions de dragages et d'accompagnement de chasse qui résultent de ces documents réglementaires sont décrites en Partie B.

2.5 Pour VNF

VNF est gestionnaire du Petit Rhône qui ne fait pas l'objet d'une concession. VNF doit assurer les conditions de navigabilité sur le bras du Petit Rhône entre la diffluence et l'écluse de St-Gilles.

Les actions sont soumises aux articles L.214-1 à 6 du Code de l'Environnement. Les opérations sont réalisées dans le cadre d'un plan de gestion pluriannuel des opérations de dragage. Les conditions de mouillage pour le Petit Rhône sont de 2,50 m dans l'état actuel, et de 3 m dans une situation projetée.

Les actions de dragages qui résultent de ces documents réglementaires sont décrites en Partie B.

2.6 Pour les autres Maîtres d'Ouvrage

Les concessionnaires présents sur le Rhône ont été listés dans les paragraphes précédents. D'autres maîtres d'ouvrage peuvent intervenir pour gérer le Rhône et ses annexes, éventuellement avec une aide financière des gestionnaires des aménagements (CNR, VNF). Ces maîtres d'ouvrage n'ont pas été recensés de façon systématique et exhaustive.

Pour les actions de dragages, sur décision du secrétariat technique (SECTECH), des actions portées par des maîtres d'ouvrage non enquêtés au cours de l'étude ont été extraites de la base de données de la DREAL sur les dossiers instruits ; le critère de sélection « dossier ayant fait l'objet d'une autorisation ou d'une DIG » a permis d'extraire 11 dossiers complémentaires portés par : CCBTA (communauté de communes Beaucaire Terre d'Argence), Ville de Viviers, Ville de Tournon, SYRIPEL (Syndicat Rhône Isère Plaisance & Loisirs – port des Roches de Condrieu), Ville de Bourg-lès-Valence, BRL, Ville d'Avignon.

Pour les actions de restauration, au-delà des missions d'intérêt général de la CNR, les maîtres d'ouvrage locaux impliqués (SHR, SYMALIM, SMIRIL, SMIRCLAID, SIAGER ou leurs structures antérieures) ont été parties prenantes successivement dans le cadre du Plan d'action Rhône de 1992, du programme décennal de 1998, puis du Plan Rhône à partir de 2007.

Les actions de dragages sont décrites en Partie B. Les actions de restauration sont décrites en Partie C.

3. Organisation du rapport

Compte tenu des éléments précédents, le rapport de Mission 4 est organisé selon les parties suivantes :

- **PARTIE A : Méthodologie**
 - Typologie synthétique
 - Rappel des obligations des gestionnaires et concessionnaires
 - Organisation du rapport
- **PARTIE B : Actions de gestion et d'entretien**
 - Typologie des actions de gestion et d'entretien
 - Opérations de chasses sédimentaires ou d'accompagnement de chasse
 - Opérations de dragage d'entretien
 - Gestion terrestre du lit des Vieux Rhône
- **PARTIE C : Actions de restauration**
 - Historique de la restauration du Rhône
 - Bilan des actions de restauration du fleuve Rhône
 - Relèvement des débits et régimes réservés
 - Restauration des îlons et des zones humides associées
 - Réactivation de la dynamique fluviale sur les marges alluviales
 - Réinjections sédimentaires
 - Interventions sur les seuils transversaux (Vieux Rhône et affluents)
 - Restauration de lâchers morphogènes
- **PARTIE D : Synthèse et vision globale**
 - Les opérations de gestion sédimentaire
 - Les opérations de restauration

PARTIE B. ACTIONS DE GESTION ET D'ENTRETIEN



1. Typologie des actions de gestion et d'entretien

La partie B est présentée selon 3 grands types de gestion sédimentaire : les chasses, les dragages, et les opérations de gestion du lit des Vieux Rhône (charruage, essartage).

Ce premier chapitre résume les enjeux qui conduisent à intervenir et engager des actions de gestion sédimentaire. Le détail de ces enjeux est présenté dans le rapport de Mission 3.

1.1 Les enjeux de gestion sédimentaire

Les opérations de gestion sédimentaire résultent d'enjeux qui naissent de la combinaison entre :

- le fonctionnement hydrosédimentaire (1), qui est une des fonctions principales de l'hydrosystème, tel qu'il est dans son état actuel et issu d'une trajectoire historique ;
- et des facteurs de vulnérabilité : (2) les obligations des concessions, (3) des facteurs socio-économiques complémentaires, (4) des facteurs écologiques.

- **1) Fonctionnement hydrosédimentaire** : les aménagements du 20^{ème} siècle pour l'hydroélectricité, la navigation et l'irrigation, superposé aux aménagements pour la navigation dès le milieu du 19^{ème} siècle, ont entraîné une modification de la dynamique des flux sédimentaires en créant des lieux de discontinuité plus ou moins marqués dans le transit des sédiments vers l'aval. Dans les dimensions verticales et longitudinales, ces discontinuités résultent de l'implantation des barrages et de la modification des lignes d'eau pour les débits courants et les petites crues. Dans la dimension latérale, ces discontinuités proviennent de la création de surlargeurs et de diffluences qui résultent de l'aménagement des retenues, des dérivations, des ports, des prises d'eau, etc. En l'absence d'ouvrage hydroélectrique et de navigation, un tronçon de Rhône total va présenter beaucoup moins de discontinuités ; le linéaire de St-Vulbas (06-VUL), bien que particulier dans son contexte géomorphologique puisque le charriage du Haut-Rhône n'a jamais atteint ce linéaire dans le passé, illustre cette absence de discontinuité.

Par ailleurs, le fonctionnement hydrosédimentaire actuel, s'il est très influencé par les aménagements de la seconde moitié du 20^{ème} siècle, résulte également des aménagements de la fin du 19^{ème} siècle / début du 20^{ème} siècle, période pendant laquelle les aménagements Girardon et les endiguements visaient, a contrario, à inciser le lit mineur pour favoriser le transit sédimentaire et stabiliser les marges, ce qui était finalement une tendance inverse à la situation actuelle. Les aménagements de chenalisation, extractions, barrages et retenues, combinés avec le reboisement des versants, ont également eu lieu dans les affluents du Rhône, dont ses principaux affluents tels que l'Isère, la Durance, l'Arve, l'Ain ou le Fier, et ont contribué à diminuer la production sédimentaire et son transit jusqu'au Rhône.

Enfin, il est nécessaire de rappeler le rôle des extractions de granulats, réalisées indépendamment ou en lien avec les aménagements hydroélectriques (dragages énergétiques) et qui explique avec les aménagements Girardon l'essentiel de l'incision des Vieux Rhône. De nombreuses fosses représentent encore aujourd'hui des points de rupture pour la continuité sédimentaire.

Dans la dimension temporelle, les phénomènes sédimentaires possèdent une forte variabilité interannuelle. Cette variabilité provient notamment :

- des phénomènes de crue, du Rhône et/ou de ses affluents de façon indépendante, qui restent la seule variable « naturelle » interférant avec la gestion sédimentaire. Dans le cadre du changement climatique, il n'est pas mis en évidence à ce stade, en dehors des conditions d'étiage, d'évolution sur les débits extrêmes ;
- de l'inertie des phénomènes sédimentaires, au sein du Rhône même ou au sein des bassins versants affluents, qui peuvent créer des fluctuations dans les conditions d'entrée de chaque tronçon dit homogène : retour des sédiments sur un axe du Rhône suite au comblement de fosses d'extraction, tendances à la baisse des apports d'un affluent suite au blocage des apports dans des barrages, tendances à la hausse et retour des sédiments suite à l'arrêt des extractions sur un affluent, etc.

La plupart des discontinuités sédimentaires sont généralement synonymes de dépôts ; les secteurs en incision, sont une résultante des aménagements anciens (chenalisation Girardon, extractions) et se déclarent sous la dynamique d'une érosion progressive, sont souvent une conséquence de dépôts

situés en amont. Globalement, les enjeux de continuité sont relativement faibles pour les sédiments fins (limons, argiles), significatifs pour les sables, et d'autant plus marqués pour les sédiments considérés que leur taille moyenne est importante (petits graviers, graviers, galets).

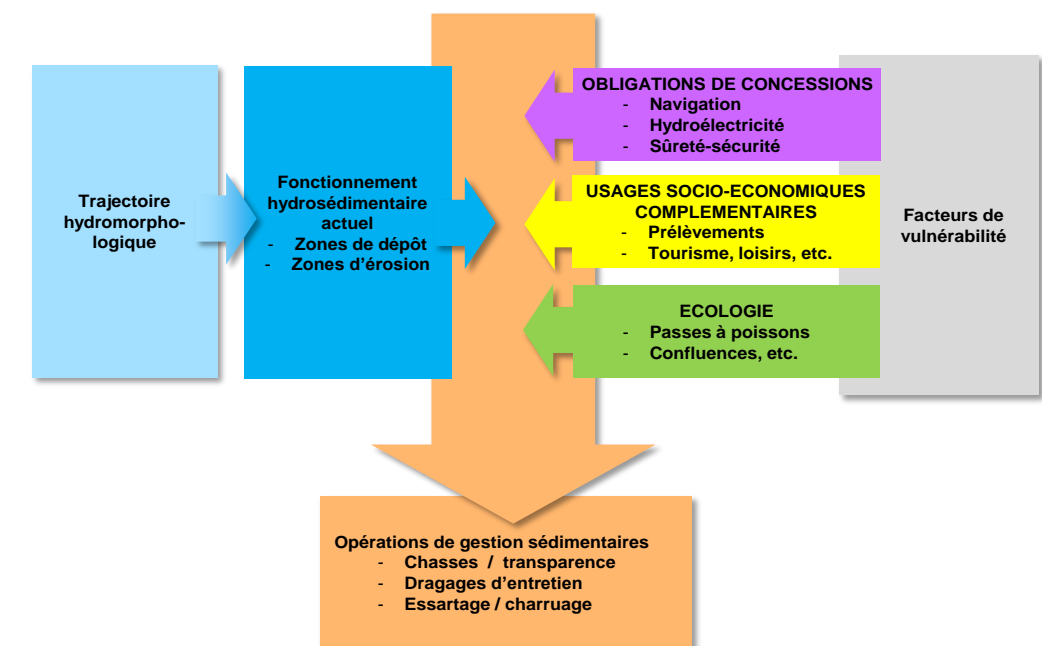


Figure 1 : Synthétique de déclenchement des actions de gestion sédimentaire

- **2) Obligations des concessions** : avec les aménagements hydroélectriques et de navigation de la vallée, les concessionnaires (CNR, EDF, SIG, SFMCP, VNF) sont tenus de respecter les obligations de leur cahier des charges de concession, permettant notamment de répondre aux objectifs suivants :
 - maintien de la profondeur et de la largeur du chenal de navigation ;
 - entretien des sections nécessaires à l'évacuation des crues ;
 - entretien des ouvrages de la concession afin de garantir leur sûreté ;
 - non-aggravation des risques d'inondation par rapport à la situation avant aménagement.

Aussi, lorsqu'un dépôt sédimentaire – par réduction de la section (pour la sûreté des ouvrages ou les risques d'inondation), par réduction du chenal navigable, par obstruction d'une prise d'eau d'irrigation, par menace directe ou indirecte sur le bon fonctionnement des ouvrages (stabilité géotechnique, drainage de digues, échelle limnimétrique, etc.) – ne permet plus de remplir les obligations de concession, une opération de gestion sédimentaire doit être déclenchée. Afin d'assurer une cohérence et une vision d'ensemble, les dragages ont lieu sous forme de plan de gestion (plan de gestion pluriannuel des opérations de dragage / PGPOD) portés par la plupart des maîtres d'ouvrage (CNR, VNF, Gd Lyon).

Si on faisait l'hypothèse que plus aucune action de dragage n'était réalisée, les dépôts pourraient se poursuivre sur le très long terme, jusqu'à ce que les processus ajustent les formes alluviales et atteignent un certain équilibre permettant au Rhône de transiter tous ses sédiments (comblement des surlargeurs, relèvement de la pente, etc.). Or, une telle situation théorique de continuité sédimentaire ne s'est jamais observée sur le Rhône sur les temps géologiques anciens puisque le Rhône présentait naturellement, bien avant les premiers aménagements, des points de rupture totale ou partielle de la continuité sédimentaire : Lac Léman, Basses Terres du Dauphiné, Ile de Miribel-Jonage, Iles d'Avignon, delta de la Camargue, etc. Par ailleurs, bien avant qu'une éventuelle continuité sédimentaire ne soit obtenue, toutes les obligations des concessions décrites ci-dessus seraient rendues caduques, ce qui rend cette hypothèse impossible.

Jusqu'à présent, la réalisation de dragages d'entretien est donc intrinsèque et indissociable de la pérennité des installations hydroélectriques et de navigation. Cependant, afin de limiter les impacts sur les milieux aquatiques et les autres usages socio-économiques, les modalités de réalisation doivent être adaptées et le devenir des sédiments doit être réfléchi en cohérence avec le fonctionnement global.

- **3) Facteurs socio-économiques complémentaires** : au-delà des obligations des concessions portant sur l'hydro-électricité, la navigation et l'irrigation, de nombreux usages socio-économiques complémentaires se sont progressivement greffés sur les aménagements du Rhône, y compris sur des aménagements antérieurs aux ouvrages hydroélectriques.

Parmi ces usages socio-économiques complémentaires, on peut citer : les CNPE, les captages d'eau potable, les prises d'eau agricole ou industrielle, les rejets d'eaux usées, les zones d'activités, les haltes fluviales, les bases nautiques, les bassins de joute, etc. Ces usages ont profité de configurations favorables générées par l'aménagement du Rhône : plateforme remblayée hors zones inondables, effet retenue stabilisant le plan d'eau, tirant d'eau garanti, débit de pompage, débit de dilution, etc.

A la différence des obligations des concessions, tous ces usages – en dehors des CNPE – ne disposent pas de cahier de charges exigeant des conditions pour rendre l'état des milieux aquatiques compatible avec l'usage lui-même. Les opérations de dragages doivent donc être justifiées au cas par cas, dans des programmes pluriannuels, en référence au fonctionnement actuel du cours d'eau.

Pour certains usages, les enjeux et justifications deviennent plus complexes car ceux-ci se sont installés dans des configurations hydrosédimentaires très artificialisées et correspondant à une gestion de l'hydrosystème qui faisait appel à d'autres concepts que dans l'état actuel. Rappelons notamment que jusqu'en 1994, les extractions de granulats étaient autorisées en lit mineur. Ainsi, il est possible de citer plusieurs exemples :

- implantation d'une zone d'activité dans un lit majeur devenu non inondable à la suite d'une incision du lit, héritée du début du 20^{ème} siècle (ex : zones d'activité de Pierre-Bénite le long du RCC) ;
- implantation et développement de captages AEP en nappe en bordure de fosses d'extractions, facilitant ainsi les échanges entre le cours d'eau et la nappe alluviale (ex : captages de la Métropole de Lyon à Crépieux-Charmy, implantés dans les années 1960) ;
- implantation et développement en aval d'affluents faisant l'objet d'extractions (captages de Nîmes-Beaucaire).

Ainsi, ces usages se sont développés sur la base de conditions de gestion très interventionnistes comme des extractions pour exploitation de granulats, qui ne sont plus d'actualité aujourd'hui. Lorsqu'un « retour des sédiments » est constaté. Le gestionnaire de l'usage se retrouve alors dans l'obligation de devoir penser la gestion sédimentaire autrement, voire de devoir adapter ses propres équipements à une plus forte vulnérabilité.

- **4) Facteurs écologiques** : jusqu'au début des années 2000 et avant le Plan Rhône de 2007, l'écologie – dénommé alors « environnement » – pouvaient être pour les concessionnaires et notamment la CNR, un enjeu pouvant déclencher une action de dragage. Ainsi, les premières opérations sur des lônes ont été conçues comme des opérations de remise en état de lônes ayant subi des phénomènes de sédimentation, avec une approche plutôt hydraulique (cf. rappels sur l'historique des opérations de restauration ; cf. §.1.1)

Aujourd'hui, les lônes font l'objet d'opérations de restauration qui ne peuvent plus être associées à des opérations de gestion et qui ont une vocation de restauration de l'ensemble des fonctionnalités de l'hydrosystème. Les actions de restauration de lône ont d'ailleurs été écartées de la base de données « dragages » de la CNR à partir de 2008. Il reste cependant quelques opérations qui peuvent être déclenchées par des enjeux strictement écologiques, en particulier sur des « ouvrages » ou des « sites » à vocation écologique :

- Des opérations de nettoyage / désenlimentement de passes à poissons, sur l'ouvrage de génie civil lui-même, au niveau des entrées ou des sorties d'ouvrages : Drôme (17-BLN), Flon (06-BEL), Laveyzon (18-MON), Ouvèze (21-AVI), etc. ;
- Des opérations sur des confluences visant à restaurer des refuges piscicoles, notamment dans le cadre des opérations d'accompagnement de chasses suisses : ruisseau de la Dorches, de la Vézéronce (03-GEN), etc.

1.2 Les mesures de gestion adaptées aux motifs d'intervention

Le tableau ci-dessous récapitule les facteurs de déclenchement des opérations de gestion sédimentaire, les motifs utilisés dans la base de données présentée par la suite ainsi que dans les fiches UHC, et les mesures de gestion sédimentaire utilisées.

Tableau 2 : Récapitulatif des motifs d'intervention et des mesures de gestion sédimentaire

Facteurs de déclenchement de dragage		Motif utilisé dans la base de données dragages	Chasse / accompagnement de chasse / mise en transparence	Dragage	Essartage / charruage
Obligations des concessions	Maintien de la profondeur du chenal de navigation	Navigation	-	OUI	-
	Entretien des sections / profondeurs nécessaires à la sûreté des ouvrages et l'évacuation des crues	Ecoulement des crues	OUI	OUI	OUI
	Entretien des ouvrages de la concession	Exploitation	OUI	OUI	OUI
Facteurs socio-économiques complémentaires	Prélèvement (CNPE, captages, etc.)	Prélèvement	-	OUI	-
	Base nautique, loisirs, etc.	Autres motifs	-	OUI	-
Facteurs écologiques	Passes à poissons, confluences		-	OUI	-

1.3 Les chasses

Les chasses sont nécessaires dans la gestion d'un barrage hydroélectrique par le fait que les sédiments s'accumulent plus ou moins rapidement dans la retenue, qu'ils menacent en conséquence le bon fonctionnement de l'ouvrage (génie civil, volume utile de la retenue), et que ces sédiments ne peuvent être remobilisés en totalité par des manœuvres d'ouvrages pour des débits courants ou des crues. On parle également de **mise en transparence de l'ouvrage** puisque lors de l'opération, le barrage sera tout ou partiellement effacé.

La nécessité de la réalisation d'une chasse et ses contraintes de réalisation sont d'autant plus marquées que le barrage présente une forte chute, que l'abaissement ne peut être que partiel, que la retenue est longue, que les volumes de sédiments sont importants, et que leur granulométrie est grossière. Pour assurer le transit des sédiments dans la retenue, ce qui nécessite des vitesses et hauteurs de mises en mouvement adaptées, il est nécessaire de procéder à la vidange de l'ouvrage ou à l'abaissement partiel de la retenue qui va générer des conditions hydrodynamiques capables de remettre en mouvement les sédiments. La chasse, lorsqu'elle peut être réalisée dans des conditions économiques, techniques et environnementales satisfaisantes, est préférée au dragage du fait de son très bon rendement entre les volumes évacués et la durée de l'opération.

Cependant, des dragages complémentaires peuvent être nécessaires, notamment au pied de l'ouvrage (risque génie civil) ou en queue de retenue (inondabilité, navigation), ou suite à un afflux important de sédiments (crue exceptionnelle), a fortiori si les sédiments accumulés sont grossiers et ne peuvent être remobilisés. Si la mise en transparence totale de l'ouvrage est possible, la chasse peut permettre de gérer tout le panel granulométrique du cours d'eau ; au plus l'abaissement de la retenue sera partiel, au plus une fraction seulement du panel granulométrique pourra être mobilisé, ce qui imposera de compléter la chasse avec des dragages.

Sur le fleuve Rhône, les chasses concernent essentiellement le Haut-Rhône ; elles sont déclenchées par l'ouvrage suisse de Verbois, et sont accompagnées en aval par l'ouvrage franco-suisse de Chancy-Pougny et les ouvrages français (Génissiat et ouvrages aval du Haut-Rhône). Ces opérations sont dénommées APAVER depuis 2016 (accompagnement de l'Abaissement PARTiel du barrage de VERbois), car depuis cette date, l'ouvrage de Verbois fait l'objet d'un abaissement partiel et non total de la retenue.

Des chasses seraient possibles sur le Rhône en aval de Lyon au vu des cahiers des charges des ouvrages, mais elles ne sont pas pratiquées car il faudrait pour cela coordonner les chasses des ouvrages en cascade, ce qui soulèverait des enjeux pour la navigation (maintien des cotes de retenues), pour les prises d'eau industrielles (dont CNPE), pour l'irrigation, pour les captages AEP et pour les risques d'inondation (genèse d'une crue « artificielle » par libération des volumes de retenue). En conséquence, les sédiments en excédents dans les retenues du Bas Rhône sont gérés par dragage.

Des chasses sont également pratiquées sur des ouvrages hydroélectriques localisés sur des affluents. Le bassin versant du Rhône étant en grande partie situé dans des massifs montagneux, la plupart des ouvrages disséminés dans les sous bassins versants présentent des sédiments à gérer, et peuvent utiliser les chasses pour gérer les excédents. Dans ce rapport, ne sont traitées que les chasses d'affluents pouvant influencer sur le régime sédimentaire du Rhône. En effet, une chasse réalisée sur un ouvrage ou une chaîne d'ouvrages situés à distance de la confluence avec le Rhône aura des répercussions locales, mais ne modifiera pas les apports sédimentaires moyens de l'affluent à la confluence. Compte tenu de ces éléments, les affluents pris en considération sont l'Arve, le Fier, l'Ain, l'Isère et la Durance.

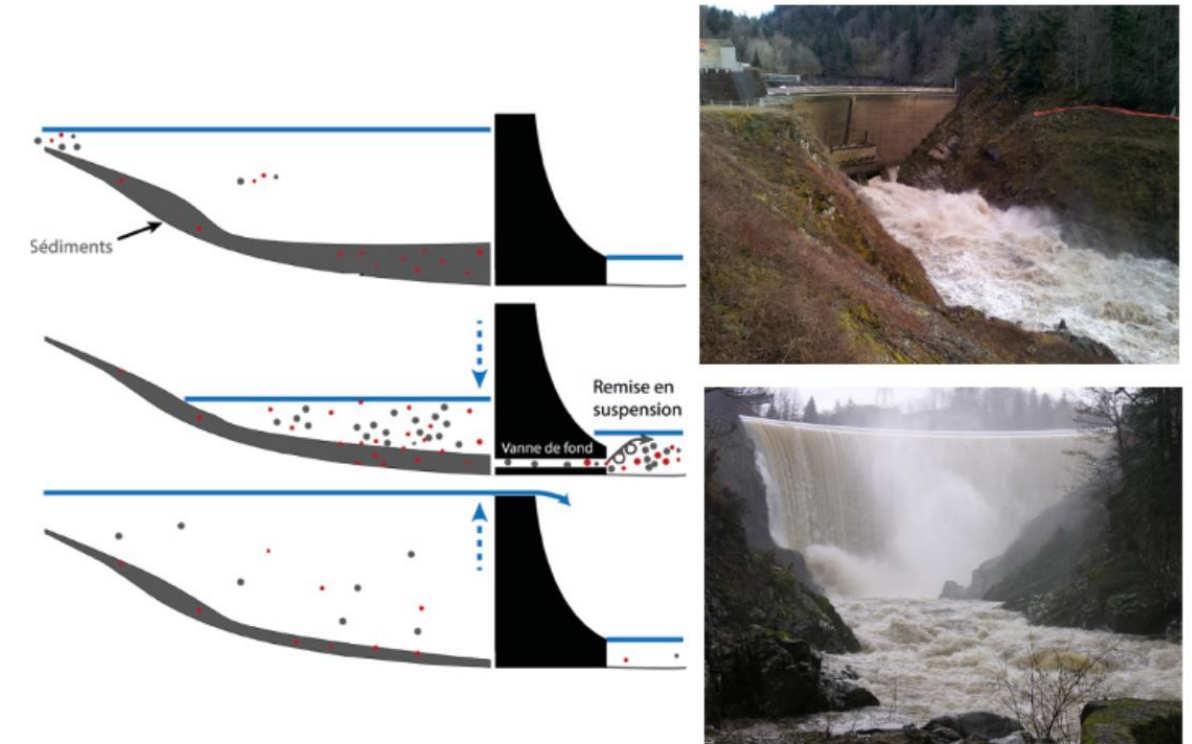


Figure 2 : Représentation schématique et illustrations d'une gestion des sédiments par chasse
<https://www.encyclopédie-environnement.org>



Figure 3 : Chasse par les vannes de fond au barrage de Verbois en 2012 (© M.Trezzini / Keystone)

1.4 Les dragages

D'une manière générale, le dragage d'un cours d'eau ou d'un canal répond à un besoin. Qu'il soit pour des raisons de service public ou en vue de protéger ou restaurer les milieux naturels, l'opération de dragage produira toutefois des effets plus ou moins notables sur l'environnement et les activités humaines.

Lorsqu'on évoque les opérations de dragages, il est possible de distinguer 3 types d'intervention :

- **les dragages d'entretien :**

Il s'agit de rétablir les caractéristiques initiales du cours d'eau ou du canal dans sa largeur et sa profondeur naturelles ou d'origine. Pour cette pratique la plus fréquente, on parle aussi d'opération de curage « vieux fond/vieux bord ». L'objectif du dragage d'entretien est notamment de maintenir un mouillage suffisant dans le chenal pour les besoins de la navigation, maintenir des débits minimums en période d'étiage ou encore prévenir les crues.

- **les dragages d'investissement :**

Contrairement au dragage d'entretien, ce dragage consiste à modifier les caractéristiques initiales du cours d'eau ou du canal, à créer des canaux, etc. (ex : canalisation d'une rivière, élargissement, approfondissement, etc.).

- **les dragages d'assainissement :**

L'objectif est de retirer des sédiments contaminés de la voie d'eau afin de minimiser leurs effets sur l'environnement. Ce cas est relativement rare et est généralement confondu dans le dragage d'entretien ; par ailleurs, le fait d'avoir des sédiments impropres peut ne pas déclencher l'opération de dragage.

Cette partie traite des dragages d'entretien qui intéressent plus particulièrement la gestion sédimentaire du Rhône. En pratique, certaines rares opérations de dragages d'entretien ont pu conduire, notamment dans le but d'atteindre des objectifs hydrauliques, à approfondir le lit du Rhône au-delà du fond initial, ce qui équivaldrait à un dragage d'investissement.

Les dragages sont nécessaires, dans la gestion sédimentaire d'un site associé à un usage (navigation, hydroélectricité, CNPE, prélèvement, etc.), lorsque les conditions hydrodynamiques du cours d'eau conduisent à ce que le bilan sédimentaire du site soit positif dans la durée, c'est-à-dire que le site accumule des sédiments plus qu'il n'en évacue. Les bonnes conditions de fonctionnement de l'usage considéré ne sont alors plus respectées ou sont menacées, ce qui peut conduire à des enjeux plus ou moins gradués qui ont été étudiés dans le rapport de Mission 3 : simple nuisance (rampe à bateau, échelle limnimétrique), enjeu économique (navigabilité d'un tronçon, fonctionnalité d'une écluse), enjeu de sûreté-sécurité d'importance locale (alimentation AEP majeure), enjeu de sûreté-sécurité d'importance nationale (prise d'eau de CNPE). Pour les ouvrages hydroélectriques, les dragages peuvent venir suppléer la gestion par chasse si celle-ci est insuffisante.

Les dragages concernent généralement, du fait des techniques de mise en œuvre, deux types de sédiments : les sédiments fins, et les sédiments grossiers. La caractérisation et la distinction entre les deux types de sédiments ne sont pas précises en termes de granulométrie pour les opérations sur le Rhône car la granulométrie des matériaux manipulés en cours de chantier n'est pas connue. En effet, chaque site de dragage fait bien l'objet de prélèvements et d'analyses avant intervention, cependant l'expérience montre que la granulométrie est très variable dans l'échelle verticale du fait de stratification des sédiments en couches (une couche de graviers peut s'intercaler entre deux couches fines) et en plan dans la zone de chantier. Les analyses préalables servent essentiellement à déterminer la technique de dragage : les dragages à la pelle mécanique sont utilisés en priorité pour les sédiments grossiers et mixte ; les dragages à la drague aspiratrice sont utilisés les sédiments fins. Pour cette dernière technique, des graviers de 5 à 10 mm peuvent être admis, avec des risques toutefois de dégradation des pompes hydrauliques. On retiendra que la drague aspiratrice est bien adaptée pour des matériaux inférieurs à 2 mm. Toutefois, commencent à être développées des dragues aspiratrices pour sédiments grossiers (cas des dragages à Jonction par les SIG de Genève).



Drague aspiratrice (IHC Beaver 40)

Figure 4 : Illustration de techniques de dragage

1.5 Les opérations de gestion terrestre : charruage et essartage

Les opérations de charruage et d'essartage (ou essartement) sont utilisées dans les Vieux Rhône en complément d'éventuels dragages. Les deux opérations visent avant tout à conserver la capacité hydraulique d'un Vieux Rhône de façon à ce que les lignes d'eau actuelles ne surpassent pas celles définies avant la mise en eau du barrage hydroélectrique. Les actions ont donc pour vocation de maintenir la section d'écoulement et de diminuer la rugosité des milieux terrestres

L'essartage vise à intervenir sur la végétation des bancs pour conserver une strate herbacée et limiter le développement arbustif et arborescent qui conduirait à diminuer la capacité hydraulique.

Le charruage (ou scarification) consiste à passer une herse sur des bancs alluviaux peu végétalisés de façon à limiter le développement de la végétation ligneuse et permettre la remobilisation des fines en surface du banc, voire des sédiments grossiers si ceux-ci sont également en accumulation.



Figure 5 : Charruage des bancs de graviers d'un lit mineur d'un Vieux Rhône (document interne CNR, 2018)

2. Opérations de chasse sédimentaire ou d'accompagnement de chasse

2.1 Chasses suisses et accompagnements sur le Haut-Rhône

Sur le Haut-Rhône, l'ouvrage suisse de Verbois (1943) peut déclencher une chasse qui est accompagnée par les ouvrages en aval, en l'occurrence l'ouvrage franco-suisse de Chancy-Pougny (1926), les ouvrages de Génissiat et Seyssel (1948), ainsi que les autres ouvrages du Haut-Rhône français. Jusqu'en 2012, les chasses de Verbois ont été en réalité des vidanges suivies de chasses, d'où le terme de « vidanges-chasses ».

Ces chasses sont déclenchées du fait des apports sédimentaires de l'Arve qui viennent combler la retenue de Verbois. En effet, la rivière Arve constitue le principal contributeur au transport solide du Haut-Rhône, essentiellement par suspension : environ 700 000 m³ de matières en suspension (MES) sont transportées annuellement. Une part importante de ces matériaux fins sédimente dans la retenue suisse de Verbois, dont le comblement moyen annuel est estimé à 360 000 m³/an.

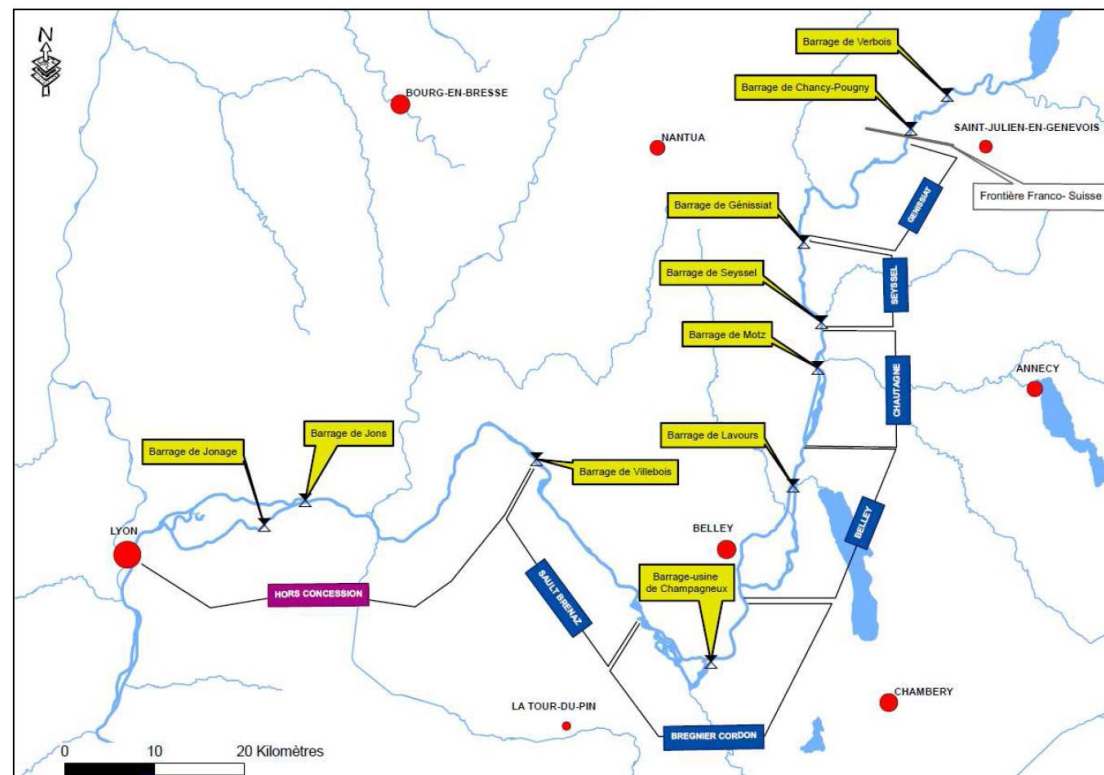
Cette accumulation de matériaux à un rythme soutenu amène ses exploitants, les SIG (Services Industriels de Genève), à mettre en œuvre des mesures de gestion sédimentaire visant à limiter l'exposition de la ville de Genève à un risque accru d'inondations.

Ainsi, des manœuvres spécifiques ont été opérées à l'initiative de l'exploitant suisse afin de transférer les dépôts à l'aval, de manière régulière depuis la mise en service de Verbois en 1943. En 70 ans, 21 vidanges-chasses suisses ont été réalisées : selon des fréquences variables jusqu'en 1969, puis avec un rythme triennal jusqu'en 2003, avant une pause de 9 années pour réaliser celles de juin 2012, puis celles de mai 2016. La chasse de 2020 a été reportée en 2021.

L'ouvrage de Chancy-Pougny en aval de Verbois, géré par la Société des Forces Motrices de Chancy-Pougny, accompagne les chasses de Verbois par une gestion adaptée du barrage. De même, l'ouvrage de Génissiat en aval, et les autres ouvrages français (Seyssel, Chautagne, Belley, Bregnier-Cordon, Sault-Brénaz) accompagnent ces chasses pour limiter le stockage dans les retenues et limiter les incidences sur les milieux naturels.

Ces mesures sont rassemblées sous le terme d'APAVÉR (accompagnement de l'Abaissement Partiel du barrage de VERbois).

Figure 6 :
Cartographie des
différentes entités
concernées par les
APAVÉR (CNR,
2015)



2.1.1 Gestion sédimentaire passée

Les éléments qui suivent sont en grande partie issus de l'étude impact environnementale (EIE) des mesures d'accompagnement des abaissments partiels suisses et de gestion sédimentaire du Haut-Rhône 2016-2016 (CNR, 2015). Ils ont été complétés des éléments issus des documents équivalents pour les ouvrages suisses (SIG-SFMCP, 2015), ainsi que des bilans des opérations, notamment le bilan de l'APAVÉR de 2016 (CNR, 2018 ; SG-SFMCP, 2017).

• Dès le début du 20ème siècle, des réflexions sur la problématique sédimentaire (1913)

En Suisse, l'exploitation hydro-électrique du Rhône a débuté à l'aval de Genève et de la confluence Rhône-Arve avec le barrage de Chèvres, aménagement datant de 1896. La problématique des dépôts sédimentaires et du risque d'inondation de la ville de Genève fit dès lors son apparition. À l'origine, les concepteurs du barrage prévoyaient un nettoyage de la retenue à la faveur des crues, grâce à l'abaissement des lignes d'eau. Cependant, la fréquence des crues étant insuffisante pour assurer une remobilisation effective des sédiments, **des opérations de vidanges-chasses furent envisagées, et ce, dès 1913**. Il s'agissait en effet d'évacuer périodiquement les matériaux déposés dans la retenue par le biais de vidanges partielles.

• Les premières vidanges-chasses suisses (1945-1947) ...

Les barrages de Chancy-Pougny à la frontière franco-suisse et de Verbois, plus en amont, ont été mis en service respectivement en 1924 et 1943. L'ouvrage de Verbois a remplacé le barrage de Chèvres. **Dès 1942, une « consigne d'organisation » fut rédigée afin de définir les modalités des vidanges et chasses suisses.**

Deux opérations ont été menées en 1945 et 1947 de façon indépendante par les opérateurs suisses, le barrage de Génissiat étant en cours de construction. Les modalités d'exécution et les conséquences de ces deux opérations sont peu documentées, en particulier en ce qui concerne les incidences sur la partie française. La première chasse de 1945 a cependant été considérée comme très destructrice pour la faune piscicole, provoquant le déclin des salmonidés (truites et ombres) sur le Haut-Rhône.

• ...et les premiers essais d'accompagnement CNR (1948-1956) ...

La période de 1948 à 1956 a été marquée par les mises en service des aménagements de Génissiat (1948 ; cote nominale max 330,70 m ortho) et de Seyssel (1951). Les opérations d'accompagnement des chasses suisses au niveau de ces nouveaux ouvrages se sont limitées à des essais de manœuvres des organes d'évacuation des crues du barrage de Génissiat : évacuateur de rive droite (ERD), vanne de demi-fond en rive gauche (V_{1/2}F) et vanne de fond (VF). Un abaissement modéré du plan d'eau de la retenue était pratiqué jusqu'à la cote 324 m ortho, de manière à maintenir le fonctionnement des usines pendant les opérations.

Durant cette période, l'essentiel des matériaux apportés par les vidanges des barrages de Verbois et de Chancy-Pougny s'est déposé dans la retenue du barrage de Génissiat. Seuls les accompagnements des chasses de 1951, menés lors d'un épisode de crue (débit de 1 100 m³/s à Génissiat) et de 1956 (manœuvres de la vanne de fond) ont permis d'atteindre un taux de transit de 10 %.

Face aux alertes des riverains et des associations de pêche, les autorités françaises (service des eaux et forêts) ont engagé les premiers suivis physico-chimiques à partir de 1951. Ces suivis ont été systématisés et plus soutenus lors de l'accompagnement des chasses suisses de 1954 et 1956. Ils ont permis d'identifier le caractère dommageable de ces vidanges sur l'environnement, en particulier sur la faune piscicole en raison d'une forte charge en matières organiques, liée notamment aux rejets directs des égouts de la ville de Genève dans la retenue du barrage de Verbois, sans traitement préalable.

Les peuplements piscicoles ont ainsi été fortement impactés durant cette période, en particulier lors de la vidange de 1949. L'interruption du flux de matériaux par la retenue de Génissiat a cependant permis de circonscrire les dommages au tronçon du Rhône compris entre Verbois et le Pont de la Loi, à Culoz, soit un linéaire d'environ 40 km.

• ... suivis des premières opérations d'accompagnement CNR (1960-1965)

Les essais concluants d'ouverture de la vanne de fond du barrage de Génissiat, en 1956, ont incité la CNR à renouveler l'opération lors de l'accompagnement des chasses suisses de 1960 et de 1965, durant de courtes périodes. En complément, le plan d'eau de la retenue a été abaissé jusqu'à la cote 315 m ortho (16 m en-dessous de la cote normale).

Ces paramètres ont assuré une grande efficacité des opérations d'accompagnement des chasses suisses, avec des taux de transit supérieurs à 80 %.

Cependant, les accompagnements de chasse de 1965, combinées à un délai long de 5 ans entre les deux opérations, se sont avérées très dommageables pour la faune piscicole. Les effets ont été ressentis jusqu'à Lyon, soit un linéaire de 150 km, avec la destruction d'un stock de truites et la contamination des champs captant de Saint-Clair et du Grand-Camp.

À l'occasion de l'accompagnement de chasse de 1965, des analyses physico-chimiques systématiques, de Pougny au pont Poincaré à Lyon, ont été mises en place. Elles seront maintenues et renforcées lors de l'accompagnement des chasses suisses suivantes.

• Les accords franco-suisses sur les chasses du Haut-Rhône (1969-1975)

L'importance des dommages causés par les accompagnements de chasse de 1965 et les précédentes a conduit **les autorités françaises et suisses, la CNR et les SIG à se réunir pour élaborer un accord sur les conditions de réalisation des futures vidanges du barrage de Verbois**. Les accords adoptés suite à la réunion du 4 octobre 1967 de la commission franco-suisse définissent :

- la périodicité des vidanges, de trois ans ;
- la date des opérations, fixée au dernier week-end de juin ou au premier de juillet et qui doit être communiquée un an à l'avance ;
- l'accumulation dans le Léman d'un volume égal à celui vidangé des retenues de Verbois et de Génissiat, qui doit être restitué lors de la phase de remplissage, à la fin des chasses ;
- un allongement, à titre expérimental, de la durée de la chasse de 1969 de 3 à 4 jours.

L'adoption de ces mesures et la mise en service en 1967 de la station d'épuration d'Aire, traitant les effluents de la ville de Genève, ont permis une réduction progressive des nuisances liées aux vidanges de Verbois en 1972 et 1975, après une chasse de 1969 encore particulièrement nocive.

La réduction de la pollution organique est très importante pendant cette période, alors que la pollution « mécanique » reste sensible jusqu'à Lyon (4,5 g/l de MES en 1975), malgré la diminution des volumes de sédiments évacués, liée à la fréquence triennale des opérations. Des suivis bactériologiques systématiques s'ajoutent en complément des suivis physico-chimiques.

La chasse de 1969, à l'instar de celle de 1965, est très nocive pour la faune piscicole et contamine à nouveau les champs captants de Saint-Clair (rive droite) et du Grand-Camp (site de la Doua, rive gauche), à Lyon.

L'exploitation des ouvrages CNR lors des chasses de 1969 à 1975 est similaire à celle de la période précédente : abaissement de la retenue de Génissiat à 315 m ortho et ouverture des vannes de demi-fond et de fond.

• Les conséquences catastrophiques de la vidange décennale du barrage de Génissiat (1978)

En 1978, la vidange décennale du barrage de Génissiat, déjà repoussée en 1958 et 1968, est programmée en parallèle aux opérations d'accompagnement de la vidange de Verbois. Elle prévoit un abaissement de la retenue jusqu'à la cote 285 m ortho, soit 46 m en-dessous de la cote normale.

Cependant, des erreurs de manœuvre à Chancy-Pougny provoquent une réduction brutale du débit entrant à Génissiat, alors que la cote de la retenue est déjà inférieure à la cote de l'évacuateur de rive gauche (vanne de demi-fond). La nécessité de maintien d'un débit sortant supérieur à 140 m³/s (débit d'étiage) induit un abaissement soudain jusqu'à la cote 278 m ortho et un affaissement des dépôts de limons des berges.

Le flot de pollution, évacué par la seule vanne de fond, est massif. Environ 3 hm³ (2,8 hm³ d'après Guertault, 2015) de sédiments et de boues sont relargués en aval de Génissiat, soit environ 4 fois le volume moyen évacué lors des 3 opérations précédentes.

Le taux de MES au pont de Seyssel atteint un pic à 110 g/l, lequel se maintient à 24,5 g/l à Loyettes, plus de 130 km en aval. La teneur en oxygène dissous atteint 0 mg/l à Seyssel et se maintient en dessous de 5 mg/l pendant 4h. La valeur de 1,2 mg/l est observée à Lyon. Les conséquences sur la faune piscicole sont catastrophiques. Elles sont pour la première fois constatées également sur la faune invertébrée benthique, avec la mise en place de suivis sur le secteur de Jons. Cet événement a durablement marqué les esprits et sert encore aujourd'hui de référence lorsqu'il s'agit d'évoquer les risques de dysfonctionnements lors des chasses suisses et de leur accompagnement. Aucune vidange complète de la retenue de Génissiat n'a été envisagée depuis.

• Les opérations pendant la mise en service progressive de la chaîne d'aménagement CNR du Haut-Rhône (1981-1993)

La période 1981-1993 correspond à une période de transition marquée par la mise en service progressive de la chaîne d'aménagements CNR du Haut-Rhône, de 1981 à 1986 (Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Sault-Brénaz) et des deux CNPE de Bugey (1979) et de Creys-Malville (1986).

Ces équipements imposent de nouvelles contraintes pour la gestion des opérations d'accompagnement des vidanges de Verbois et Chancy-Pougny :

- débit minimal de 150 m³/s et taux maximal en MES de 5 g/l au droit de la centrale de Bugey,
- débit maximal de 700 m³/s pour les aménagements de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon (débit d'équipement) afin de ne pas déverser dans les Vieux Rhône.

À la suite de l'épisode de 1978, des mesures drastiques sont prises pour l'accompagnement de la chasse suisse de 1981, d'autant plus que celle-ci intervient peu de temps après la mise en service de l'aménagement de Chautagne. Un objectif de non-dépassement d'un taux de MES de 7 g/l au pont de Seyssel et de 2 g/l à Loyettes est imposé.

En conséquence, l'abaissement de la retenue de Génissiat est limité à la cote 320,50 m ortho et la vanne de fond est maintenue fermée. Les objectifs de respect de taux de MES sont largement atteints (seulement 2,9 g/l pour le pic de MES au pont de Seyssel) **mais 90 % des matériaux provenant des barrages suisses sont retenus par le barrage de Génissiat**. Le barrage de Motz est consigné fermé pour éviter une pollution du Vieux-Rhône de Chautagne.

A partir de l'opération de 1981, les mesures de turbidité et de MES se développent, et les flux de MES seront exprimés en millions de tonnes (Mt) par opération. Avant 1981, les données étaient exprimées à millions de m³ (hm³) d'après des suivis bathymétriques ante- et post-opération (cf. Figure 8).

Pour l'accompagnement de la chasse de 1984, une consigne précise les valeurs de MES à respecter à la station de référence du pont de Seyssel :

- moins de 5 g/l en moyenne sur la durée de l'accompagnement de la chasse suisse,
- moins de 10 g/l pendant 6 h consécutives,
- moins de 15 g/l pendant 30 minutes.

Dans le même temps, l'objectif est de limiter le comblement de la retenue de Génissiat. La retenue de Génissiat est abaissée jusqu'à la cote 317 m ortho et la vanne de demi-fond est utilisée pour diluer le flux de MES de la vanne de fond. Les barrages de Motz et de Lavours (Vieux-Rhône de Chautagne et Belley) sont maintenus fermés. Les objectifs de MES sont respectés tout en assurant un taux de transit de l'ordre de 75 % et un déstockage de la retenue de Seyssel. En revanche, des dépôts importants sont observés au niveau des retenues et des canaux d'amenée des aménagements de Chautagne et Belley.

Aucune incidence significative sur l'environnement n'est observée, en revanche la baignade est interdite en raison du risque de pollution bactérienne.

Pour l'accompagnement de la chasse de 1987, l'ensemble des aménagements du Haut-Rhône français est entré en service. Une hydrologie excessive perturbe côté français le déroulement de l'accompagnement des

chasses suisses, imposant la remontée du plan d'eau de Génissiat et l'ouverture des barrages de Motz, Lavours et Champagnieux (aménagements de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon), normalement consignés pendant les opérations. L'abaissement du plan d'eau de Génissiat, initialement prévu jusqu'à la cote 304,50 m ortho, est limité à 308 m ortho. Seulement 43 % des matériaux passent le barrage de Génissiat.

Pour l'accompagnement de la chasse de 1990, malgré une hydrologie élevée en début d'opération, ayant retardé la fermeture des barrages de Motz, Lavours et Champagnieux, les opérations d'accompagnement se déroulent correctement, avec un taux de transit supérieur à 80 %.

Le niveau de remplissage de la retenue de Génissiat commence cependant à devenir préoccupant : les concentrations en MES à la sortie de la vanne de demi-fond sont trop élevées pour assurer une dilution correcte du flux sortant de la vanne de fond.

Des opérations de dragages en amont des deux vannes sont programmées en conséquence, en préalable à l'accompagnement de chasse de 1993. Les dragages sont réalisés entre 1991 et 1993. Ils s'achèvent deux mois avant l'opération de 1993. Au total, 308 000 m³ de matériaux ont été évacués pendant 14 mois de travaux (hors arrêts de chantier).

Suite aux opérations de dragage, l'abaissement de la retenue de Génissiat pour accompagner la chasse suisse de 1993 a été limité à la cote 313,60 m ortho afin de pouvoir utiliser en permanence l'évacuateur de surface rive droite pour la dilution du flux de la vanne de fond. Cet abaissement modéré, combiné à une hydrologie déficitaire, a entraîné un taux de transit médiocre en aval de Génissiat de 53 %. **Les premières analyses de suivi toxicologique des sédiments ont été réalisées durant l'accompagnement de cette chasse.**

• La « standardisation » des opérations de chasses (1997-2003)

La grande variété de situations durant la période précédente, les différents essais menés et la stabilité apportée par la fin des aménagements sur le Haut-Rhône ont permis d'envisager une « standardisation » des opérations d'accompagnement des vidanges des barrages de Verbois et de Chancy-Pougny, à partir de 1997.

La période de 1997 à 2003 est aussi marquée par l'introduction de la phase d'abaissement partiel de Génissiat, visant à préparer préalablement la retenue à accueillir les matériaux en provenance des ouvrages suisses. La loi sur l'eau de 1992 et l'adoption du SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée et Corse en 1996 ont également influencé les modalités de gestion, notamment par l'intensification des mesures de suivis environnementaux.

Le taux de transit moyen en aval de Seyssel lors de l'accompagnement des chasses suisses de 1997, 2000 et 2003 est de 96 %. **En 2003, pour la première fois depuis le début de l'accompagnement des vidanges suisses par les ouvrages CNR (hors opération de 1978), un déstockage net des retenues de l'ensemble Génissiat/Seyssel a été réalisé, avec un taux de transit global de 140 %.**

Dans le même temps, aucune incidence majeure sur l'environnement n'a été à déplorer pendant les opérations en dehors d'une aggravation en 2003 de l'état de colmatage du Vieux-Rhône de Crépieux-Charmy (qui alimente le champ captant de la Métropole de Lyon) dont les origines sont multifactorielles (UHC#10-ALY). L'avancement de la date des opérations à la fin du mois de mai a favorisé de meilleurs résultats sur le plan environnemental.

• Les opérations de 2012

Réalisées neuf années après celles de 2003, les chasses suisses de Verbois en 2012 se sont révélées très singulières par rapport aux précédentes, de par leur période de réalisation, leur durée et surtout leur intensité.

Les opérations d'accompagnement côté français s'en sont trouvées très délicates à mener. Les taux de MES sortant de Suisse, à Pougny, ont été particulièrement élevés (pic à 48,6 g/l), avec une période de très fortes

concentrations plus longue que lors des opérations précédentes (40 g/l pendant 7h consécutives), provoquant un impact environnemental majeur sur le tronçon compris entre Verbois et Génissiat. Le compartiment piscicole, en particulier, a été sévèrement touché sur ce secteur.

La quantité de matériaux en transit à Pougny, évacuée des retenues suisses, a été considérable (2,62 Mt), en rapport notamment avec la durée inhabituelle entre les deux opérations. Cette masse, jamais observée depuis la mise en service du barrage de Verbois, est 3 fois supérieure à celle de l'opération de 2003.

La météorologie pluvieuse du mois de juin 2012 a entraîné des débits importants sur le fleuve et ses affluents. En particulier, un épisode de précipitations a provoqué une forte hausse des débits dans la journée du 12 juin, aboutissant à l'arrêt anticipé des opérations d'accompagnement côté français. En revanche, les pluies fréquentes et les températures, fraîches pour cette période, ont été favorables à la vie piscicole.

Malgré les taux de MES très élevés sortant de Suisse et malgré les conditions hydrométéorologiques dégradées, la CNR a respecté l'ensemble de ses engagements (cotes des retenues, délais, taux de MES à Seyssel).

L'objectif de préservation des Vieux-Rhône et des milieux associés (dont les îlons restaurés entre 2004 et 2006) a été atteint (barrages de Chautagne et de Belley fermés, barrages aval ouverts). Ce résultat souligne l'efficacité des modes de gestion spécifique des ouvrages et des suivis/interventions mis en place en partenariat avec les acteurs concernés par le bon état écologique du fleuve et de ses annexes. Ainsi, l'impact des opérations en aval de Génissiat a été maîtrisé.

En contrepartie, le bilan sédimentaire des opérations d'accompagnement des chasses suisses de 2012 est très largement excédentaire, avec 1,4 hm³ de sédiments fins déposés dans la retenue de Génissiat et 100 000 m³ dans la retenue de Seyssel. Ces dépôts représentent l'équivalent des apports moyens en sédiments fins observés lors d'une chasse triennale des barrages de Verbois et de Chancy-Pougny depuis 1981.

Les opérations d'accompagnement des chasses suisses ont demandé une préparation et une organisation conséquente pour la CNR, ses partenaires et ses prestataires. Des moyens logistiques et humains importants ont été mobilisés. Pour la CNR, le coût global de ces opérations est très élevé. Il est estimé à environ 6 M€, en prenant en compte l'arrêt des usines hydroélectriques de Génissiat et de Seyssel, la logistique, les suivis mis en œuvre et une partie des importants dragages nécessaires pour compenser les apports massifs de matériaux.

• Bilan des opérations de chasses du Haut-Rhône jusqu'en 2012

L'accompagnement des vidanges-chasses suisses par CNR a suivi une longue évolution faite d'adaptations successives en fonction des retours d'expérience et guidée par une volonté croissante d'atténuer et de maîtriser les conséquences environnementales des opérations en aval de Génissiat.

Certains événements ont témoigné des difficultés à contrôler l'ensemble des paramètres et des limites du système en cas de dysfonctionnement majeur ou d'aléas exceptionnels. Mais ils ont également permis de progresser constamment dans la sécurisation des opérations et la mise en place de dispositifs de surveillance et d'arrêt d'urgence efficaces.

La mise en place de l'APAVÉR en 2016 a permis de valoriser les différents retours d'expérience pour tendre vers une gestion optimisée des chasses des barrages suisses.

La Figure 7 ci-après synthétise la chronologie et les caractéristiques des opérations.

La Figure 8 ci-après récapitule l'ensemble des chasses, et accompagnements de chasses, ainsi que les données techniques les concernant, notamment les flux de MES. On notera que jusqu'en 1978, les flux sont exprimés en millions de m³ (10⁶ m³ ou hm³) et évalués d'après bathymétrie. A partir de 1981 et la mise en place des suivi et prescriptions en matière de MES, les flux sont exprimés en millions de tonnes (Mt) ; aussi, dans les premières colonnes de la Figure 8, les données à partir de 1981 doivent être lues en Mt et non en hm³.

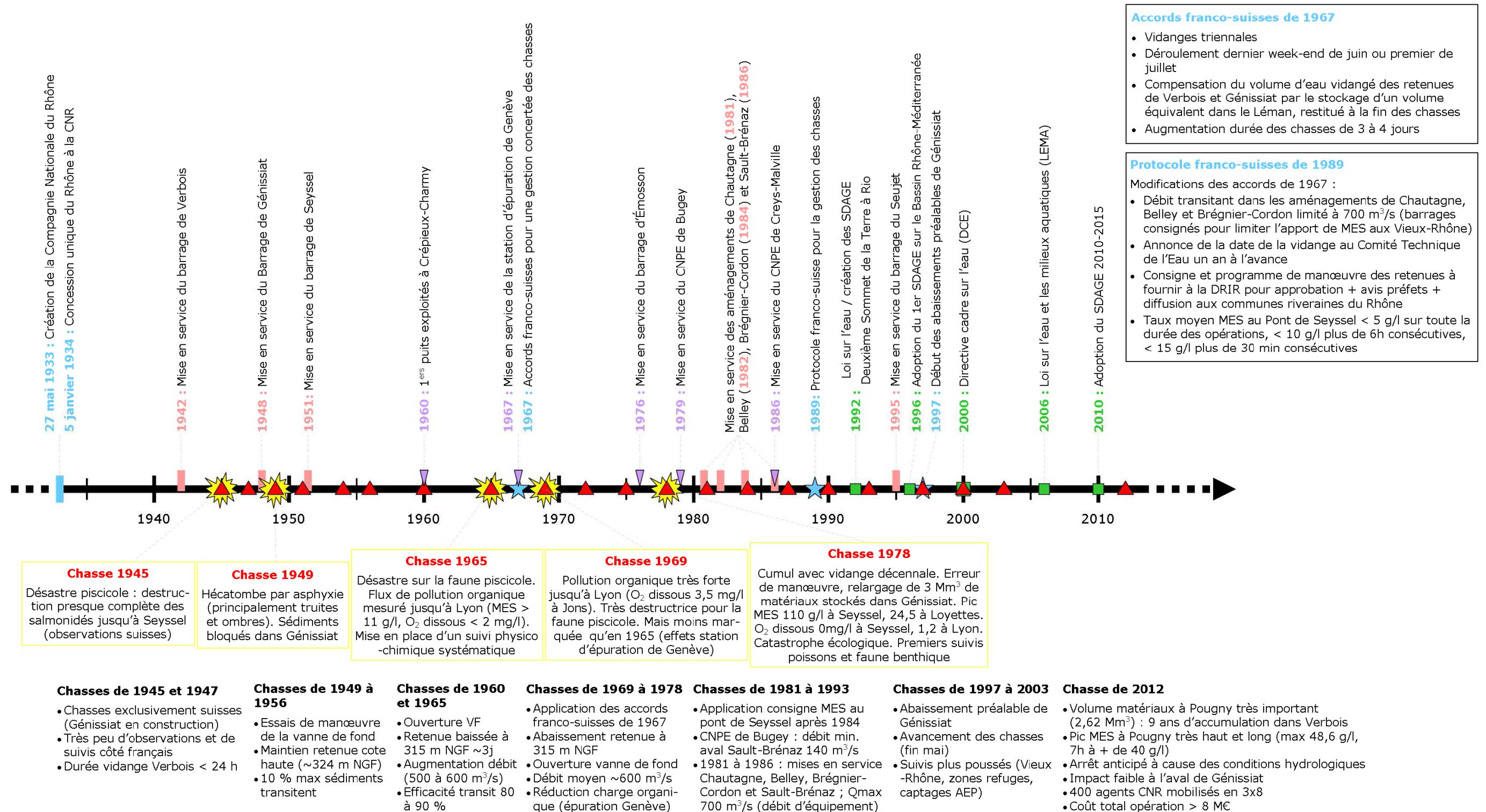


Figure 7 : Chronologie des vidanges-chasses suisses et des mesures d'accompagnement côté français de 1945 à 2012 (source CNR, 2015)

► Etude préalable à la réalisation du schéma directeur de gestion sédimentaire du Rhône – Rapport de Mission 4 - Inventaire et retour d'expérience des modes de gestion et des actions de restauration

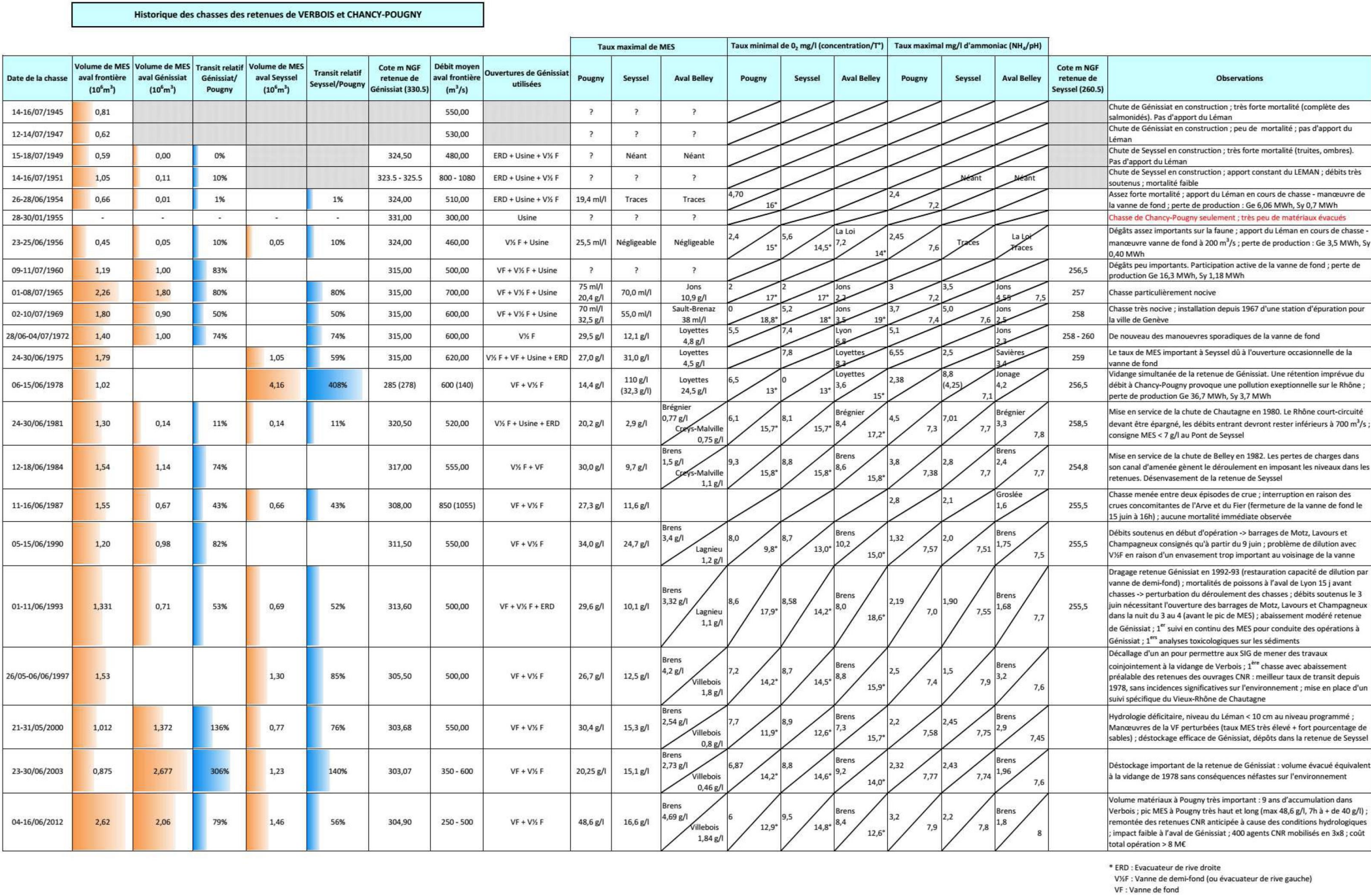


Figure 8 : Caractéristiques principales des chasses suisses et des accompagnements de chasse sur le Haut-Rhône, de 1945 à 2012

2.1.2 Opérations d'APAVER à partir de 2016

Suite aux dernières opérations, et afin de respecter les conclusions de l'enquête publique menée en 2011, appelant à optimiser la gestion sédimentaire, différents scénarios ont été étudiés et évalués par un comité technique franco-suisse (COTECH), selon des critères environnementaux, sociaux, économiques, de faisabilité technique et de maîtrise des risques.

Les autorités suisses et françaises, pilotant ce comité technique, ont décidé de retenir le scénario de gestion sédimentaire mixte, au terme d'une phase de concertation avec les parties prenantes.

Afin d'éviter une situation ne permettant plus la maîtrise des lignes d'eau en crue à Genève et celle des taux de MES à l'aval de la retenue suisse, les SIG ont exprimé le besoin de réaliser en 2016 un abaissement partiel de Verbois. Ils en ont formulé la demande aux autorités suisses, qui, dans le cadre de la convention d'Espoo¹, en ont informé les autorités françaises par le courrier du 08/12/2014 et le comité du 11/12/2014. Ces dernières ont alors demandé aux concessionnaires SFMCP (Société des Forces Motrices de Chancy-Pougny) et CNR (Compagnie Nationale du Rhône) de réaliser un accompagnement des abaissements suisses.

L'absence de mise en œuvre d'accompagnement spécifique de la gestion sédimentaire de Verbois, c'est-à-dire la situation dans laquelle les retenues françaises seraient exploitées normalement sans abaissement et sans protection des zones d'intérêt écologique et des usages du fleuve, aurait engendré des risques majeurs sur la sécurité et des conséquences néfastes sur l'environnement.

L'Etat français a donc sollicité CNR pour réaliser un accompagnement des chasses afin de réduire les risques et l'impact généré par la gestion de Verbois sur la partie française du Haut-Rhône. Cet accompagnement participe également au maintien du transit sédimentaire au-delà de l'aménagement de Génissiat.

CNR a répondu à cette demande des autorités en réalisant des opérations d'accompagnement spécifiques dans une optique de maîtrise de l'enjeu de sécurité, de préservation de l'environnement et de gestion sédimentaire durable.

On notera que si l'ouvrage de Verbois met en œuvre un abaissement partiel, l'ouvrage de Chancy-Pougny reste sur une ouverture complète des vannes et une mise en transparence totale, de façon ne pas stocker les sédiments provenant de la retenue de Verbois, et à évacuer les sédiments accumulés lors des phases de crues de l'Arve.

• De nouvelles modalités dans le cadre des APAVER

Plusieurs progrès majeurs par rapport aux opérations antérieures sont à retenir dans le déroulement des nouvelles manœuvres réalisées sur l'aménagement suisse de Verbois :

- un accompagnement optimisé du transit sédimentaire lors des crues d'Arve, avec abaissement préventif des retenues de Verbois et Chancy-Pougny, et délivrance d'un débit supplémentaire au barrage du Seujet (eau non chargée issue du lac Léman);
- l'abaissements de l'ouvrage suisse de Verbois est désormais partiel, de moindre amplitude que par le passé (APAVER²) ;
- les exigences prescrites jusqu'à présent à la CNR par la DREAL en termes de limites de taux de MES dans le fleuve à Seyssel sont également imposées aux exploitants suisses, à la frontière à Pougny.

En complément à ces optimisations, des dragages localisés restent autorisés dans les 3 retenues, avec remise des sédiments plus en aval dans le chenal principal d'écoulement.

Ainsi, sur le tronçon à l'amont de Génissiat, les incidences hydrosédimentaires se trouvent atténuées et la maîtrise des opérations améliorée. Pour les 3 opérateurs que sont les SIG, la SFMCP, et la CNR, un des

principaux objectifs des futures opérations consiste à optimiser le transit sédimentaire et à limiter le plus possible l'engrèvement des retenues, tout en préservant l'environnement.

Le volume maximal évacué de Verbois dans le cadre d'une opération d'abaissement partiel est fixé dans la consigne d'exploitation SIG à 2,1 millions de tonnes de sédiments (2,1 Mt), soit environ 1,5 millions de m³ (1,5 hm³), en prenant la densité de 1,4 proposée dans la consigne d'exploitation suisse.

Pour l'abaissement de Verbois 2016, la prévision SIG de la quantité de sédiments évacuée, tout en respectant les seuils de taux de MES prescrits à Pougny, s'élevait à 1,92 Mt, soit 1,37 hm³. Cette quantité représente l'équivalent de 3,8 années de dépôts de sédiments de l'Arve dans la retenue suisse de Verbois. En pratique, un flux de 1,31 Mt a transité en aval du barrage de Chancy-Pougny lors de l'APAVER de 2016.

L'accompagnement par CNR vise à faire transiter, vers l'aval, un volume équivalent au volume de MES ayant franchi la frontière franco-suisse, en respectant les trois conditions suivantes :

- maîtriser et contrôler la valeur du taux de MES au pont de Seyssel, dans les contraintes de pilotage suivantes :
 - 5 g/litre en moyenne cumulée dans le temps où la cote du plan d'eau à l'amont de Génissiat est inférieure à 325,00 m NGF ;
 - 10 g/litre plus de 6 heures consécutives ;
 - 15 g/litre plus de 30 minutes consécutives ;
- limiter la teneur en MES dans les Vieux-Rhône en consignat les barrages mobiles de Chautagne et de Belley, selon les modalités des cahiers des charges spéciaux des chutes,
- assurer l'alimentation en eau de la centrale du Bugey (maintien d'un débit minimum du Rhône en sortie de l'aménagement hydroélectrique de Sault-Brénaz de 150 m³/s).

CNR prévoit ainsi la mise en œuvre d'opérations d'accompagnement de l'abaissement partiel de la retenue suisse de Verbois au travers :

- d'un abaissement partiel concomitant de la retenue de Génissiat ;
- d'un abaissement des retenues des aménagements en aval, de Seyssel à Sault-Brénaz tel que réalisé jusqu'à présent dans le cadre de ce type d'opération ;
- et d'une gestion spécifique des Vieux-Rhône (tronçons du Rhône naturel court-circuités) de Chautagne et de Belley, comme ce fut le cas en 2012.

Le comité de pilotage franco-suisse a convenu que les opérations devaient être complètement réalisées dans une fenêtre allant du 15 mai au 10 juin 2016.

• Accompagnement des crues de l'Arve

Sur le Rhône genevois, le nouveau plan de gestion mis en place sur la période 2016-2026 prévoit un accompagnement des crues d'Arve par le Léman, opéré avec l'ouverture du Seujet lors des événements de crues afin d'augmenter le transit sédimentaire naturel et ainsi minimiser les dépôts de sédiments dans la retenue de Verbois.

L'objectif de ce mode de gestion est de favoriser le transit sédimentaire le long des retenues genevoises lors des crues de l'Arve. Il s'agit d'augmenter le débit du Rhône au barrage de Seujet, pendant les épisodes de crue de l'Arve afin d'atteindre au moins le débit d'équipement de Verbois (620 m³/s), voire un débit plus important.

Ces accompagnements des crues d'Arve sont réalisés avec une légère baisse des plans d'eau (maximum ~0,70 m à Verbois et ~1,50 m à Chancy-Pougny) dans les limites fixées par les concessions. Ils ne nécessitent donc pas d'autorisation des autorités.

A l'heure actuelle, une crue sur quatre est déjà « accompagnée » afin de pouvoir respecter la cote supérieure du lac Léman. Ces accompagnements des crues d'Arve sont réalisés avec une légère baisse des plans d'eau dans les limites fixées par les concessions. Ils ne nécessitent donc pas d'autorisation des autorités.

¹ Convention sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement dans un contexte transfrontalier (Espoo, Finlande ; 1991)

² APAVER = Abaissement Partiel de Verbois

D'après les modélisations, ce mode de gestion permet d'éviter le stockage de 10 à 15% des sédiments déposés annuellement dans la retenue de Verbois. Ces bilans doivent être confirmés après quelques années d'exploitation. Dans tous les cas, l'accompagnement des crues d'Arve ne peut donc pas à lui seul atteindre les objectifs de gestion sédimentaire ; ce mode de gestion est donc combiné à d'autres modes pour former le scénario de gestion mixte.

Une telle gestion est susceptible d'entraîner des pertes de production (déversements plus fréquents à Verbois) et une légère désoptimisation énergétique (eaux du Léman turbinées en dehors des périodes de pointe). Dans la mesure du possible, seules les crues de l'Arve disposant de flux solides importants feront l'objet de ces manœuvres : le facteur déclencheur sera fonction du débit de l'Arve et de la concentration en MES de l'Arve.

Les niveaux du Rhône restant dans l'enveloppe prescrite par les règlements et concessions, les pompages et la navigation restent possibles pendant les opérations d'accompagnement de crues d'Arve. Il faut noter qu'en fonction des débits atteints sur le Rhône en aval, l'accompagnement systématique des crues de l'Arve par le Léman est susceptible d'augmenter le risque d'inondation en aval de Chancy-Pougny, en cas de crues concomitantes d'affluents du Rhône en aval. Ces opérations d'accompagnement de crues d'Arve pourront être interrompues dans le cas où ils devaient significativement augmenter le risque d'inondation en France.

Du point de vue environnemental, les impacts sont faibles car les baisses de niveaux sont de très faibles amplitudes et de courtes durées.

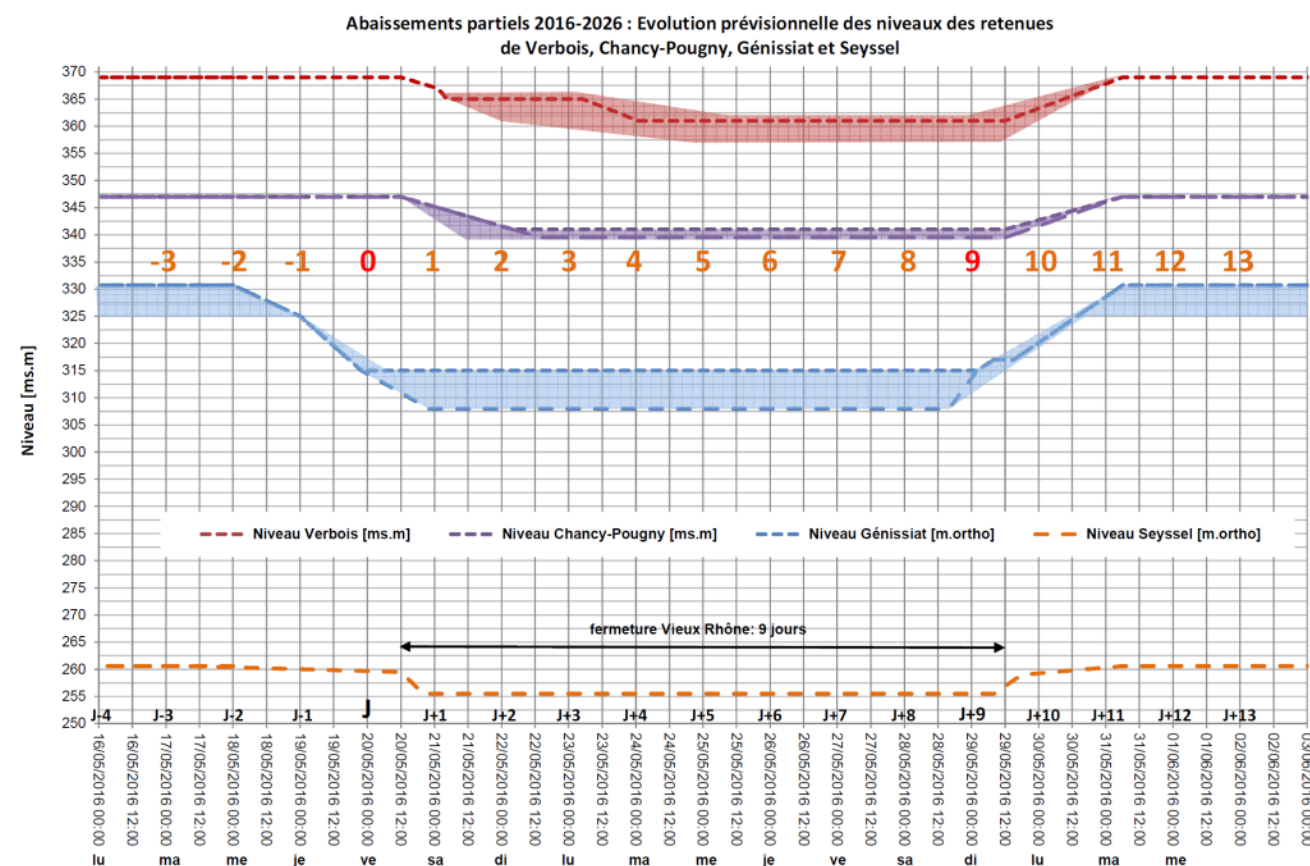


Figure 9 : Abaissements prévus des plans d'eau de Verbois, Chancy-Pougny, Génissiat et Seyssel lors des opérations de mai 2016

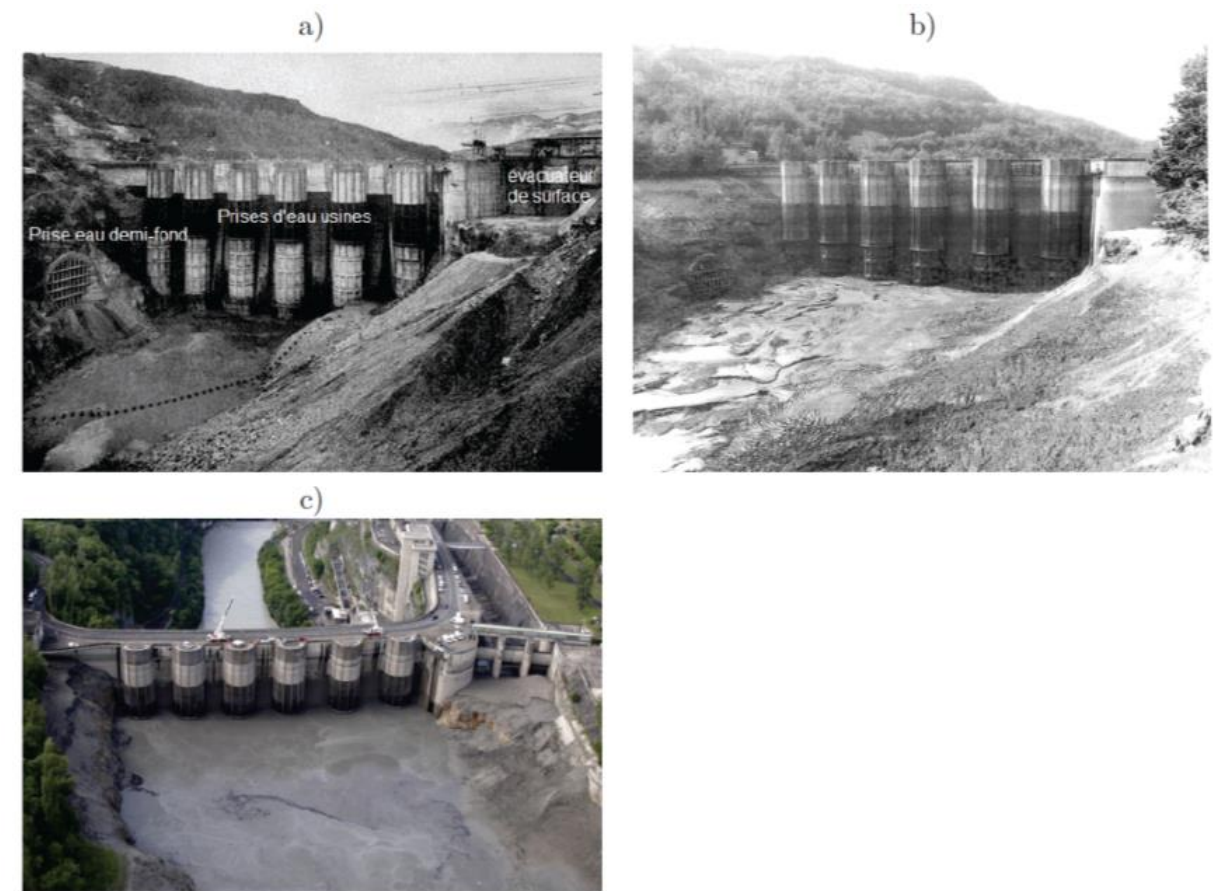


Figure 10 : Barrage de Génissiat en cours de chantier en 1940 (a), au cours de la chasse de 1978 (b) et au cours de l'accompagnement de chasse de 2012 (c) (d'après Guertault, 2015)

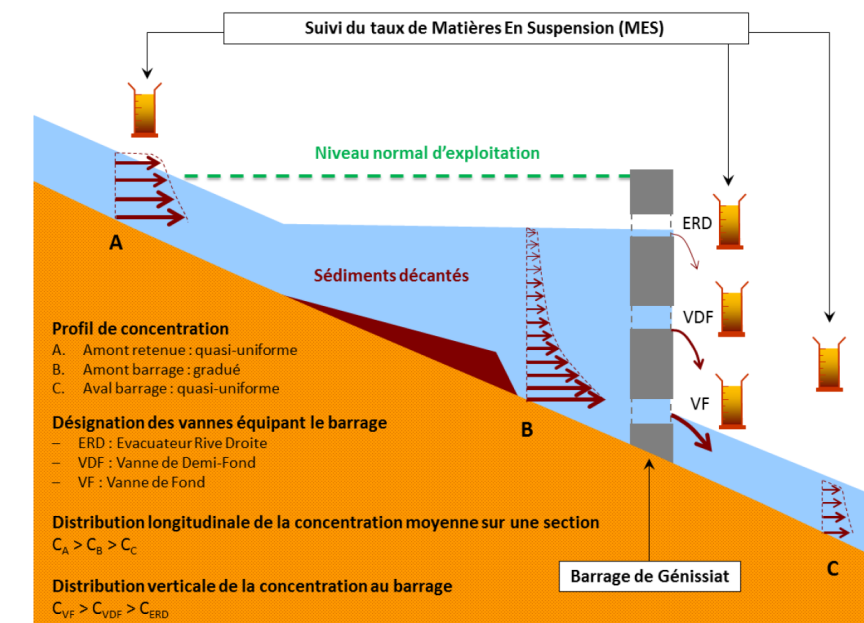


Figure 11 : Suivi du taux de MES lors des APAVER au droit de l'ouvrage de Génissiat (CNR-EDF-IRSTEA-EasyHydro, 2015, colloque CFBR)



Figure 12 : Barrage de Verbois lors de la chasse de 2016, vue amont (ww2.sig-ge.ch)



Figure 14 : Barrage de Chancy-Pougny lors de la chasse de 2016, vue aval (ww2.sig-ge.ch)



Figure 13 : Barrage de Verbois lors de la chasse de 2016, vue aval (ww2.sig-ge.ch)



Figure 15 : Barrage de Seyssel lors de la chasse de 2016 (CNR)

Chronologie de l'APAVER de 2016

A la demande des SIG, le dernier abaissement partiel de Verbois s'est tenu en 2016. Dans des conditions hydrométéorologiques optimales, les opérations étaient fixées du jeudi 19 mai 2016 au mardi 31 mai 2016.

L'abaissement des plans d'eau en-dessous de leur cote d'exploitation normale, selon les modalités calendaires, observe les conditions fixées à l'article 5 du Cahier des Charges Spécial de chaque chute. De même, les différents plans d'eau lors des opérations d'accompagnement respectent les conditions fixées à l'article 5 du Cahier des Charges Spécial de chaque chute (Figure 9).

Manœuvres des barrages suisses

Initialement prévues à partir du vendredi 20/05/2016 à 12h00, les manœuvres ont débuté le samedi 21/05/2016 à 12h00 pour les barrages de Verbois et Chancy-Pougny. Un report des opérations de 24 heures avait été demandé en raison de prévisions météorologiques défavorables lors de la journée du 19 mai 2016.

La remontée progressive des retenues de Verbois et Chancy-Pougny a débuté le dimanche 29/05/2016 et s'est terminée dans la matinée du mardi 31/05/2016.

Manœuvres des barrages CNR

Les manœuvres ont débuté le jeudi 19/05/2016 à 00h00 pour le barrage de Génissiat et samedi 21/05/2016 à 12h00 pour les aménagements de la CNR situés plus en aval. La remontée progressive de la retenue de Génissiat s'est terminée dans la matinée du lundi 30/05/2016. L'abaissement du barrage de Génissiat a duré 12 jours.

Comparaison du transit des matériaux en 2016 par rapport aux opérations précédentes

En 2016, la quantité de matériaux en transit à Seyssel a été supérieure à celle à Pougny. Ce bilan sédimentaire est la résultante de plusieurs facteurs :

- La mise en œuvre du nouveau mode de gestion par abaissements partiels synchronisés, visant à limiter les dépôts dans la retenue de Génissiat ;
- Des conditions hydrométéorologiques chahutées, imposant un débit limité au Seujet à certaines périodes (afin de ne pas dépasser la capacité hydraulique de l'usine de Chautagne) ;
- Une certaine prudence dans l'abaissement progressif du niveau de la retenue de Verbois, étant donné qu'il s'agissait de la première réalisation d'un abaissement partiel avec maîtrise de taux de MES limites à la frontière ;
- Le dépôt de 1,4 hm³ de matériaux constatés entre Pougny et Génissiat suite aux abaissements suisses complets de 2012 s'est déplacé lors des abaissements partiels 2016.

Le Tableau 3 donne le transit relatif entre Pougny et Seyssel. Ce calcul est à relativiser avec les évolutions bathymétriques des retenues de Verbois, Chancy-Pougny et Génissiat qui n'évoluent pas de façon synchrone (cf. Figure 18 et Figure 19).

Tableau 3 : Comparaison du transit sédimentaire estimé lors des opérations de 1997 à 2016 (d'après bilan des APAVER, CNR 2018)

Indicateur	Transit 1997 (Mt)	Transit 2000 (Mt)	Transit 2003 (Mt)	Transit 2012 (Mt)	Transit 2016 (Mt)
A- Cumul sur Pougny	1,53	1,01	0,88	2,62	1,31
B- Cumul sur Seyssel	1,30	0,77	1,23	1,46	1,89
Variation stock (A-B)	+0,23	+0,24	-0,35	+1,16	-0,58
Transit relatif (B/A)	85%	76%	140%	56%	144%

Caractérisation de la charge sableuse

Lors de l'APAVER 2016, l'OSR a mis en œuvre une campagne pour mieux caractériser la charge sableuse en transit lors des abaissements.

La Figure 16 suivante identifie les prélèvements d'échantillons opérés par l'OSR sur toute la section du fleuve aux Rippes (frontière franco-suisse, à Pougny), à savoir sur 3 verticales différentes de la rive gauche à la rive droite et aussi à différentes hauteurs de la colonne d'eau. L'analyse classique sur l'échantillon brut au granulomètre laser a fait ressortir 3 modes principaux de tailles de grains assez fins, en dessous de 63 µm (limite au-dessus laquelle on a une présence de sable).

Ces résultats ne satisfaisaient pas les scientifiques, notamment au vu d'un constat visuel de présence marquée de grains plus grossiers. Ils ont alors émis l'hypothèse de dépôts préférentiels des particules les plus grossières dans le circuit d'alimentation du granulomètre ou bien de décantation instantanée de ces grains dans la cellule de mesure, impliquant une sous-représentation des sables dans les résultats de l'analyse classique.

Des analyses plus poussées ont donc été réalisées, avec un tamisage préalable de l'échantillon à 63 µm. Cette fois-ci, le spectre granulométrique des prélèvements montre clairement la présence d'une charge sableuse non négligeable, en suspension graduée avec des concentrations plus élevées en allant vers le fond de la colonne d'eau.

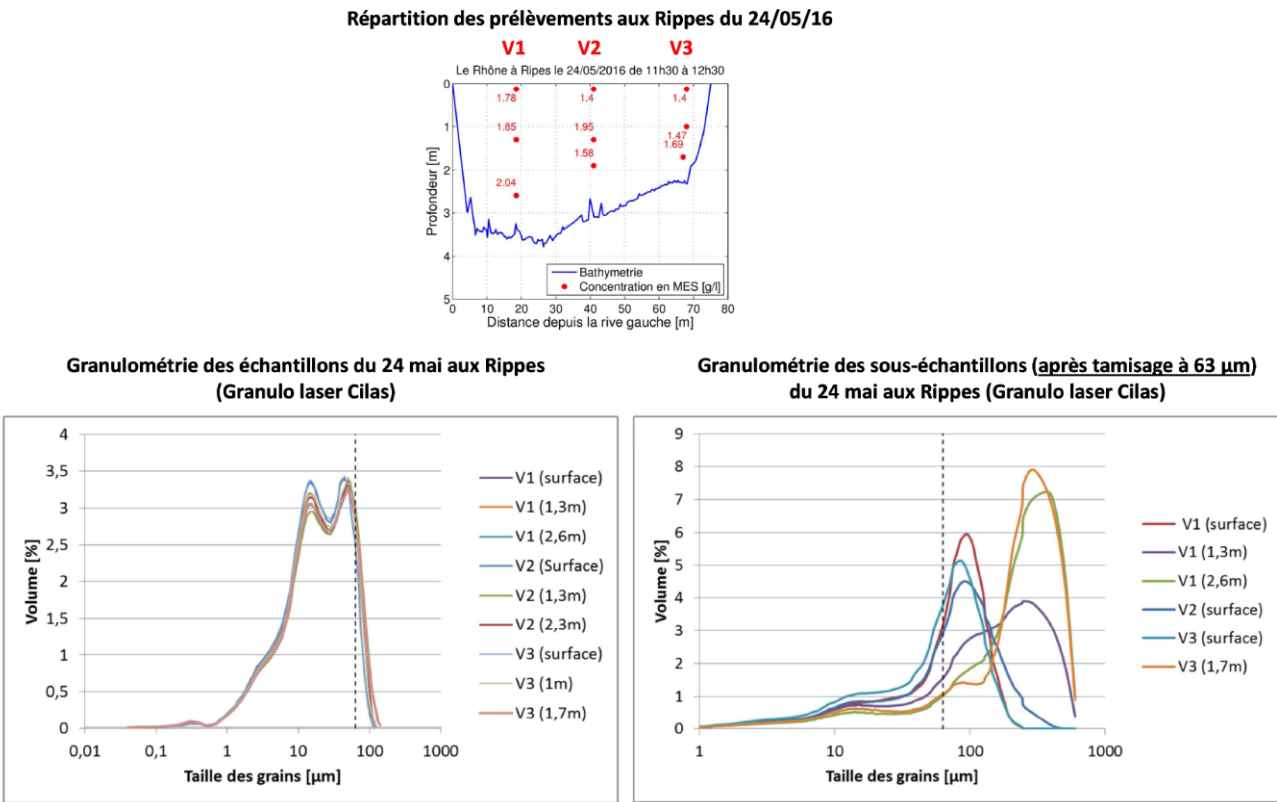


Figure 16 : Résultats des analyses granulométriques de l'OSR des échantillons prélevés aux Rippes (in CNR, 2018 ; d'après travaux OSR)

• Un bilan positif des opérations de 2016

L'année 2016 a donc été marquée par la première mise en œuvre du volet « abaissements partiels » du nouveau mode de gestion sédimentaire mixte sur le Haut-Rhône, adopté par les parties prenantes suite à une large concertation et autorisé par les arrêtés inter-préfectoraux du 16/03/2016.

Ces opérations constituaient ainsi une phase de test pour les concessionnaires, franchie avec succès grâce à une solide coopération franco-suisse. Les résultats sont effectivement prometteurs et ont en particulier éprouvé la capacité de SIG / SFMCP à maîtriser une évacuation progressive des sédiments de Verbois et de Chancy-Pougny.

A l'aval, la gestion des enjeux environnementaux par CNR en a été facilitée. On notera qu'au-delà de l'accompagnement du transit sédimentaire, la retenue de Génissiat a joué un rôle de lissage des variations de débit et d'écroulement des apports hydrologiques soutenus.

Les paragraphes suivants synthétisent les points à retenir concernant le déroulement des opérations et les principales conclusions des suivis menés (CNR, 2018) :

- Les seuils de MES prescrits ont été respectés par SIG à la frontière et par CNR à Seyssel, les cotes d'abaissement des retenues suisses et françaises sont restées conformes aux programmes hydrauliques.
- Sur la durée des opérations, le transit sédimentaire estimé à la frontière à Pougny est de 1,31 millions de tonnes tandis que celui à Seyssel est d'environ 1,89 millions de tonnes, soit 14% des volumes entrants.
- L'objectif de revenir à un niveau acceptable de risque d'aggravation des crues à Genève a donc été atteint, tout comme celui de ne pas aggraver le comblement de Génissiat.
- Fin mai 2016 (les 19/05, 22/05, 23/05 et 30/05), plusieurs perturbations ont entraîné une forte hydraulicité sur les affluents du Haut-Rhône. Il en a résulté un report de 24h du démarrage des opérations, une gestion des débits délicate et une remontée des retenues anticipée de 24h. En revanche, la vie piscicole a globalement bénéficié de ces conditions hydrométéorologiques, maintenant des températures de l'eau fraîches.
- La préservation de l'environnement a été assurée :
 - maîtrise des taux de MES,
 - pas d'altération notable des paramètres physico-chimiques dans les canaux et retenues,
 - absence de contamination des MES,
 - aucun dépassement des normes de qualité de l'eau pour la baignade,
 - impact sanitaire nul vis-à-vis de l'eau potable,
 - Vieux-Rhône préservés, absence de perturbation significative sur les peuplements animaux et végétaux protégés.
- Aucun désordre n'a été constaté sur les installations industrielles faisant usage du fleuve (notamment le CNPE du Bugey) et sur le champ captant de Crépieux-Charmy.
- CNR a mobilisé des moyens humains et techniques importants. Près de 450 agents, ainsi que de multiples partenaires et prestataires se sont impliqués dans la préparation et/ou la réalisation des abaissements partiels et les suivis associés.

Par conséquent, les résultats connus à ce jour font état d'un impact global faible à très faible et temporaire des abaissements partiels au regard des enjeux soulevés sur le Haut-Rhône.

À l'issue des opérations de mai 2016, les autorités suisses et françaises, les exploitants hydroélectriques, les fédérations de pêche et les scientifiques chargés du suivi écologique du fleuve se sont félicités de la très faible mortalité piscicole observée ainsi que de la coopération transfrontalière ayant prévalu à la définition des nouveaux scénarios de gestion sédimentaire et, pendant les opérations, au pilotage des manœuvres des barrages (DREAL, Etat de Genève, CNR et exploitants suisses).

En termes économiques, la CNR estime le coût global d'une opération entre 5 et 6 millions d'euros, incluant :

- 2,5 M€ de perte d'exploitation : arrêt de l'usine de Génissiat pendant une quinzaine de jours, désoptimisation de la chaîne de production ;
- 2,0 M€ d'études, autorisations, logistique, frais de personnel (plusieurs centaines d'agents en déplacement pour réaliser les suivis...) ;
- 1,5 M€ de travaux de dragage pour araser les dépôts en amont du barrage de Génissiat qui nuisent à la sûreté du barrage et retrouver un chenal navigable au gabarit sur les ouvrages en aval.

2.1.3 Bilan des accompagnements de chasse pour les ouvrages suisses et français

• Bilan volumique de la retenue de Verbois

Ces chasses suisses ont pour effet de remobiliser l'équivalent d'1,5 fois les apports moyens annuels en MES provenant de l'Arve (soit 1,5 Mt) pendant 3 jours en continu une fois tous les trois ans (CNR, 2016). Le reste du temps, les barrages de Verbois et Chancy-Pougny ne laissent passer qu'environ 50 % du flux de MES. L'évolution des flux moyens mensuels de MES transportées par le Rhône à Pougny à l'état naturel et après aménagement est illustrée par la Figure 17.

Le comblement actuel de la retenue de Verbois est de 2,8 hm³ ; il est supérieur de seulement 0,5 hm³ à la situation de 1965, ce qui démontre que le comblement de la retenue a globalement été maîtrisé depuis cette date. Compte tenu d'un volume initial de retenue de 13 hm³, le taux de comblement s'établit actuellement à 22 %.

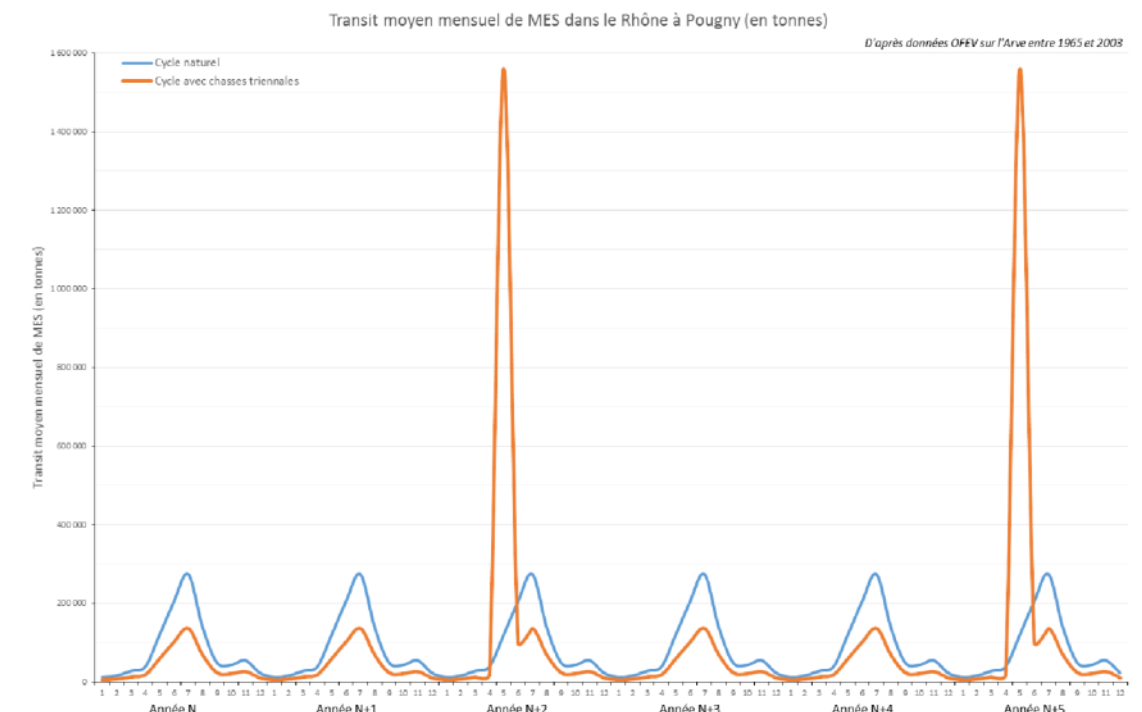


Figure 17 : Cycle du transit des sédiments fins du Rhône à Pougny (in CNR, 2016)

• Bilan volumique de la retenue de Chancy-Pougny

Il n'existe pas de bilan sédimentaire global de la retenue de Chancy-Pougny depuis sa mise en eau. Toutefois, l'équilibre sédimentaire obtenu lors des vidanges-chasses, ainsi que la pente du thalweg au sein de la retenue estimée à 2,3 ‰, laissent à penser que le bilan sédimentaire n'est pas marqué par des accumulations significatives, en dehors des marges latérales dans les surlargeurs et sinuosités.

• Bilan volumique de la retenue de Génissiat

Les bilans volumiques de la retenue par bathymétrie ont été réalisés dans la thèse de Guertault (2015), sur la période 1954-2012. Cette période n'inclut pas les 2 premières chasses suisses de 1949 et 1951 pour lesquelles aucun accompagnement n'avait été réalisé, ce qui avait conduit à la sédimentation de tous les apports amont dans la retenue. L'APAVR de 2016 n'est pas inclus non plus.

Guertault (2015) considère deux périodes :

- Sur la période 1954-1984, Guertault que l'envasement de la retenue de Génissiat atteint 10,2 hm³, soit 330 000 m³ en moyenne annuelle. Comme vu précédemment, l'envasement a été inégal selon les périodes : majoré entre 1954 et 1969 ; très faible entre 1969 et 1984 du fait de la vidange de 1978 qui a évacué 2,8 hm³ de la retenue. Sans la vidange de 1978, le bilan sur la période 1954-1984 aurait été de +13 hm³, soit 420 000 m³/an.
- Sur la période 1984-2012, l'accumulation de sédiments atteint 7,9 hm³ (avec une précision de 0,1 hm³), soit 272 000 m³ en moyenne annuelle, et considérant plusieurs opérations de dragages ayant retiré au total 668 000 m³.

Au total, sur la période 1954-2012, la sédimentation dans la retenue s'élève à 18,1 hm³, soit 307 000 m³/an en moyenne. Considérant que sur la période 1997-2012, la sédimentation est de 2,34 hm³, le bilan global est cohérent avec l'EGR (2000 ; rapport V3D1A3) qui indique un envasement de 16,1 hm³ entre 1954 et 1997, soit 350 000 m³/an.

Une analyse à partir des mêmes données peut être menée pour analyser le rôle des chasses suisses et des périodes inter-chasses, en prenant cette fois-ci l'année 2000 comme année-pivot (cf. fiche UHC#03-GEN) :

- Sur la période 1984-2000 (post-vidange 1978), les phases de chasses suisses ont conduit à stocker 3,8 hm³ de sédiments en 6 opérations (1984, 1987, 1990, 1993, 1997, 2000), soit une moyenne de +633 000 m³ par opération, ce qui équivaut à 224 000 m³/an. Sur la même période, les phases inter-chasses ont conduit à stocker 2,5 hm³ de sédiments, soit +147 000 m³/an. Sur cette période 1984-2000, la sédimentation dans la retenue est donc due à 60 % aux chasses suisses et à 40 % aux périodes inter-chasses.
- Sur la période 2000-2012, les phases de chasses suisses ont conduit à stocker 1,78 hm³ de sédiments en 3 opérations de chasses (2000, 2003, 2012), soit une moyenne de +593 000 m³ par chasse ou 137 000 m³/an. Sur la même période, les phases inter-chasses ont conduit à stocker 0,46 hm³ de sédiments, soit +35 000 m³/an. Sur cette période 2000-2012, la sédimentation dans la retenue est donc due à 83 % aux chasses suisses et à 17 % aux périodes inter-chasses.

Finalement, en dépit des efforts considérables consentis dans les accompagnements de chasses suisses des décennies passées, le bilan sédimentaire demeure excédentaire et se poursuit sur les dernières opérations, malgré un ralentissement des bilans annuels. Depuis 1949, ce sont 20,3 hm³ de matériaux qui se sont déposés dans la retenue de Génissiat (CNR, 2015). En considérant un volume de retenue initial de 56 hm³ à la cote haute d'exploitation (330,70 m ortho), le taux de sédimentation de la retenue est de l'ordre de 36 % ; en considérant un volume de retenue initial de 40 hm³ au niveau bas d'exploitation (325 m ortho), le taux de sédimentation passe à 51 %.

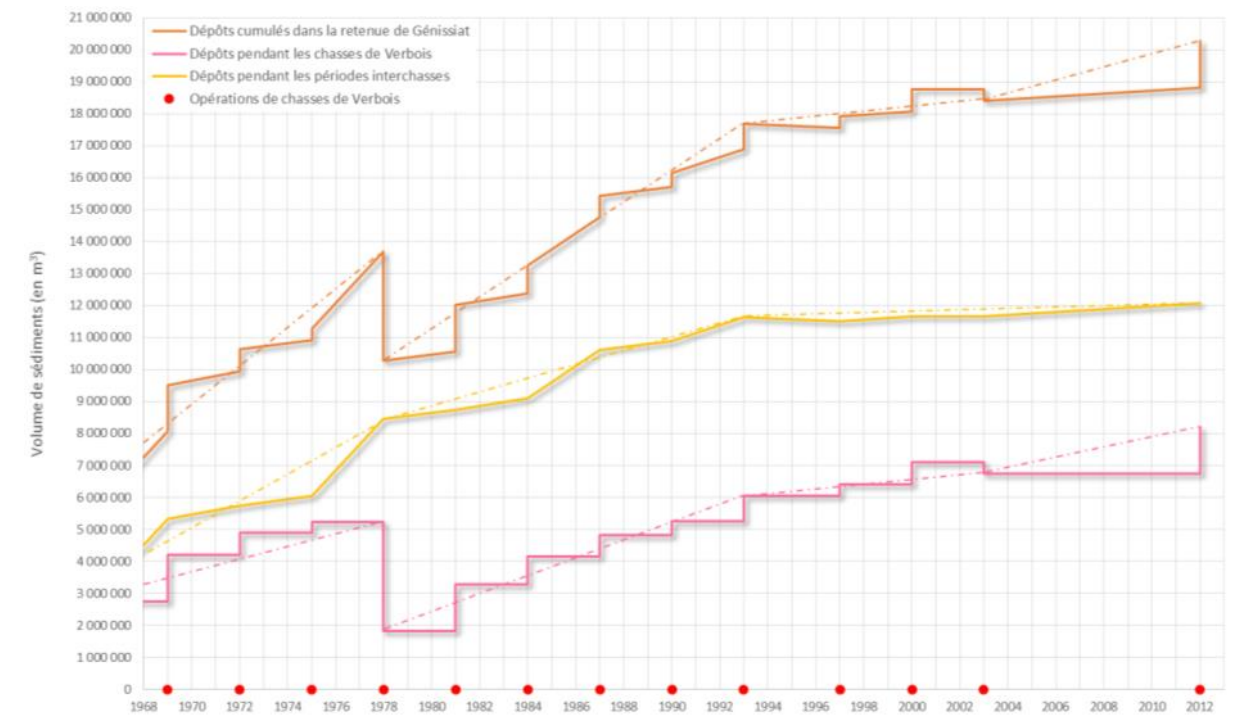


Figure 18 : Evolution du comblement de la retenue de Génissiat depuis 1968 – Apports des chasses de Verbois et dépôts entre les chasses (EKIUM, 2014)

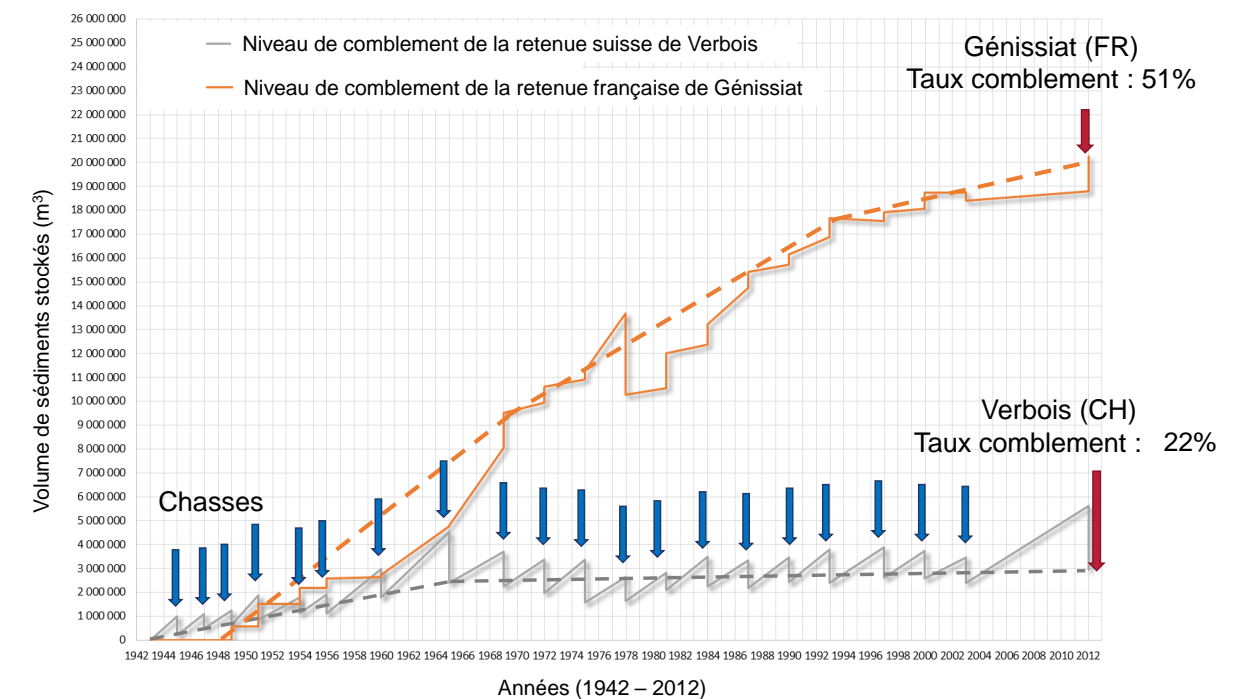


Figure 19 : Evolution du comblement des retenues de Génissiat et Verbois entre 1942 et 2012 (CNR, 2019)

• Bilan des flux de MES

Le réseau de mesure des flux de MES exploité par l'OSR est présenté dans les figures ci-dessous (thèse de Marina Launay, IRSTEA, 2014).

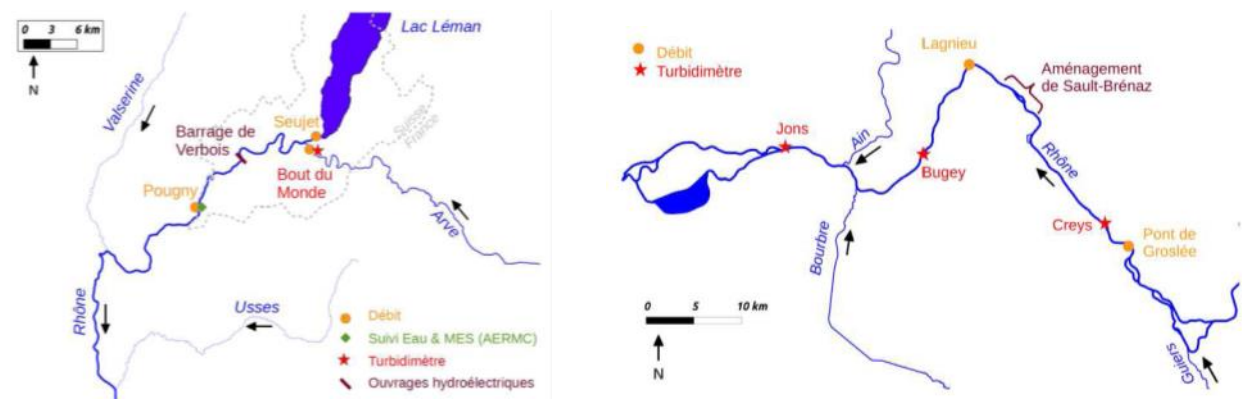


Figure 20 : Localisation du réseau de mesure permanent des flux de MES sur le Haut-Rhône

○ Bilan des flux au niveau de la retenue de Génissiat

La Figure 21 illustre les flux entrants et sortants de la retenue de Génissiat. Les flux entrants sont mesurés à Pougny ; les flux sortants sont mesurés soit à Bognes, soit en aval de Seyssel, soit aux deux stations. Les données utilisées sont issues du tableau de la Figure 8 ; on notera que les données antérieures à 1978 sont exprimées en millions de m³ (hm³) dans ce tableau ; le graphique de la Figure 21 suppose donc par défaut une densité de 1 t/m³.

Depuis la mise en place des premiers accompagnements des chasses suisses en 1960, la moyenne des flux entrants est de 1,48 Mt par opération. Comme développés dans le §.2.1.1, les flux sortants ont été souvent inférieurs aux flux entrants, sauf pour les accompagnements des chasses de 1965, 1978, 2000, 2003 et 2016. Pour 2016, le bilan bathymétrique montre toutefois que 140 000 m³ se sont déposés dans la retenue (Tableau 4).

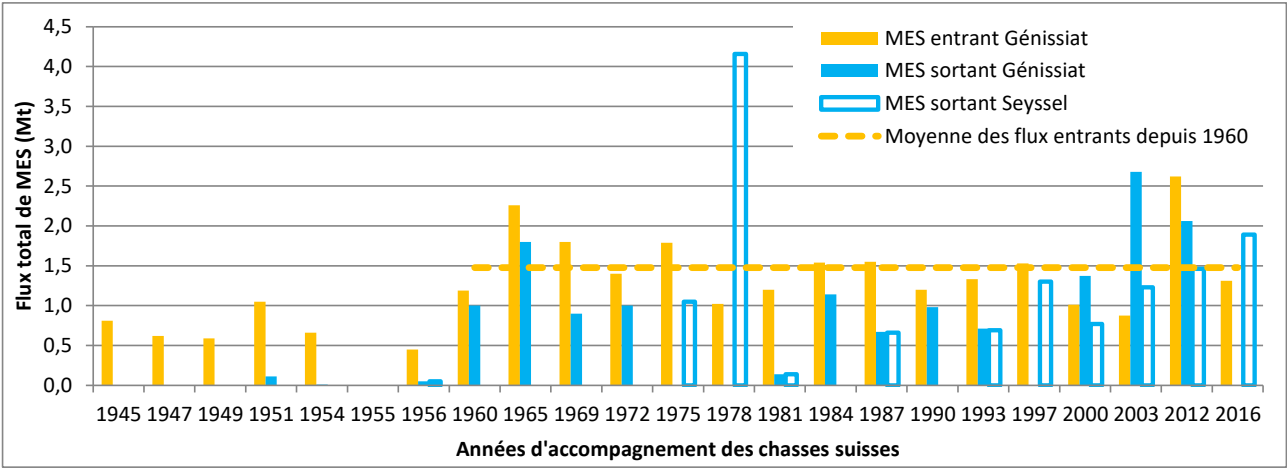


Figure 21 : Flux de MES (en t) entrants et sortants de Génissiat pour chaque accompagnement de chasse (d'après CNR, 2016)

○ Mise en relation des flux de MES et des variations bathymétriques

Connaissant les bilans de flux de MES en entrée et sortie de la retenue de Génissiat (cf. Tableau 3) et les variations bathymétriques de la retenue (cf. Figure 18), une comparaison entre ces deux grandeurs peut être tentées (cf. Tableau 4). On considère en effet que la densité des sédiments de la retenue est de 1,4 (1 m³ équivaut à 1,4 tonnes, ce qui conduit à 1 hm³ qui équivaut à 1,4 Mt).

Une première analyse a été menée par la CNR dans le bilan de l'APAVÉR 2016. Les flux en sortie de Verbois (1,30 Mt) et en entrée de Génissiat (1,31 Mt) sont complètement cohérents entre eux. Or, la variation bathymétrique de la retenue de Verbois montre un déstockage de 1,30 hm³, ce qui correspond en théorie à 1,8 Mt de sédiments, ce qui est 40% plus élevé que le bilan de flux sédimentaire.

Une autre analyse peut être menée à partir des résultats des opérations de 1997 à 2016 pour la retenue de Génissiat (Tableau 3). De même, les variations bathymétriques ne sont pas en totalité expliquées par les bilans de flux de MES. Par exemple, pour 2012, l'envasement résultant de l'opération est de 1,47 hm³, ce qui devrait correspondre à environ 2,06 Mt de MES excédentaires ; or, le bilan des flux de MES ne montre que 1,16 Mt d'excédent. Les tendances sont similaires pour 1997 et 2000. En 2003, le bilan est négatif et montre a contrario une sous-estimation des flux entrants. En 2016, la tendance est contraire entre 1) les flux dont le bilan est déficitaire, et 2) la bathymétrie qui montre tout de même un aggravement du comblement de la retenue.

Plusieurs explications sont possibles quant à ces écarts :

- d'une part, le choix de prendre une densité moyenne pour faire la conversion entre mètres cubes et tonnes est théorique ; la réalité est plus nuancée avec une densité variable au cours des opérations, selon la nature des matériaux qui transitent ;
- d'autre part, les résultats de l'OSR confirment la part non négligeable de sable en transit, ce qui conforte les hypothèses et simulations de CNR concernant l'équilibre sédimentaire de la retenue de Génissiat avec une substitution de charge fine par des sédiments sableux.

Les flux entrants dans la retenue seraient donc proportionnellement plus grossiers, et l'estimation des flux par MES en serait sous-estimée. Des études plus poussées à venir sur la caractérisation des flux de sables dans le programme OSR5 à venir pourra apporter une meilleure compréhension du lien entre bilans de flux de MES et bilans bathymétriques.

Tableau 4 : Comparaison des bilans des flux de MES et de la bathymétrie de la retenue de Génissiat lors des opérations de 1997 à 2016

Opérations	1997	2000	2003	2012	2016
(flux MES Pougny) – (flux MES Seyssel) (Mt)	+0,23	+0,24	-0,35	+1,16	-0,58
Variation bathymétrique de la retenue de Génissiat (hm³) (d'après Guertault, 2015)	+0,37	+0,67	-0,36	+1,47	+0,14
➔ Correspondance en Mt (densité : 1,4)	+0,52	+0,94	-0,50	+2,06	+0,20

Bilan des flux à l'échelle du Haut-Rhône

Un bilan des flux à l'échelle du Haut-Rhône peut être mené sur la base des données de suivi de l'APAVR 2012 afin d'apprécier la distribution des flux en aval du barrage de Génissiat.

L'analyse est menée selon deux périodes conformément au protocole d'abaissements partiels des ouvrages (cf. illustration du protocole de 2016 en Figure 9) :

- Première semaine (06/06/2012 au 10/06/2012) : abaissement préalable de la retenue de Génissiat ;
- Seconde semaine (10/06/2012 au 18/06/2012) : abaissement de la retenue de Verbois, et accompagnement de la chasse par l'ouvrage de Génissiat.

Durant la première semaine des opérations de 2012 (cf. Figure 22), l'Arve en crue a produit environ 32 000 t de MES qui ont en partie été stockées derrière le barrage de Verbois, puisque seulement 7 000 t ont été mesurées à Pougny. Ces quantités restent toutefois négligeables par rapport aux 930 000 t de MES libérées par Génissiat. Ces MES se sont rapidement déposées dans le réseau puisqu'une différence de 100 000 t est observée entre Génissiat et Seyssel. A Culoz, le flux mesuré correspond à seulement 40 % du flux de Génissiat. Les autres affluents n'ont pas produit de quantité significative de MES au cours de cette semaine.

Entre Culoz et Cressin, le flux diminue encore de moitié. En revanche, dans la zone entre Cressin, Massignieu et Brégnier, on observe une reprise locale de MES de 15 000 t. Le flux est ensuite divisé par deux entre Brégnier et Creys, puis entre Creys et Bugey. Le barrage de Villebois, situé entre ces deux stations, doit favoriser le dépôt d'une partie des MES. A l'aval, 90 % du flux de MES a transité jusqu'à Jons. L'Ain n'étant pas en crue cette semaine-là, la section du Rhône en amont de la diffuence de Jons était homogène et l'enregistrement de turbidité à Jons représentatif de l'ensemble du Rhône. Les concentrations en MES circulant dans le canal de Jonage devaient être équivalentes à celles du canal de Miribel.

Au cours de la seconde semaine (cf. Figure 23), l'Arve, de nouveau en crue, a produit 26 000 t de MES. Ce flux ne représente toutefois que 1 % du flux libéré par le barrage de Verbois. En effet, 2 600 000 t de MES ont été enregistrées à Pougny. Environ 2 000 000 t se sont ensuite déposées entre Pougny et Seyssel au niveau de la retenue de Génissiat. Entre Seyssel et Cressin, le Fier en crue a apporté environ 27 000 t de MES. Le dépôt dans ce bief est donc de l'ordre de 400 000 t. Comme lors de la première semaine, une reprise est mesurée dans la zone entre Cressin et Brégnier. Cette reprise est de l'ordre de 50 000 t.

Entre Brégnier et Creys, le Guiers en crue a apporté 3 000 t de MES supplémentaires. Le dépôt est donc de l'ordre de 73 000 t entre Brégnier et Creys. Entre Creys et Bugey, 25 000 t de MES se sont déposées. Le flux mesuré à Jons est de 222 000 t. Cependant, cette valeur ne prend pas en compte l'hétérogénéité de la section constatée au niveau de Jons lorsque l'Ain est en crue.

Pour obtenir cette valeur, la chronique de concentrations mesurées à Jons a été multipliée par la chronique de débit du Rhône total. Or, l'Ain était en crue pendant cette seconde semaine. La chronique de concentration en MES à Jons n'est donc pas représentative de l'ensemble de la section, mais seulement de ce qui passe dans le canal de Jonage. Le flux à Jons présenté sur la Figure 35 est donc probablement surestimé.

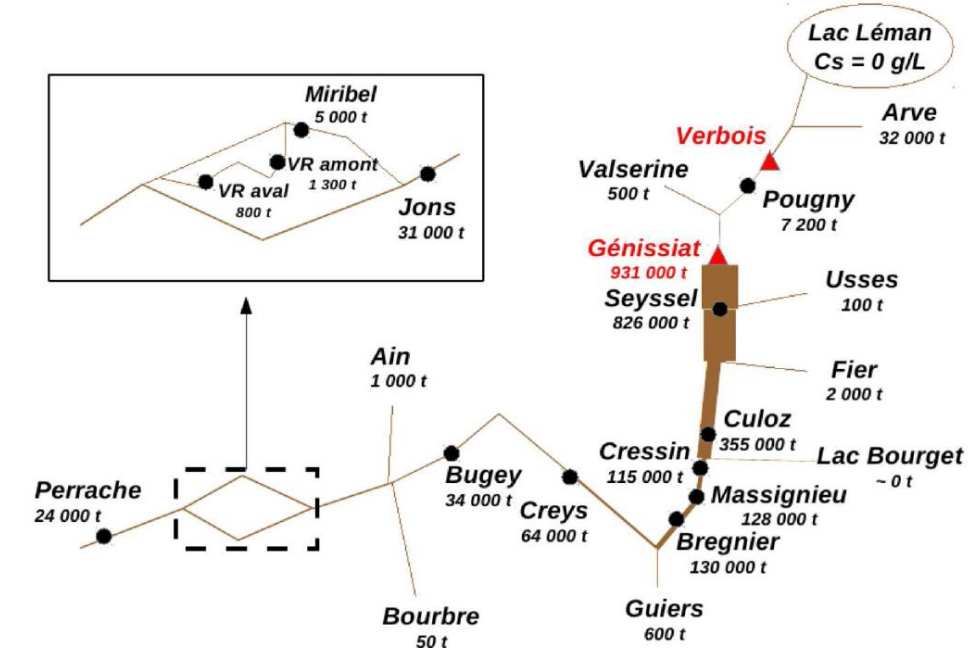


Figure 22 : Flux de MES (en t) sur le Haut-Rhône pendant la semaine d'abaissement préalable de la retenue de Génissiat (du 06/06/2012 au 10/06/2012) (CNR, 2016)

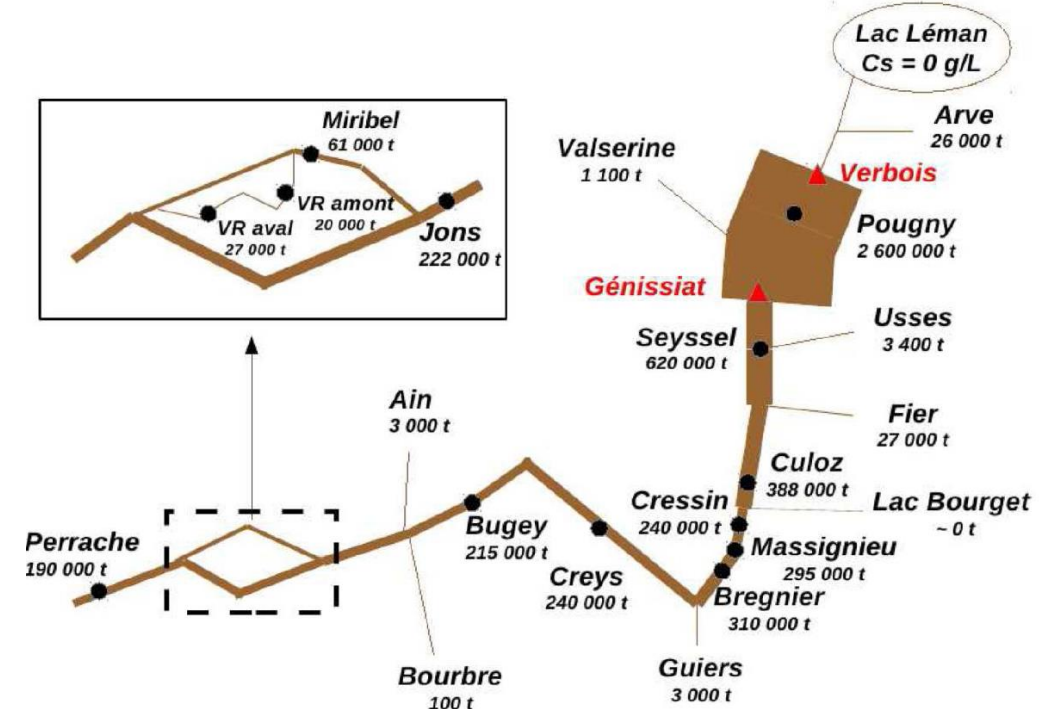


Figure 23 : Flux de MES (en t) sur le Haut-Rhône pendant la semaine d'abaissement préalable de la retenue de Verbois (du 10/06/2012 au 18/06/2012) (CNR, 2016)

2.1.4 Opérations de dragages consécutives aux APAVER

Comme indiqué en partie 2.1.2, les opérations d'accompagnement de chasses suisses (APAVER depuis 2016), conduisent à procéder à des dragages dans les retenues du Haut-Rhône : Génissiat, Motz (Chautagne), Lavours (Belley), Champagnieux (Brégnier-Cordon), Sault-Brénaz.

Depuis 2003, les volumes sont en diminution pour ces différentes retenues du fait d'une meilleure gestion conjuguée des ouvrages.

2.1.5 Futures opérations d'APAVER

Les mesures d'accompagnement des abaissements partiels suisses et de gestion sédimentaire du Haut-Rhône ont été définies en 2015 et soumis à étude d'impact environnementale pour une durée de 10 ans, soit pour la période de 2016-2026.

La première opération combinée des abaissements des barrages suisses et français a eu lieu en mai 2016. Comme la fréquence des opérations est définie avec un minimum de 3 ans mais peut être portée à 4 ans, dans le cas où les accompagnements des crues de l'Arve donnent des résultats probants, la prochaine opération de gestion sédimentaire du Haut-Rhône devait avoir lieu en mai 2020.

Compte tenu de la crise sanitaire du Covid-19, la chasse de 2020 a été reportée en 2021.

La dernière opération de la période 2016-2026 devrait avoir lieu en 2024 ou 2025.

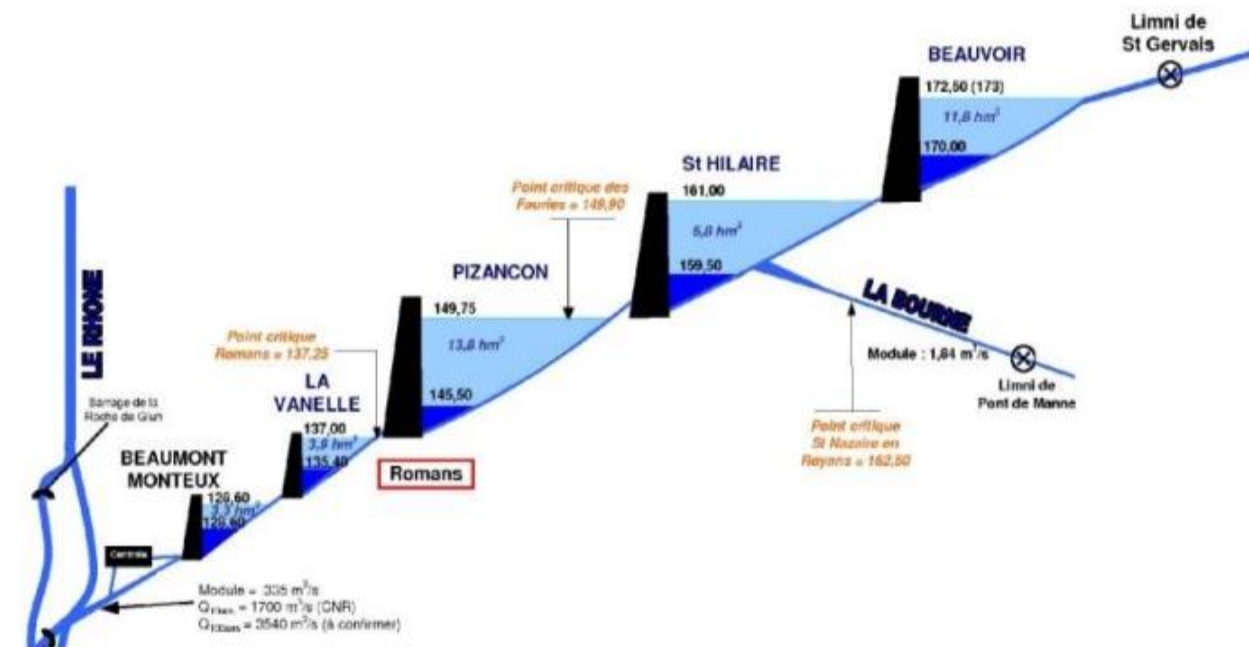


Figure 24 : Schéma des aménagements hydroélectriques de la Basse Isère (EDF)

Tableau 5 : Caractéristiques principales des barrages sur la basse Isère

Aménagement	Exploitant	Date de mise en service	Hauteur approximative	Longueur de retenue approximative
Beauvoir	EDF	1963	11 m	13 km
St-Hilaire	EDF	1959	11 m	11 km
Pizançon	EDF	1931	14 m	14 km
La Vanelle	EDF	1950	8 m	9 km
Beaumont-Montoux	EDF	1922	12 m	6 km

Le transport solide des matériaux fins de l'Isère est un des plus forts parmi toutes les rivières françaises (Mano, 2008). En effet, le bassin de l'Isère présente des conditions morphoclimatiques favorables à l'érosion des versants et à des apports de matériaux importants, tant grossiers que fins (taux d'érosion de plus de 500 t/km²/an). Avant aménagement, l'Isère était une vallée avec plusieurs secteurs en cours de remplissage alluvionnaire (combe de Savoie, ombilic grenoblois, plaine de Moirans) avec un transit des graviers partiellement interrompu avant le Rhône. Le transport naturel par charriage a été estimé de l'ordre de 50 000 à 100 000 m³/an en aval de la plaine de Moirans (diamètre moyen 10 à 20 mm) alors qu'il devait approcher 300 000 m³/an en aval de Grenoble ; le transport par suspension a été estimé entre 3 et 4,5 Mt/an, dont le tiers provenant du Drac (EGR, 2000 ; Parrot, 2015 ; rapport Migniot / CNR, 2005).

Après la mise en place des ouvrages sur le Rhône et l'Isère, le transit actuel par charriage de l'Isère peut être considéré comme nul et le transport par suspension a été réduit de 23% (EGR, 2000). Le flux en sédiments grossiers commence à se tarir en aval du barrage de St-Egrève (10 000 m³/an), alors que les apports du Drac et de la Romanche réunis sont de 30 à 40 000 m³/an en amont de Grenoble (BURGEAP, 2017) ; ce flux grossier résiduel est progressivement piégé dans les retenues de la basse vallée de l'Isère, tout comme ceux des affluents (Bourne, Drevenne, Cumane, Merdaret, etc.).

2.2 Chasses et mises en transparence sur les affluents intéressant le Rhône

2.2.1 Ouvrages de la basse Isère

• Contexte

L'Isère est un affluent majeur du Rhône, qui mesure 286 km de long et draine un bassin versant au relief contrasté d'une superficie de 11 800 km² (12% du bassin du Rhône français). En effet, l'Isère naît de la fonte des glaciers des Grandes Aiguilles Rousses dans le massif de la Vanoise (Département de la Savoie) ; même si l'essentiel de son parcours s'effectue en vallée, l'Isère voit son régime largement influencé par des affluents alpins comme l'Arly, l'Arc, le Drac (qui reçoit la Romanche), et la Bourne, issus des massifs montagneux environnants (Vanoise, Maurienne, Beaufortain, Belledonne, Ecrins, Chartreuse, Vercors). La partie aval du parcours de l'Isère présente un lit très encaissé entre le Vercors au sud-est et le plateau de Chambaran au nord-ouest, avant un espace alluvial plus ouvert à la confluence avec le Rhône.

Depuis l'aménagement de la chute de Bourg-lès-Valence en 1968, l'Isère se jette en rive gauche du canal d'amenée de l'usine de Bourg-lès-Valence. En aval de cette confluence, sur 1,5 km, le canal d'amenée emprunte le tracé initial de l'Isère, dont le lit est contraint et endigué, avant de poursuivre vers l'usine de Bourg-lès-Valence. Sur le parcours historique de l'Isère est installé le barrage de l'Isère qui permet, en cas de crue sur l'Isère, de décharger les apports du canal et de l'Isère vers le Vieux Rhône de Bourg-lès-Valence. Un seuil-épi sous fluvial installé dans le prolongement de la pointe de la confluence permet de rétrécir le lit de l'Isère pour favoriser le charriage et diriger les sédiments vers la rive gauche, avant de mieux emprunter le barrage de l'Isère par effet de courbure (CNR, 2005 ; EDF-CNR, 2018). Le canal d'amenée sert de chenal navigable pour le trafic fluvial le long du Rhône, avec franchissement d'écluses au droit du barrage de Bourg-lès-Valence.

La basse Isère est équipée de 5 aménagements hydroélectriques : Beauvoir (BV), Saint-Hilaire (SH), Pizançon (PIZ), La Vanelle (LV), Beaumont-Montoux (BM). Ces ouvrages utilisent la force motrice procurée par la dénivellation d'environ 55 m offerte sur les 60 km du cours d'eau entre Vinay et Beaumont-Montoux. L'exploitation est assurée au fil de l'eau avec possibilité d'éclusées journalières.

Sur l'Isère, quatre turbidimètres sont en fonctionnement : Grenoble Campus, Tullins (entrée basse Isère) depuis 2007, Pont des Fauries (milieu) depuis 2011 et Beaumont-Monteux (sortie) depuis 2009. Ils permettent le suivi des matières en suspension (MES).

Une analyse récente réalisée par A.Poirel (EDF), à partir des chroniques de mesures turbidimétriques, de l'estimation de l'érosion des sols et de la sédimentation dans les retenues du bassin versant de l'Isère, a permis de mieux décrire les flux sédimentaires (grossier, sables, limons).

Au niveau de la confluence Isère/Rhône, le bassin versant de l'Isère a :

- un flux sédimentaire naturel reconstitué estimé à environ 3 Mt/an ;
- un flux sédimentaire stocké dans les retenues du bassin versant estimé à environ 1 Mt/an ;
- un flux sédimentaire transporté au final estimé à environ 2 Mt/an.

Globalement, le flux annuel est sujet à une grande variabilité : d'une année sur l'autre, il peut varier de 400 000 t et plus de 6 000 000 t. De plus, ce flux est concentré sur quelques jours par an (EDF-CNR, 2018).

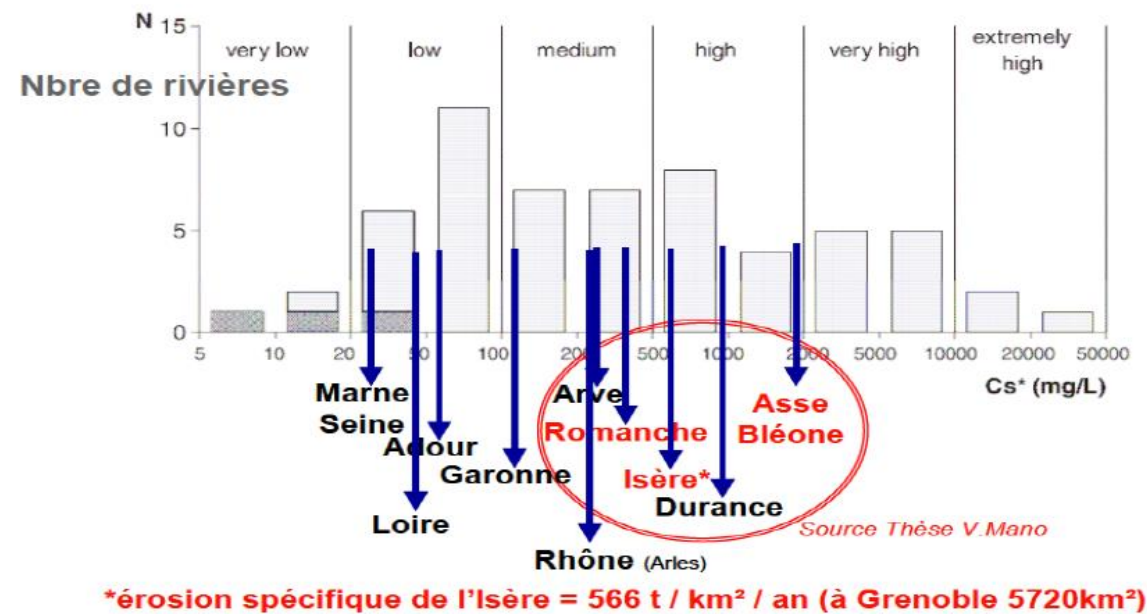


Figure 25 : Erosion annuelle des grands bassins français (EDF-CNR, 2018)

Gestion sédimentaire passée

Afin de faire transiter ces flux importants de sédiments arrivant dans les retenues de la basse Isère, EDF réalise régulièrement des opérations de mise en transparence sur les barrages de la basse vallée. Elles sont encadrées par une consigne intégrant les améliorations successives issues des différents retours d'expérience passés.

La réalisation de ces mises en transparence ou chasses n'est possible, selon les consignes administratives, qu'en période de hautes eaux, et plus précisément en phase de décrue pour les ouvrages de la basse Isère (respect des critères de débit prévisionnel en baisse par rapport au pic de crue). Une chasse se pratique en remobilisant les sédiments stockés dans la retenue, pour les transporter vers l'aval, grâce à l'établissement d'un régime d'écoulement torrentiel obtenu progressivement par la pleine ouverture des vannes. Les barrages sont alors dits « effacés ». En période de chasse, du fait de la mise en transparence des ouvrages, la rivière retrouve donc un régime proche de son état et de son profil naturel. Lorsque le débit diminue, les vannes sont progressivement refermées. Les retenues se remplissent à nouveau pour reprendre une exploitation normale.

L'historique de gestion des ouvrages est donné par le dossier EDF-CNR (2018) et résumé ci-après.

Avant 1963 et la mise en service du dernier ouvrage de la basse Isère (Beauvoir), des chasses étaient réalisées sur chaque ouvrage, indépendamment, et uniquement en fonction du niveau d'envasement.

A partir de 1963, des chasses ont été programmées sur une semaine complète avec un déclenchement de l'aval vers l'amont à l'initiative de l'exploitant sans conditions particulières de débit.

A partir de 1974, les chasses ont été réalisées périodiquement tous les trois ans avec des conditions hydrauliques spécifiques :

- Crue sur l'Isère d'au moins 1000 m³/s ;
- Débit de l'Isère à Saint-Gervais supérieur à 400 m³/s ;
- Débit du Rhône à Pierre-Bénite supérieur à 1200 m³/s, et croissant ;
- Débit du Rhône à Avignon supérieur à 3500 m³/s.

En 1977, des règles en matière de mesures de qualité des eaux ont été intégrées.

En 1986, il a été proposé de réaliser une chasse annuelle associée à une étude du Service régional de l'aménagement des eaux (Ministère de l'agriculture) relative à l'impact des chasses.

En 1988, il a été entériné une consigne de chasse annuelle intégrant les contraintes de sécurité qui se sont traduites par les conditions suivantes

- Débit de l'Isère à Saint-Gervais compris entre 500 et 1100 m³/s ;
- Débit de la Bourne inférieur à 200 m³/s ;
- Aucune condition de débit sur le Rhône.

Le Comité Technique de l'Eau, instance sous pilotage de l'Etat, a ensuite introduit une condition supplémentaire de débit minimum du Rhône (débit à Pierre-Bénite > 1200 m³/s) et un point de contrôle de la qualité de l'eau en amont de la confluence avec l'Isère. Ces évolutions ont conduit à une nouvelle consigne approuvée le 18 mai 1989.

En avril 1995, le retour d'expérience des cinq années de chasses a mis en exergue que cette nouvelle procédure était moins pénalisante pour l'écosystème que la conservation des critères de la consigne de 1989.

En 1996, un groupe de travail EDF-CNR a proposé des améliorations pour atténuer l'impact des chasses sur le Rhône. Les conditions suivantes ont ainsi été établies d'un commun accord entre EDF et la CNR

- Débit du Rhône à Ternay supérieur à 1200 m³/s, croissant, et avec une prévision d'attente de 1 800 m³/s pendant l'épisode de chasse,
- Retenir les débits dans la retenue de Bourg-lès-Valence,
- Ouvrir progressivement le « barrage de l'Isère » de la retenue de Bourg-lès-Valence,
- Faire un lâcher d'eau claire du Rhône par le barrage de Glun de la retenue de Bourg-lès-Valence.

Une nouvelle consigne a été validée le 28 octobre 1998, sans néanmoins retenir les propositions liées à l'exploitation de l'aménagement de Bourg-lès-Valence.

En novembre 2008, la Préfecture a mandaté la DREAL pour faire réaliser à EDF et à la CNR une étude hydro-sédimentaire, dont l'objectif partagé est d'assouplir les critères de déclenchement des chasses de manière à pouvoir en réaliser plus fréquemment et de mieux en maîtriser les impacts.

Sur la période 1987-2015, 9 chasses ont été menées (EDF-CNR, 2018) avec un volume moyen ayant transité par l'ouvrage de Beaumont de 2,1 Mt par opération, soit 0,67 Mt/an en moyenne :

- | | |
|-------------------------------|---|
| • 15 février 1990 : 1,10 Mt * | • 23 mars 2001 : 1,60 Mt * |
| • 29 octobre 1992 : 2,00 Mt * | • 14 janvier 2004 : 0,65 Mt * (uniquement Beaumont-Monteux) |
| • 02 juin 1995 : 1,95 Mt * | • 02 juin 2008 : 3,70 Mt * ; 1,92 hm³ ** |
| • 13 mai 1999 : 2,65 Mt * | • 03 mai 2015 : 5,40 Mt ; 4,76 hm³ ** |
| • 16 octobre 2000 : 1,10 Mt * | |

* d'après EDF-CNR (2018) ; ** d'après Camenen et al. (2018)

• Consigne de chasse en vigueur

Lorsque certains critères hydrologiques sont vérifiés (cf. paragraphe suivant), la phase de décrue est mise à profit pour réaliser une chasse complète des 5 aménagements permettant ainsi le maintien de leurs capacités.

La réalisation d'une chasse a pour conséquence d'engager l'ouverture successive jusqu'à l'effacement de chaque barrage en commençant par l'aval (Beaumont-Montoux) et en terminant par l'amont (Beauvoir).

Les chasses sont menées à conditions que les conditions suivantes soient réunies :

- période de hautes eaux de l'Isère, et plus précisément lors d'une décrue, après une pointe de crue dépassant au minimum 900 m³/s en aval de la Bourne (1000 m³/s si moins de 1 an depuis la dernière chasse) ;
- prévision de débit de l'Isère à St-Gervais supérieure à 400 m³/s (efficacité de la chasse), inférieures à 1100 m³/s (risques d'érosion des berges), inférieures à la pointe de la crue en cours minorée de 100 m³/s ;
- prévision de débit de la Bourne inférieures 200 m³/s (tenue de berges à St-Nazaire) ;
- débit du Rhône à Ternay supérieur à 1 800 m³/s, ou supérieurs 1 200 m³/s et en augmentation sur les 3 jours suivants (pour la dilution). Dans tous les cas, le débit doit être inférieur à 5 000 m³/s (inondation Printegarde).

Le détail de la phase d'exploitation de chaque ouvrage est donné par EDF-CNR (2018).

• Etude des nouvelles modalités de chasses (EDF, 2011 ; ARTELIA, 2011)

EDF a fait réaliser en 2011 une étude par des bureaux d'études indépendants sur la base d'un cahier des charges validé par les administrations et CNR. Cette étude est caractérisée par un périmètre particulièrement étendu (plus de 80 km).

L'étude est basée sur la réalisation d'un modèle hydrosédimentaire à grande échelle spatiale et temporelle et sur un diagnostic environnemental précis ayant pour objectif d'identifier les sensibilités de la zone d'étude et de déduire les risques d'incidence principaux.

Le modèle hydrosédimentaire reproduit les dépôts, reprises et transits des sédiments fins dans les 6 aménagements. Le périmètre d'étude, temporel et géographique, étant particulièrement important, les phénomènes locaux ne sont pas représentés avec précision mais le modèle calcule, à l'échelle des retenues, les volumes et les flux de sédiments pour permettre de comparer différents scénarios de gestion lors des périodes de crue et chasse.

Sur l'ensemble du périmètre de l'étude, un état des lieux environnemental a été réalisé pour les compartiments suivants : qualité d'eau hors crue, qualité d'eau en crue, qualité des sédiments, morphologie, peuplement piscicole, peuplements invertébrés, diatomées et éléments d'écologie terrestre. Il est basé sur les données de la littérature et sur des données complémentaires acquises spécifiquement dans le cadre de l'étude.

Globalement, les retenues de la basse Isère se sont révélées beaucoup plus riches et variées qu'attendu au plan biologique, probablement en liaison avec le développement d'habitats dans les roselières qui se sont développées sur les bancs latéraux formés par les dépôts dans les retenues.

Les scénarios sont simulés sur une longue durée (20 ans), représentative de tous les phénomènes et de toutes les gammes de valeurs rencontrées sur l'Isère. Après échange en comité d'expert et validation en comité de pilotage, 6 scénarii de gestion à simuler ont été définis :

- **SCENARIO 1 : SANS CHASSE** – Il simule un fonctionnement des retenues de la basse Isère sans aucune chasse. Seules les consignes de gestions sont appliquées. Les aménagements sont exploités avec des retenues plutôt pleines de sédiment avec des transits lors des crues.
- **SCENARIO 2 : SANS AMENAGEMENT** – Il simule un fonctionnement sans barrage avec une chaîne d'aménagement de la basse Isère transparente. Le flux au Rhône correspond au flux à l'aval de St Egrève.
- **SCENARIO 3 : ACTUEL** – Il simule l'application de la consigne de chasse en vigueur au moment de l'étude (1998).

- **SCENARIO 4 : CHASSES FREQUENTES** – Les seuils de déclenchement des chasses sont abaissés afin d'augmenter leur fréquence. Deux chasses s'ajoutent ainsi aux huit qui sont déclenchées dans le cadre du scénario 3.
- **SCENARIO 5 : ABAISSEMENTS PARTIELS** – Il correspond à l'application du scénario 3 complété par des abaissements partiels de retenues lorsque le flux solide entrant atteint ou dépasse 400 kg/s pour transiter le flux de sédiments.
- **SCENARIO 6 : MONTEE DE CRUE** – Il simule la réalisation de chasses en montée de crue à Beauvoir et St Hilaire alors que les retenues aval sont gérées suivant la consigne actuelle avec des chasses en phase de décrue.

Les résultats de cette étude seront repris dans le cadre de l'analyse des scénarios de gestion.

• Etudes complémentaires en 2018

Dans le cadre d'une convention entre les partenaires CNR / EDF / IRSTEA / CNRS / CEREGE, un suivi complémentaire des flux sédimentaires apportés par la basse Isère au Rhône a été réalisé par IRSTEA et le CEREGE dans le cadre de l'OSR. Ce suivi avait comme principal objectif d'améliorer les connaissances scientifiques sur le fonctionnement hydro-sédimentaire de la zone de confluence Isère-Rhône afin de permettre une modélisation du secteur (EDF-CNR, 2018).

Les travaux proposés consistaient en :

- Point 1 : un examen des données disponibles (IRSTEA / CNR / EDF) ;
- Point 2 : des essais de faisabilité de prélèvements in-situ (CEREGE / EDF / CNR / IRSTEA) ;
- Point 3 : test de modélisation (IRSTEA) ;

Les principaux enseignements de ce travail sont synthétisés ci-après.

- **Estimation des flux ayant transités durant l'épisode de 2015** : L'étude des flux de sédiments ayant transités à la station de Beaumont-Montoux sur l'Isère lors de l'événement de crue-chasse de mai 2015 a permis d'estimer le flux de matière en suspension (hors sable) à 7,6 Mt et celui de sable à un peu plus de 5 Mt. De très fortes incertitudes existent cependant sur ces valeurs notamment du fait de l'absence de prélèvements lors de la période de crue et du manque de données pendant la chasse (courbe granulométrique des échantillons, représentativité des flux sur la verticale ...).
- **Volumes érodés dans les retenues durant l'épisode de 2015** : l'étude des bathymétries réalisées sur les retenues de la basse Isère avant et après chasse a permis de déterminer les volumes érodés durant l'épisode de 2015. Le volume total déstocké des retenues est de 4,76 hm³.
- **Remobilisation des sédiments dans l'aménagement de Bourg-lès-Valence**. Lors de la chasse, les dépôts présents à l'amont immédiat de la confluence dans la branche Isère se déplacent dans le canal d'amenée, puis ils sont remobilisés vers le canal aval qui accumule les sédiments. Dans les mois qui suivent, l'amont du canal d'amenée se vide peu à peu au profit de l'aval. Pour observer une évolution significative, il faut que les débits du canal d'amenée (Rhône + Isère) dépassent les 1 500 m³/s pendant plusieurs jours. Et pour obtenir un transport généralisé, il faut atteindre un débit supérieur à 2 000 m³/s sur le tronçon commun.
- **Comparaison des épisodes de 2008 et 2015**. Les chasses de 2008 et 2015 ont pu être menées sur l'ensemble des retenues, chacune après une longue période sans crue capable de déclencher une chasse (Q> 900 m³/s) et avec peu d'événements capables de remobiliser les sédiments accumulés à la confluence (Q>400 m³/s d'après EDF-CNR, 2018, à 500 m³/s d'après Camenen, 2018). Ces deux chasses ont donc libéré des matériaux en plus grande quantité que les chasses précédentes sur un lit possédant une faible capacité de stockage. En effet, généralement, les sédiments (sables fins) libérés à Beaumont-Montoux se déposent préférentiellement dans le lit de l'Isère en amont de la confluence avec le canal de Bourg-lès-Valence (secteur des ouvrages de l'A7, de la RN7 et du pont SNCF), puis sont repris par les crues moyennes ultérieures, du fait de leur nature non cohésive et non consolidée. Ce fonctionnement a été observé notamment sur la crue de 2002 (débit de pointe de 1 700 m³/s à Beaumont-Montoux ; environ 1 200 m³/s en moyenne sur 3 jours). En 2005, un état d'équilibre était

constaté depuis 1975 dans ce secteur (CNR, 2005), moyennant toutefois 2 dragages mentionnés précédemment (1991, 1998).

En 2015, le pic de MES pendant la crue a été plus fort, plus bref et plus rapproché de la chasse qu'en 2008. Les sédiments arrivant dans le canal d'amenée ont été transportés vers l'usine de Bourg-lès-Valence en quantité supérieure et plus rapidement en 2008 qu'en 2015. L'analyse des débits de l'Isère et des différents tronçons du canal d'amenée lors de l'épisode de crue-chasse ne permettent pas de dire que les dépôts ont été plus faibles en 2008 qu'en 2015. Il est ainsi possible qu'en 2015, les sédiments aient été évacués par le barrage Isère, protégeant ainsi des dépôts et des incidents rencontrés en 2008 à l'usine. La diminution rapide des débits en 2015 explique que les sédiments n'ont pas pu s'évacuer comme supposé en 2008.

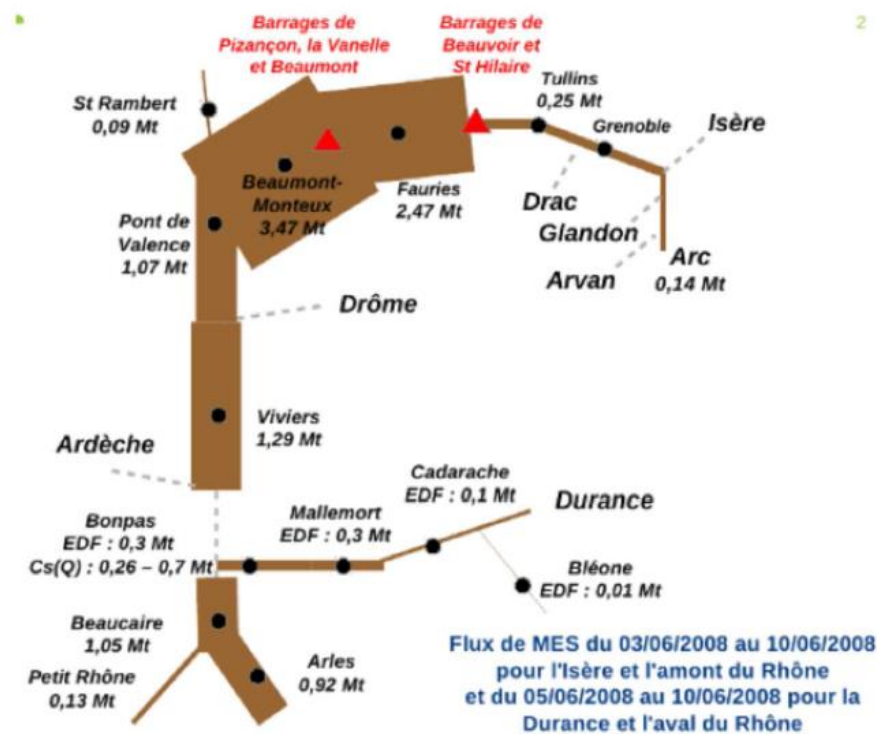


Figure 26 : Flux cumulés dans l'Isère et le Rhône pendant la chasse de basse Isère de 2008

• Perturbations et enjeux

Lors des chasses de 2008 et 2015, des dépôts sableux plus importants que pour les autres chasses (respectivement 2,50 m et 3,75 m en hauteur moyenne entre la confluence et le barrage de l'Isère ; EDF-CNR, 2018) se sont formés à la confluence, ainsi que dans le canal jusqu'au barrage de l'Isère. En 2008, le débit du Rhône était faible, ce qui a favorisé les dépôts dans les retenues en aval (Beauchastel, Baix-Le-Logis-Neuf (comm. pers. S.Reynaud, CNR). Des perturbations locales de plusieurs ordres sont survenues :

- en termes d'exploitation hydroélectrique : difficultés de pilotage des lignes d'eau, colmatage des organes de fonctionnement de l'usine, réduction de la puissance produite, perte de production pour l'usine de Bourg-lès-Valence, désoptimisation de la production ;
- en termes de sûreté des barrages latéraux de la confluence : capacité du lit en amont du pont de l'A7 réduite à Q10 au lieu de Q60 ;
- en termes de navigation :
 - ensablement des garages d'écluse de BLV en 2008 et de BEA et MON également en 2015 ;
 - échouage d'un bateau le 15/06/2015, nécessitant des dragages urgents ;

- blocage de l'écluse de Bourg-lès-Valence pendant plusieurs jours en février 2016, nécessitant un arrêt de la navigation ;

Les mesures bathymétriques réalisées suite à l'épisode de 2015 indiquent un dépôt total d'environ 3,5 hm³ dont 1,3 hm³ sur la partie aval de l'Isère et 2,2 hm³ dans le canal usinier entre la confluence et le barrage de l'Isère. L'épisode de 2008 à quant à lui entraîné un dépôt de 0,5 hm³ à la confluence Rhône-Isère (Camenen et al., 2018).

En résumé, les sédiments des chasses se déposent préférentiellement dans les garages d'écluse de Bourg-lès-Valence et dans les autres UHC en aval. Si le débit support de l'Isère est trop faible les sédiments se déposent dans l'Isère entre le pont de l'A7 et la confluence avec le Rhône. Par ailleurs, si le débit du Rhône à Ternay est trop faible, les sédiments se déposent dans le canal de dérivation entre la confluence Isère et le barrage de l'Isère. La remobilisation des sédiments de l'Isère par le Rhône avait été montrée en 1998 (modèle physique) et 2005 (rapport Migniot).

• Solutions envisagées

Les réalisations des chasses sont soumises à d'importants enjeux : elles sont nécessaires à EDF pour maintenir l'état des retenues sur l'Isère tout en devant respecter pour la CNR le maintien d'un chenal navigable et limiter les risques pour la sûreté des endiguements sur la partie aval de l'Isère à hauteur de la confluence avec le canal de Bourg-lès-Valence. Il existe depuis plusieurs années une coopération entre les deux gestionnaires d'ouvrages (EDF et CNR) afin d'améliorer la procédure de chasse et avoir des événements plus fréquents et moins impactants.

Les études menées par EDF et CNR depuis les événements de 2008 et 2015 montrent qu'il existe des solutions d'amélioration des chasses de la basse Isère et des conséquences sur le Rhône et ses enjeux (EDF-CNR, 2018). Grâce aux données existantes issues du suivi, des travaux d'études antérieures, ainsi qu'aux retours d'expériences de l'exploitation des aménagements, des scénarios de gestion sur l'Isère et le Rhône ont pu être élaborés et analysés. Parmi ces scénarios, certains ont été retenus d'autres écartés pour des raisons de faisabilité et/ou de faible efficacité. Les scénarios retenus sont les suivants :

- Scénario 1 : gestion passive sur l'Isère (gestion sans chasse et grappinage devant les grilles des usines) + dragage des écluses sur le Rhône ;
- Scénario 2 : chasses fréquentes sur l'Isère (diminution du débit Isère de déclenchement d'une chasse sur l'Isère) + débit minimum sur le tronçon commun du Rhône + accompagnements sur le Rhône (abaissement de Bourg-lès-Valence, ouverture du barrage Isère, réduction du débit du Rhône déversé au barrage de la Roche-de-Glun canal amont) + dragage des garages d'écluses ;
- Scénario 3 : chasses partielles (chasse dans les mêmes conditions que le scénario 2 mais en ne chassant pas la retenue de Beauvoir si les retenues de la basse Isère sont comblées) + dragage des écluses + accompagnements sur le Rhône (idem scénario 2).

Ces options préférentielles ont fait l'objet d'une analyse détaillée au regard des différents enjeux présents sur le Rhône et sur l'Isère. Il ressort de cette analyse que le scénario n°2 « chasses plus fréquentes avec accompagnement CNR » présente le plus d'intérêt. Toutefois, l'hydrologie future étant inconnue, des conditions défavorables ne permettant pas la réalisation de chasses avec la fréquence voulue restent probables. Le scénario n°3 « chasses partielles » pourrait permettre de continuer une gestion sédimentaire active sur l'Isère tout en préservant les enjeux sur le Rhône.

Si les conditions hydrologiques restent défavorables, on se retrouverait de fait dans les conditions du scénario 1 ; scénario défavorable pour les aménagements de la Basse Isère et remobilisant des quantités de sédiments importantes vers le Rhône.

L'abaissement partiel des retenues Isère ne peut être retenu comme scénario permettant la gestion de l'ensemble des flux de l'Isère mais constitue un complément intéressant. Il est particulièrement recommandé en cas de fortes charges sédimentaires provenant de l'amont mais peut devenir défavorable pour les usages, la navigation et la production, s'il est réalisé fréquemment dans l'année. Cette gestion doit donc être réservée pour les flux sédimentaires les plus importants de l'année (chasse de Saint-Egrève par exemple).

La mise en œuvre de ces nouvelles modalités sur les aménagements du Rhône et de l'Isère reste soumise à incertitudes. Le retour d'expérience sur ces nouvelles pratiques sera nécessaire à l'avenir afin de confirmer ou d'adapter les solutions retenues.

2.2.2 Ouvrages de l'Arve

L'Arve présente plusieurs ouvrages hydroélectriques sur son cours, qui sont amenés à assurer la continuité sédimentaire, avec des flux grossiers relativement importants : 60 000 m³/an en tête de bassin versant à Chamonix, 10 000 m³/an en aval du barrage des Houches, 10 000 à 15 000 m³/an sur le linéaire jusqu'à la confluence du Giffre, de l'ordre de 30 000 m³/an dans la basse vallée (10 à 15 000 m³/an d'après les SIG, 2015).

Sur l'ensemble du linéaire, les ouvrages hydroélectriques procèdent à des mises en transparence qui permettent cette continuité. Seul le barrage des Houches présente des extractions autorisées dans sa queue de retenue qui conduisent à ce que les flux sortants soient plus faibles que les flux entrants. Cet effet se répercute potentiellement jusqu'au Rhône dans la mesure où la capacité de charriage théorique de l'Arve (55 000 m³/an) en amont de la confluence est plus élevée que les apports réels (30 000 m³/an).

Le Rhône n'est donc pas concerné par des chasses sur l'Arve et la gestion sédimentaire des ouvrages hydroélectrique sur cet affluent en aval du barrage des Houches n'est pas de nature à modifier les flux moyens grossiers ou fins apportés au Rhône.

Tableau 6 : Caractéristiques principales des barrages sur l'Arve

Aménagement	Exploitant	Date de mise en service	Hauteur approximative	Longueur de retenue approximative
Vessy	SIG	1988	3 m	0,5 km
Arthaz	EDF	≈ 1900	4 m	0,5 km
Abbaye	EDF	1987	12 m	1,0 km
Les Houches	EDF	1951	10 m	1,5 km

2.2.3 Ouvrages du Fier aval

Sur le cours du Fier aval, 2 barrages (barrage de Vallières et barrage de Motz, gérés par EDF) constituent des obstacles à la continuité sédimentaire. Du fait du remous hydraulique et de la rupture de pente imposé par l'exploitation hydroélectrique, ces 2 barrages sont en effet sujets à un alluvionnement important, qui nécessite une gestion particulière en cas de crue pour limiter le stockage et la sédimentation des alluvions transportées. Plus en amont, le Fier présente d'autres ouvrages hydroélectriques, également gérés par EDF (ouvrage de Brassilly, ouvrage de Chavaroches) qui présentent de petites retenues, sont mis en transparence lors des crues et influent très peu sur le transport solide du Fier.

Tableau 7 : Caractéristiques principales des barrages sur le Fier

Aménagement	Exploitant	Date de mise en service	Hauteur approximative	Longueur de retenue approximative
Motz	EDF	1919	53 m	6 km
Vallières	EDF	1928	20 m	4 km
Chavaroches	EDF	1924	3 m	0,8 km
Brassilly	EDF	1904	4 m	0,2 km

Sur les 2 ouvrages aval de Vallières et Motz, EDF procède à des « curages hydrauliques » en période de crue du Fier. Les consignes d'exploitation et de crue de ces 2 barrages prévoient la réalisation de ces opérations de curages hydrauliques, apparentés à des chasses sédimentaires, selon les prescriptions suivantes :

- pendant la phase de déstockage du volume de la retenue, l'exploitant peut être amené à effectuer un sur-débit qui est limité en maîtrisant la vitesse d'abaissement du plan d'eau ;
- l'abaissement du plan d'eau de la retenue de Vallières entre les cotes 308,70 et 302,75 m NGF ne peut être réalisé en moins d'une heure ;
- le sur-débit généré à l'aval du barrage de Motz ne doit pas excéder 200 m³/s.

Ces curages hydrauliques permettent d'assurer l'évacuation d'une partie des apports solides entrants afin de maintenir la disponibilité des organes d'évacuation, d'éviter les risques d'embâcles, et d'éviter l'engrèvement des retenues. Leur périodicité et leur efficacité ne sont pas connues.

Les opérations de curages hydrauliques semblent limiter l'engrèvement à proximité du barrage mais ne permettent toutefois pas de faire transiter la charge de fond (matériaux grossiers, sables) qui reste piégée dans les retenues. Les volumes accumulés dans les retenues sont de 1 à 1,8 hm³ pour Vallières (depuis 1928, soit 11 000 à 19 000 m³/an) et 0,9 à 1,6 hm³ pour Motz (BURGEAP, 2014). La retenue de Vallières est considérée comme étant à l'équilibre pour les fines et les sables ; la queue de retenue retient les apports en sédiments grossiers par charriage du Fier et du Chéran, à l'échelle de 10 000 m³/an environ dans l'état actuel (BURGEAP, 2020), et avec une capacité de charriage pouvant atteindre 30 000 m³/an avec le retour des sédiments en amont.

Concernant les MES, d'après des données de suivi 2016 (IRSTEA, 2017) pour le barrage de Motz, la contribution du Fier en MES est limitée malgré un fonctionnement par éclusées. Lors des éclusées, la teneur en MES reste toujours inférieure à un seuil de 50 mg/l en dehors des événements pluvieux observés dans le bassin versant : 7 journées sur 2016 à plus de 0,5 g/l, avec un maximum à 2,2 g/l ; 20 journées à plus de 0,1 g/l, toujours liées à un épisode pluvieux.

Au niveau du Rhône, les fines et les sables transités par les ouvrages ont contribué à la sédimentation dans la retenue de Chautagne (barrage de Motz géré par la CNR) depuis sa création en 1980. En MES, le Fier contribue en effet à hauteur de 0,16 Mt de MES par an, ce qui représente 22% des apports du Rhône dans la retenue de Chautagne (0,73 Mt/an). Avant les aménagements, l'EGR estime que les apports étaient de 0,5 Mt/an en MES, soit 31% des apports du Rhône (1,6 Mt/an). En flux grossiers, les apports du Fier avant aménagements étaient de 60 000 m³/an en moyenne (EGR, 2000) alors que le Rhône amont apportait de l'ordre de 100 000 à 200 000 m³/an. Ces apports grossiers par charriage au Rhône sont aujourd'hui nuls ; sans la présence des barrages de Vallières et Motz, ils seraient au mieux de l'ordre de 10 000 m³/an (volume piégé dans la queue de retenue du barrage de Vallières) dans les conditions actuelles, du fait des extractions réalisées en amont dans les bassins versants et du grossissement de la granulométrie dans le lit.

Lors des APAVER sur le Rhône, EDF s'engage à ne pas réaliser de chasse ou d'éclusee au barrage de Motz sur le Fier (convention EDF/CNR 2018) ; un débit de salubrité de 7 m³/s est restitué au Vieux Rhône par une vanne en rive gauche, tant que la concentration en MES est inférieur à 1 g/l ; ce débit provient en grande partie des apports d'eau claire du Fier qui circulent en rive gauche de la retenue.

En conclusion, les ouvrages hydroélectriques de Motz et Vallières sur le Fier aval font l'objet de chasses (ou « curages hydrauliques ») qui permettent de déstocker les fines et les sables en transit dans les retenues, et d'assurer la continuité sédimentaire des ouvrages pour ces granulométries. Ces apports sédimentaires (0,16 Mt/an) étaient préexistants à la constitution de la retenue de Chautagne (1980), et étaient même plus importants par le passé (0,50 Mt/an) ; ils représentent 22% des apports du Rhône et participent aux dépôts dans la retenue de Chautagne gérée par la CNR. Le Fier entre le barrage de Motz et la retenue de Chautagne ne présente pas d'enjeu sédimentaire et n'a jamais fait l'objet de dragage. Concernant les sédiments grossiers, les ouvrages de Motz et Vallières sont bloquants pour les apports du Fier et du Chéran, et ceux-ci se stockent dans la retenue de Vallières.

2.2.4 Ouvrages de la basse vallée de l'Ain

La Basse Vallée de l'Ain est sous l'influence de cinq barrages aménagés entre 1925 et 1970.

Tableau 8 : Caractéristiques principales des barrages sur l'Ain

Aménagement	Exploitant	Date de mise en service	Hauteur approximative	Longueur de retenue approximative
Allement	EDF	1960	35 m	17 km
Cize-Bolozon	EDF	1931	16 m	16 km
Coiselet	EDF	1970	37 m	6 km
Saut-Mortier	EDF	1968	25 m	3 km
Voglans	EDF	1968	103 m	35 km

La succession de ces ouvrages – aménagés en série – a une incidence sur le régime hydrologique de l'Ain en laminant les pics de crue. Depuis 1968, date de mise en service du barrage de Voglans, celui-ci a pour effet d'écrêter de 10 à 50 % le débit des crues petites et moyennes (Rollet, 2007). Au constat d'une hydraulité naturelle déficiente et d'une diminution de la fréquence des crues fortes, doit être associée la réduction des apports solides de l'Ain depuis la mise en service du premier barrage de Cise-Bolozon en 1931.

Outre la production hydroélectrique, ces barrages assurent le soutien d'étiage en période estivale. En effet, des lâchers d'eau au niveau du barrage de Voglans et de l'Allement sont régulièrement effectués en période estivale pour refroidir les eaux du Rhône en aval en période de canicule, fournir un débit suffisant pour les CNPE aval, et/ou pour empêcher la prolifération d'algues toxiques pour la faune aquatique sur le long linéaire de la basse vallée de l'Ain. Mais ces lâchers ne sont pas réalisés pour des raisons sédimentaires.

En conclusion, les ouvrages hydroélectriques de l'Ain ne sont pas concernés par des chasses sédimentaires et ne sont pas de nature à modifier le fonctionnement hydrosédimentaire du Rhône.

2.2.5 Ouvrages de la basse vallée de la Durance

La Durance présente un linéaire et un bassin versant fortement équipés pour l'hydroélectricité, avec de grands barrages et de grandes retenues associées, telles que Serre-Ponçon ou Ste-Croix sur le Verdon. Comme sur l'Isère, ces réservoirs ont un rôle sur les flux en MES, et les apports actuels de la Durance au Rhône sont estimés actuellement à 2 hm³/an (EDF, OSR). Les flux grossiers sont progressivement altérés malgré les apports d'affluents très dynamiques tels que l'Asse ou la Bléone, et sont considérés comme faibles dans le piège à sédiments CNR de la confluence avec le Rhône (environ 6 000 m³/an).

Les derniers ouvrages hydroélectriques sur la partie aval de la Durance sont, d'aval en amont : le barrage de Bonpas, le barrage de Mallemort et le barrage de Cadarache. Les deux premiers présentent une faible hauteur et sont considérés comme transparents. L'ouvrage de Cadarache, à l'instar d'ouvrages plus en amont (St-Lazare, Escale) est sujet à un alluvionnement important dans la queue de retenue, qui induit un retard dans le transit des sédiments grossiers. Afin de limiter l'alluvionnement, EDF procède à des mises en transparence progressive des ouvrages lors des crues, en général à partir de 500 m³/s, avec un abaissement des retenues qui peut aller sur des crues suffisamment durables jusqu'à un effacement complet des barrages.

En conclusion, vis-à-vis du Rhône, la gestion des ouvrages hydroélectriques de la Durance ne présente pas un enjeu significatif pour les sédiments grossiers. Toutefois, compte tenu des apports des affluents et de la transparence recherchée, il est probable que les apports à la confluence avec le Rhône augmentent avec le temps. Pour les sédiments fins, en faisant abstraction du rôle des grands réservoirs, la gestion des ouvrages hydroélectriques peut avoir une incidence sur la répartition des flux dans l'année mais n'est pas de nature à modifier les flux totaux de fines et sables qui arrivent à la confluence du Rhône.

Tableau 9 : Caractéristiques principales des barrages sur la Durance aval

Aménagement	Exploitant	Date de mise en service	Hauteur approximative	Longueur de retenue approximative
Bonpas	EDF	-	3 m	0,8 km
Mallemort	EDF	1972	5 m	1,0 km
Cadarache	EDF	1959	9 m	1,2 km

2.3 Pertinence et pérennité des actions de chasse et de mise en transparence

Le fait de devoir gérer les sédiments qui s'accumulent dans une retenue ne se discute pas puisqu'il en va de la pérennité même de l'ouvrage et de sa fonction, et que des enjeux de sûreté-sécurité majeurs sont sous-jacents à cette problématique.

A contrario, le débat peut porter sur le fait de procéder à des chasses ou à des dragages. Cette réflexion avait été menée pour le barrage de Génissiat et les ouvrages suisses dans le cadre de la réflexion sur la gestion sédimentaire du Haut-Rhône français (EKIUM, 2014), et plus récemment pour les ouvrages de la basse Isère (EDF-CNR, 2018).

• Pour le Haut Rhône

Pour le barrage de Génissiat, le volume maximal annuel de sédiments qui serait à rejeter à l'aval du barrage de Génissiat serait compris entre 400 000 et 500 000 m³, serait du même ordre de grandeur que le volume total annuel de sédiments dragués par la CNR sur l'ensemble du Rhône (770 000 m³/an pour sur un linéaire de 539 km).

Draguer de telles quantités de sédiments ne serait pas possible aux conditions actuelles des dragages sur le Rhône. En effet, l'encadrement actuel prévoit un taux de MES autorisé à l'aval du chantier de 10 mg/l supérieur à la teneur en MES en amont, ce qui ne permettrait le dragage que de quelques dizaines de milliers de mètres cubes de sédiments par an. Le dragage de 500 000 m³/an nécessite de rejeter en aval du chantier des concentrations moyenne de 500 à 700 mg/l. Le taux moyen de MES serait donc 50 à 70 fois plus important qu'actuellement (de l'ordre de 10 mg/l en aval de Génissiat, hors crues).

La logique est similaire pour le barrage Verbois qui doit gérer une quantité équivalente de sédiments.

A l'avenir, la difficulté pour les ouvrages de Verbois et de Génissiat est d'assurer le transit sédimentaire de certaines classes granulométriques :

- **Pour la retenue Verbois**, les apports grossiers de l'Arve (Dm = 24 mm) viennent se déposer à la Jonction, sont dragués pour partie et clapés un peu plus en aval dans la retenue. La connaissance sur la mobilité dans la retenue n'est pas précise, mais les estimations montrent que les sédiments grossiers d'une taille supérieure au gravier fin ne peuvent transiter dans la retenue de Verbois. Si des sédiments grossiers ont été observés suite à la chasse de 2012 dans la queue de retenue de Chancy-Pougny, ces matériaux venaient probablement plus d'un déstockage du lit du Rhône sous la retenue que des apports de l'Are en transit dans la retenue (communication SIG de Genève). Les apports grossiers étant estimés à 15 000 m³/an, ils représentent actuellement des volumes faibles (4%) par rapport aux volumes de fines et de sables (a minima 0,4 hm³/an) que les chasses permettent de remobiliser. Toutefois, ils continuent à s'accumuler dans la retenue et il est probable qu'il faille procéder à de nouveaux dragages à l'avenir ;
- **Pour la retenue de Génissiat**, les apports grossiers provenant des affluents amont (Allodon, Laire, Annaz) (02-CHP) se stockent dans la queue de retenue du site de l'Etournel. Le transport a lieu pour des particules jusqu'à 40-80 mm, puis 10-20 mm au pont Carnot. Les matériaux les plus grossiers se

déposent donc sur le site de l'Etournel, participant ainsi à une forte dynamique latérale et une diversité des habitats en constant renouvellement. Cependant, ces matériaux grossiers ne peuvent transiter plus en aval et sont tributaires de la capacité du site de l'Etournel à admettre toujours plus de matériaux sans déclencher des enjeux d'inondabilité. Plus en aval dans la retenue, le tri granulométrique se poursuit et l'on sait aujourd'hui qu'un APAVER est en mesure de faire transiter des sables fins, mais que les granulométries supérieures (sables grossiers, graviers, etc.) ne puissent transiter.

Une gestion passive visant à laisser la retenue se combler ne serait pas satisfaisante. En effet, le fond d'équilibre s'établirait 15 m au-dessus du fond actuel. Cela représenterait un dépôt supplémentaire de 10 hm³ de sédiments en plus des 20,3 hm³ déjà stockés dans la retenue, qui serait réalisé en 25 ans environ. Le remous solide s'installerait avec une pente de 0,19 ‰ et remonterait jusqu'au défilé de Fort l'Écluse au PK180. Le niveau d'équilibre dépassant le niveau des prises d'eau des turbines (305,00 m ortho), cela rendrait la situation incompatible avec la stabilité du barrage (niveau dépôt devant être inférieur à 295,00 m ortho) et le maintien en fonctionnement des organes d'évacuation de la crue de projet présenté sur la Figure 11 (vanne de fond / VF) et de demi-fond / V1/2F) (EKIUM, 2014).

Aussi, la seule gestion passive de la retenue de Génissiat n'est pas compatible avec le maintien en fonctionnement des organes d'évacuation de la crue de projet, la stabilité du barrage et la non-aggravation des crues le long de la retenue.

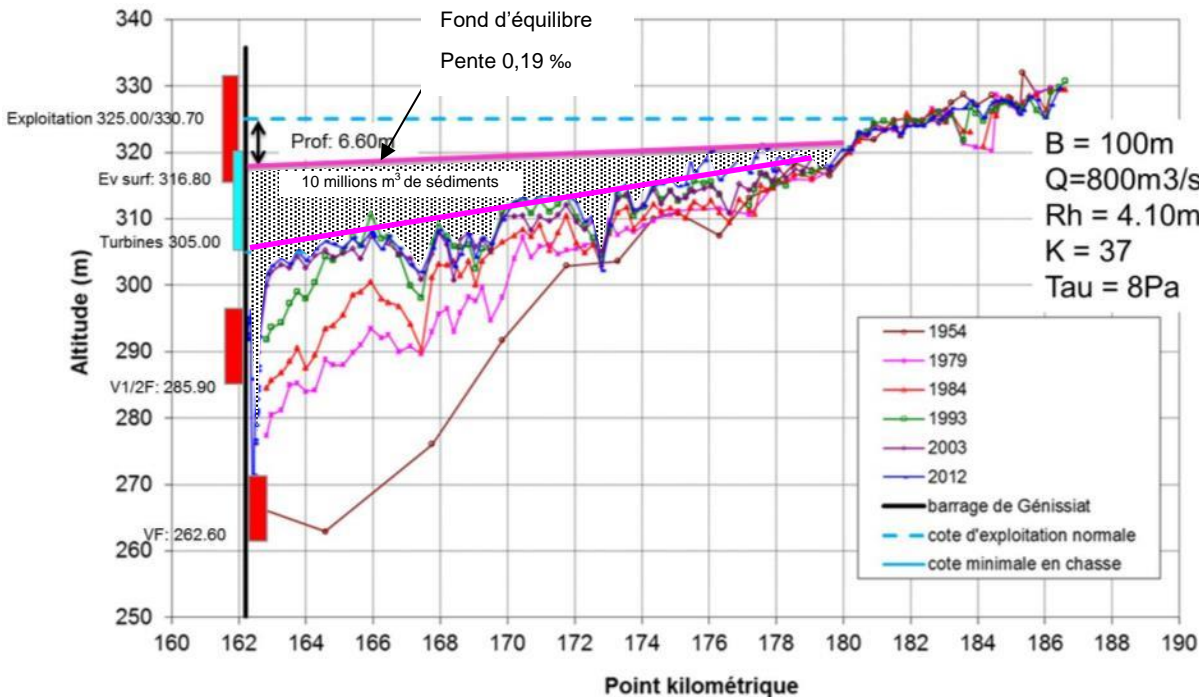


Figure 27 : Évolution du profil en long de la retenue de Génissiat dans le cas d'une gestion passive

• Pour la basse vallée de l'Isère

Le scénario d'entretien des retenues en continu par dragage serait très coûteux, peu pérenne et peu réaliste si l'on considère les impacts environnementaux. Une forte concentration moyenne d'environ 0,5 g/l serait présente dans tous les aménagements en permanence. Ce scénario a donc été écarté au profit d'une réflexion sur l'optimisation des chasses et des mises en transparence d'ouvrages (EDF-CNR, 2018).

On notera qu'a contrario du Haut-Rhône, les ouvrages de la basse Isère ne sont pas confrontés à la difficulté de faire transiter des granulométries plus grossières que le sable. En effet, les affluents de la basse Isère sont relativement modestes et leurs apports grossiers sont limités par rapport aux volumes de MES et sables en transit. Toutefois, il peut exister des enjeux pour l'avenir concernant les apports de la Bourne (retenue de St-Hilaire remontant dans Saint-Nazaire-en-Royans) ou de la Cumane (retenue de Beauvoir) ou les contributions de l'Isère elle-même sur le tronçon entre St-Egrève et Beauvoir.

• Comparaison avec d'autres situations

Ces résultats en faveur de protocoles de chasses plutôt que des opérations de dragages confirment les analyses comparatives de Schmutz (2018) qui a étudié les options de gestion des réservoirs à l'échelle de la planète, en fonction de la capacité de stockage, du ruissellement annuel moyen et charge sédimentaire annuelle moyenne.

Sur le graphique ci-dessous, les données pour les retenues de Verbois, Génissiat et Pizançon (retenue la plus importante de la basse Isère) confirment la pertinence de procéder à des accompagnements de chasse plutôt qu'à des dragages.

Retenue	Verbois	Génissiat	Pizançon
Volume initial du réservoir (Vi)	Vi = 13 hm ³	Vi = 56 hm ³	Vi = 13,8 hm ³
Volume annuel de ruissellement (Vr)	Vr = 337 m ³ /s x 3600 x 24 x 365 = 1,06.10 ¹⁰ m ³ /an	Vr = 337 m ³ /s x 3600 x 24 x 365 = 1,06.10 ¹⁰ m ³ /an	Vr = 329 m ³ /s x 3600 x 24 x 365 = 1,04.10 ¹⁰ m ³ /an
Volume annuel d'apport sédimentaire (Vs)	Vs = 0,4 hm ³ /an	Vs = 0,4 hm ³ /an	Vs = 1,28 hm ³ /an
Kw = Vi / Vr	13.10 ⁶ / 1,06.10 ¹⁰ = 0,0013	56.10 ⁶ / 1,06.10 ¹⁰ = 0,0056	13,8.10 ⁶ / 1,04.10 ¹⁰ = 0,00138
Kt = Vi / Vs	13 / 0,4 = 32,5 ans	56 / 0,4 = 136 ans	13,8 / 1,28 = 10,8 ans

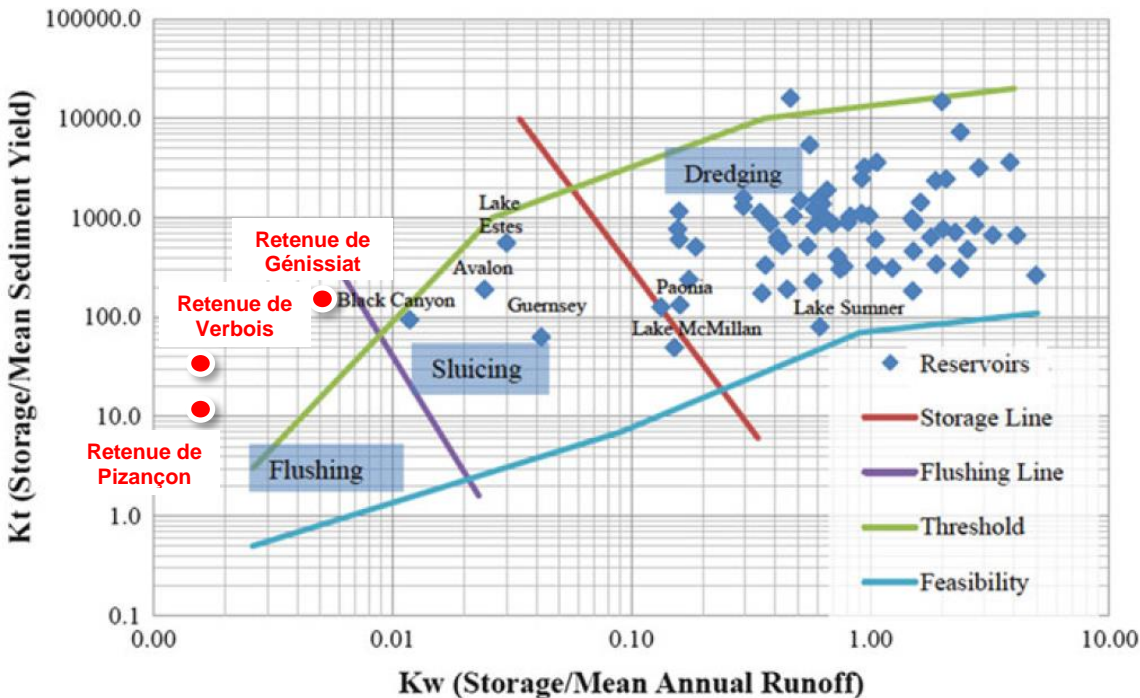


Figure 28 : Options de gestion des réservoirs en fonction de la capacité de stockage, du ruissellement annuel moyen et charge sédimentaire annuelle moyenne (d'après Schmutz, 2018)

3. Opérations de dragage d'entretien

3.1 Mise en perspective historique des dragages d'entretien

Il existe assez peu d'éléments historiques antérieurs aux années 1990 sur les dragages d'entretien. Historiquement, les interventions de gestion sédimentaire étaient associées à des extractions avec une revalorisation quasi-systématique des matériaux. La notion de dragage d'entretien, résultant des cahiers des charges de concessions, apparaît finalement de façon concomitante à 1) l'interdiction des extractions en lit mineur (arrêté de 1994) et à 2) l'émergence de la Loi sur l'Eau de 1992 et de ses décrets d'application, dont les dossiers d'incidences, à partir de 1993.

Les barrages sur le Rhône ont été créés selon une première série d'aménagement de 1899 (Jons-Cusset) à 1948 (Génissiat), avant que l'aménagement de la concession du Rhône ne se développe sur plus de 3 décennies entre l'ouvrage de Donzère-Mondragon (1952) et celui de Sault-Brénaz (1986).

Pour les premiers barrages du fleuve (Chancy-Pougny en 1924, Jons en 1937), la hauteur limitée du barrage et des mesures de gestion adaptée devait permettre dès la mise en service une bonne transparence de l'ouvrage, et a priori aucun dragage n'était nécessaire. On sait cependant que jusqu'en 1983, EDF a procédé à des dragages de sédiments grossiers accumulés à l'entrée du canal de Jonage, avec restitution devant les vannes de barrage de Jons.

L'ouvrage de Verbois (1943) procédait à des chasses permettant d'évacuer les sédiments accumulés dans la retenue, mais il n'est pas interdit de penser que des dragages pouvaient avoir lieu dans la queue de retenue compte tenu des apports grossiers de l'Arve.

Avec la création du barrage de Génissiat (1948), les accumulations de sédiments se sont rapidement déclarées après la mise en eau. Dans les premières années et malgré quelques essais de manœuvres de vannes, l'essentiel des matériaux apportés par les vidanges des barrages de Verbois et de Chancy-Pougny s'est déposé dans la retenue du barrage de Génissiat. Il est possible qu'il ait fallu réaliser des dragages au niveau de la prise de fond.

Avec la mise en service des ouvrages du Rhône aval (1952-1980), puis du Haut-Rhône (1980-1986), les premières accumulations de sédiments sont probablement apparues, notamment dans des lieux sensibles comme les garages d'écluses ou les confluences, et il n'existe pas de données historiques pour les caractériser. En effet, la base de données dragages de la CNR recense les premières opérations à partir de 1987.

Toutefois, il est connu, et les recensements réalisés dans les fiches UHC en attestent, que la plupart des UHC ont fait l'objet d'extractions ; le terme « extraction » se définissait comme un approfondissement du lit du Rhône, essentiellement dans des matériaux grossiers, visant à valoriser commercialement les granulats. Une partie de ces extractions correspondait à des dragages énergétiques, menés au niveau des restitutions, plus ou moins prolongés en amont ou en aval, et ayant pour objectif d'abaisser le plan en aval des centrales pour ainsi augmenter la hauteur de chute. Ces extractions ont été réalisées en grande partie pendant la période 1970-1986 et se sont prolongées jusque dans les années 1995-2000 (ACTHYS, 2017). Il est donc probable que ces actions d'extractions, disséminées sur le linéaire, ont masqué les besoins de dragages d'entretien, notamment dans les retenues, les chenaux de navigation et dans les Vieux Rhône : la profondeur de mouillage du chenal navigable profitait des extractions, et les sédiments qui auraient pu provoquer des enjeux s'accumulaient dans des fosses d'extractions profondes. Cependant, des interventions dans les garages d'écluse et au niveau des confluences ont probablement eu lieu en parallèle car il n'est pas envisageable que des extractions dans le chenal principal puisse faciliter l'évacuation de sédiments dans ces lieux d'accumulation.

Les opérations de dragages d'entretien se sont généralisées à partir des années 1990, avec la fin des extractions (arrêté de 1994), la nécessité d'assurer le respect des cahiers des charges de concession, et la mise en œuvre de la Loi sur l'Eau de 1992.

3.2 Principes des dragages d'entretien

3.2.1 Modalités de réalisation des dragages

Les critères d'utilisation des matériels de dragages les plus fréquemment utilisés sont mentionnés dans le PGPOD de la CNR (2009), autorisés en 2011 pour 10 ans et en cours de renouvellement, et sont consignés dans le tableau dessous.

En 2009, la CNR indiquait que plus de la moitié des dragages intéressent des limons, majoritairement remis en suspension par dragues aspiratrices. Les graviers crus (c'est-à-dire sans présence de limons) sont observés sur moins de 20% des sites.

La drague aspiratrice déstructure les matériaux et induit une remise en suspension importante. Il s'agit alors du mode générant le plus d'interactions entre les sédiments et l'eau.

La pelle sur ponton et les clapages déplacent des volumes compacts de sédiments, notamment de matériaux fins, par principe plus cohésifs que les matériaux grossiers.

Le clapage est un mode de restitution des matériaux au fleuve à partir d'un chaland dont le fond s'ouvre et libère rapidement un gros volume de matériaux. Lors du chargement et du transport, les matériaux se compactent. Les matériaux sont largués sous la ligne de tirant d'eau du chaland. La descente des matériaux est donc rapide.

Tableau 10 : Caractéristiques techniques du matériel de dragage (d'après CNR, 2009)

Type de matériel	Pelle et pelle sur ponton	Clapage par chaland	Drague aspiratrice
Principe	Extraction et chargement	Transport de matériaux et restitution au fleuve	Extraction et remise en suspension au fil de l'eau
Volume minimal de matériaux (m³)	> 2 000	300	> 2 000
Matériau le mieux adapté	Graviers-Limons	indifférent	Limons-sables
Rendement (m³/h)	100 à 500	Fonction de l'éloignement du site	20 à 500
Profondeur minimale de dragage (m)	1	/	5
Tirant nécessaire (m)	2	2	1,50
Transport des matériaux	fluvial/terrestre	fluvial	sans
Code base de données	PCA/PCL	PCL	DA
Devenir des sédiments	DE/RE	RH	RH

3.2.2 Devenir des sédiments

Conformément à l'arrêté du 30/05/2008, fixant les prescriptions générales applicables aux opérations d'entretien de cours d'eau ou canaux soumis à autorisation ou à déclaration en application des articles L.214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 3.2.1.0 de la nomenclature annexée au tableau de l'article R. 214-1 du code de l'environnement, la gestionnaires remettent en priorité les sédiments au fleuve (RH) afin d'assurer la continuité du transport sédimentaire et l'engraissement du cordon littoral.

Cependant, dans certains cas, la mise à terre des matériaux est obligatoire. Il s'agit principalement des cas où la remise au fleuve impose des conditions technico-économiques trop contraignantes, ou lorsque la remise des matériaux engendrerait des perturbations hydrauliques ou encore écologiques. Dans ce dernier cas, la mise à terre des matériaux implique un traitement sur site (RE / réutilisation) ou un envoi vers un centre de traitement adapté (DE / valorisé à terre).

Le détail par UHC du devenir des sédiments est présenté en partie §.3.5.3. Un exemple de destination des matériaux est donné à travers la fiche d'incidences du dragage de la Durance (CNR, 2017 ; Figure 30).

En général, les destinations suivantes sont prévues en cas de restitution au Rhône :

- Lorsque les sédiments sont fins, les matériaux sont restitués dans la zone d'écoulement principal du Rhône à proximité du lieu de dragage. Cela permet aux sédiments fins et sables d'être remobilisés ;
- Lorsque les sédiments sont « grossiers », ou « grossiers et fins », ceux-ci sont généralement considérés comme non remobilisables et clapé au niveau d'une ancienne fosse d'extraction (Figure 30).

Pour mémoire, l'arrêté d'autorisation du PGPOD de CNR, il est demandé de ne pas restituer les sédiments à moins de 1 km d'un captage d'eau potable, sauf avis contraire d'un hydrogéologue agréé, afin de ne pas risquer de faire évoluer les relations nappe / rivière qui sont essentielles dans la recharge des aquifères.



Pelle mécanique sur ponton (VNF / embouquement canal d'Arles)



Pelle sur ponton et restitution par clapage (CNR / confluence Gère)



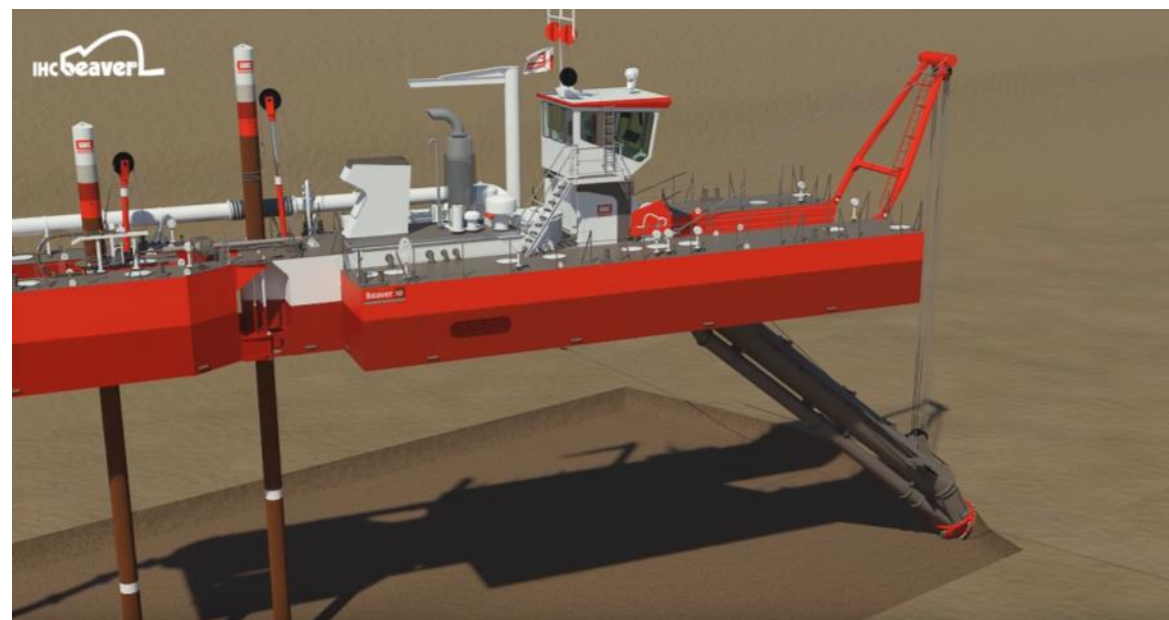
Dragage du parement amont du barrage de Génissiat (CNR, 2013 ; in EKIUM, 2014)



Pelle mécanique à long bras depuis la berge (VNF, embouquement ancien canal du Rhône à Sète)



Pelle mécanique sur ponton (VNF)



Drague aspiratrice (IHC Beaver 40)



Dragage du garage aval de l'écluse de Bourg-lès-Valence (EDF-CNR, 2018)

Figure 29 : Illustrations de techniques de dragage

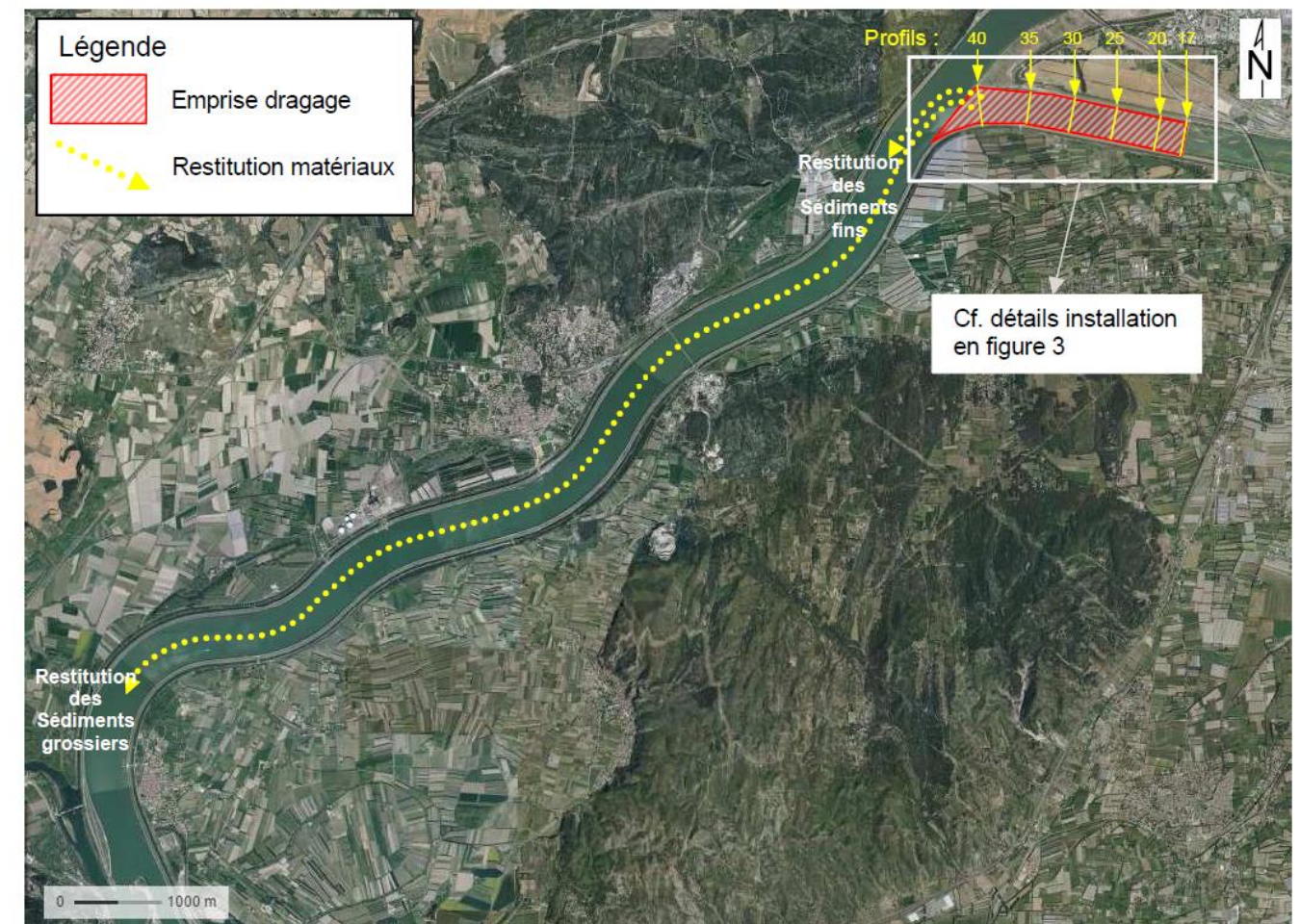


Figure 30 : Exemple de devenir des sédiments fins et grossiers du dragage de la confluence de la Durance (CNR, 2017)

3.3 Traitement de la base de données

3.3.1 Construction de la base de données

Les analyses qui sont menées par la suite sont issues d'une base de données des dragages menés sur le fleuve Rhône et constituée dans le cadre de la présente étude. Cette base a été initiée à partir de la base de données des dragages CNR, mise en cohérence, puis complétée avec de nouvelles informations.

En effet, la base de données CNR a été initiée et systématisée à partir de 1992 ; elle inclut quelques opérations antérieures jusqu'en 1984, mais sans garantie d'exhaustivité. La base de donnée CNR est devenue plus complète à partir de 1995 avec l'affichage de la nature des sédiments dragué (grossiers, fins). Par ailleurs, l'arrêté de 1994 d'interdiction d'extraction en lit mineur a contribué à modifier les pratiques de gestion sédimentaire dans les années qui ont suivi : on ne parle plus d'extractions mais d'opérations de gestion sédimentaire, dénommées « dragage ». Aussi, l'année 1995 se présente a priori comme une année pivot, ou tout au moins, la période 1995-2000 est une période pivot en terme de gestion sédimentaire. Les données de gestion étant disponibles en année complète jusqu'à 2018, l'analyse a été menée sur la période 1995-2018 soit sur 24 années.

Les actions des autres maîtres d'ouvrage (EDF, VNF, Gd Lyon, SIG, etc.) collectées par ailleurs ont été ajoutées à cette base selon le même format. Les données des SIG et de VNF sont incomplètes sur la période 1995-2018.

La base de données comporte ainsi 947 opérations réalisées entre 1995 et 2018 (24 années). La base de données complète incluant les opérations CNR antérieures à 1995 et non exploitées comporte 1251 opérations.

3.3.2 Attributs de la base de données

Pour chaque action, les champs renseignés sont, dans la mesure des données disponibles :

- N° aménagement (ou n° d'UHC) (ex : 20) ;
- ID : identifiant, au format « n°UHC_DESIGNATION_DU_SITE » (ex : 20_PORT_ARDOISE) ;
- UHC : nom de l'UHC (ex : Caderousse) ;
- Désignation maître d'ouvrage (ex : port de l'Ardoise) ;
- Désignation homogénéisée (ex : PORT_ARDOISE) ;
- Date début : date de début de l'opération (ex : 05/01/2016) ;
- Date fin : date de fin de l'opération (ex : 07/02/2016) ;
- Motif : motif d'intervention (ex : navigation) ;
- Localisation : localisation de l'intervention (ex : chenal navigable) ;
- Mode : mode d'intervention (ex : DA = Drague aspiratrice) ;
- Devenir des matériaux (ex : RH = restitution au Rhône) ;
- MOA : Maître d'Ouvrage (ex : CNR) ;
- Volume grossier : volume de matériaux grossiers géré (ex : 0 m³) ;
- Volume limons : volume de matériaux fins géré (ex : 41 500 m³) ;
- Volume total : volume total de matériaux géré (ex : 41 500 m³) ;

3.3.3 Précisions et limites sur la base de données

Quelques précisions doivent être apportées sur l'utilisation des données et leurs limites :

- **La « désignation homogénéisée »** a consisté à attribuer un identifiant unique pour un même site. Ce travail a été réalisé à partir de la base de données dragage de la CNR qui comportait plusieurs désignations de localisation pour un même site. Par cette homogénéisation des lieux, certains sites

géographiquement proches, traités par la même opération une année et par des opérations séparées une autre année, ont été agrégés en un même site.

- **Les volumes de dragage** de certaines opérations – 35 opérations sur les 947 de la période 1995-2018, soit 3,7% – ne sont pas connus ; certains autres champs ne sont pas toujours renseignés :
 - Les dates d'intervention ;
 - Les coûts des opérations ;
 - Le mode opératoire est connu pour les opérations postérieures à 2001 inclus ;
 - Le devenir des sédiments est connu également pour les opérations postérieures à 2001 inclus.
- **Une opération correspond à une année**, selon le principe d'organisation de la base de données CNR. Si une opération a été menée sur 2 années, elle est scindée en deux opérations ;
- **La maîtrise d'ouvrage des travaux est issue des données collectées.** Toutefois, il est possible que pour un même site, des maîtres d'ouvrage différents soient intervenus (par exemple la CNR, puis un gestionnaire local). Dans ce cas, c'est le maître d'ouvrage le plus récent qui est retenu pour la présente analyse (alors que le détail a pu être conservé dans les fiches UHC) ;
- **Les données de coût** par opération sont connues précisément dans la base ; toutefois, dans la présente étude, elles ne sont affichées qu'en termes de volume global par UHC ou Maître d'Ouvrage. De même, les entreprises ayant réalisé les travaux figurent dans la base de données mais ne sont pas affichées dans le rapport ;
- **Les données inscrites dans la base de données initiale de la CNR** l'ont été par des acteurs variés du siège et des différentes directions régionales ; elles peuvent présenter des écarts de renseignement qui ont été corrigées dans leur grande majorité, notamment sur les champs « motif » et « localisation ». Toutefois, compte tenu de l'impossibilité de vérifier chacun des sites, il se peut qu'il reste quelques écarts par rapport à la réalité.
- **Pour l'attribut « Lône » du champ « Localisation »**, non renseigné après 2008 dans la base de données CNR, les opérations ont été écartées du volet « entretien » pour être intégrées dans le volet « restauration » (cf. PARTIE C).
- **Certaines données de maîtres d'ouvrage hors comité de pilotage sont incomplètes** : par exemple pour les SIG de Genève, les opérations antérieures à 2018 ne sont pas toutes connues.
- **Les attributs des champs** ne sont pas totalement disjoints, par exemple :
 - pour le champ « localisation », il existe un attribut « Vieux Rhône » et un attribut « chenal navigable » qui peuvent, l'un ou l'autre, être attachés à la même opération si le chenal de navigation se situe dans un Vieux Rhône. Par la suite, nous avons considéré que l'attribut « chenal navigation » avait été propriétaire dans le choix de l'opérateur et qu'une opération sur un Vieux Rhône ne concerne pas la navigation ;
 - de même, pour le champ « localisation », une opération motivée par la navigation peut être située dans le « chenal navigable » ou dans la « retenue ». Or, la retenue peut se superposer avec le chenal navigable. Pour ces opérations, aucun ajustement de la localisation n'a été réalisé ;
- **Certains motifs ont été ajustés** :
 - **Le motif « Prélèvement »** a été ajoutée dans la base de données. Les autres opérations portant sur le motif Environnement / Autres motifs n'ont pas été catégorisées plus finement compte tenu du faible nombre d'opérations et de la faiblesse des volumes en jeu.
 - **Le motif « Environnement »** (au sens général du terme) utilisé dans la BD Dragages et dans les fiches UHC a été remplacé par « Autres motifs » étant donné qu'ils ne concernent que partiellement l'environnement et l'écologie.

Avec les mises en cohérence précédentes et la connaissance de ses limites, la qualité de la base de données a été jugée suffisante. Cependant, sa composition et sa saisie restent perfectibles, et des améliorations pourront être suggérées en phase ultérieure.

3.4 Approche globale

3.4.1 Nombres d'opérations et de sites de dragages

Sur la période 1995-2018, les actions de dragage d'entretien, réalisées à l'échelle de l'ensemble du Rhône en aval du lac Léman et pour tous les maîtres d'ouvrage, présentent les caractéristiques suivantes :

- **947 opérations de dragage au total sur la période 1995-2018**, soit 39,5 opérations par an en moyenne [24 ; 58] (cf. Figure 31). Toutes les UHC sont concernées sauf celle de St-Vulbas (UHC#09-VUL). Sur les 24 UHC possédant au moins une action, en moyenne 38 opérations [3 ; 79] ont été réalisées par UHC sur la période 1995-2018, soit 1,6 opération [0,1 ; 3,3] par UHC et par an ;
- **301 sites de gestion sédimentaire identifiés**, dont 38 sites ont un volume nul sur la période 1995-2018. Plusieurs raisons peuvent expliquer cette absence de volume :
 - 1) le site a fait l'objet d'une ou plusieurs interventions avant 1995, mais aucune sur 1995-2018 ;
 - 2) aucune action n'a jamais été réalisée ; dans ce dernier cas, le site a été identifié car il avait été répertorié dans l'un des plans de gestion, et il a semblé pertinent de le conserver. Par exemple, sur les 145 sites identifiés dans le PGPOD de la CNR (2009), 18 n'ont pas fait l'objet d'action de dragage ;
 - 3) il peut arriver qu'un dragage ait bien eu lieu mais que la donnée de volume ne soit pas renseignée dans la base de données. Ces cas restent rares toutefois.

On dénombre ainsi 263 sites de gestion sédimentaire actifs sur la période 1995-2018. Ces 263 sites sont répartis sur 24 UHC (non compris St-Vulbas / UHC#09-VUL), soit en moyenne 11,4 sites par UHC. La gestion portant sur en moyenne 1,6 opération par UHC et par an, la période de retour moyenne d'intervention sur un même site est donc de 7,1 années.

En pratique, une grande partie des sites actifs a été draguée une seule fois sur la période 1995-2018 (106 sites sur 263, soit 39%). La Figure 32 illustre le nombre d'intervention par site sur la période 1995-2018 ; les sites les plus fréquemment dragués ont fait l'objet d'une douzaine d'interventions en 24 ans, soit une période de retour d'intervention de 2 ans. Parmi ces sites, sont présents notamment la diffluence Petit Rhône / Grand Rhône dans l'UHC#23-ARL (45 opérations tous sites confondus autour de la diffluence), le Port de l'Ardoise dans l'UHC#20-CAD (17 opérations), la confluence de l'Arbuel, petit affluent de l'UHC#13-PDR (12 opérations), la confluence de la Galaure dans l'UHC#14-STV (12 opérations), etc.

3.4.2 Occurrence des volumes de dragages

912 opérations sur 947 sont renseignées en termes de motif, localisation, volumes et répartition grossiers/fins, et présentent des données techniques qui peuvent être exploitées pour la période 1995-2018.

L'analyse des volumes de dragage indique que :

- **20 339 469 m³ ont été dragués au total sur la période 1995-2018**, soit 20,3 hm³, ce qui représente une moyenne annuelle de 847 478 m³/an ;
- **Le volume cumulé de dragages par opération** varie de quelques unités de m³ à 800 000 m³ au maximum ;
- **Le volume moyen est de 21 478 m³ par opération**. Le volume médian des opérations est de 7 862 m³ par opération ;
- La Figure 33 indique l'occurrence des volumes de dragage totaux et par granulométrie :
 - 10% des dragages ont un volume supérieur à 50 000 m³ ;
 - 20% des dragages ont un volume inférieur à 1 000 m³ ;
 - 36,5 % des dragages comportent des sédiments grossiers ; 75,5% des dragages comportent des sédiments fins. Les opérations mixtes (grossiers et fins) portent donc sur 12 % des opérations.

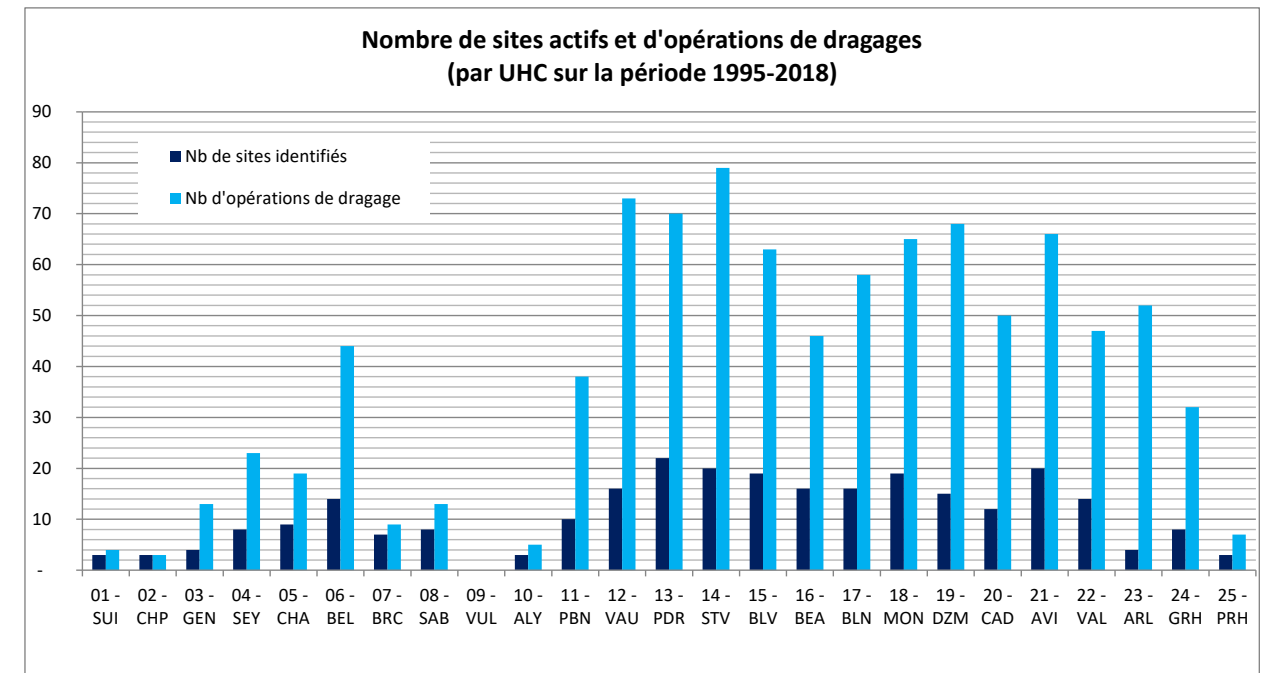


Figure 31 : Nombre de sites et d'opérations de dragages d'entretien sur la période 1995-2018

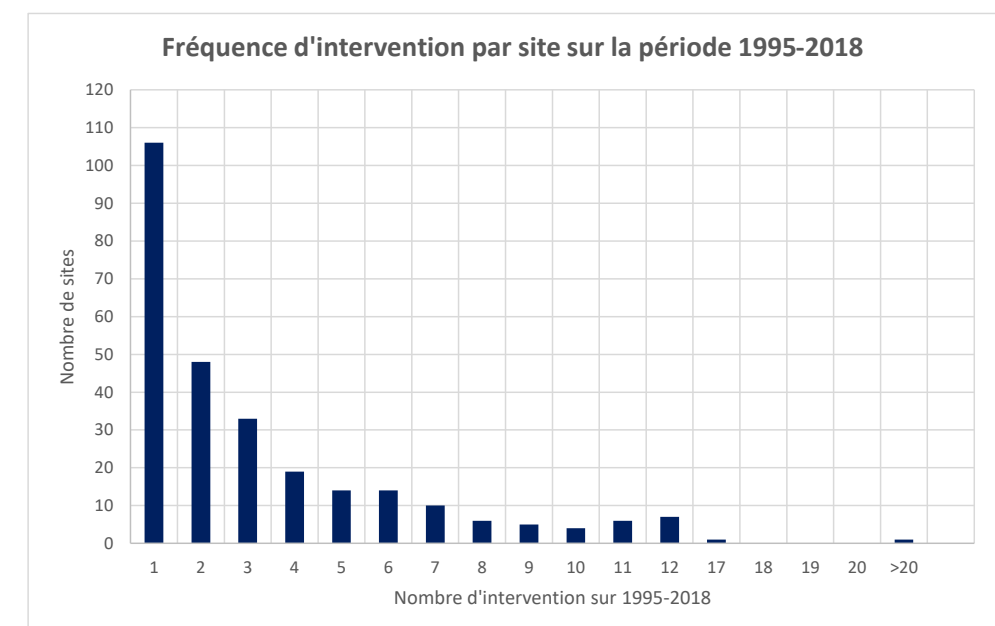
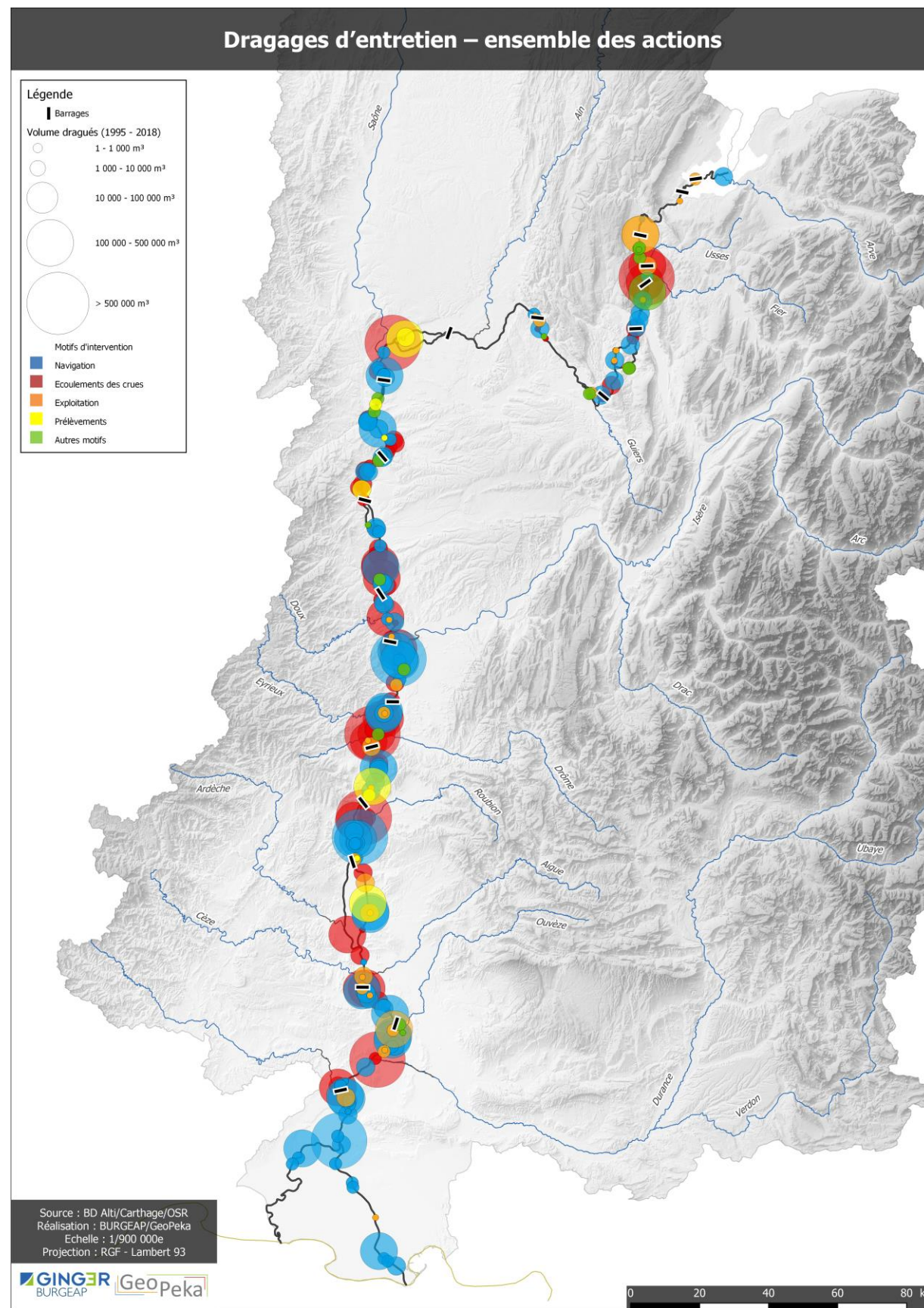


Figure 32 : Fréquence d'intervention par site sur la période 1995-2018



Carte 1 : Localisation des 263 sites de dragage d'entretien et volumes cumulés sur 1995-2018

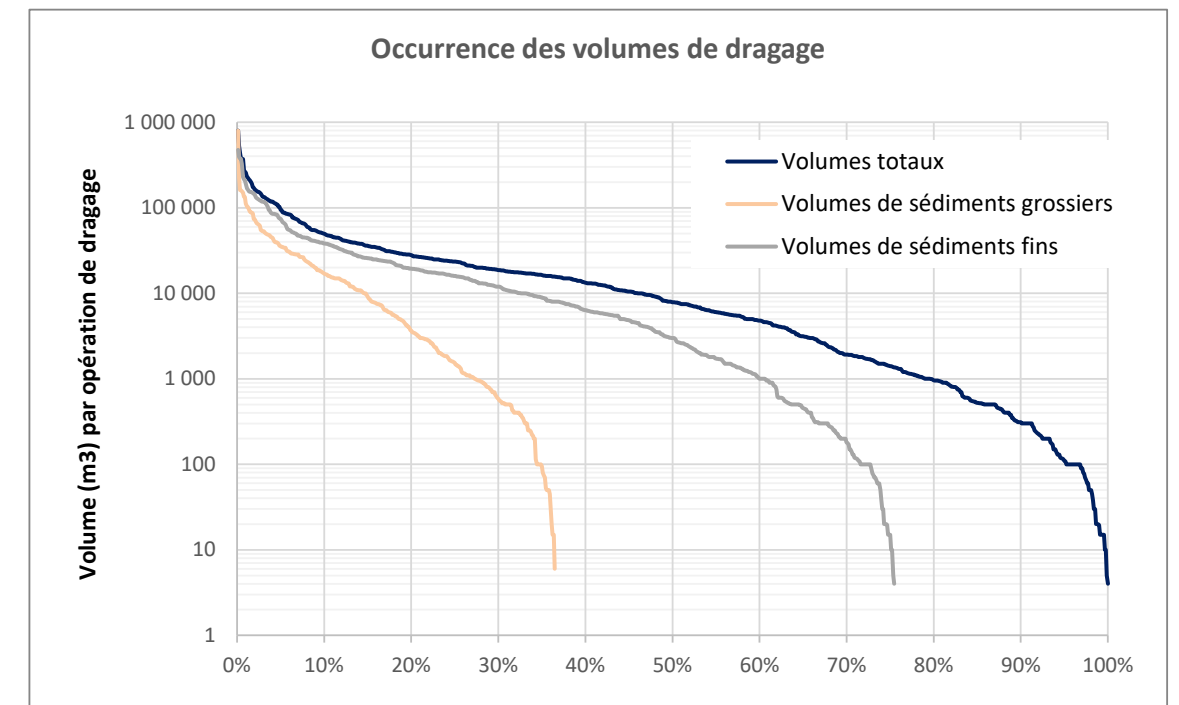


Figure 33 : Occurrence des volumes de dragage parmi toutes les opérations de la période 1995-2018

3.4.3 Comparaison avec la période 1987-2006

Dans le plan de gestion 2011-2021 établi en 2009 (PGPOD, CNR, 2009), la CNR établit un bilan historique et indique qu'entre 1987-2006, les volumes dragués sont estimés à environ 19 hm³, soit de l'ordre de 1 hm³ par année. Ce chiffre tend à baisser sur les 10 dernières années, d'environ -15%, et il est envisagé de tabler sur 850 000 m³/an, dont près de 75% de limons pour les années futures.

Selon un bilan réalisé entre 1995 et 2006, la masse annuelle draguée sur chaque chute représente, au maximum, moins de 3% du transport solide en suspension transitant au niveau de chaque chute.

Les sites et volumes dragués les plus importants se situent essentiellement entre les chutes de Bourg-lès-Valence et Donzère-Mondragon.

Au total, entre 1987 et 2006, plus de 160 sites ont fait l'objet d'une intervention.

3.4.4 Répartitions de volumes

Les parties qui suivent exploitent les données globales et répartissent les volumes par maître d'ouvrage, granulométrie, motifs d'intervention, localisation d'intervention, coûts d'opération et coût unitaires au m³.

Volumes répartis par maîtrises d'ouvrage

Le volume total de 20 339 469 m³ sur la période 1995-2018 peut se décliner selon les maîtres d'ouvrage :

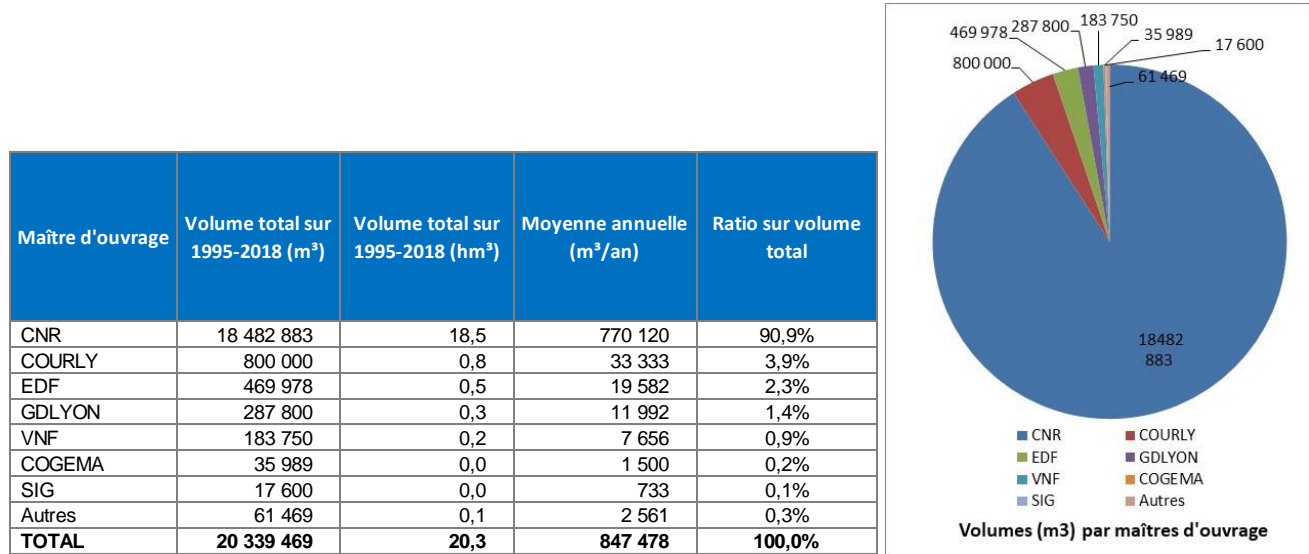


Figure 34 : Volumes totaux dragués sur 1995-2018 par maîtres d'ouvrage

La CNR présente la grande majorité des opérations et des volumes avec 770 953 m³/an en moyenne, ce qui représente 91% des volumes totaux.

La Communauté Urbaine de Lyon ((COURLY), qui est la collectivité ayant préfiguré la Métropole du Grand Lyon, est identifiée comme second contributeur. Il s'agit en réalité une seule opération réalisée entre 1990 et 1995 (attribuée à 1995) pour un volume estimé de 800 000 m³ qui ne correspond pas à une opération d'entretien, mais à une opération accompagnant les aménagements du Boulevard Périphérique Nord de Lyon (BPNL). L'extraction de sédiments a conduit à la formation de ce qui est dénommé aujourd'hui la « fosse de la Feyssine » ; l'opération a constitué une mesure compensatoire pour compenser les impacts hydrauliques en lit majeur de l'aménagement de l'infrastructure.

EDF apparaît en 3° place avec 19 582 m³/an en moyenne (2,3 % du total).

Le Grand Lyon apparaît en 4° place avec 11 992 m³/an en moyenne (1,4 % du total). Viennent ensuite VNF (7 656 m³/an ; 0,9%), la COGEMA (1 500 m³/an ; 0,2 %), les SIG de Genève, et d'autres maîtres d'ouvrage (environ 10 entités).

Volumes répartis par granulométries

Sur les 20 339 469 m³ dragués au total, la répartition par granulométrie est de 6 245 910 m³ (6,2 hm³) en sédiments grossiers et 14 093 559 m³ (14,1 hm³) en sédiments fins, soit respectivement 30,7% et 69,3 %.

Pour chaque UHC, le volume de fines dragué représente une part très limitée des flux de MES transités par le Rhône. En effet, comme l'illustre la Figure 36, le ratio entre ces deux grandeurs varie entre 0 et 6,3%, les maxima étant atteints pour Chautagne (05-CHA) sur le Haut-Rhône (6,3%) et Bourg-lès-Valence (15-BLV) sur le Rhône aval (4,2 %), avec une moyenne de 1,6% sur l'ensemble des UHC.

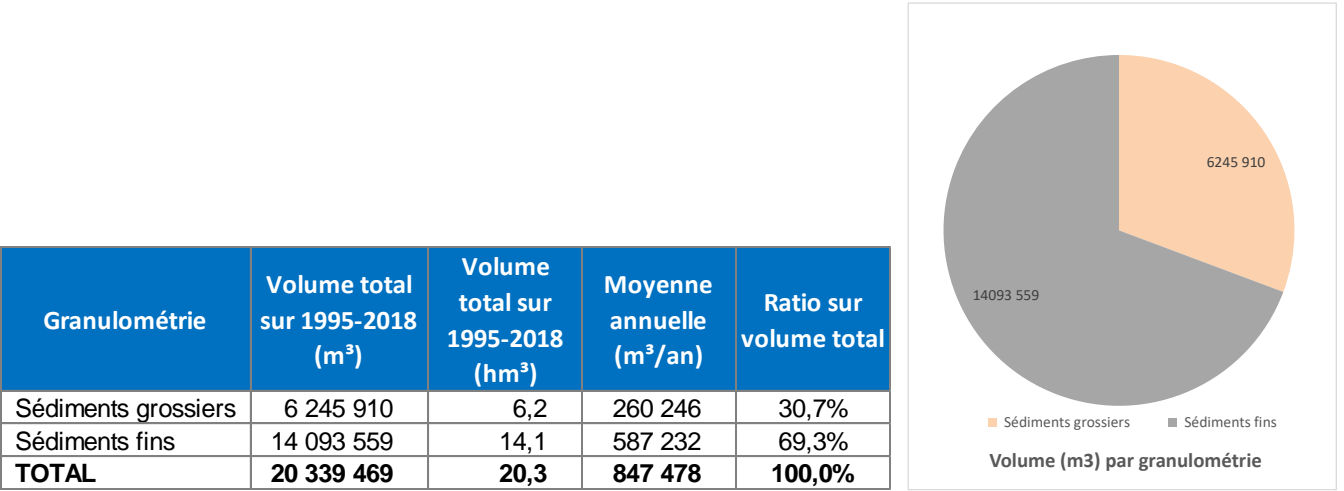


Figure 35 : Répartition globale des volumes dragués sur 1995-2018 par granulométrie

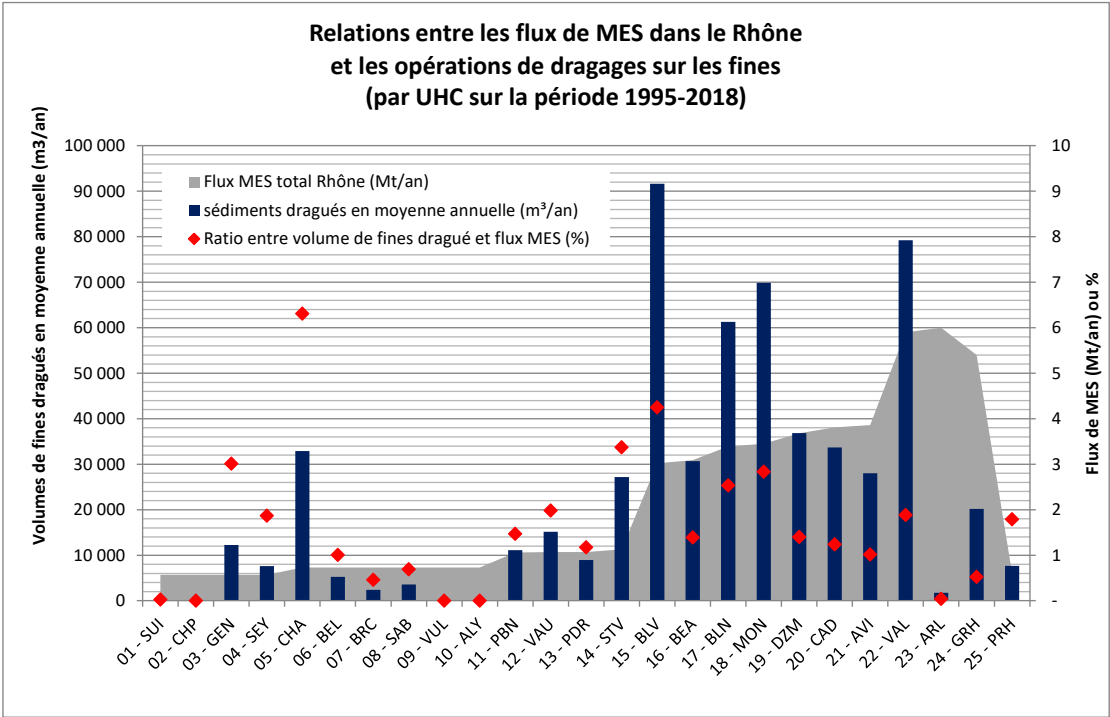


Figure 36 : Relations entre les flux de MES dans le Rhône et les opérations de dragages sur les fines

• Volumes répartis par motifs d'intervention

Les 20 339 469 m³ dragués au total peuvent se répartir en fonction des motifs de dragage : la navigation et les écoulements de crues sont les premiers motifs, à hauteur de 45,9% et 45,8% chacun, à déclencher les actions de dragage. Viennent ensuite, loin derrière, l'exploitation hydroélectrique (3,8%), les prélèvements (3,5%), puis les autres motifs liés à l'environnement au sens large du terme (écologie, tourisme, loisirs, etc.) (0,9%).

Nota : le motif « Environnement » (au sens général du terme) utilisé dans la BD Dragages et dans les fiches UHC est ici remplacé par « Autres motifs » dans la mesure où les motifs ne concernent que partiellement l'écologie.

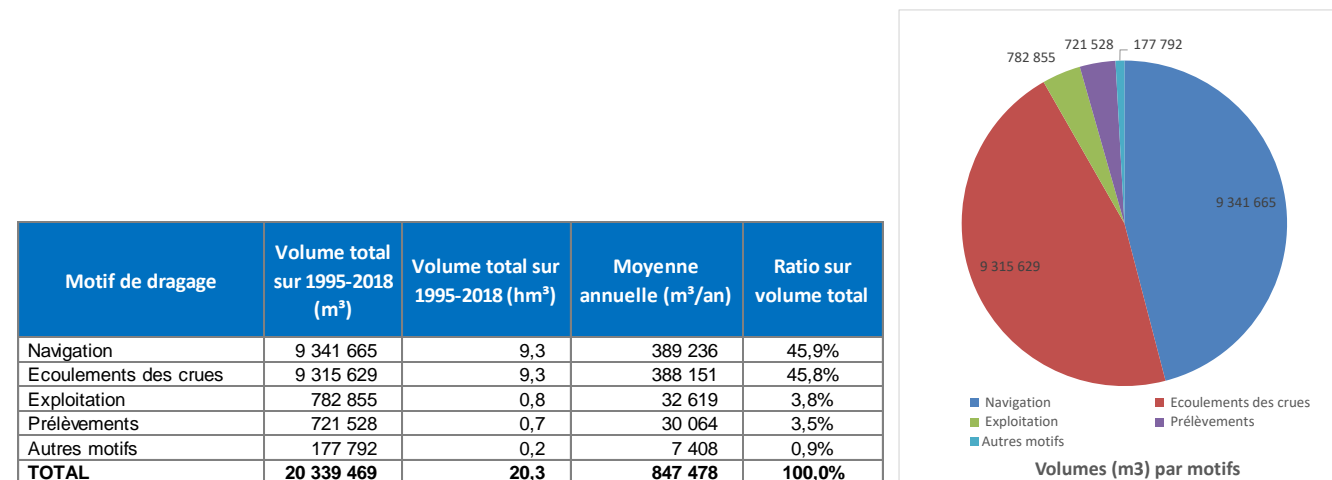


Figure 37 : Répartition globale des volumes dragués sur 1995-2018 par motifs

• Volumes répartis par localisation d'intervention

Les 20 339 469 m³ dragués au total peuvent se répartir en fonction des localisations de dragage : les confluences avec des affluents sont les premiers lieux de dragage avec 30,4% des volumes, et avec des volumes similaires aux localisations dans les garages d'écluse (27,6%). Les retenues viennent ensuite avec 15,4% des volumes, ainsi que chenal navigable, avec les 14,7% des volumes. Les interventions dans les Vieux Rhône (hors chenal navigable) représentent 6,2% des volumes, et les autres ouvrages (CNPE, ports, haltes fluviales, prises d'eau, etc.) représentent 5,6% des volumes.

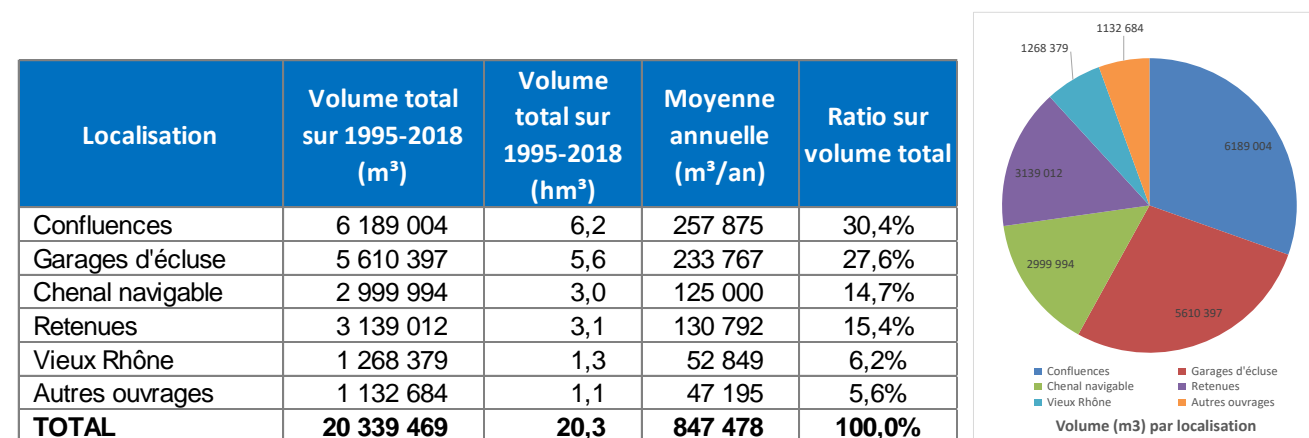


Figure 38 : Répartition globale des volumes dragués sur 1995-2018 par localisations

• Volumes répartis par devenir des sédiments

Les informations sur le devenir des sédiments sont renseignées pour une majorité des actions à partir de 2001, ce qui représente 655 opérations et un volume total de 11 713 917 m³ (11,7 hm³) pour des actions essentiellement portées par la CNR.

La Figure 39 indique que les deux principales orientations pour le devenir des sédiments sont la restitution au Rhône (RH) pour 86,5 % des volumes et la valorisation à terre (DE) pour 8,3 % des volumes. Quelques opérations font l'objet d'une réutilisation (RE) ou de combinaison de réutilisation/valorisation (DE-RE) / valorisation/restitution (DE-RH). Les autres combinaisons sont négligeables. Les graphiques illustrent que la valorisation ou la réutilisation à terre concerne en très grande partie les sédiments grossiers, les sédiments fins étant restitués au Rhône pour plus de 98% des volumes.

Code	Définition	Volume de grossiers (m³)	Volume de fins (m³)	Volume total sur 1995-2018 (m³)	Moyenne annuelle (m³/an)	Ratio sur volume total
DE	Valorisé à terre	893 798	74 022	967 819	40 326	8,3%
DE-RE	Valorisé à terre et réutilisé	156 600	17 400	174 000	7 250	1,5%
RE	Réutilisé	240 065	28 262	268 327	11 180	2,3%
RH	Restitué au Rhône	1 826 485	8 306 777	10 133 261	422 219	86,5%
RH-RE	Restitué au Rhône et réutilisé	1 600	18 324	19 924	830	0,2%
DE-RH	Valorisé à terre et restitué au Rhône	150 000	586	150 586	6 274	1,3%
TOTAL		3 268 547	8 445 370	11 713 917	488 080	100,0%

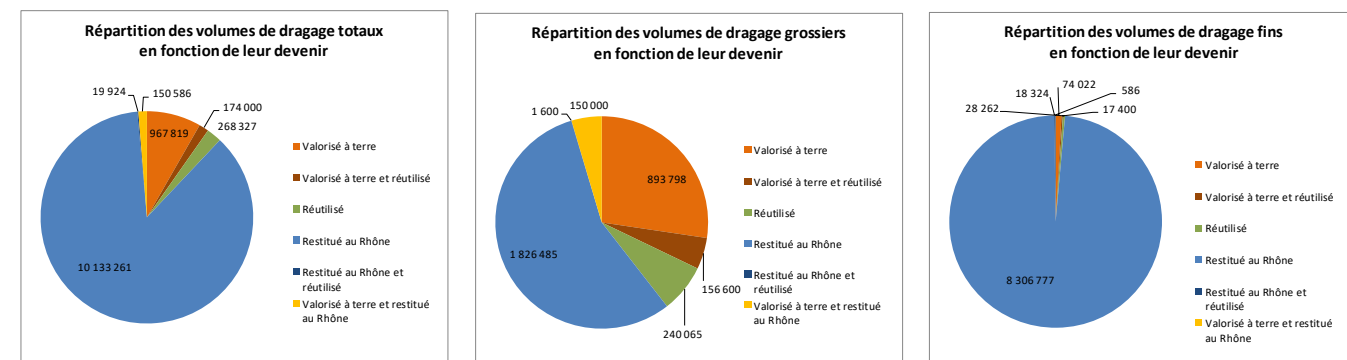


Figure 39 : Répartition globale des volumes dragués sur 1995-2018 en fonction du devenir des sédiments

• Volumes et coûts d'opérations

787 opérations sur 947 sont renseignées à la fois en termes de volumes et de coût d'opération, et présentent des données économiques qui peuvent être exploitées pour la période 1995-2018. Les maîtres d'ouvrage pour lesquels les coûts sont renseignés sont essentiellement la CNR (année 2018 incomplète), EDF (une partie des opérations), et le Gd Lyon. Les coûts pour les autres maîtres d'ouvrage ne sont pas connus ou insuffisamment représentatifs. A noter que les coûts sont pris tels qu'ils étaient au moment de leur réalisation sur la période 1995-2018 et qu'ils n'ont pas été actualisés à une valeur 2018.

- Pour les 787 opérations précédentes, le volume total dragué est de 17 116 821 m³ au total ; les coûts ne sont pas renseignés pour un volume total de 3 222 648 m³ (soit 16% de la série de données). Les actions de CNR, EDF et GD LYON représentent un volume total de 17 101 664 m³ ;
- Le montant total des travaux s'élève à 120,4 M€HT, soit un coût unitaire moyen de 7,04 €/HT/m³. En gardant à l'esprit que toutes les opérations n'ont pas de coût renseigné, le coût moyen annuel des opérations est de 5,01 M€HT/an sur la période 1995-2018.
- En supposant un coût proportionnel au volume, la somme totale des montants engagés entre 1995 et 2018 pour 947 opérations serait de 143 M€HT, soit 5,95 M€HT/an.

Maîtres d'ouvrage	Volume total sur 1995-2018 (m³)	Coût total (k€HT)	Coût unitaire moyen (€/HT/m³)	Coût moyen annuel (k€HT/an)
CNR	16 660 411	115 164	6,91	4 798
EDF	170 253	2 355	13,83	98
GD LYON	271 000	2 860	10,55	119
TOTAL	17 101 664	120 379	7,04	5 016

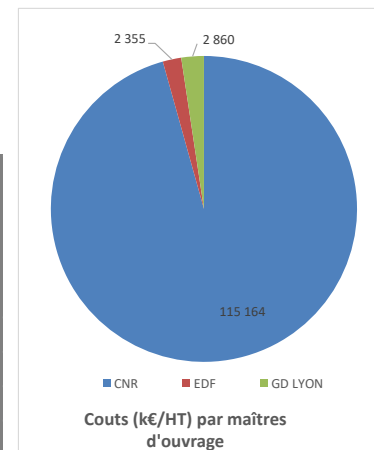


Figure 40 : Répartition globale des coûts par maîtres d'ouvrage

Le coût unitaire moyen de 6,70 €/m³ cache une forte dispersion des coûts selon les opérations. En effet, le graphique de la Figure 41 montre que les coûts varient de 1 €/HT/m³ à plus de 100 €/HT/m³ selon les configurations, avec un coût dégressif en fonction du volume dragué. Le type de sédiment dragué – et donc la technique associée – est l'un des paramètres explicatifs du coût comme illustré sur la Figure 41 :

- Pour les sédiments fins (technique de la drague aspiratrice), les coûts présentent une valeur plancher autour de 3 à 5 €/HT/m³. Les coûts sont fortement dégressifs avec les volumes dragués : d'environ 50 €/HT/m³ pour 100 m³ dragués à 3 €/HT/m³ pour 100 000 m³ dragués ;
- Pour les sédiments grossiers (pelle mécanique), les coûts sont dispersés mais assez peu dépendants du volume total dragués ; ils oscillent autour d'une valeur de 8 à 11 €/HT/m³ ;
- Pour les sédiments mixtes (mélange de sédiments grossiers et fins), les coûts suivent une tendance dégressive, similaire et parallèle à celle des sédiments fins, avec des valeurs plus élevées : d'environ 100 €/HT/m³ pour 100 m³ dragués à 5 €/HT/m³ pour 100 000 m³ dragués.

Des analyses complémentaires dont les critères ne sont pas complètement renseignés permettraient de montrer que les coûts sont également dépendants des conditions d'accès, des contraintes de travaux, du devenir des sédiments ainsi que du lieu de restitution.

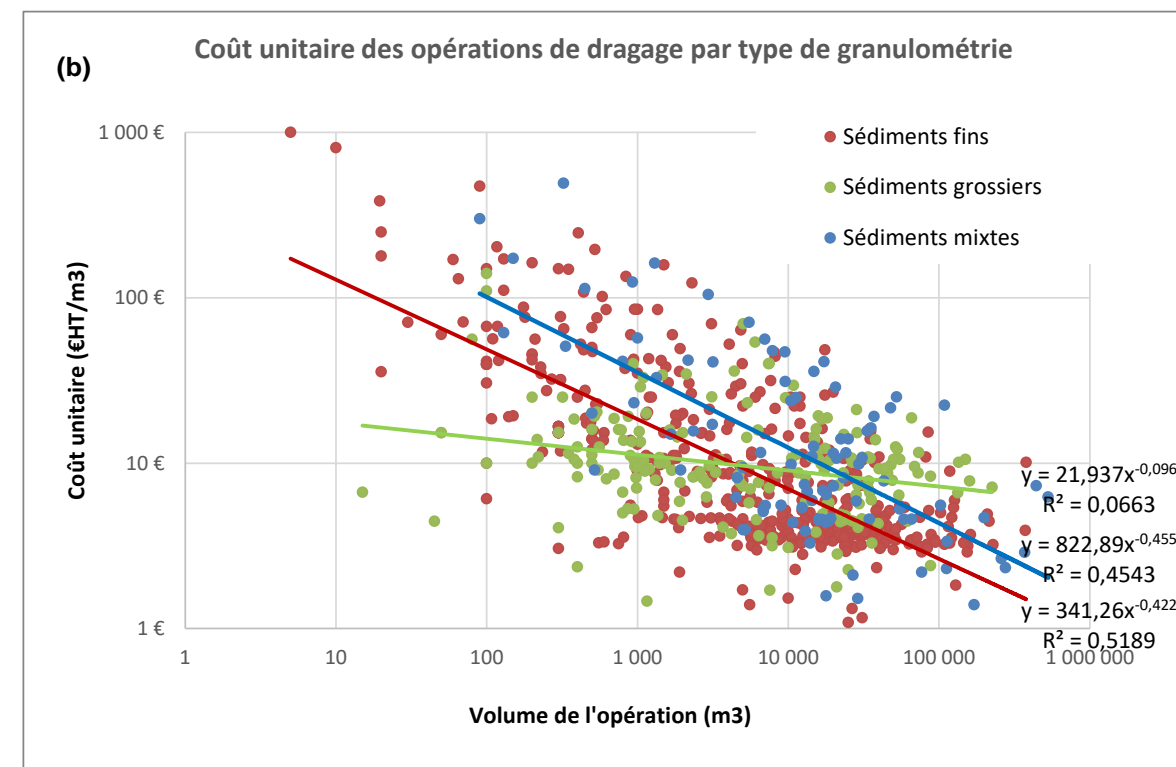
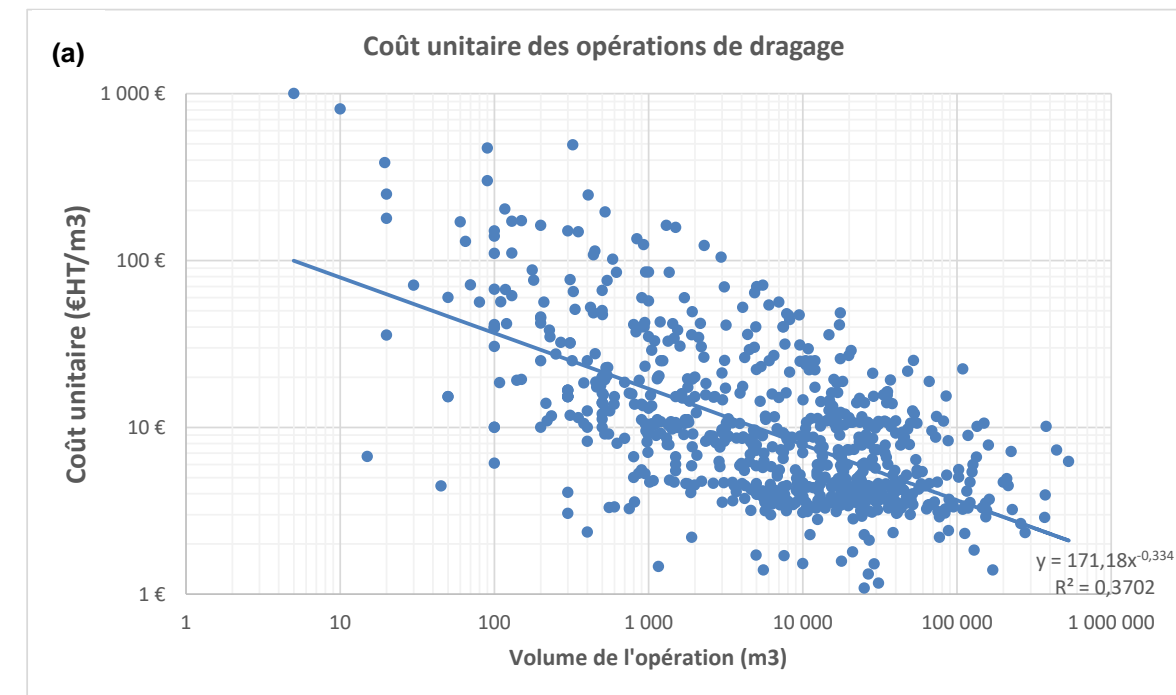


Figure 41 : Coût unitaire des opérations de dragage (1995-2018)

(a) toutes opérations (b) par type de granulométrie

3.5 Approche géographique par UHC

3.5.1 Nombres d'opérations et de sites de dragages

Sur la période 1995-2018, les actions de dragage d'entretien, réalisées à l'échelle de l'ensemble du Rhône en aval du lac Léman et pour tous les maîtres d'ouvrage, présentent les caractéristiques suivantes :

- **Comme vu précédemment (cf. Figure 31), 947 opérations de dragage au total ont été réalisées sur la période 1995-2018**, soit 39,5 opérations par an en moyenne [24 ; 58]. Toutes les UHC sont concernées sauf celle de St-Vulbas (UHC#09-VUL). Sur les 24 UHC possédant au moins une action, en moyenne 38 opérations [3 ; 79] ont été réalisées par UHC sur la période 1995-2018, soit 1,6 opération [0,1 ; 3,3] par UHC et par an ;
- **Les 263 sites actifs peuvent se répartir selon les grands secteurs du Rhône :**
 - 55 sont situés sur le Haut Rhône (01-SUI à 10-ALY), soit 5,5 sites par UHC en moyenne. L'UHC la plus active est celle de Belley (BEL ; 14 sites), suivi par Chautagne (CHA ; 9 sites) et Seyssel (SEY ; 8 sites) ;
 - 84 sur le Rhône moyen (11-PBN à 15-BLV), soit 17 sites par UHC en moyenne. Toutes les UHC sont très actives, avec plus de 10 sites chacune, notamment Péage-de-Roussillon (PDR ; 21 sites), St-Vallier (STV ; 19 sites) ou Bourg-lès-Valence (BLV, 18 sites) ;
 - 109 sur le Bas Rhône (16-BEA à 22-VAL), soit 16 sites par UHC en moyenne. Toutes les UHC sont également très actives, avec plus de 14 sites chacune, notamment Avignon (AVI ; 19 sites), Montélimar (MON ; 19 sites), ou Baix-Le-Logis-Neuf (BLN, 16 sites) ;
 - 15 dans le delta du Rhône (23-ARL à 25-PRH), soit 5 sites par UHC en moyenne. L'UHC la plus active est le Grand Rhône (GRH ; 8 sites).

3.5.2 Volumes globaux par UHC

L'analyse des volumes globaux de dragage indique que :

- **Pour mémoire, 20 339 469 m³ ont été dragués au total sur la période 2015-2018**, soit 20,3 hm³, ce qui représente une moyenne annuelle de 847 478 m³/an (cf. 3.4.2 pour d'autres informations globales) ;
- **Le volume moyen cumulé par UHC sur la période est de 813 579 m³**. Il varie de 0 m³ (02-CHP ; 09-VUL) à près de 2,4 hm³ pour Bourg-lès-Valence (15-BLV) (cf. Figure 42). Quatre UHC sont à plus de 2 hm³ (15-BLV, 17-BLN, 18-MON, 22-VAL) ; 6 UHC supplémentaires sont à 1 hm³ ou plus (05-CHA, 10-ALY, 14-STV, 16-BEA, 19-DZM, 20-CAD et 23-ARL) ;
- **Le volume moyen annuel de dragage par UHC est de 33 899 m³/an** en moyenne, avec une variation entre 0 et 98 488 m³/an (15-BLV) ;
- Si ce volume moyen annuel est rapporté au nombre de site, le graphique de la Figure 42 illustre que :
 - Le volume moyen annuel de dragage par site est de 3 501 m³/an. Il varie par UHC de 0 à 14 875 m³/an sur Ain-Lyon (10-ALY).
 - De telles moyennes élevées s'expliquent par la répartition de volumes importants et récurrents sur un nombre limité de sites. Les sites dans de tels cas sont par exemple la diffluence Petit-Rhône / Grand Rhône à Arles (23-ARL), la confluence de la Durance (22-VAL), la confluence de l'Isère et les garages d'écluse de Bourg-lès-Valence (15-BLV), le Vieux Rhône de Crépieux-Charmy et la fosse de la Feyssine sur 10-ALY. Ce dernier site est toutefois particulier car il a fait l'objet d'une seule opération en 1995 qui n'était pas une opération d'entretien mais un aménagement visant à compenser l'impact hydraulique d'un remblai en zone inondable (aménagement du Boulevard Périphérique Nord de Lyon).

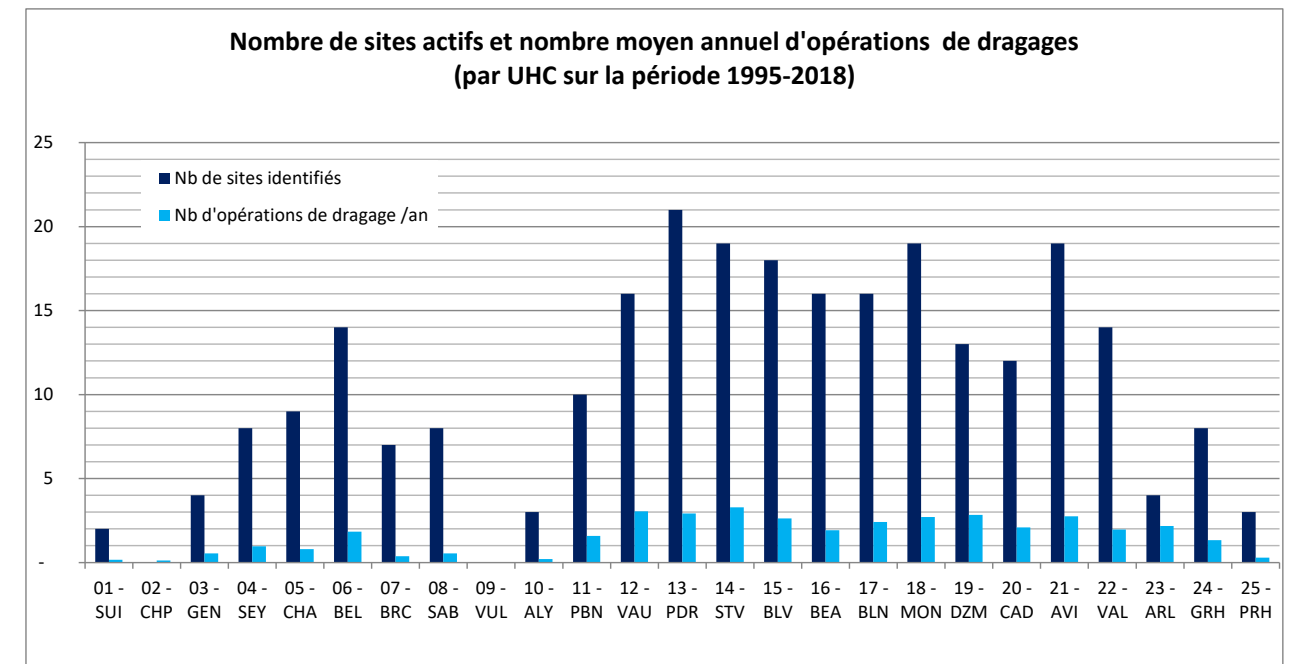


Figure 42 : Nombre de sites actifs et nombre moyen annuel d'opérations par UHC sur 1995-2018

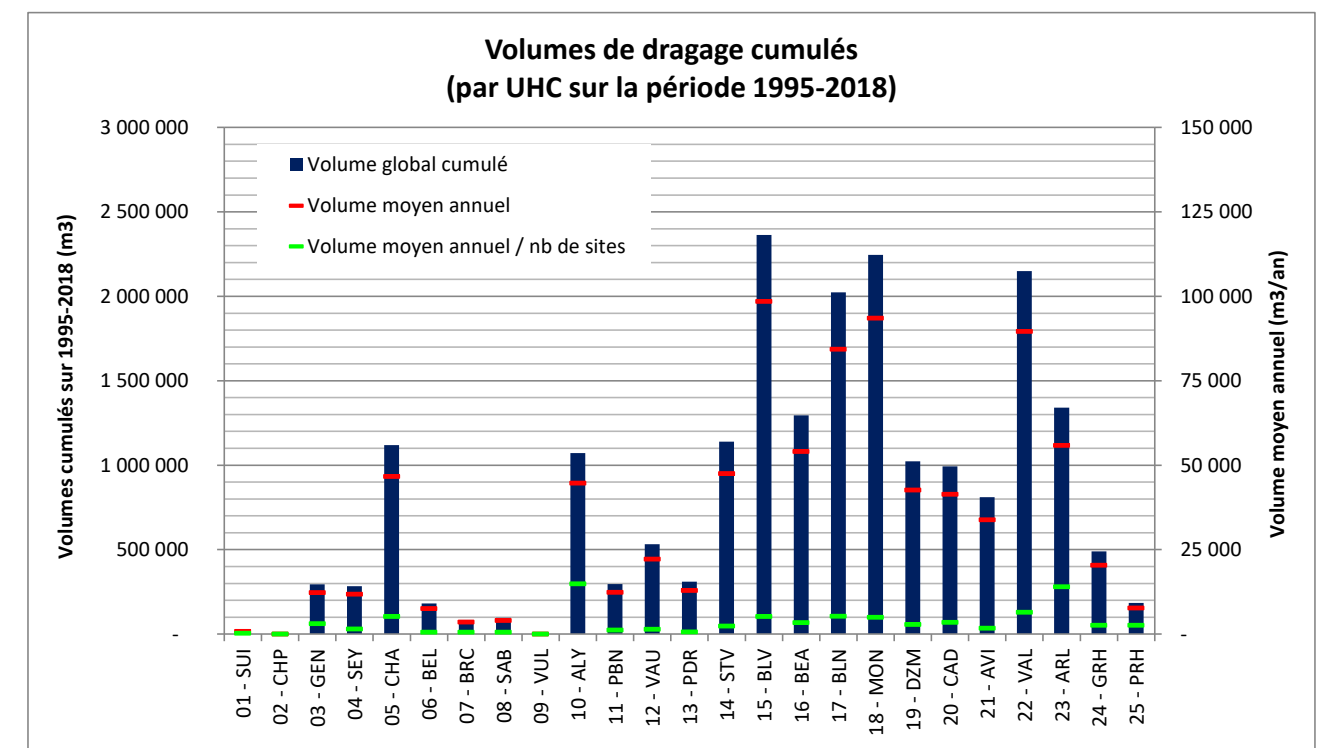


Figure 43 : Volumes cumulés et annuels par UHC sur 1995-2018

- **Les 847 478 hm³ annuels sur la période 1995-2018 se répartissent de la manière suivante selon les grands secteurs du Rhône (cf. Figure 44) :**
 - 15% (131 059 m³/an) sont situés sur le Haut Rhône (01-SUI à 10-ALY), avec une forte proportion pour la Chautagne (05-CHA) d'une part et Ain-Lyon (10-ALY) d'autre part, qui cumulent respectivement 35% (46 605 m³/an) et 34 % (44 625 m³/an) des volumes dragués ; les interventions concernent ensuite par ordre d'importance Génissiat (03-GEN) (12 256 m³/an), Seyssel (04-SEY) (11 795 m³/an), et enfin Belley (07-BEL), Bregnier-Cordon (08-BRC), Sault-Brénaz (08-SAB) et les unités suisses (01-SUI, 02-CHP) dont les volumes annuels moyens ne dépassent pas 8 000 m³/an ;
 - 23% (193 355 m³/an) sont situés sur le Rhône moyen (11-PBN à 15-BLV), qui présente deux groupes d'UHC : 1) les unités de Pierre-Bénite (11-PBN), Vaugris (12-VAU) et Péage-de-Roussillon (13-PDR) présentent des volumes moyens annuels de l'ordre de 12 000 à 22 000 m³/an ; 2) a contrario, les unités de St-Vallier (14-STV) et Bourg-lès-Valence (15-BLV) présentent des volumes significatifs avec respectivement 47 487 m³/an et 98 488 m³/an ;
 - 52 % (439 183 m³/an), soit plus de la moitié, sont situés sur le Bas Rhône (16-BEA à 22-VAL), avec des fluctuations importantes d'amont en aval entre des unités qui présentent de l'ordre de 33 000-53 000 m³/an (16-BEA, 19-DZM, 20-CAD et 21-AVI) et des unités parmi les plus actives entre 84 000 et 93 000 m³/an (17-BLN, 18-MON, 22-VAL) ;
 - 10% (83 882 m³/an) sont situés dans le delta (23-ARL à 25-PRH), avec les 2/3 des volumes dans l'unité du Palier d'Arles (23-ARL ; 55 856 m³/an).

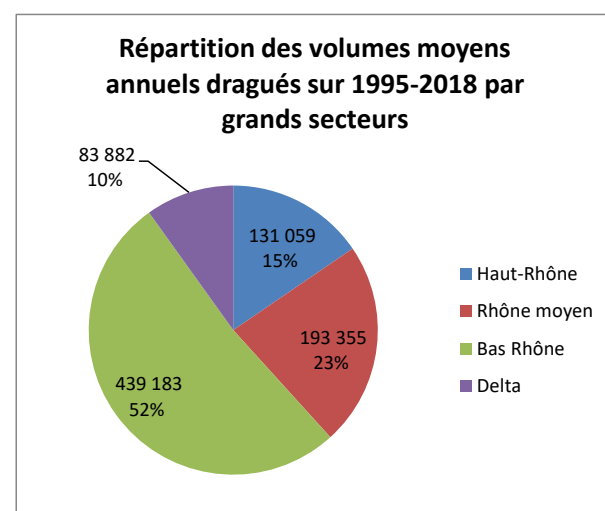


Figure 44 : Répartition des volumes dragués sur 1995-2018 par grands secteurs

3.5.3 Répartitions de volumes

• Volumes répartis par maîtrises d'ouvrage

Pour mémoire, la CNR présente la grande majorité des opérations et des volumes avec 770 953 m³/an en moyenne, ce qui représente 91% des volumes totaux. De façon similaire aux volumes globaux (cf. partie 3.5.2), ces volumes sont répartis avec une proportion croissante sur le delta (11%), le Haut-Rhône (17%), le Rhône moyen (25%) et le Bas Rhône (57%).

Par maîtrises d'ouvrage, on peut noter les tendances suivantes (Figure 45 ; Carte 2) :

- Les opérations d'EDF sont focalisées sur les prises d'eau des CNPE : centrale de St-Alban dans l'unité de Péage-de-Roussillon (13-PDR ; 2 650 m³/an), centrale de Cruas-Meysses dans l'unité de Montélimar (18-MON ; 8 676 m³/an), centrale de Tricastin dans l'unité de Donzère-Mondragon (19-DZM ; 8 256 m³/an). La centrale du Bugey n'a pas nécessité d'opération de dragage depuis sa mise en service.
- Les opérations du Grand Lyon sont situés dans l'unité Ain-Lyon (10-ALY, 11 292 m³/an), plus particulièrement dans le Vœux Rhône de Neyron, ainsi que de façon mineure dans les unités aval de Pierre-Bénite et Vaugris pour des haltes fluviales.
- L'opération de la fosse de la Feyssine par la COURLY apparaît clairement dans l'unité Ain-Lyon (10-ALY, 33 333 m³/an issu d'un dragage unique de 800 000 m³ en 1995).
- Les opérations portées par VNF sont focalisées dans le Petit Rhône (25-PRH ; 7 656 m³/an).
- Enfin, les opérations portées par les SIG (01-SUI), la COGEMA (20-CAD) et les autres maîtrises d'ouvrage (11-PBN, 13-PDR, 18-MON, 21-AVI, 23-ARL, 24-GRH) présentent des volumes mineurs de quelques centaines de m³/an.

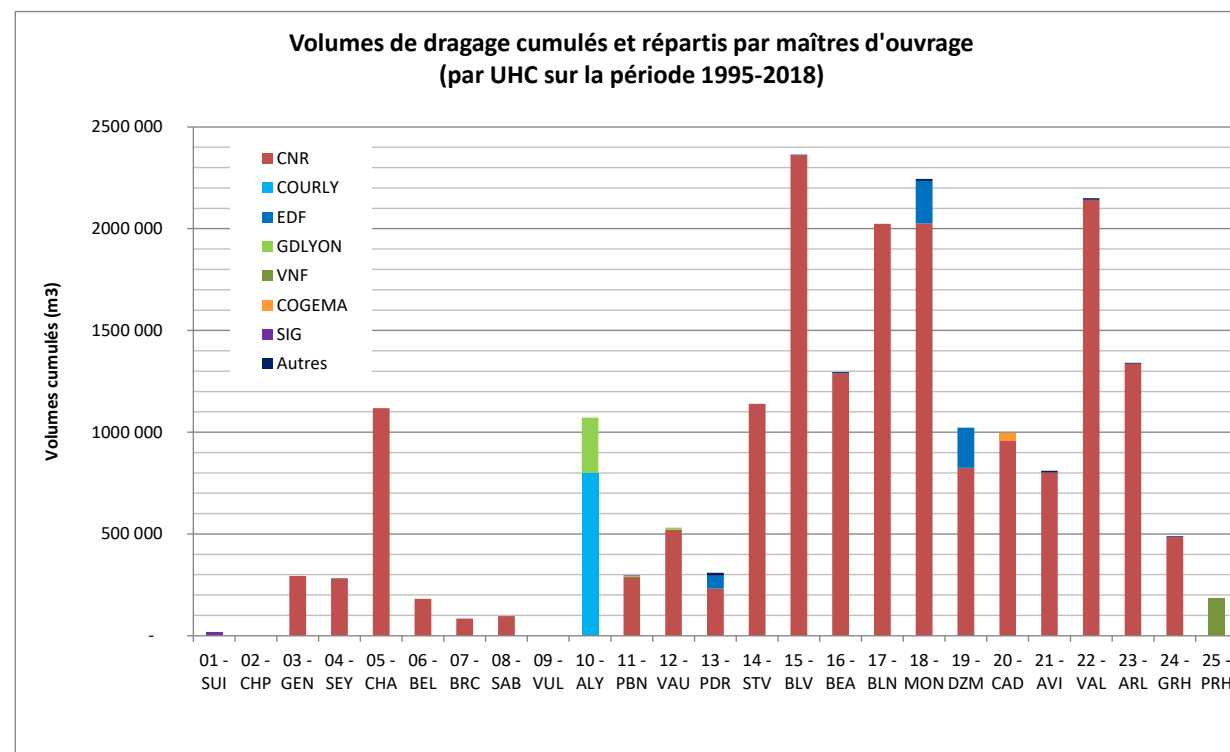
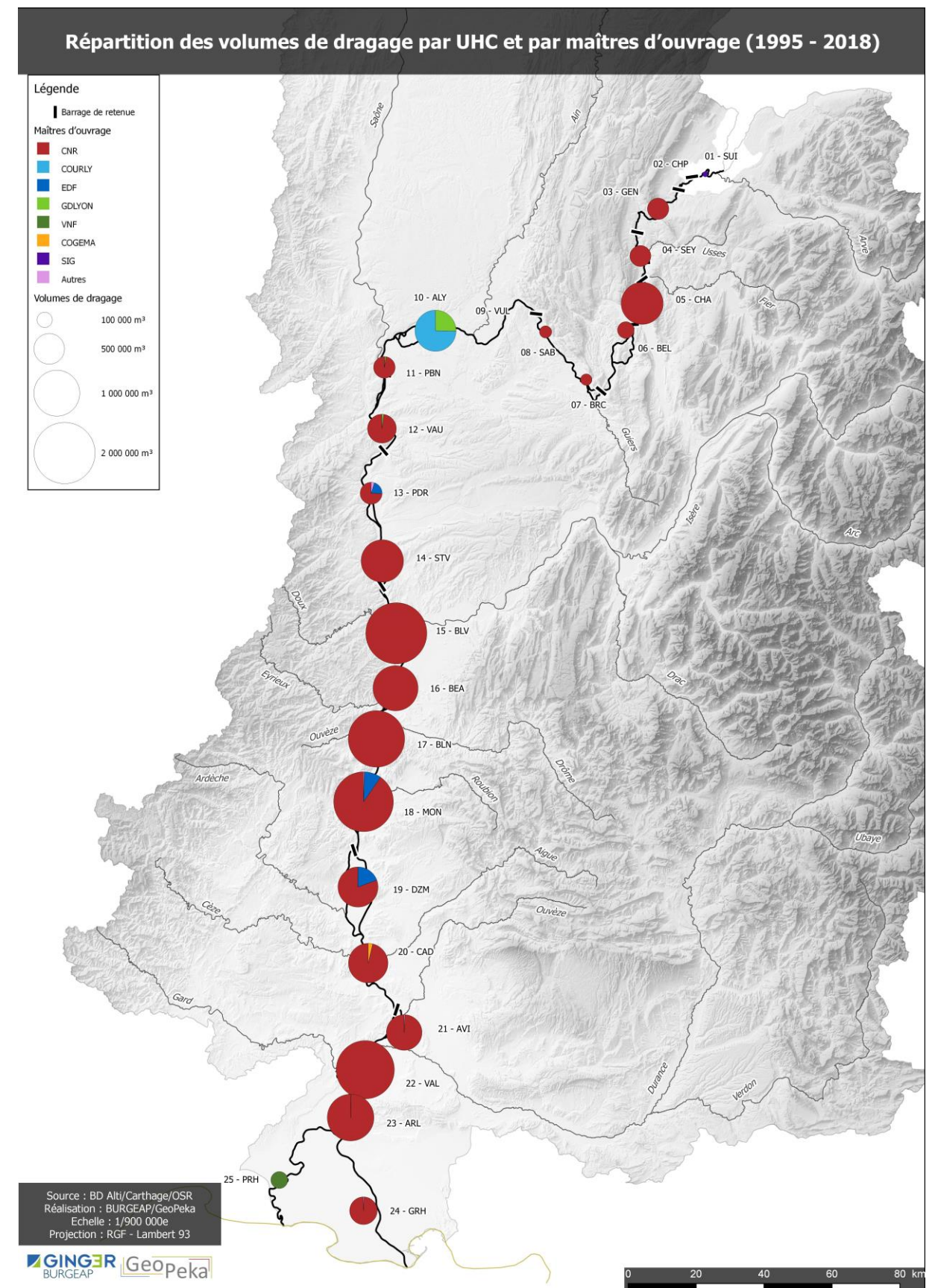


Figure 45 : Volumes annuels dragués sur 1995-2018 par UHC et par maîtrises d'ouvrage



Carte 2 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) par maîtrises d'ouvrage

Volumes répartis par granulométries

Pour mémoire, sur les 847 478 m³ dragués en moyenne par an sur la période 1995-2018, la répartition par granulométrie est de 260 246 m³/an en sédiments grossiers et 1587 232 m³/an en sédiments fins, soit respectivement 30,7% et 69,3 %.

Cette différenciation granulométrique présente des déclinaisons variées selon les UHC. Certaines unités ne présentent que des sédiments fins : Génissiat (01-GEN), Grand Rhône (24-GRH ; à 99%), Petit Rhône (25-PRH) ; d'autres ne présentent que des sédiments grossiers : Ain-Lyon (10-ALY), ou le Palier d'Arles (23-ARL) pour 97% des matériaux. Les autres UHC présentent des matériaux mixtes donnant généralement une forte proportion de fines (57 à 90%).

Par grands secteurs, on peut noter les tendances suivantes (Figure 46 ; Carte 3) :

- **sur le Haut-Rhône** en amont de l'Ain (01-SUI à 09-VUL), assez peu de matériaux grossiers, en dehors de l'unité de Chautagne (05-CHA) qui est influencée par des dragages de 2008-2009 dans la retenue de Motz en fond de lit originel du Rhône ; entre l'Ain et la Saône (10-ALY) (44 625 m³/an), on observe une prépondérance pour la gestion de matériaux grossiers ;
- **sur le Rhône moyen**, peu de grossiers jusqu'à Péage de Roussillon (11-PBN à 15-BLV), sur des unités où les grossiers sont essentiellement apportés par des affluents petits à moyens (Gère, Garon, Gier, Varèze, etc.). Sur St-Vallier, la proportion augmente du fait des affluents à charriage tels que la Cance, l'Ay et la Galaure. Sur Bourg-lès-Valence, la portion de grossiers baisse car les seuls éléments grossiers gérés sont situés des affluents tels que le Doux et le Mialan ;
- **sur le Bas Rhône**, un premier groupe d'UHC (16-BEA à 22-VAL) est marqué par les apports d'affluents plus importants avec des valeurs annuels de l'ordre de 20 000-25 000 m³/an et par UHC en sédiments grossiers : Eyrieux sur Beauchastel (16-BEA), Drôme et Ouvèze sur Baix-Le-Logis-Neuf (17-BLN), Roubion et Escoutay sur Montélimar (18-MON) ; ou par un charriage propre à un Vieux Rhône (cas de Montélimar au niveau du port de Lafarge-Ciments). Le second groupe (19-DZM, 20-CAD, 21-AVI, 22-VAL) présente des affluents importants mais avec un charriage limité (Ardèche, Cèze, Aigue, Ouvèze, Durance, Gardon), et peu de charriage à enjeu dans les Vieux Rhône, ce qui se ressent sur les volumes grossiers dragués (5 000 à 10 000 m³/an).
- **sur le Delta** (23-ARL à 25-PRH), il existe une forte différenciation entre le Palier d'Arles (23-ARL) qui marque la rupture du charriage avec des éléments graveleux, et le Petit Rhône (25-PRH) d'une part et le Grand Rhône (24-GRH) d'autre part.

La granulométrie des volumes dragués au niveau des confluences des affluents majeurs est précisée sur la Figure 52.

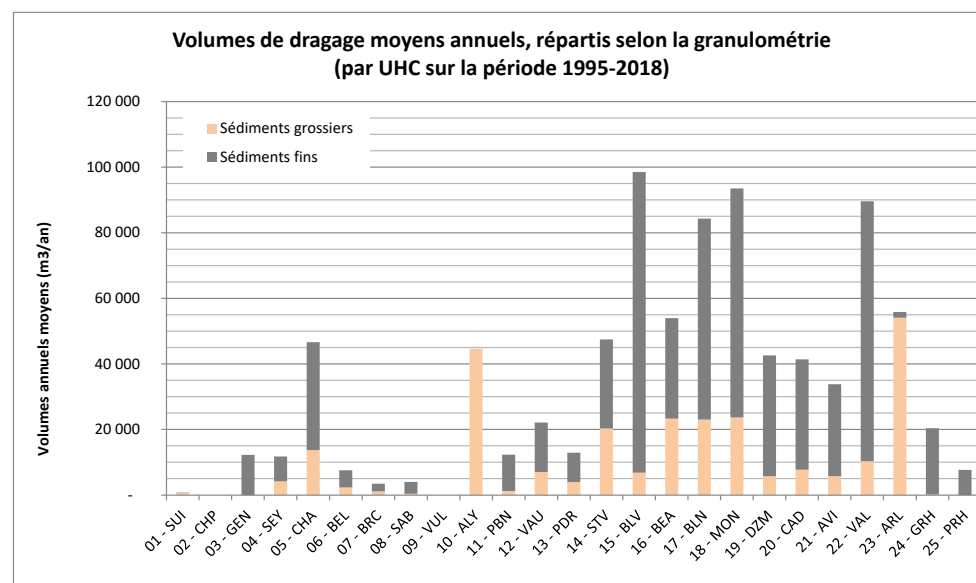
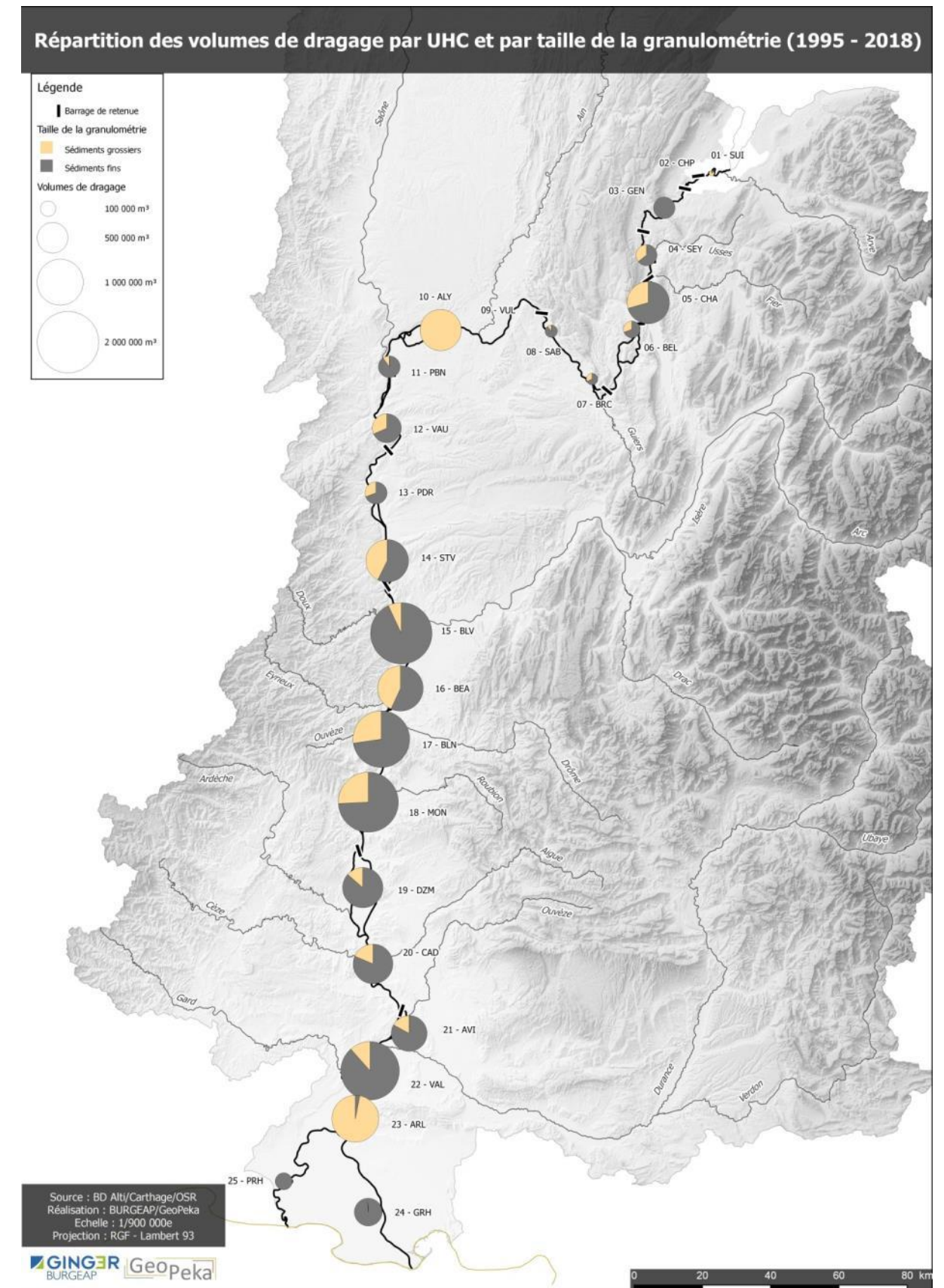


Figure 46 : Volumes annuels dragués sur 1995-2018 par UHC et par granulométrie



Carte 3 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) par granulométrie

Volumes répartis par motifs d'intervention

Pour mémoire, sur les 847 478 m³ dragués en moyenne par an sur la période 1995-2018, la navigation et les écoulements de crues sont les premiers motifs à déclencher les actions de dragage, à hauteur de 45,9% et 45,8% chacun. Viennent ensuite l'exploitation hydroélectrique (3,8%), les prélèvements (3,5%) et les autres motifs (0,9%).

Par grands secteurs, on peut noter les tendances suivantes (Figure 47 ; Carte 4) :

- **sur le Haut-Rhône** en amont de l'Ain, les motifs d'intervention sont avant tout liés à l'écoulement des crues, notamment sur Chautagne (05-CHA) avec en particulier les dragages dans la retenue de Motz au niveau de la confluence avec le Fier (39 035 m³/an en moyenne), et Seyssel (04-SEY) concerné notamment par les dragages à la confluence des Usses (10 906 m³/an). Sur Génissiat (03-GEN), les dragages sont liés aux conditions de sûreté et d'exploitation à proximité du barrage.
- Sur les autres unités (06-BEL, 07-BRC, 08-SAB), les opérations sont liées à la navigation de plaisance (dragage des écluses et du chenal), tout comme sur Chautagne (1 480 à 6 160 m³/an), et on y retrouve des actions moindres liées à l'écoulement des crues. En aval de l'Ain, les actions sont liées à l'écoulement des crues (fosse de la Feyssine) et aux prélèvements avec un caractère de sûreté d'alimentation en eau potable (captage AEP de la Métropole de Lyon) ;
- **sur le Rhône moyen**, les enjeux sont liés à la navigation et aux écoulements en crues, avec Bourg-lès-Valence qui se détache nettement pour la navigation (ex : dragage des garages à écluses ; 73 864 m³/an) et l'écoulement des crues (ex : confluences Isère, Doux ; 24 577 m³/an), tout comme sur St-Vallier (écoulement des crues au niveau des nombreuses confluences ; 37 211 m³/an) ;
- **Sur le Bas Rhône**, la part des actions liées à l'écoulement des crues est toujours importante, surtout sur Beauchastel (16-BEA), Baix-Le-Logis-Neuf (17-BLN), Montélimar (18-MON) et Vallabrègues (22-VAL) (35 702 à 67 691 m³/an) en particulier au niveau des confluences et des Vieux Rhône de Beauchastel et Montélimar ; les dragages motivés par la navigation représente toujours au minimum 17 000 m³/an, y compris sur les unités aval de Donzère-Mondragon (19-DZM), Caderousse (20-CAD) et Avignon (21-AVI), et jusqu'à 43 515 m³/s sur Montélimar du fait notamment des enjeux du port Lafarge-Ciments. Le motif « prélèvement » déclenche les dragages pour les CNPE (Cruas-Meysses et Tricastin) ;
- **Sur le Delta**, la part liée à la navigation reste importante et exclusive, notamment sur la diffuence Petit Rhône / Grand Rhône (23-ARL)

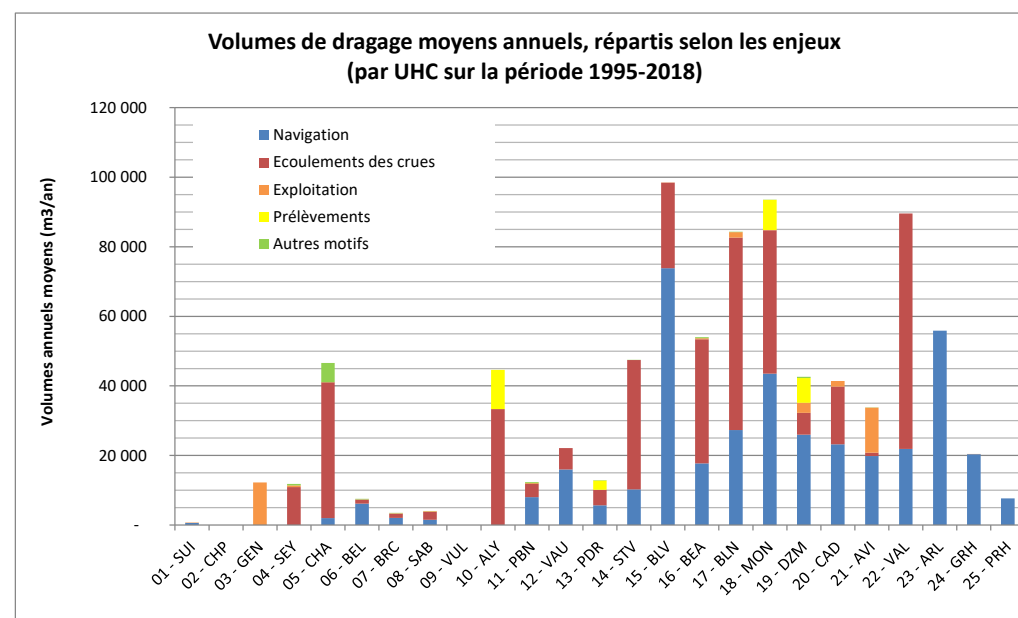
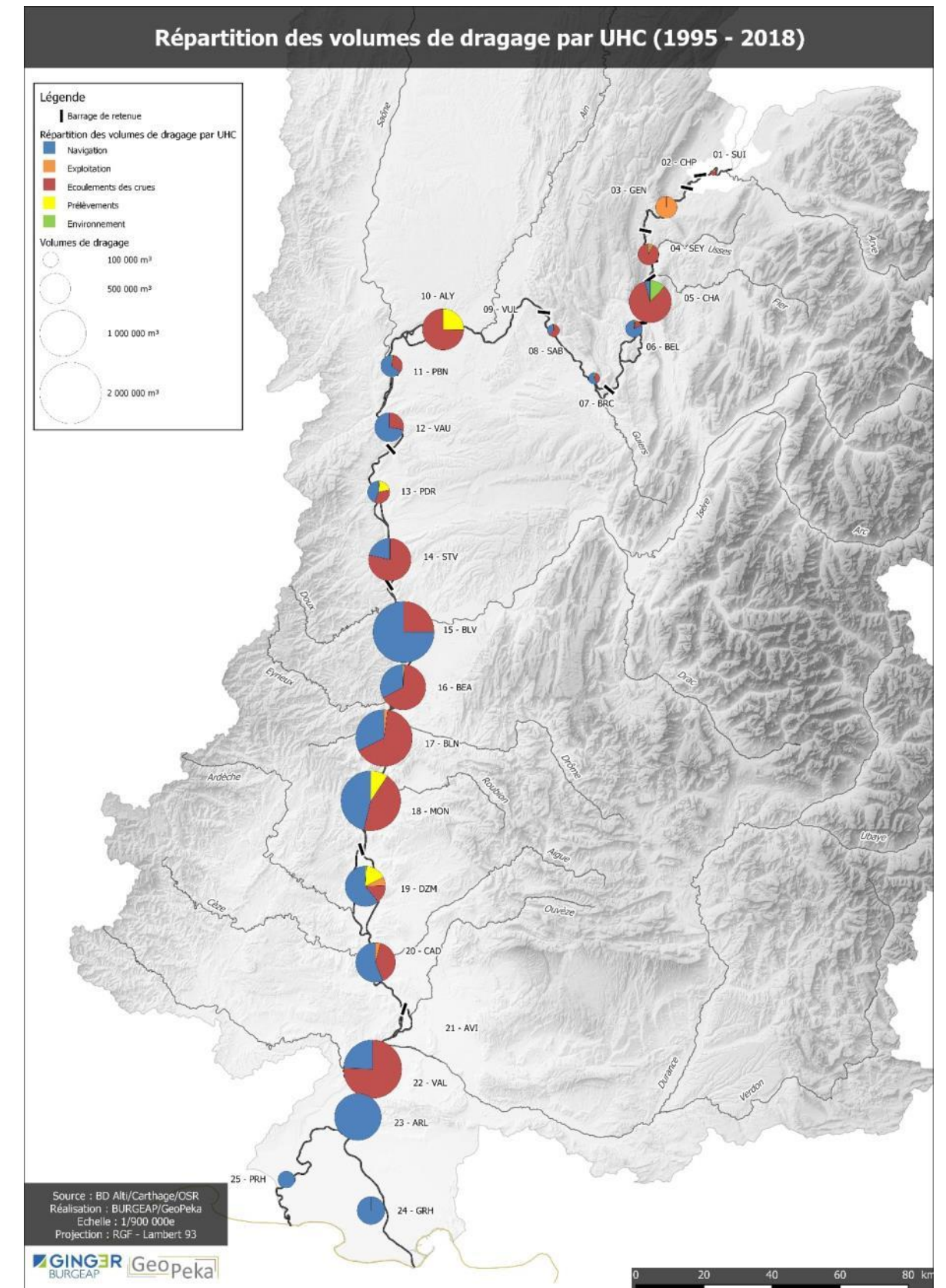


Figure 47 : Volumes annuels dragués sur 1995-2018 par UHC et par motifs d'intervention



Carte 4 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) par motifs d'intervention

Volumes répartis par localisation d'intervention

Pour mémoire, sur les 847 478 m³ dragués en moyenne par an sur la période 1995-2018, les confluences avec des affluents sont les premiers lieux de dragage avec 30,4% des volumes, avec des volumes similaires aux localisations dans les garages d'écluse (27,6%). Les retenues viennent ensuite avec 15,4% des volumes, ainsi que chenal navigable, avec les 14,7% des volumes. Les interventions dans les Vieux Rhône (hors chenal navigable) représentent 6,2% des volumes, et les autres ouvrages (CNPE, ports, haltes fluviales, prises d'eau, etc.) représentent 5,6% des volumes.

Par grands secteurs, on peut noter les tendances suivantes (Figure 48 ; Carte 5) :

- **sur le Haut-Rhône**, les localisations d'intervention sont localisées en grande partie dans les retenues, qu'il s'agisse d'intervenir pour l'écoulement des crues (notamment 05-CHA), la navigation (06-BEL) ou l'exploitation (03-GEN). L'unité de Seyssel fait nettement apparaître les dragages à la confluence des Usses. Les Vieux Rhône sont mis à contribution sur Chautagne (05-CHA) et Ain-Lyon (10-ALY) ;
- **Sur le Rhône moyen**, les unités amont de Pierre-Bénite (11-PBN), Vaugris (12-VAU), Péage de Roussillon (13-PDR) présentent des volumes limités et des localisations variées, avec une part toujours significative des confluences comme évoqué précédemment. Sur St-Vallier (14-STV) et Bourg-lès-Valence (15-BLV), les volumes augmentent et concernent les confluences pour l'écoulement des crues, et la navigation nettement à partir de Bourg-lès-Valence dont les garages d'écluse et chenal navigable sont soumis aux apports limono-sableux de l'Isère (57 589 m³/an) ;
- **Sur le Bas Rhône**, la part des confluences reste significative à 20 000 m³/an et plus sur Beauchastel (16-BEA) (Eyrieux), Baix-Le-Logis-Neuf (17-BLN) (Drôme, Ouvèze) et Montélimar (18-MON) (Roubion, Escoutay). La part des garages d'écluse est inférieure à celle de 15-BLV, mais reste soutenue autour de 25 000 m³/an jusqu'à Donzère Mondragon. Sur Caderousse (20-CAD) et Avignon (21-AVI), les volumes diminuent et donnent une part plus importante au chenal navigable (port du Pontet). Quant à l'unité de Vallabrègues (22-VAL), elle est marquée par les apports de la Durance et l'entretien des garages d'écluse ;
- **Sur le Delta**, c'est essentiellement le chenal navigable qui est concerné, surtout sur le Palier d'Arles (23-ARL), et l'entretien des garages d'écluse et embouquement de Barcarin vient compléter les motifs du Grand Rhône (24-GRH).

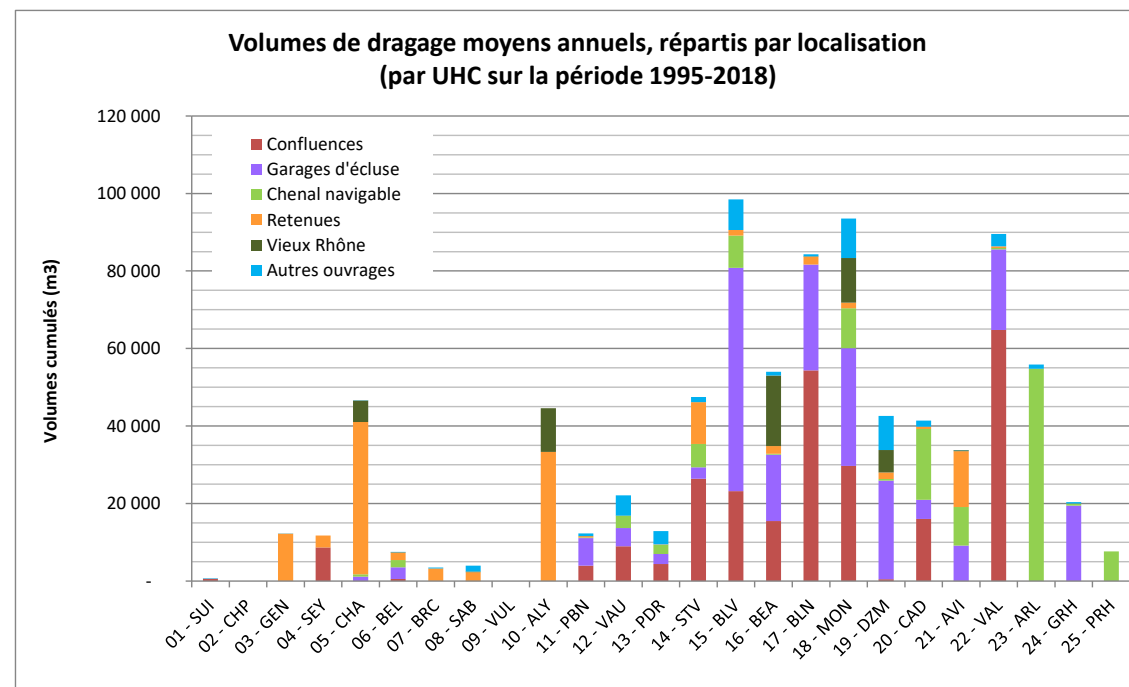
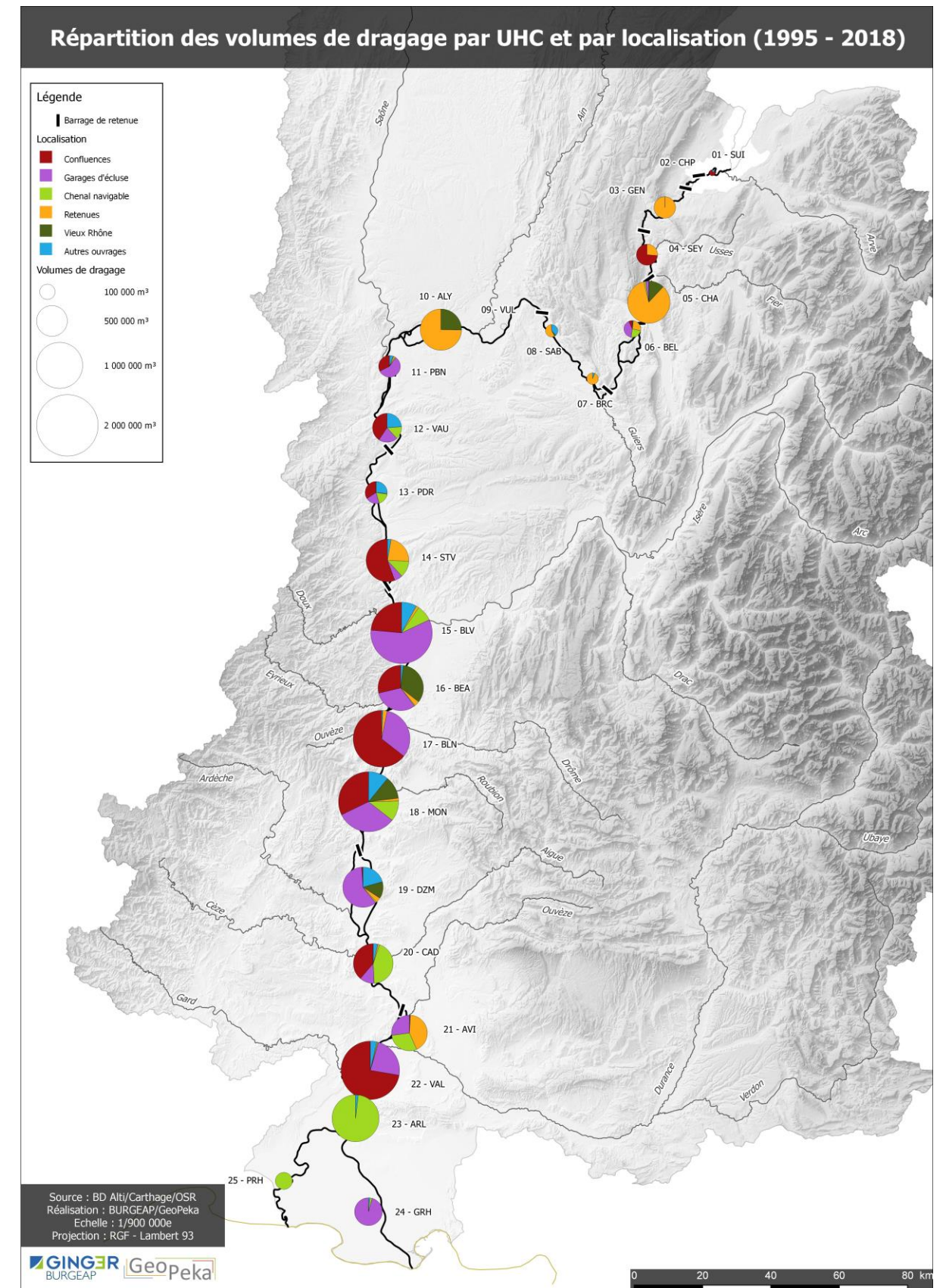


Figure 48 : Volumes annuels dragués sur 1995-2018 par UHC et par localisations



Carte 5 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) par localisation

• Volumes répartis par devenir des sédiments

Pour les actions renseignées à partir de 2001 sur le devenir de sédiments, la Figure 49 illustre la répartition des volumes par UHC en fonction des destinations pour les sédiments.

Pour mémoire, globalement, 86,5 % des volumes sont restitués au Rhône, et 8,3 % sont valorisés à terre, l'essentiel de ces derniers matériaux étant grossier (98% des sédiments fins sont restitués au Rhône).

Le graphique montre que les matériaux grossiers gérés à terre sont concentrés sur l'UHC Ain-Lyon (10-ALY), avec les opérations de dragages du Vieux Rhône de Neyron (271 000 m³), sur l'UHC du Palier d'Arles (23-ARL) au niveau de la difffluence Petit-Rhône / Grand Rhône (449 251 m³) et sur l'UHC de Beauchastel (16-BEA) avec la confluence de la Drôme (328 924 m³ valorisés à terre ou réutilisés).

Les autres opérations concernent l'UHC de Chautagne (05-CHA) avec le dragage de 2008-2009 dans la retenue de Motz ayant concerné les matériaux grossiers du lit du Rhône, et les dragages de l'Eyrieux (16-BEA) entre 2004 et 2008. A noter que les exports de matériaux sur le Petit Rhône concernent des limons.

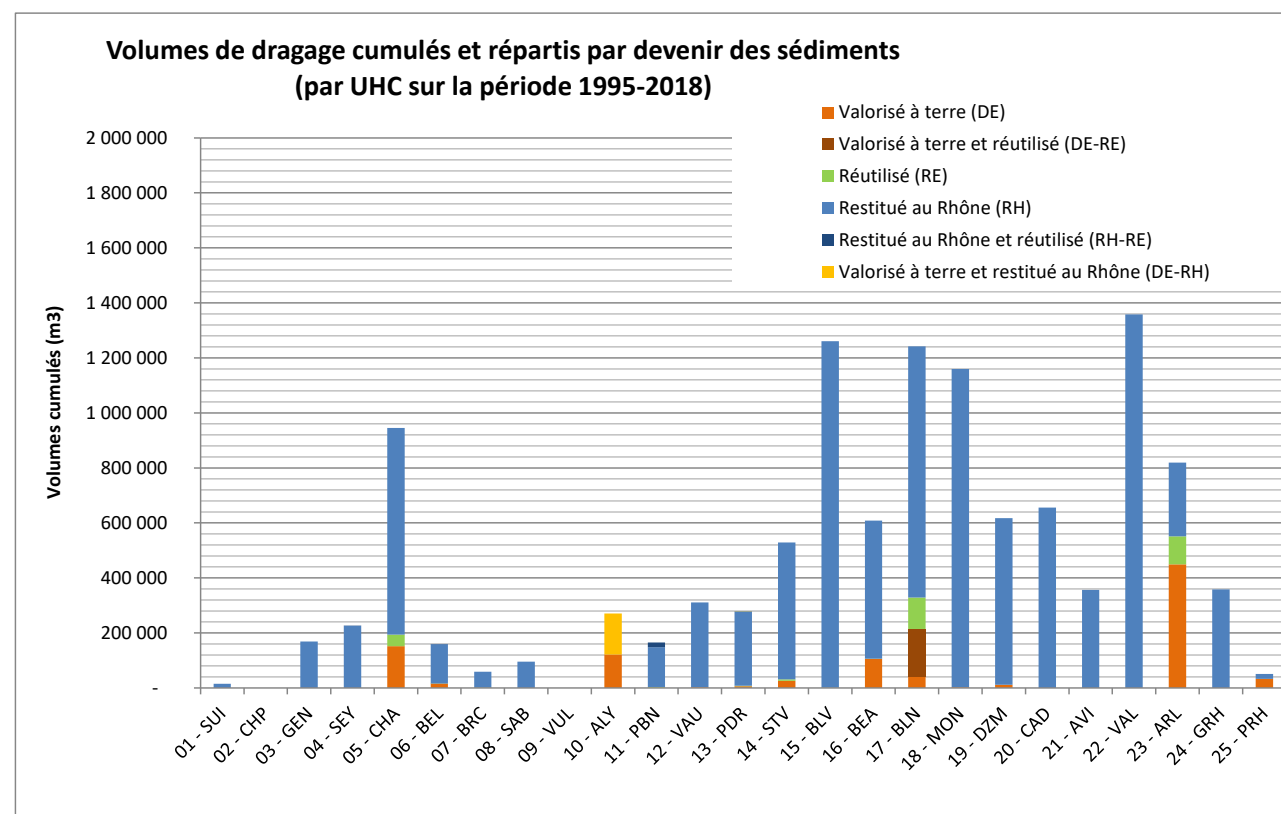


Figure 49 : Volumes annuels dragués sur 1995-2018 par UHC et par devenir des sédiments

• Volumes répartis par devenir des sédiments pour les confluences

La partie précédente peut être précisée pour les affluents, qui contribuent directement aux apports sédimentaires du fleuve ou font l'objet de dragages. Le détail des analyses sur les apports des affluents et leur devenir a été mené en Mission 2 / PARTIE C / §.3.3.5.

Sont résumés ci-dessous les principaux éléments sur le devenir des sédiments apportés par les affluents :

- Les apports des affluents à l'approche des confluences sont de 150 995 m³/an. Sur ce volume, environ la moitié (72 237 m³/an / 48%) est constituée d'apports directs au Rhône (AD) et le reste est stocké (78 758 m³/an / 52%) ;
- A comparer de ces 78 758 m³/an stockés, 85 535 m³/an ont été dragués, soit 9% de plus, ce qui signifie que les pièges à sédiments ont été plus dragués qu'ils ne se sont remplis sur la période 1995-2018. Cela peut s'expliquer par l'occurrence de crues avant la période considérée (par exemple 1993) qui avaient contribué à accumuler des sédiments aux confluences ;
- La plupart des confluences font l'objet de dragage dans les UHC. Seuls les apports de l'Ain et de l'Ardèche ne sont pas dragués parmi les affluents majeurs, et il faut aller chercher de petits affluents pour trouver d'autres cours d'eau non dragués : par exemple l'Allondon (3 000 m³/an) et la Loire (1 000 m³/an) dans la retenue de Chancy-Pougny (02-CHP), la Valserine (1 000 m³/an) dans la retenue de Génissiat (03-GEN), et toute une série d'autres petits cours d'eau : l'Annaz, la Bourbre, le Saluant, le Dolon, ruisseau de Limony, la Véore, ruisseau de Lorobouire, la Petite Berre ; la situation de l'Escoutay (5 000 m³/an / 18-MON) a évolué au cours des années : les dragages ne sont plus réalisés à la confluence, mais dans le chenal navigable que ses apports contraignent.
- En prenant ces 85 535 m³/an dragués, 41 800 m³/an (soit 49%) sont systématiquement restitués au Rhône ; 31 159 m³/an (36%) sont restitués ou stockés à terre selon les cas ; 9 449 m³/an (11%) a été géré à terre, et le reste n'a pas de destination connue (3 127 m³/an / 4%) ;
- Les apports totaux au Rhône, directs et issus de dragages (AD+RH), sont donc a minima, c'est-à-dire sans compter les volumes de type RHE, de 114 037 m³/an. Le devenir des sédiments est illustré par UHC sous forme d'histogramme (Figure 50) et de cartographie (Figure 51).

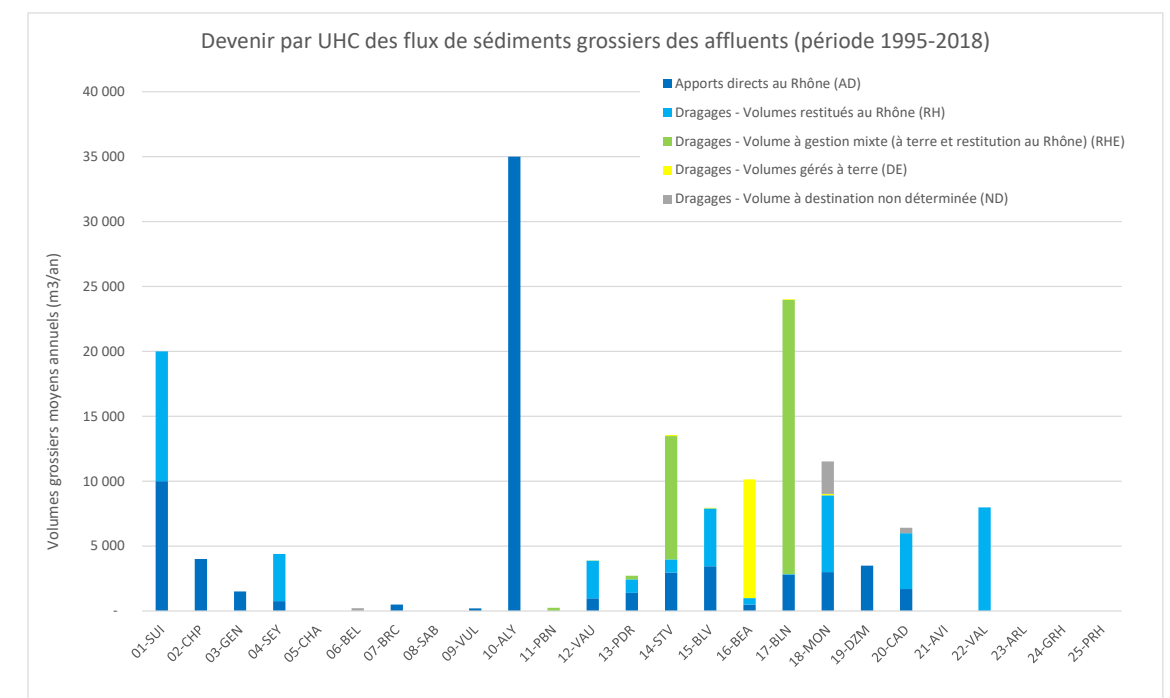


Figure 50 : Bilan des apports grossiers des affluents et de leur devenir (période 1995-2018)

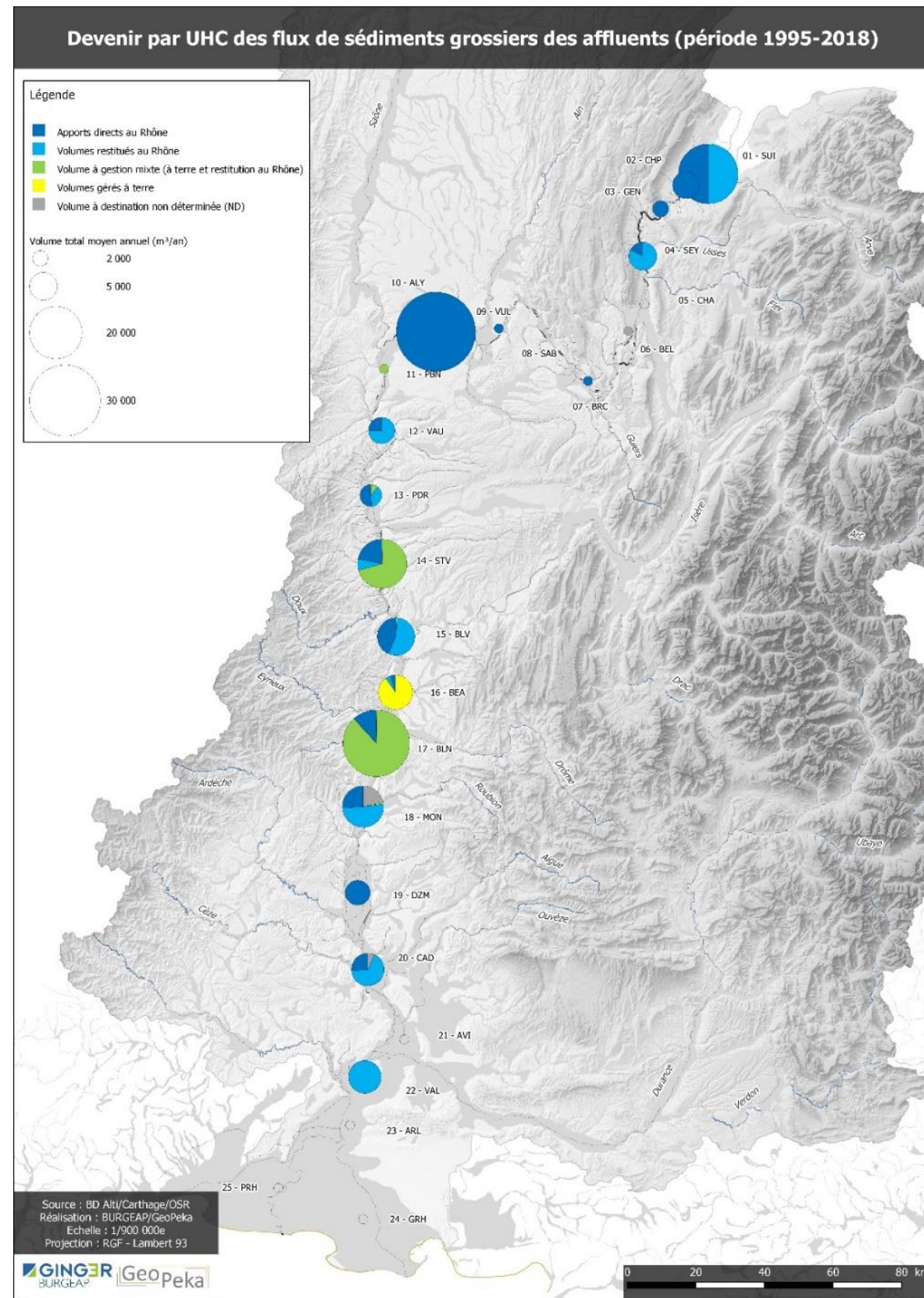


Figure 51 : Devenir des flux de sédiments grossiers des affluents par UHC (période 1995-2018)

• Volumes répartis par affluents majeurs

Le graphique ci-dessous porte sur les 18 affluents majeurs.

Il montre que 4 affluents qui ne déclenchent pas de dragage à leur confluence (Guiers, Ain, Saône, Ouvèze drômoise – uniquement de petits volumes pour sa passe à poissons), auquel s'ajoutent le Fier et l'Ardèche qui participent à des dépôts dragués en aval de leur confluence. Les 12 autres affluents nécessitent des interventions de dragages qui portent sur des sédiments fins en majorité (Isère, Ouvèze ardéchoise, Roubion, Aigues, Durance, Gardon) ou une répartition équilibrée (Usses, Doux, Drôme, Cèze). Seul l'Eyrieux apporte très majoritairement des sédiments grossiers (cf. Figure 52).

Pour les 18 affluents majeurs, 99,6% des matériaux dragués le sont pour l'écoulement des crues. Il reste une part infime pour la navigation (Arve) et d'autres motifs (passes à poissons de la Drôme et de l'Ouvèze Drômoise).

Les volumes grossiers dragués en moyenne annuelle peuvent être comparés aux apports en sédiments grossiers estimés en Mission 2 (cf. Figure 53).

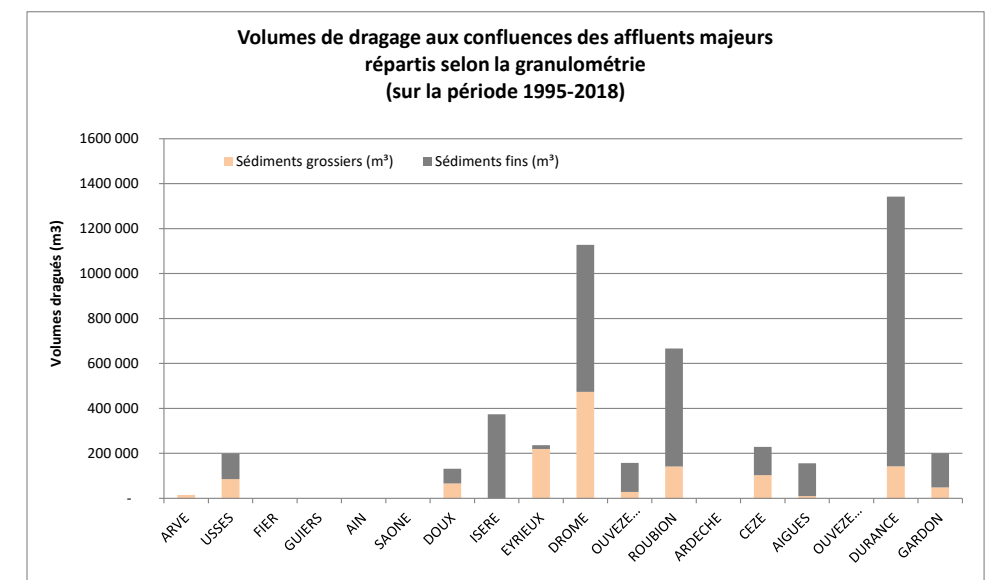


Figure 52 : Granulométrie des volumes totaux dragués sur 1995-2018 au niveau des confluences d'affluents majeurs

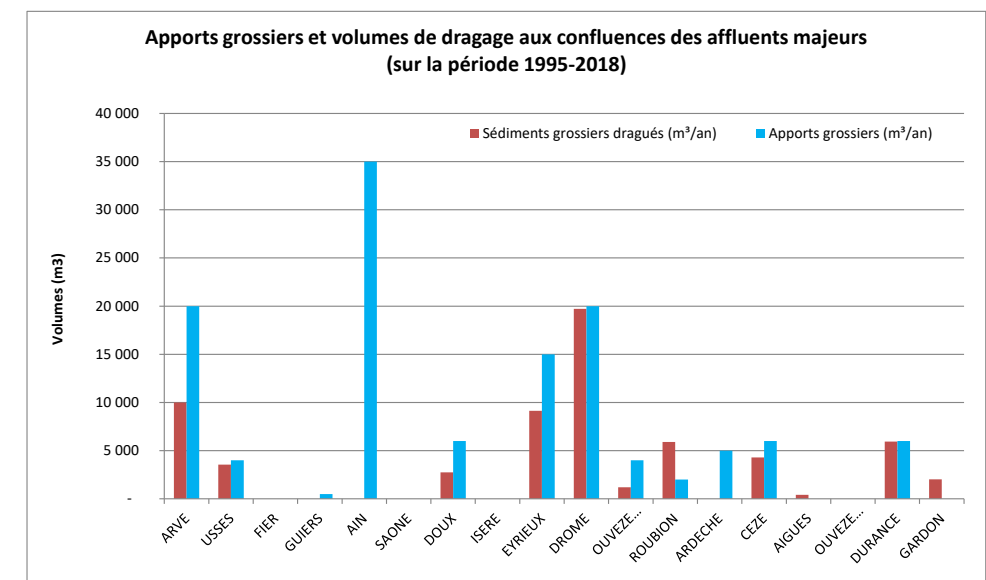


Figure 53 : Comparaison des volumes grossiers dragués et des apports grossiers en moyenne annuelle

3.6 Approche chronologique

3.6.1 Nombre d'opérations de dragages par années

Comme vu précédemment (cf. Figure 31), 947 opérations de dragage au total ont été réalisées sur la période 1995-2018, soit 39,5 opérations par an en moyenne [24 ; 58] (cf. Figure 54). Toutes les UHC sont concernées sauf celle de St-Vulbas (UHC#09-VUL) ;

La Figure 54 appelle les commentaires suivants :

- Le nombre d'opération annuel a dépassé la moyenne sur les périodes 1995-1999 et 2003-2004 (qui peuvent être reliées avec les grandes crues de 1993-1994 et 2002-2003), et sur la période 2014-2015 qui a connu une forte hydrologie moyenne et une chasse sur la basse Isère ;
- A contrario, la période de faible hydrologie de 2005 à 2013 coïncide avec un nombre plus faible d'intervention, et la chasse de la basse Isère ne semble pas avoir eu un impact marqué ;

3.6.2 Volumes globaux par années

Pour mémoire, 20 339 469 m³ ont été dragués au total sur la période 1995-2018, soit 20,3 hm³, ce qui représente une moyenne annuelle de 847 478 m³/an (cf. 3.4.2 pour d'autres informations globales).

La Figure 55 appelle les commentaires suivants :

- La moyenne annuelle de 847 478 m³/an est comprise entre un minimum de 231 530 m³ en 2007 et un maximum de 3 475 168 m³ en 1995 ;
- Le volume moyen par opération calculé à partir des cumuls annuels est de 20 827 m³ par opération ;
- L'année 1995 est exceptionnelle en termes de volumes dragués : le cumul annuel de 3 475 168 m³ est 4 fois supérieur à la moyenne, et 3 fois supérieur au deuxième maximum (1 231 172 m³ en 1996) ; le volume moyen par opération est également très élevé (66 830 m³), attestant de plusieurs opérations avec des volumes à plusieurs centaines de milliers de m³ :
 - fosse de la Feyssine : 800 000 m³ ;
 - confluence Gardon : 370 000 m³ ;
 - confluence Roubion : 259 190 m³ ;
 - garage amont de l'écluse de Bourg-lès-Valence : 228 253 m³ ;
 - confluence du Gardon : 199 500 m³ ;
 - confluence Drôme : 171 000 m³ ;
 - difffluence Petit-Rhône / Grand Rhône : 159 700 m³ ;
 - retenue de Sauveterre : 155 700 m³ ; etc.

En dehors de l'action de la fosse de la Feyssine qui s'est déroulée entre 1990 et 1995 (et qui est affectée à l'année 1995), la liste précédente montre qu'il s'agissait bien d'opérations d'entretien et non pas d'extractions qui auraient éventuellement pu se prolonger au-delà de l'arrêt de 1994 sur l'interdiction d'extraction en lit mineur. L'ampleur de ces opérations résulte globalement d'années 1992 à 1994 très fournies en crues pour le Rhône et ses affluents.

Par la suite, il est proposé de retirer l'année 1995 de l'analyse afin que celle-ci soit plus fine sur la période 1996-2018. Sans cette année 1995, la moyenne annuelle passe de 847 478 à 733 230 m³. Le volume moyen par opération passe de 20 827 m³ à 18 827 m³.

Depuis cette date, et surtout depuis 1999, il n'existe pas de tendance avérée vers une diminution ou une augmentation des volumes annuels dragués. La variabilité des volumes est importante depuis 1996 : moyenne de 733 230 m³/an, écart-type de 260 000 m³/an, minimum 231 530 m³/an, maximum 1 231 172 m³/an.

- La moyenne annuelle de 847 478 m³ est dépassée sur les périodes 1995-1999 et 2003-2004 (qui peuvent être reliées avec les grandes crues de 1993-1994 et 2002-2003), et sur la période 2014-2015

qui a connu une forte hydrologie moyenne et une chasse sur la basse Isère (garages d'écluse de Bourg-lès-Valence et de Montélimar). Les années 2008-2009 sont également élevées du fait d'une opération d'envergure sur la retenue de Chautagne (767 496 m³), et des suites de la chasse de la basse Isère de 2008 (garage d'écluse de Bourg-lès-Valence et Baix-le Logis-Neuf).

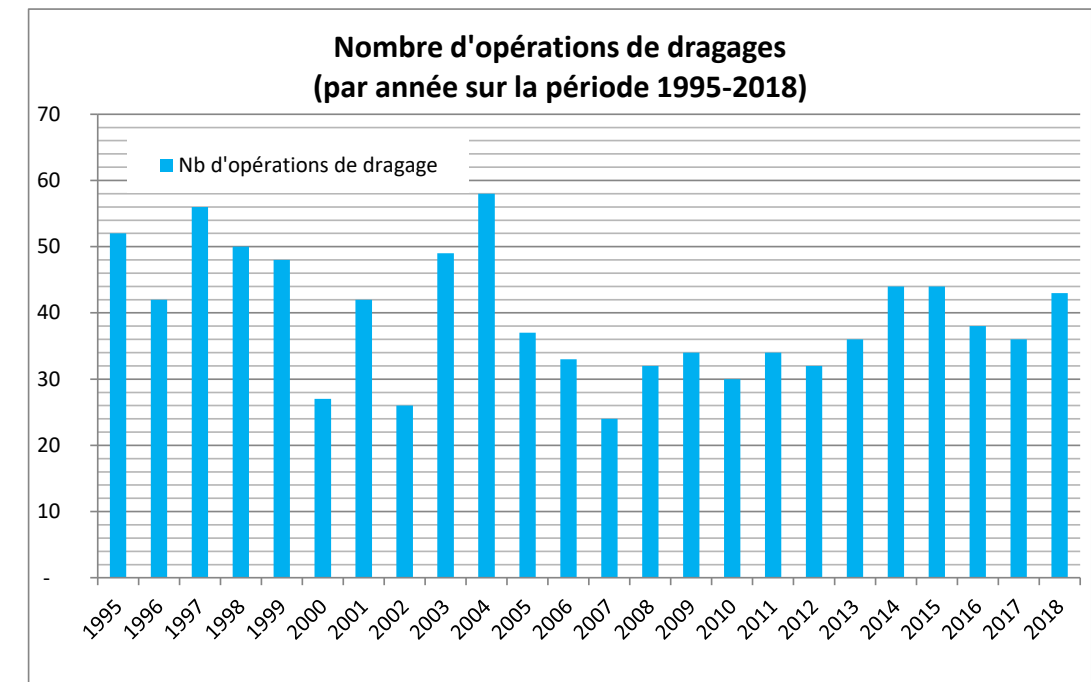


Figure 54 : Chronique du nombre d'opérations de dragages sur 1995-2018

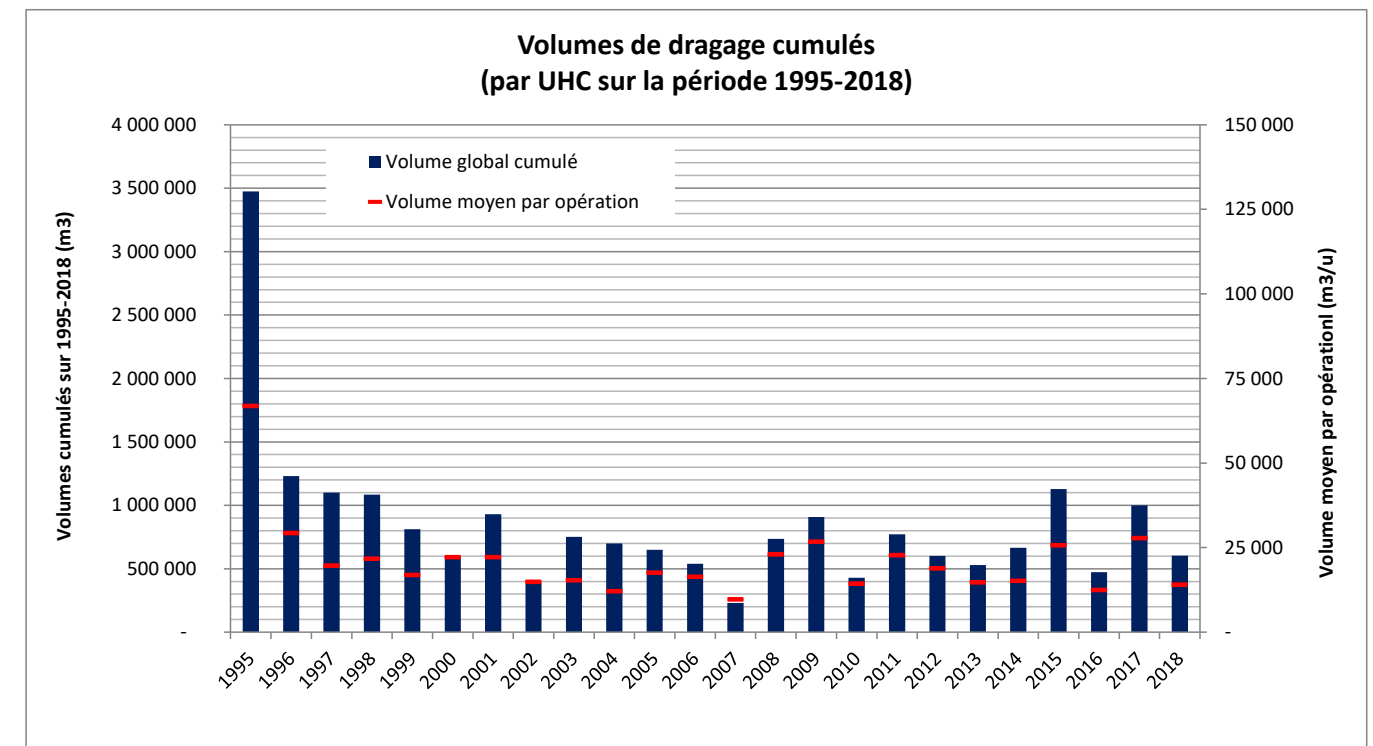


Figure 55 : Chronique des volumes totaux de dragages sur 1995-2018

3.6.3 Répartitions chronologiques

• Volumes répartis par maîtrises d'ouvrage

Pour mémoire, la CNR présente la grande majorité des opérations et des volumes avec 770 953 m³/an en moyenne, ce qui représente 91% des volumes totaux.

Le graphique de la Figure 56 confirme cette prépondérance des interventions de la CNR. Les interventions d'EDF sont régulières chaque année (19 347 m³/an en moyenne ; 15 années actives sur 23). A partir 2013, apparaissent les interventions du Grand Lyon (46 500 m³/an entre 2013 et 2018).

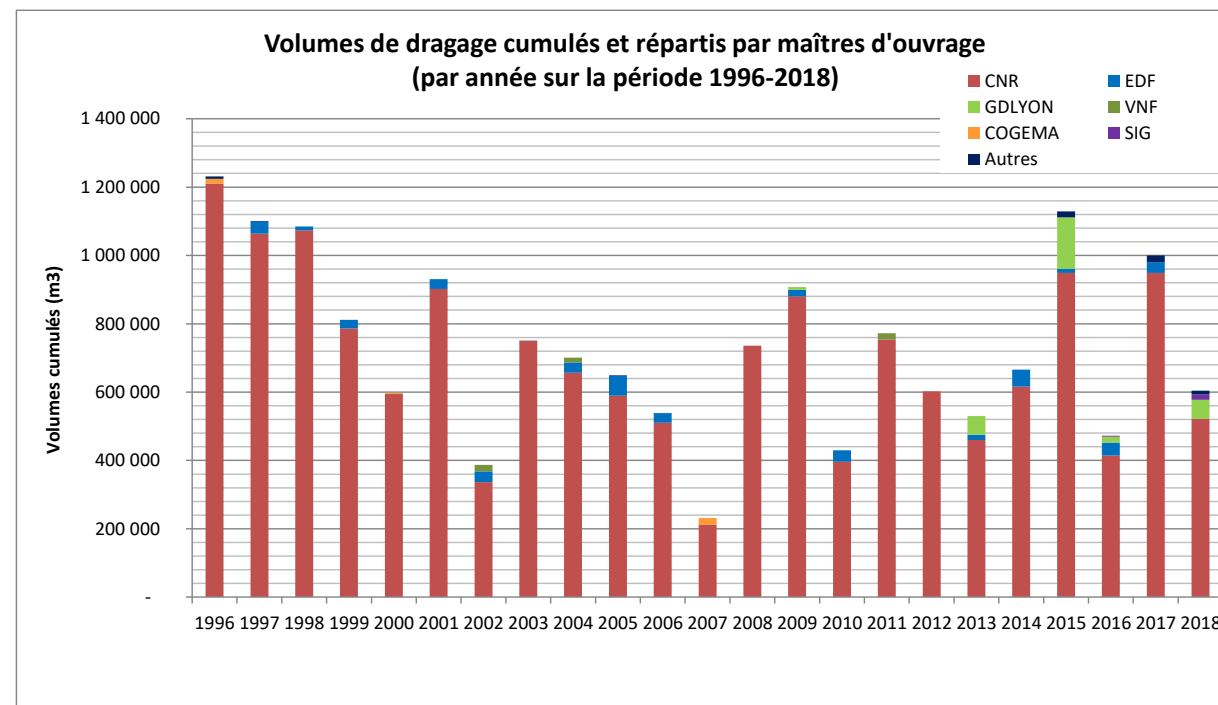


Figure 56 : Chronique des volumes de dragages sur 1996-2018 par maîtres d'ouvrage

• Volumes répartis par granulométries

Pour mémoire, sur les 847 478 m³ dragués en moyenne par an sur la période 1995-2018, la répartition par granulométrie est de 260 246 m³/an en sédiments grossiers et 1587 232 m³/an en sédiments fins, soit respectivement 30,7% et 69,3 %.

Le graphique de la Figure 57 montre que la proportion entre grossiers et fines a tendance à évoluer par périodes :

- Entre 1995 et 2002, les opérations présentent une quantité et une proportion de sédiments grossiers qui tendent à décroître (de 30-35% à 10-20%). Cela s'explique par les effets des crues de 1993-1994, qui se traduisent par des dragages sur les confluences et Vieux Rhône (Beauchastel / 16-BEA ; Montélimar / 18-MON), dont les volumes en grossiers s'appauvrissent peu à peu ;
- Entre 2003 et 2007, la proportion en matériaux grossiers augmente significativement (40% et plus), mettant en évidence le rôle des crues de 2002 et 2003 sur le Rhône et ses affluents, qui ont remobilisé des matériaux grossiers et alimenté les confluences, diffuence Petit Rhône / Grand Rhône, Vieux Rhône à enjeux de navigation (Montélimar / 18-MON) ou d'inondation (Pont-St-Esprit / 19-DZM) ;

- Depuis 2007, la tendance n'est pas avérée et semblent très sensible à certains actions volumineuses et isolées, comme le dragage de la confluence de la Drôme en 2016 qui, combiné avec d'autres opérations de confluences ou de Vieux Rhône courant, augmente la proportion de grossiers à 53 %. De même, en 2018 (44%), avec les opérations de Laveyron (confluence Cance / 14-STV) et du Grand Lyon dans le Vieux Rhône de Neyron (10-ALY). A contrario, l'année 2017, avec 14% de sédiments grossiers, est marquée par des opérations lourdes en sédiments fins (confluence Drôme / 17-BLN ; confluence Durance / 23-VAL).

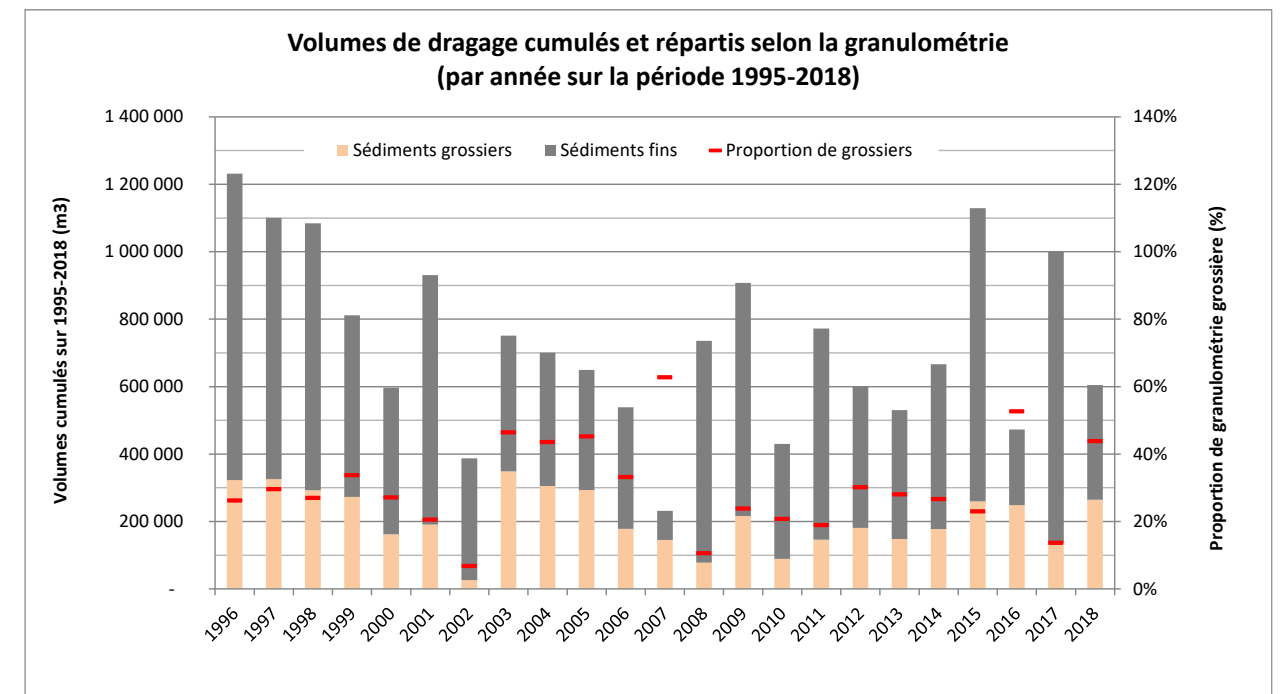


Figure 57 : Chronique des volumes de dragages sur 1996-2018 par granulométrie

• Volumes répartis par motifs et localisation d'intervention

Les graphiques des Figure 58 et Figure 59 montrent que les motifs et localisations de dragages sont très variables selon les années et ne montrent pas de tendance particulière. On peut cependant noter que :

- Certaines années sont marquées par des campagnes de dragages au niveau des confluences pour des motifs d'écoulement des crues, ou dans des retenues pour le même motif (2000, 2008, 2009, 2011, 2012, 2017, 2018) ;
- Les dragages qui font suite aux chasses de la basse Isère font relever la proportion de volume liée à la navigation : par exemple, en 2015, 79% des dragages sont motivés par la navigation, avec une forte proportion au niveau des garages d'écluse (Bourg-lès-Valence / 15-BLV ; Montélimar / 18-MON) ; en 2001 (77%), la proportion des dragages motivés par la navigation remonte pour les mêmes raisons, plus faiblement en 2008 (56%) ;
- Les dragages importants dans les Vieux Rhône (Chautagne / 05-CHA, Beauchastel / 16-BEA, Montélimar / 18-MON, Donzère-Mondragon à Pont-St-Esprit / 19-DZM) disparaissent après 2000 pour le motif d'écoulement des crues, mais se maintiennent pour la navigation, et réapparaissent à la faveur de l'opération du Vieux Rhône de Neyron pour un prélèvement AEP (10-ALY).

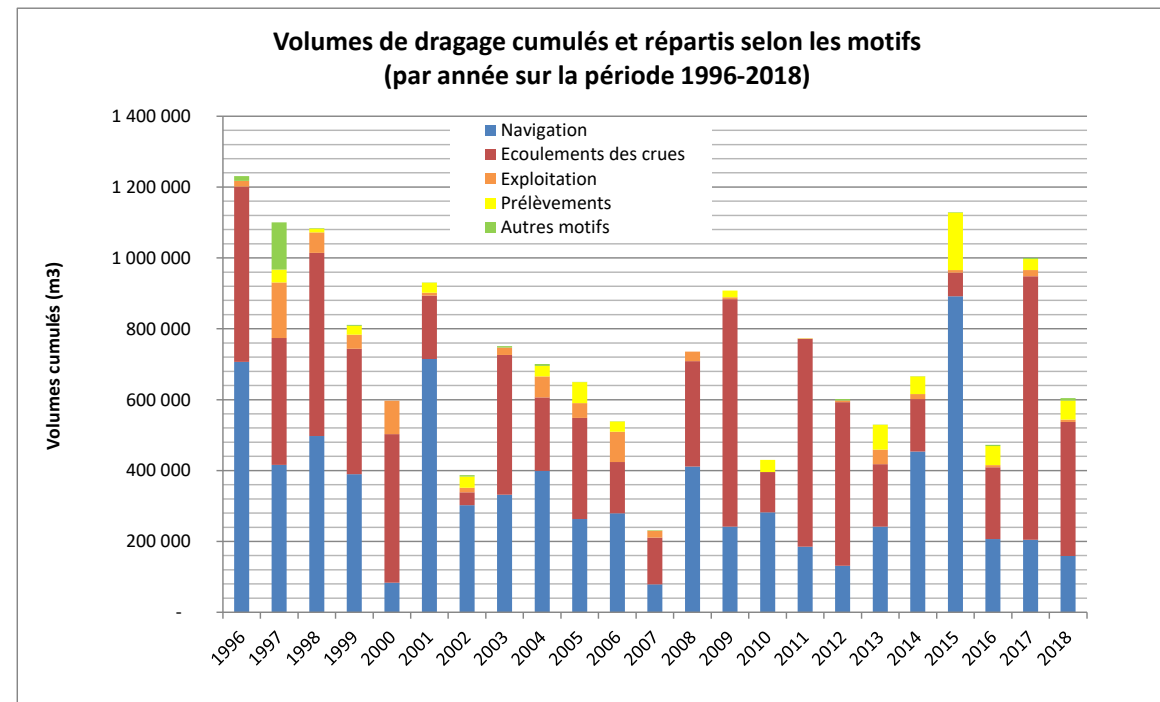


Figure 58 : Chronique des volumes de dragages sur 1996-2018 par motifs d'intervention

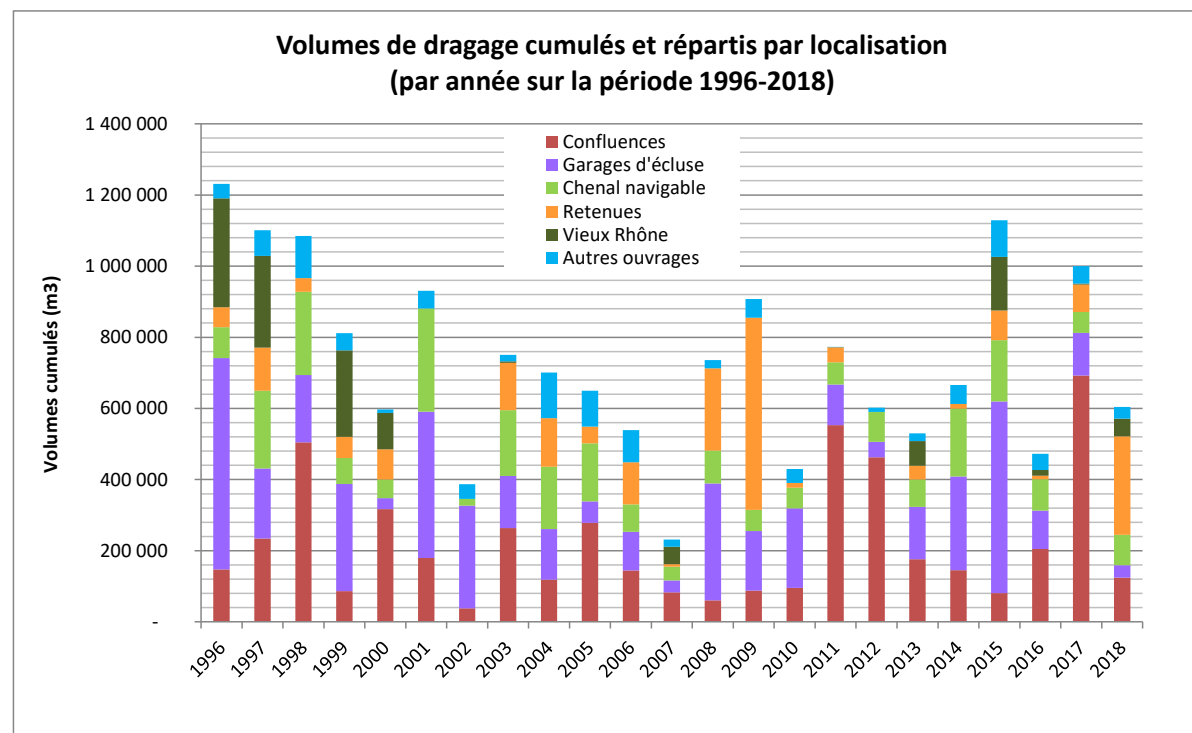


Figure 59 : Chronique des volumes de dragages sur 1996-2018 par localisations

• Volumes répartis par devenir des sédiments

Pour les actions renseignées à partir de 2001 sur le devenir de sédiments, la Figure 60 illustre la répartition des volumes dans le temps en fonction des destinations pour les sédiments.

Pour mémoire, globalement, 86,5 % des volumes sont restitués au Rhône, et 8,3 % sont valorisés à terre, l'essentiel de ces derniers matériaux étant grossier (98% des sédiments fins sont restitués au Rhône).

Le graphique met en évidence qu'en dehors d'opérations réalisées en 2013, 2016 et 2018, la gestion à terre avec valorisation et/ou réutilisation est en décroissance depuis 2001, et plus particulièrement depuis 2010. En effet, sur la période 2001-2011, un volume total de 1 093 467 m³ a été géré à terre, soit une moyenne annuelle de près de 100 000 m³/an, alors que depuis 2011, ce total est passé à moins de 40 000 m³/an.

Les opérations courantes qui sont passées d'une gestion à terre à une restitution au Rhône sont par exemple les dragages de la diffluence Petit-Rhône / Grand Rhône (23-ARL), la confluence de l'Eyrieux (16-BEA), la gestion de petits affluents (12-VAU, 13-PDR, 14-STV, 16-BEA, 17-BLN). Certaines opérations n'ont pas été renouvelées comme le dragage de la retenue de Motz en 2008-2009.

Les opérations réalisées depuis 2013 avec une gestion à terre sont les suivantes :

- 2013 : dragage du Vieux Rhône de Neyron (10-ALY ; 55 000 m³ de grossiers) et de la confluence de l'Yzeron (11-PBN ; 17 524 m³ de limons) ;
- 2015 : dragage du Vieux Rhône de Neyron (150 000 m³ de grossiers) avec réinjection de 89 000 m³ en réhabilitation d'une ancienne gravière ;
- 2016 : dragage de la confluence de la Drôme (17-BLN ; 174 000 m³ dont 156 600 m³ de grossiers) ;
- 2018 : dragage du Vieux Rhône de Neyron (50 000 m³ de grossiers) et du chenal navigable au pont de la Loi (05-CHA).

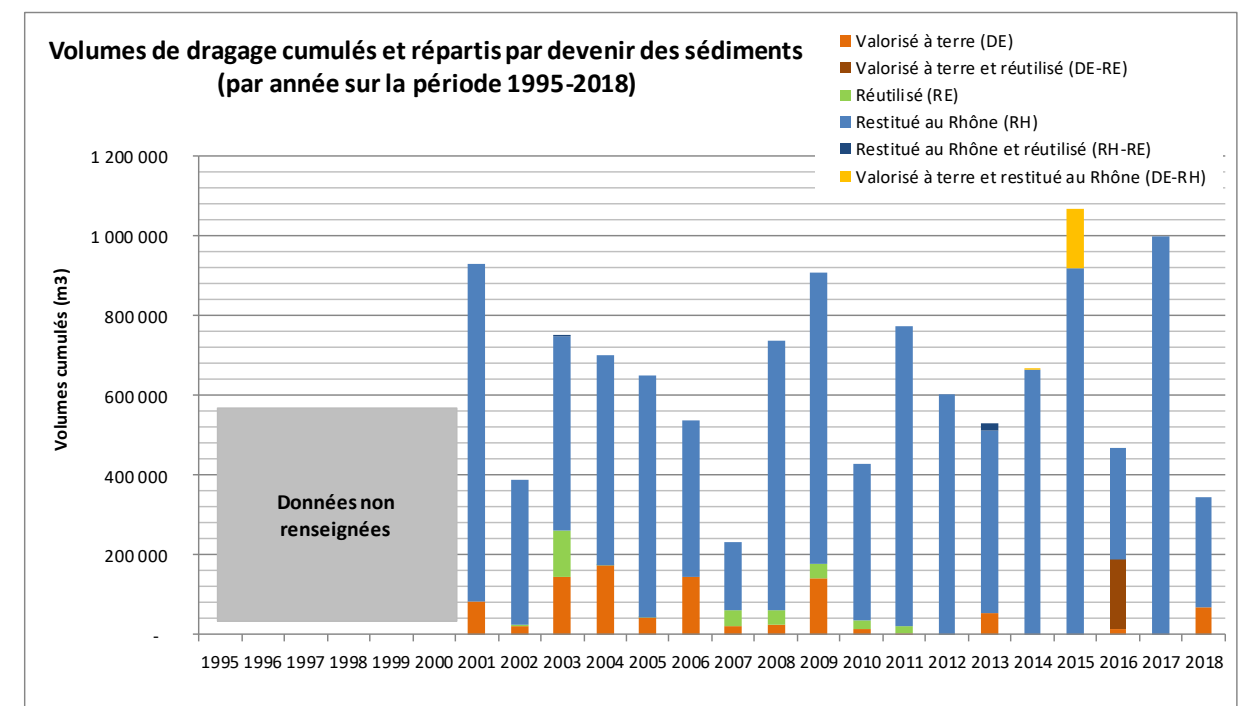


Figure 60 : Chronique des volumes de dragages sur 2001-2018 selon le devenir des sédiments

3.7 Approche par motifs d'intervention

L'approche par motifs d'intervention est complémentaire des approches précédentes, et notamment de la partie 3.4.4 / Volumes répartis par motifs d'intervention :

- Navigation,
- Ecoulements des crues,
- Exploitation,
- Prélèvement,
- Autres motifs.

La Figure 59 indique les volumes par motifs ainsi que par localisations. Le détail de ces actions est fourni dans les parties qui suivent, avec illustration sur carte.

Les opérations motivées par des enjeux de navigation (9 341 665 m³ sur 1995-2018) ont logiquement lieu dans les garages d'écluse, chenaux navigables et retenues. Les autres ouvrages incluent les quais, appontements, halte fluviales, darse, et petits équipements de navigation.

Les opérations motivées par l'écoulement des crues (9 315 629 m³ sur 1995-2018), et donc les risques d'inondation ou d'érosion pour des enjeux riverains, ont lieu en très grande partie (2/3 des volumes) au niveau des confluences des affluents. Le deuxième type de site concerne les retenues, en général les queues de retenues, dans lesquelles la revanche de sécurité des systèmes d'endiguement n'est plus assurée. Enfin, les opérations ont lieu dans certains Vieux Rhône (Montélimar / 18-MON, Donzère-Mondragon / 19-DZM, Beauchastel / 16-BEA) afin de ne pas aggraver les risques pour les terrains riverains par rapport à la situation avant mise en eau des barrages ; ces opérations cependant n'ont plus été réalisées depuis 2007 (Pont-Saint-Esprit / 19-DZM).

Les opérations motivées par des enjeux d'exploitation (782 855 m³ sur 1995-2018) sont de moindre importance par rapport aux opérations précédentes et portent en très grande partie sur la retenue, avec des motifs divers : fonctionnement et sûreté d'un barrage (03-GEN), enlèvement dans une partie non navigable de la retenue (en aval du canal de dérivation), prises d'eau locales, sondes, points de réglage, etc.

Les opérations motivées par des enjeux de prélèvement (717 528 m³ sur 1995-2018) sont également secondaires en volumes et concernent des prises d'eau de CNPE, d'irrigation ou d'eau potable situées dans le Vieux Rhône ou à hauteur d'autres ouvrages.

Les opérations motivées par d'autres motifs (ou motif « environnement dans la base de données CNR initiale) (177 792 m³ sur 1995-2018) ne sont pas représentatives en termes de volume. Ces volumes sont influencés par une ancienne opération dans le Vieux Rhône de Chautagne (05-CHA) ayant conduit à remanier 133 600 m³ de matériaux (aménagement d'un bras secondaire). Les autres opérations correspondent à l'entretien de diverses passes à poissons, à la réouverture de petites confluences au moment de chasses suisses sur le Haut-Rhône, à l'entretien de bassins de joute, etc.

Le tableau ci-dessous résume les coûts des opérations avec les mêmes entrées de motif et de localisation. Les coûts sont globalement proportionnels aux volumes avec quelques différences liées aux volumes et aux localisations (cf. 3.4.4 / Volumes et coûts d'opérations).

Coûts des dragages par motifs et localisations (k€HT) sur 1995-2018								
Motif de dragage	Confluence	Garage d'écluse	Chenal navigable	Retenue	Vieux Rhône	Autres ouvrages	Total général	Total moyen annuel
Navigation	477	22 433	20 407	1 129	-	1 573	46 018	1 917
Ecoulement des crues	47 036	-	-	8 584	4 419	975	61 013	2 542
Exploitation	-	21	7	6 555	34	242	6 859	286
Prélèvement	-	-	-	-	2 860	2 400	5 260	219
Autres motifs	109	-	-	22	884	274	1 290	54
TOTAL	47 622	22 454	20 414	16 289	8 197	5 465	120 441	5 018

Figure 61 : Coûts des dragages par motifs et localisation sur 1995-2018

Volumes de dragage par motifs et localisations (m³) sur 1995-2018								
Motif de dragage	Confluence	Garage d'écluse	Chenal navigable	Retenue	Vieux Rhône	Autres ouvrages	Total général	Total moyen annuel
Navigation	83 000	5 604 843	2 999 586	181 500	6 400	466 337	9 341 665	389 236
Ecoulement des crues	6 092 699			2 258 651	851 402	112 877	9 315 629	388 151
Exploitation		5 554	408	697 911	5 147	73 835	782 855	32 619
Prélèvement					271 000	450 528	721 528	30 064
Autres motifs	13 305			950	133 600	29 937	177 792	7 408
TOTAL	6 189 004	5 610 397	2 999 994	3 139 012	1 267 549	1 133 514	20 339 469	847 478

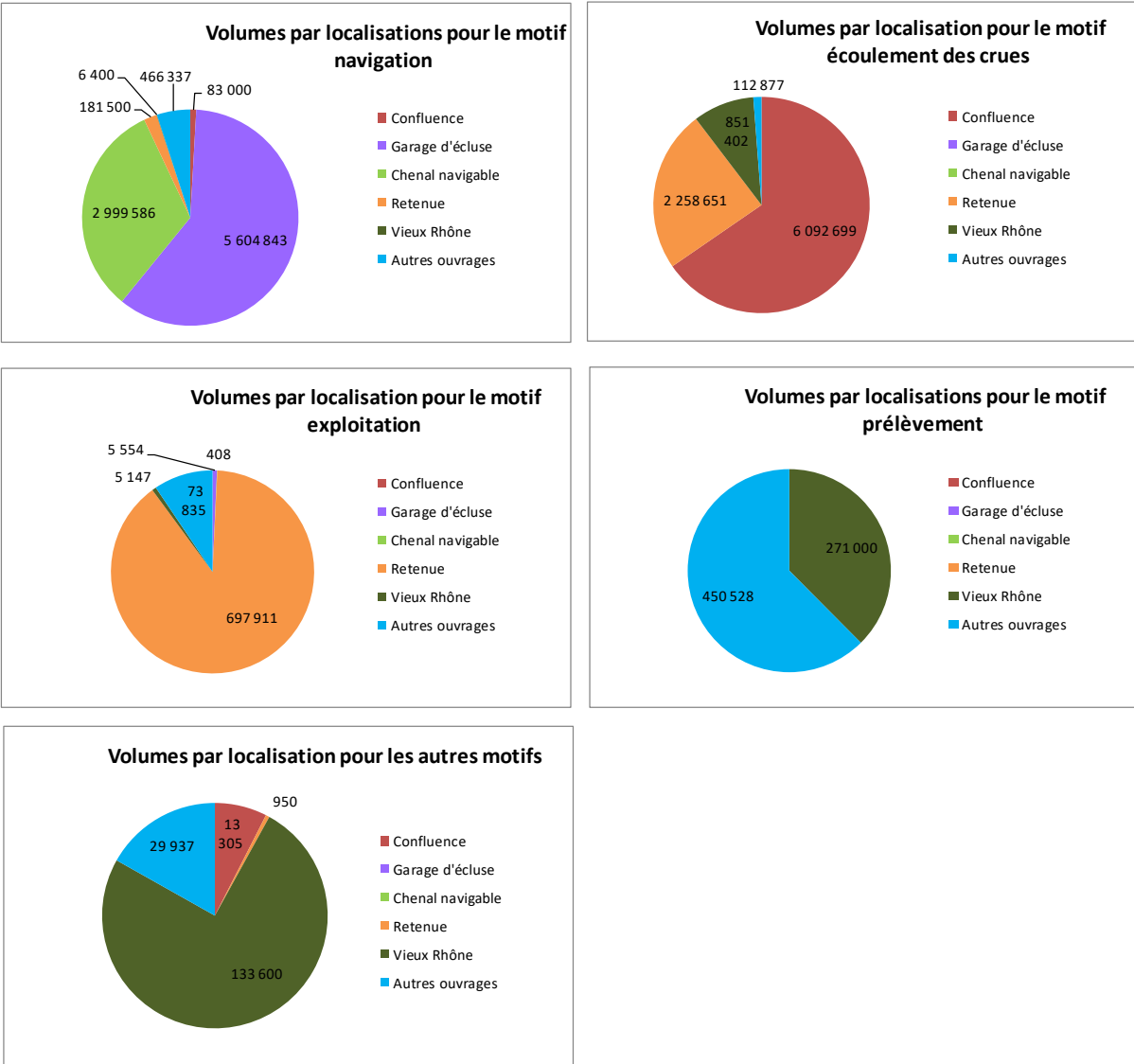


Figure 62 : Volumes de dragages par motifs et localisation sur 1995-2018

3.7.1 Pour la navigation

Pour la navigation, les volumes de dragages sur 1995-2018 qui s'élèvent à 9 341 665 m³ sur 1995-2018 (soit 389 236 m³/an en moyenne) sont répartis sur 106 sites (sur 263 au total, soit 40%), et ont fait l'objet de 421 opérations sur 947 (44 %).

Ces actions sont réparties en très grande majorité (95% des volumes) sur le Rhône en aval de Lyon, et plus particulièrement au droit puis en aval de l'UHC de Bourg-lès-Valence (cf. Figure 63), avec d'autres maxima observés à Montélimar (18-MON) au Palier d'Arles (23-ARL).

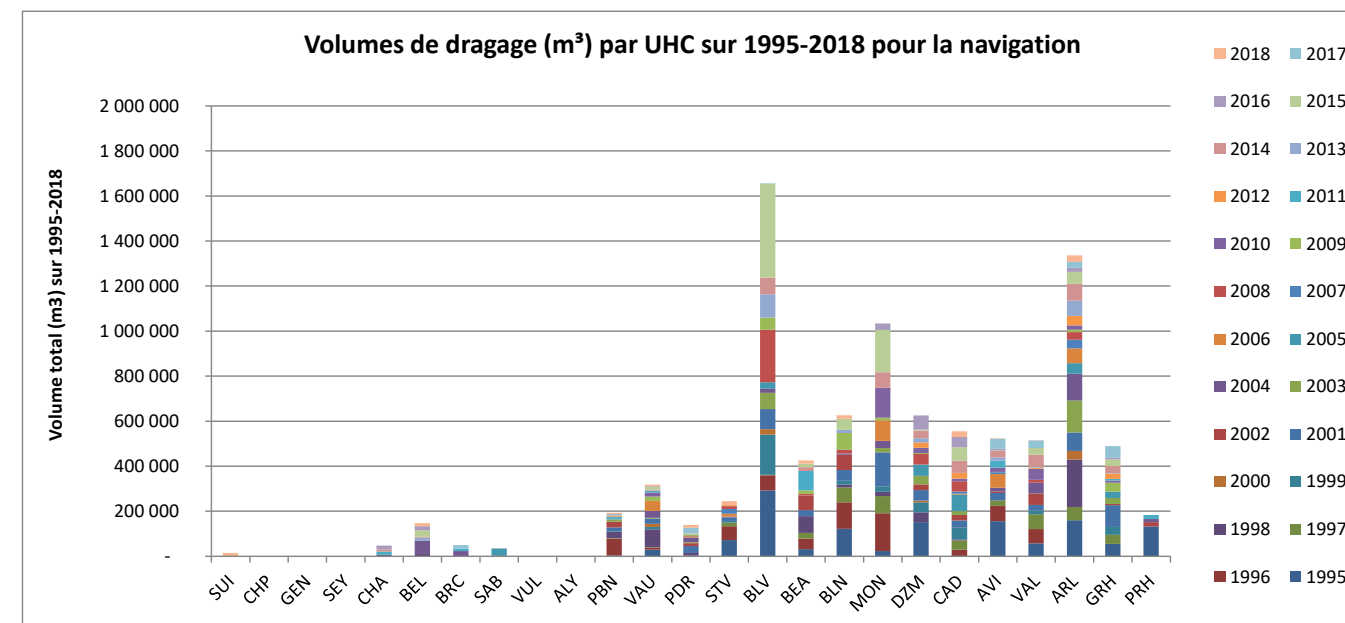
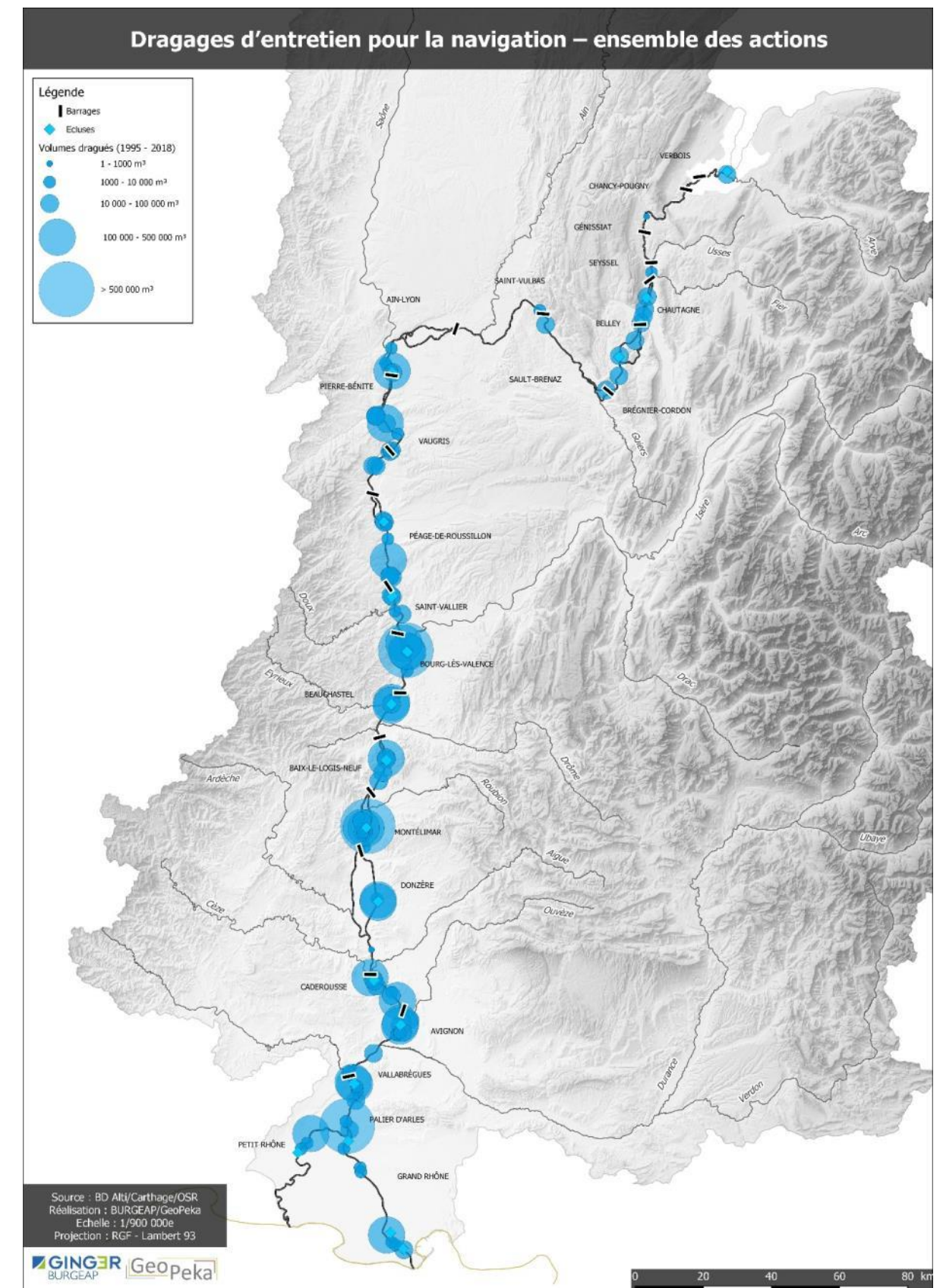


Figure 63 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour la navigation (toutes localisations)



Carte 6 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour la navigation (toutes localisations)

Localisation « garages d'écluse »

Le linéaire du fleuve Rhône compte les ouvrages d'écluses fonctionnels suivants :

- 1 écluse en Suisse au barrage du Seujet ;
- 2 systèmes d'écluse sur le Haut-Rhône (05-CHA, 06-BEL) ;
- 12 systèmes d'écluses sur le Bas Rhône (un pour chaque ouvrage hydroélectrique entre 11-PBN et 22-VAL) ;
- 2 systèmes d'écluses sur le Grand Rhône (24-GRH) : écluse de Barcarin, écluse de Port-Saint-Louis ;
- 3 systèmes d'écluse de canaux secondaires : écluse de St-Gilles entre le Petit-Rhône (25-PRH) et le canal du Rhône à Sète ; écluse du canal d'Arles à Arles entre le Rhône (24-GRH) et le canal d'Arles à Bouc ; l'écluse de Savières entre le Rhône (06-BEL) et le canal de Savières.

Soit au total 20 systèmes d'écluses. Tous ces systèmes nécessitent des opérations de dragages excepté celui du Seujet où aucun transport solide n'est observé en sortie du lac Léman. La base de données ne mentionne pas de dragage historique pour l'écluse de St-Gilles mais ce site est inscrit dans le PGPOD de VNF pour des dragages potentiels. La Figure 64 montre que les opérations concernent en premier lieu les garages d'écluses de Bourg-lès-Valence (15-BLV) qui concentrent 28% des volumes dragués, et les garages d'écluse des unités de Beauchastel (16-BEA) à Donzère-Mondragon (19-DZM), ainsi que celle de Vallabrègues (22-VAL).

Les dragages ne portent pas sur les écluses en elles-mêmes où les vitesses d'écoulement permettent toujours de remobiliser les sédiments qui pourraient franchir les portes d'écluse. Les dragages portent sur les garages d'écluse situés en amont ou en aval du système d'écluse. Ces garages, qui permettent aux embarcations de stationner, sur une durée très variable (le temps que l'écluse soit libre, ou dans le cadre d'une pause sur le trajet fluvial), présentent généralement des surlargeurs favorables à la sédimentation.

Sur la période 1995-2018, les opérations sur garages d'écluse présentent les caractéristiques suivantes :

- 33 sites d'intervention ;
- 188 opérations de dragage d'entretien des garages d'écluses ;
- 5 604 843 m³ de matériaux (2% / 115 309 m³ en sédiments grossiers ; 98 % / 5 489 534 m³ en fins), représentant un volume annuel de 233 535 m³/an ;
- Les matériaux, compte tenu de leur nature fine, sont systématiquement remis au Rhône ;
- Le coût total des opérations est de 22,4 M€HT (0,93 M€HT/an en moyenne ; 4 €/m³ en moyenne).

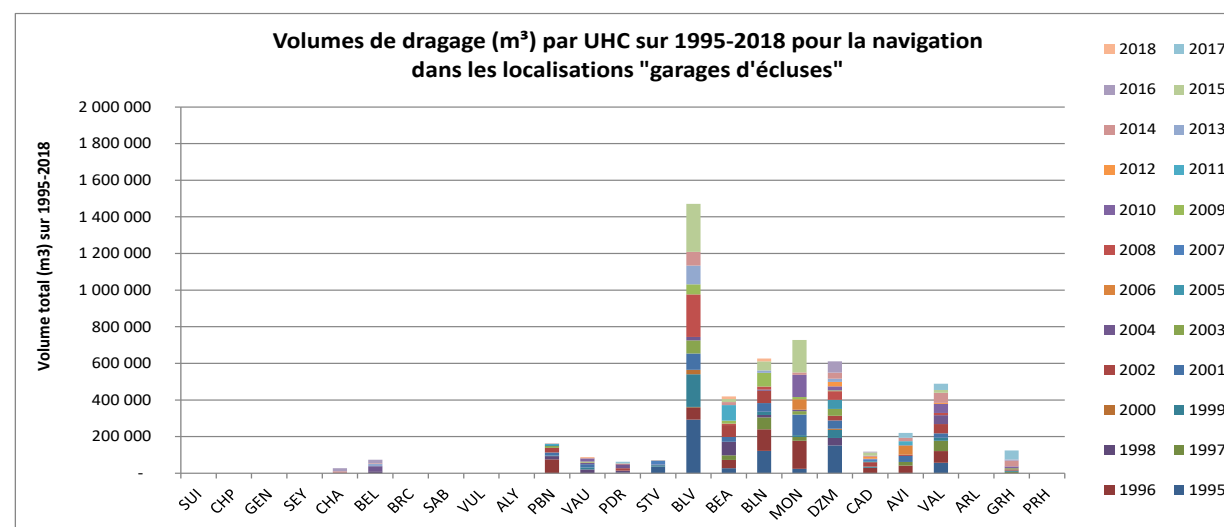
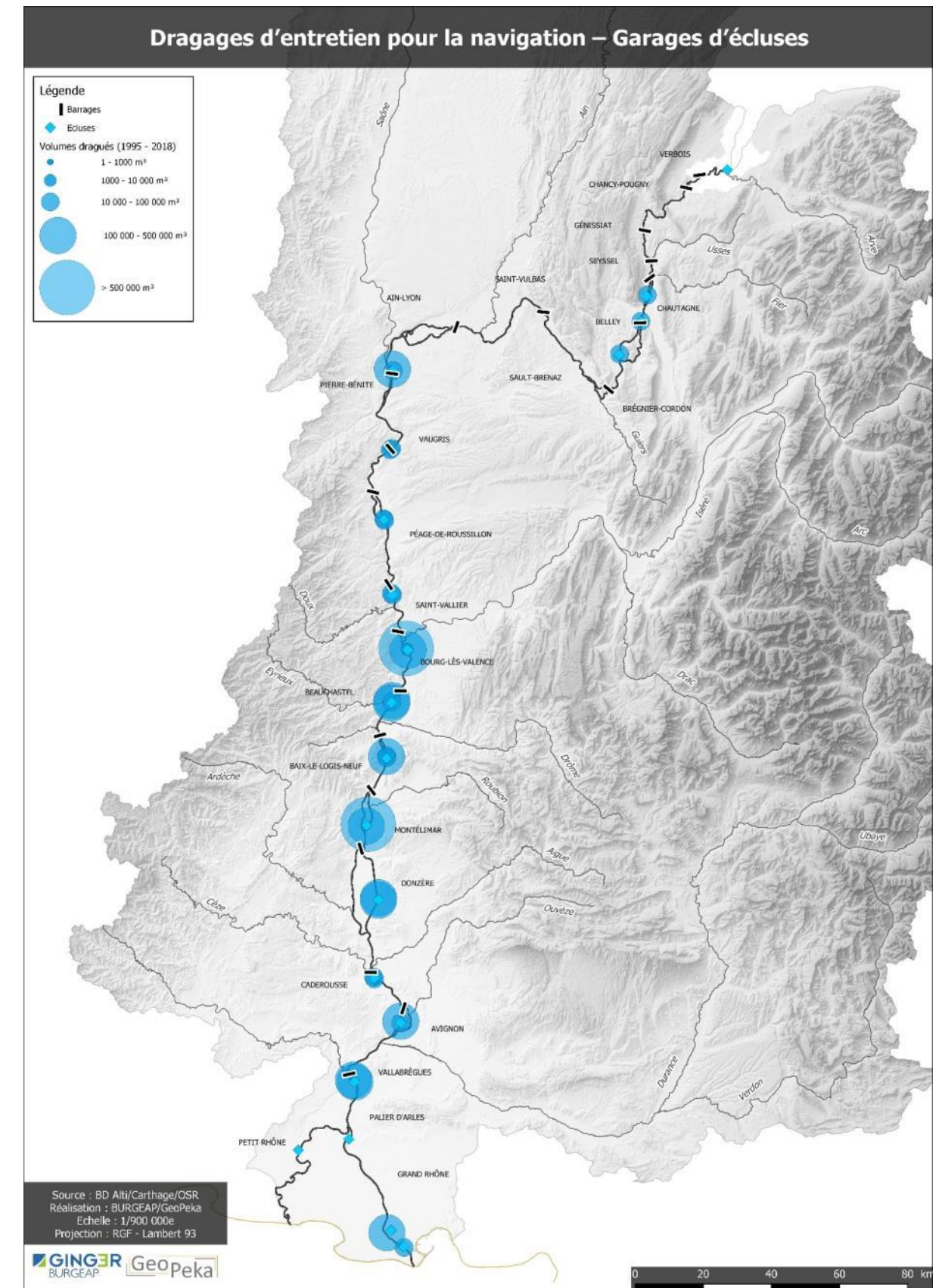


Figure 64 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour la navigation (garages d'écluses)



Carte 7 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour la navigation (garages d'écluses)

Localisation « chenal navigable et retenue »

Les localisations « chenal navigable » et « retenue » sont traitées ensemble puisqu'une localisation « retenue » dans la base de données issue de la CNR correspond également à un « chenal navigable » dès lors que le motif est la navigation.

Le fleuve Rhône comprend 331 km navigable à grand gabarit répartis en 267 km sur le Bas Rhône, 43 km sur le Grand Rhône et 21 km sur le Petit Rhône, ainsi que 86 km sur le Haut-Rhône au gabarit Freycinet.

Sur ces 417 km au total, le fleuve Rhône fait l'objet de 39 sites de gestion sédimentaire.

Les opérations sont déclenchées lorsque la profondeur de mouillage n'est plus garantie au sein du chenal navigable et/ou de la retenue (cf. rapport de Mission 3 pour conditions de navigabilité). Les besoins d'intervention sont en majorité observés en aval de Montélimar (18-MON) et en particulier sur l'UHC du Palier d'Arles (23-ARL) où les volumes dragués à la difffluence petit Rhône / Grand Rhône représentent 38% des volumes totaux.

Sur la période 1995-2018, les opérations sur garages d'écluse présentent les caractéristiques suivantes :

- 51 sites d'intervention ;
- 181 opérations de dragage d'entretien ;
- 3 181 085 m³ de matériaux (61% / 1 945 750 m³ en sédiments grossiers ; 39 % / 1 235 335 m³ en fins), représentant un volume annuel de 132 545 m³/an ; la part importante de matériaux grossiers s'explique en grande partie par les volumes totalement grossiers du Palier d'Arles ainsi que par les apports grossiers sur les lieux de dragage : Vieux Rhône de Montélimar vers le port Lafarge-ciments, accès au port de l'Ardoise sur Caderousse (20-CAD), accès au port du Pontet sur le bras d'Avignon (21-AVI), queue de retenue de Lavours du fait des apports de la Chautagne au pont de la Loi, etc.
- Depuis 2010, à une ou deux exceptions près, les matériaux ont été systématiquement remis au Rhône ;
- Le coût total des opérations est de 36,7 M€HT (1,53 M€HT/an en moyenne ; 6 €/m³ en moyenne).

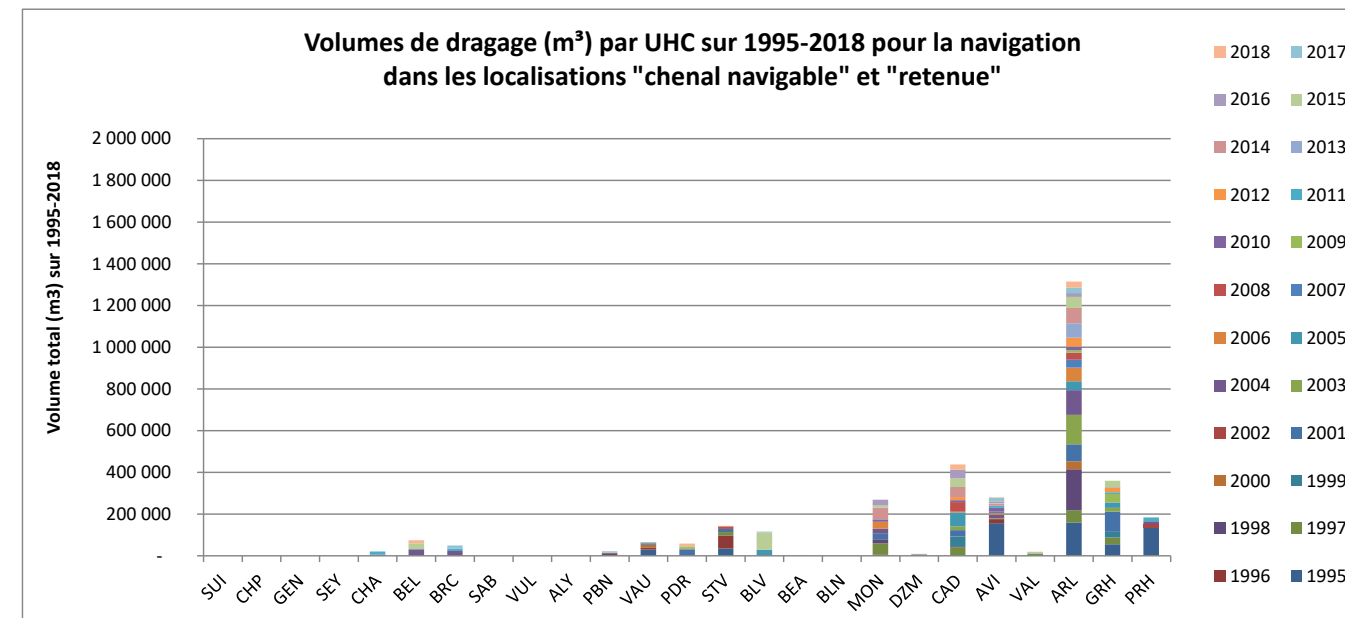
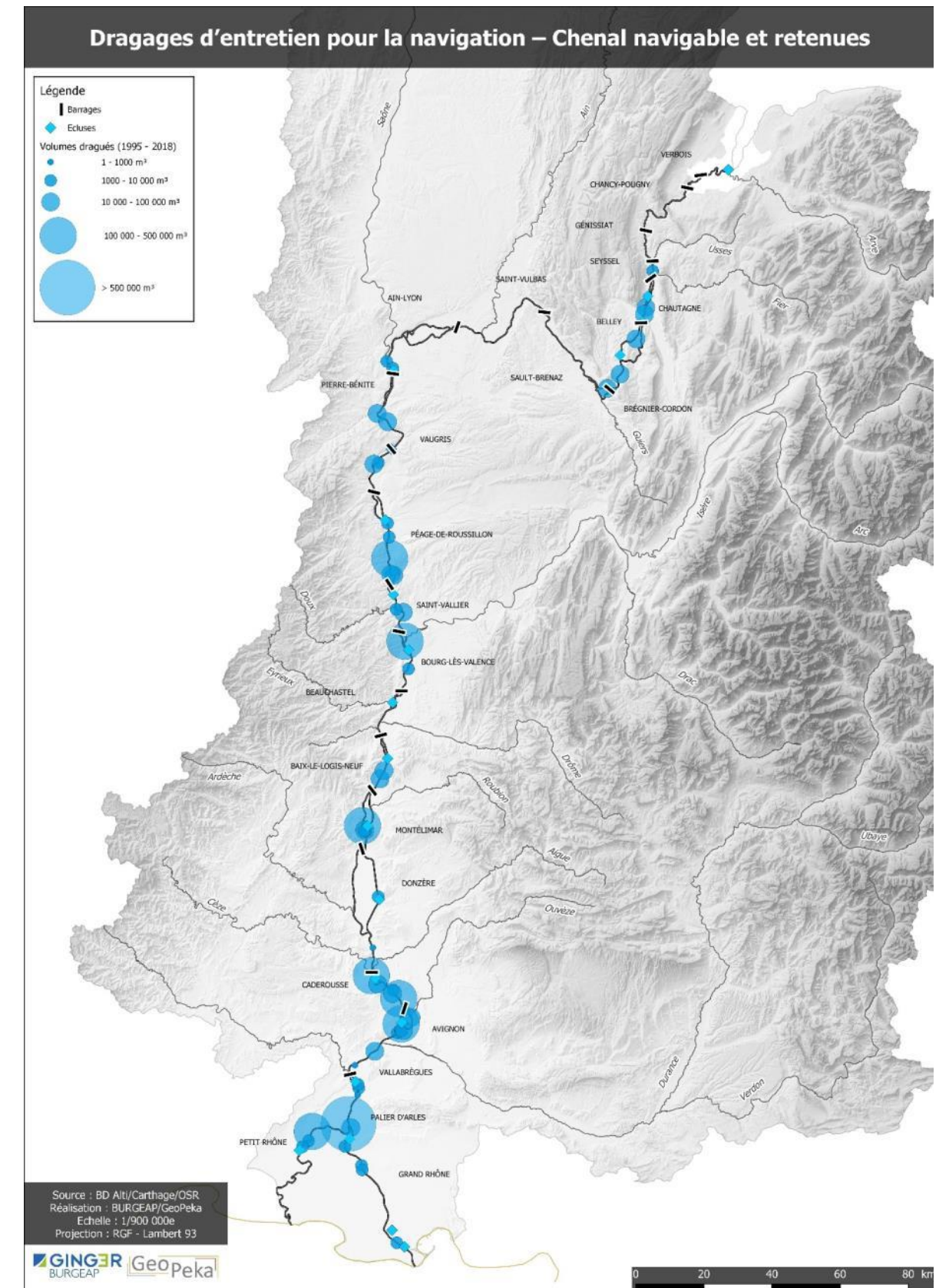


Figure 65 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour la navigation (chenal navigable et retenue)



Carte 8 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour la navigation (chenal navigable et retenue)

• Localisation « autres ouvrages »

Sur la période 1995-2018, les opérations sur les autres ouvrages (ports, haies fluviales, quais, etc.) présentent les caractéristiques suivantes :

- 19 sites d'intervention ;
- 44 opérations de dragage d'entretien ;
- 466 337 m³ de matériaux (6% / 27 161 m³ en sédiments grossiers ; 94 % / 439 176 m³ en fins), représentant un volume annuel de 19 430 m³/an ;
- les matériaux sont systématiquement remis au Rhône ;
- Le coût total des opérations est de 1,57 M€HT (65 K€HT/an en moyenne ; 3,40 €/m³ en moyenne).

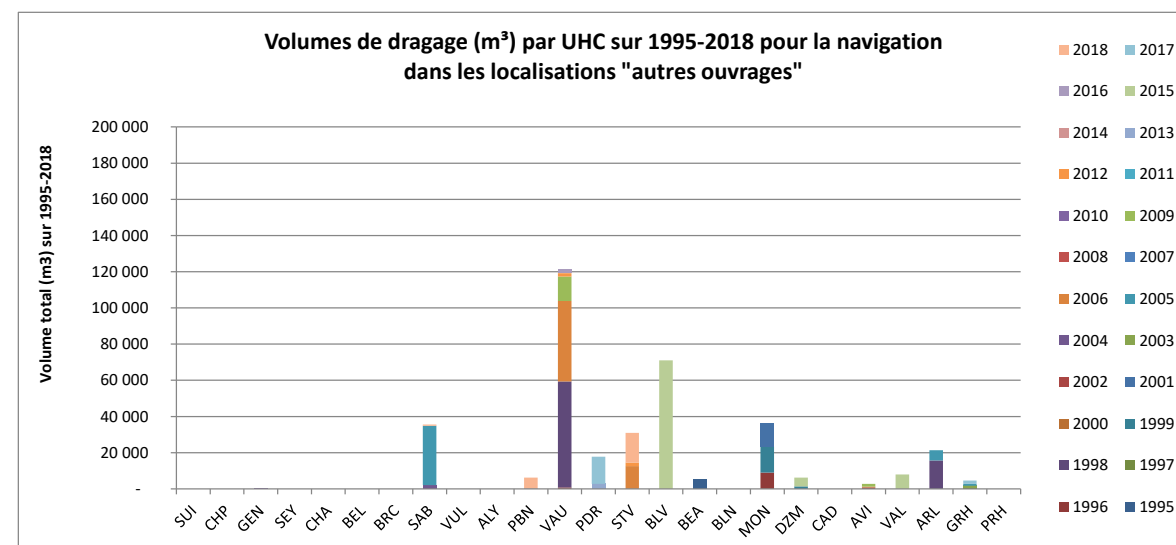
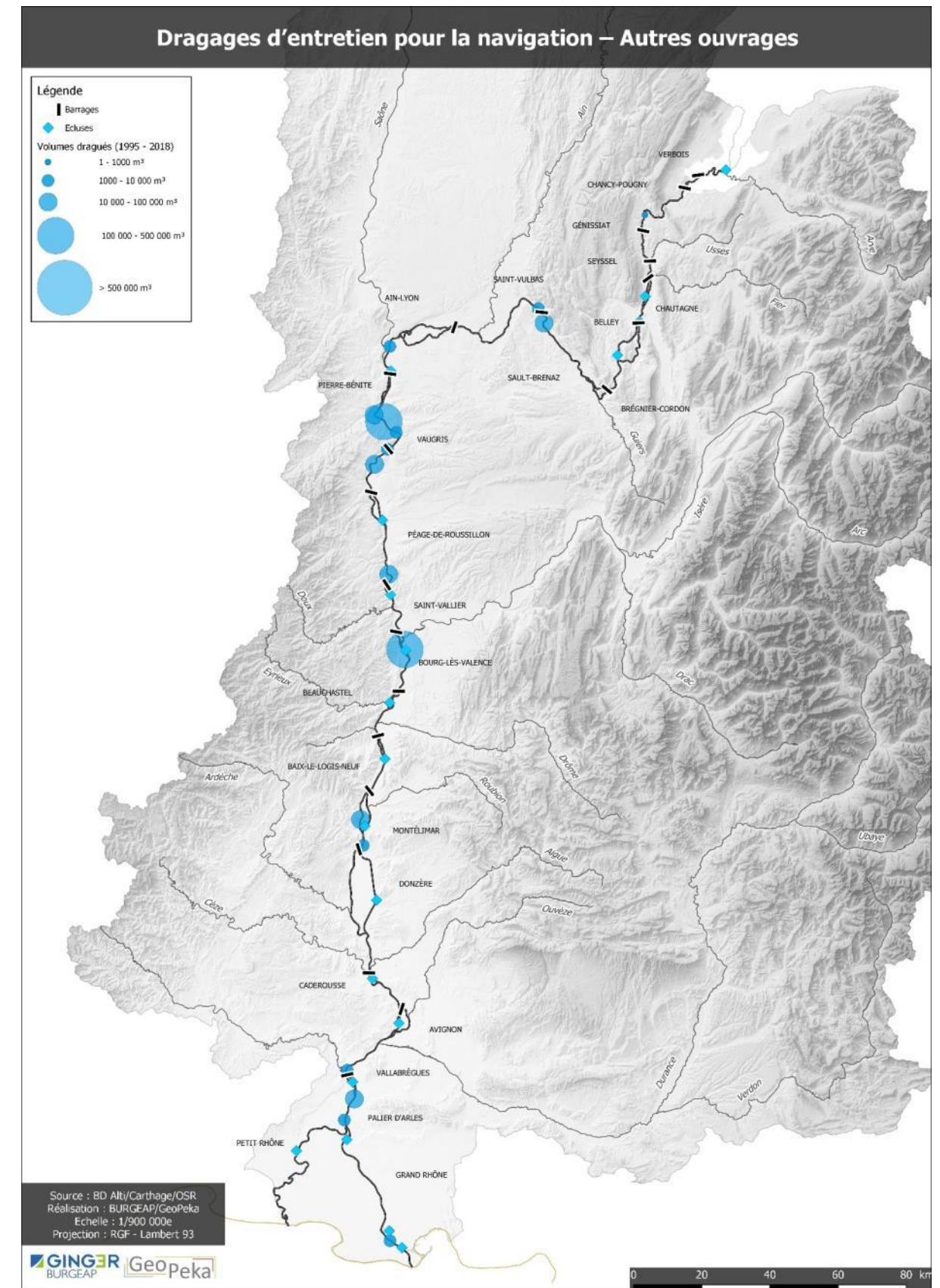


Figure 66 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour la navigation (autres ouvrages)



Carte 9 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour la navigation (autres ouvrages)

Localisation « confluence »

Le linéaire du fleuve Rhône compte de nombreuses confluences, 241 affluents au total, dont 71 font l'objet de dragages, en général pour le motif d'écoulement des crues (cf. §.3.7.2).

Seulement quelques confluences font l'objet de dragage en premier lieu pour la navigation. Il s'agit des confluences de l'Arve (01-SUI) et du Gier (12-VAU).

Sur la période 1995-2018, les opérations sur garages d'écluse présentent les caractéristiques suivantes :

- 2 sites d'intervention ;
- 4 opérations de dragage d'entretien ;
- 83 000 m³ de matériaux (96% / 79 500 m³ en sédiments grossiers ; 4 % / 3 500 m³ en fins), représentant un volume annuel de 3 458 m³/an ;
- les matériaux sont systématiquement remis au Rhône ;
- Le coût total des opérations est de 477 141 €HT (19 880 €HT/an en moyenne ; 4 €/m³ en moyenne).

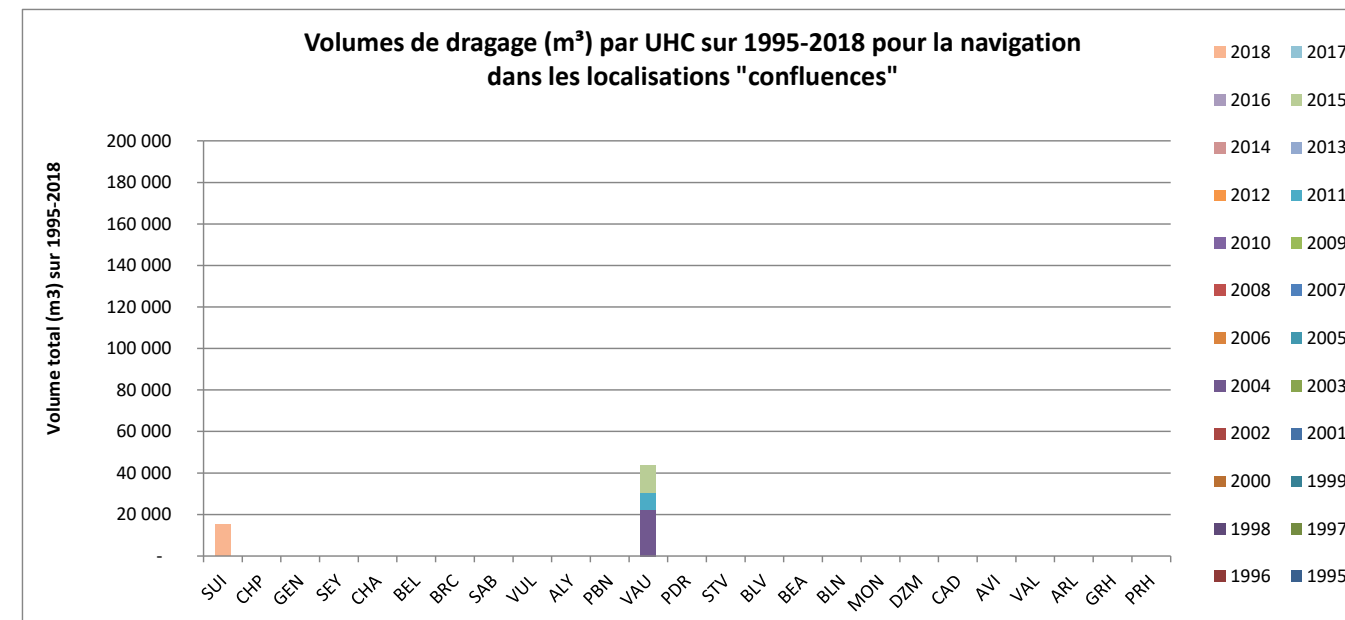
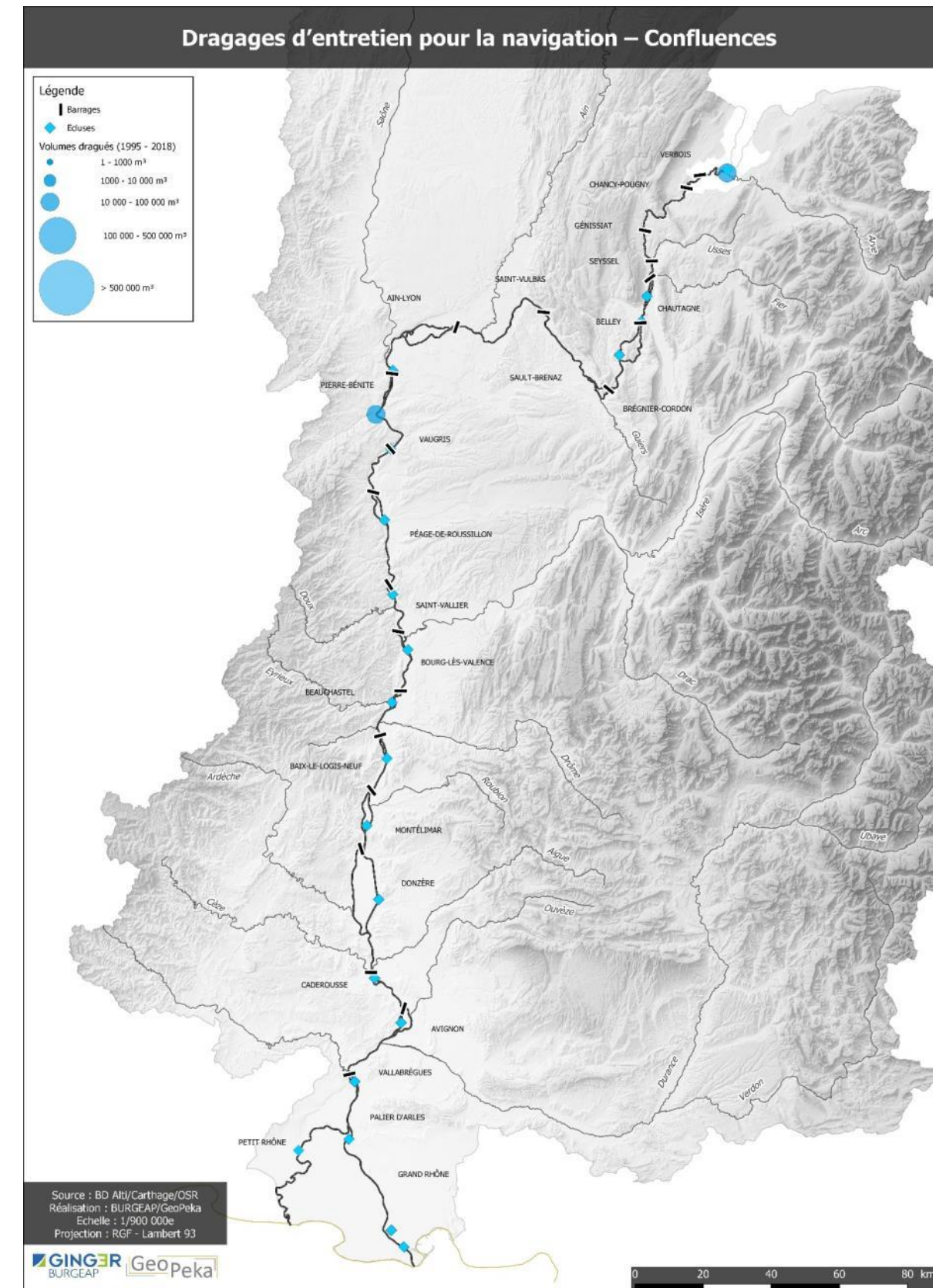


Figure 67 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour la navigation (confluences)



Carte 10 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour la navigation (confluences)

3.7.2 Pour l'écoulement des crues

Pour l'écoulement des crues, et d'une manière générale pour les enjeux de sûreté-sécurité, les volumes de dragages sur 1995-2018 qui s'élèvent à 9 315 629 m³ sur 1995-2018 (soit 388 151 m³/an en moyenne) sont répartis sur 93 sites (sur 263 au total, soit 35%), et ont fait l'objet de 334 opérations sur 947 (35 %).

Ces actions sont situées pour partie sur le Haut-Rhône sur les unités de Seyssel (04-SEY) et Chautagne (05-CHA) pour 23% des volumes, y compris l'unité Ain-Lyon où le dragage de la fosse de la Feyssine en 1995 constitue la totalité du volume. Sur le Bas Rhône, entre Lyon et St-Rambert-d'Albon, il existe une multitude de petites actions qui représentent des volumes faibles avant d'atteindre les unités de St-Vallier (14-STV) à Montélimar (18-MON) qui présentent des enjeux importants et des volumes conséquents (55% des volumes). Les enjeux aval concernent enfin pour partie Donzère-Mondragon (19-DZM), Caderousse (20-CAD), et surtout Vallabrègues (22-VAL) qui présente la valeur maximale des volumes (1,6 hm³, soit 17% du total) avec les dragages de la Durance en amont de la confluence.

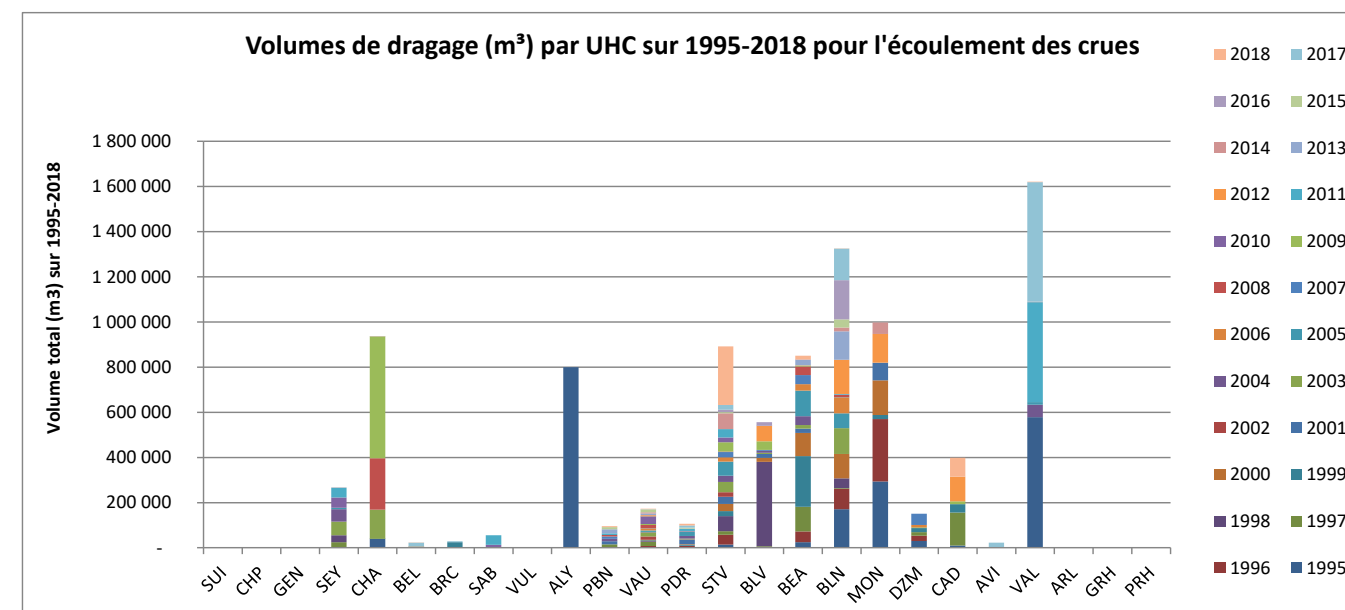
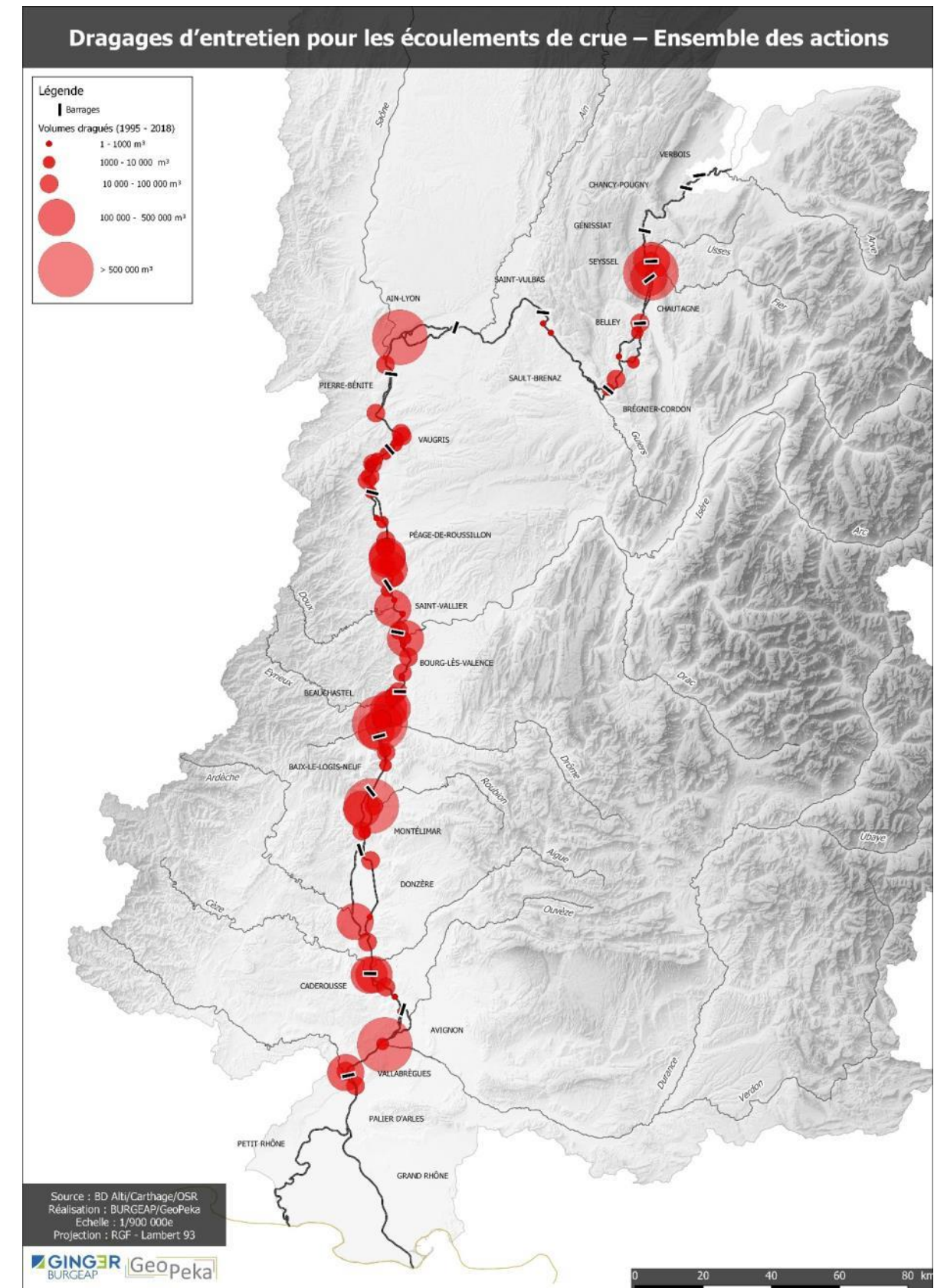


Figure 68 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour l'écoulement des crues (toutes localisations)



Carte 11 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour l'écoulement des crues (toutes localisations)

Localisation « confluences »

Le linéaire du fleuve Rhône compte de nombreuses confluences :

- **Les affluents majeurs (rang 1)** : il s'agit de 18 affluents identifiés dès l'EGR (2000) comme des contributeurs importants au fonctionnement alluvial (d'amont en aval) : Arve, Usses, Fier, Guiers, Ain, Saône, Doux, Isère, Eyrieux, Ouvèze ardéchoise, Drôme, Roubion, Ardèche, Cèze, Aigues, Ouvèze drômoise, Durance, Gardon ;
- **Les affluents principaux (rang 2)** : 52 affluents de plus de 10 km, avec ou sans action de gestion sédimentaire ;
- **Les affluents secondaires (rang 3)** : 25 affluents de moins 10 km qui font l'objet d'interventions sédimentaires par la CNR inscrite dans le dossier d'autorisation de 2011 (PGPOD CNR, 2009) ;
- **Les affluents mineurs (rang 4)** : 146 cours d'eau restants issus de la BD CARTHAGE (cours d'eau).

Soit au total 241 affluents identifiés.

Lorsque ces affluents nécessitent des actions de dragages à leur confluence, cela répond généralement à un enjeu d'écoulement des crues et de sûreté-sécurité. Les autres motifs sont la navigation et dans ce cas le dragage a lieu dans le chenal navigable et non à la confluence même ou dans le lit de l'affluent plus en amont.

Toutes les confluences ne nécessitent pas d'intervention de dragage. En effet, le dragage est généralement rendu nécessaire par le fait que les lignes d'eau du Rhône après aménagement ont un impact sur le fonctionnement de l'affluent et qu'elles favorisent des dépôts dans la partie aval de cet affluent, avant que les sédiments n'aient atteint le lit du Rhône. C'est généralement le cas si la confluence a lieu au sein d'une retenue, ou du canal de dérivation. Les apports de l'affluent qui se déposent sont alors de nature à aggraver les risques d'inondation autour de la confluence. Les sédiments doivent ainsi être dragués pour être remis dans le lit du Rhône de la confluence ou plus en aval dans un lieu sans enjeu, par exemple une ancienne fosse d'extraction. Dans certaines situations, les sédiments ont pu être valorisés à terre par le passé, plutôt dans une logique établie avant 2011 (cf. §.3.6.3 / Volumes répartis par devenir des sédiments).

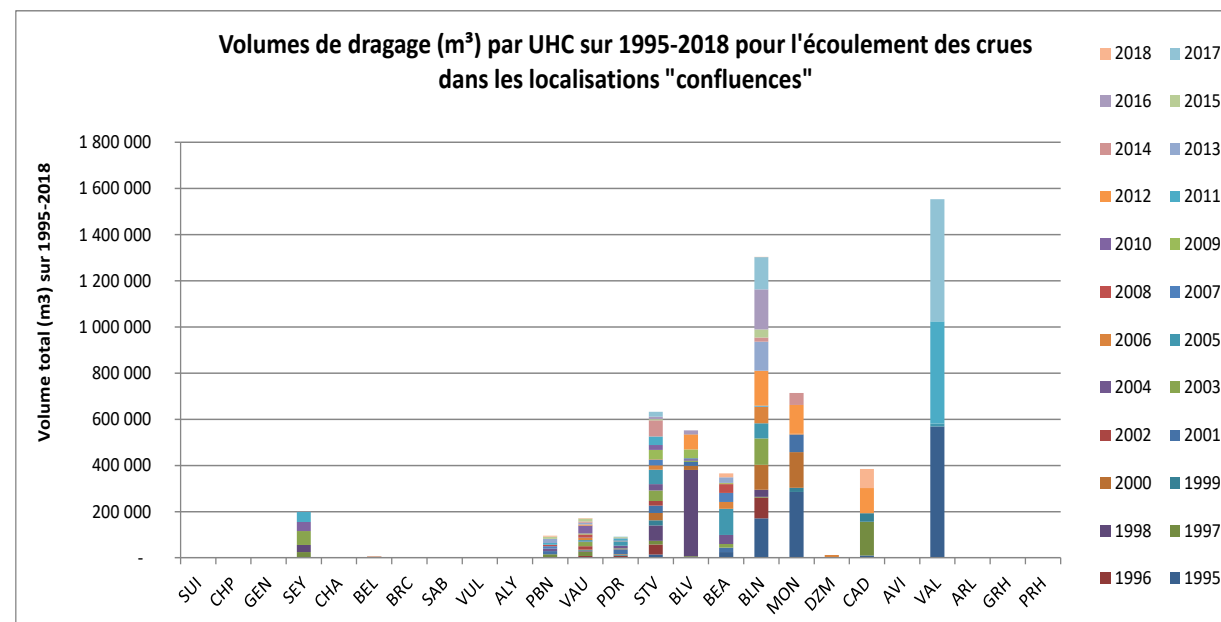
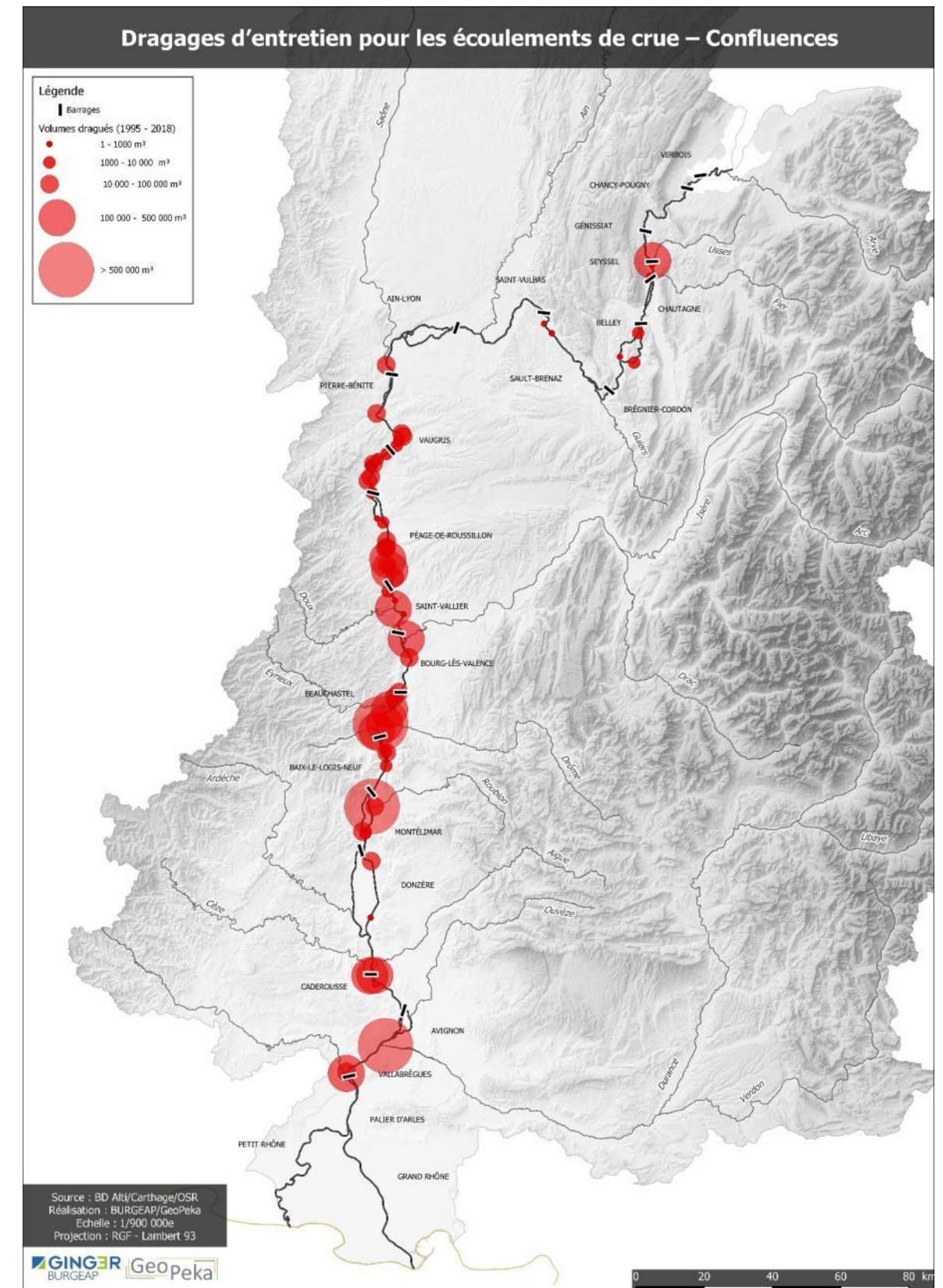


Figure 69 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour l'écoulement des crues (confluences)



Carte 12 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour l'écoulement des crues (confluences)

Sur la période 1995-2018, les opérations sur confluences pour le motif « écoulement des crues » présentent les caractéristiques suivantes :

- **62 sites d'intervention.** Chaque site correspondant à un affluent différent, 26% des affluents sont donc concernés par des dragages. On notera que parmi les 18 affluents majeurs, 6 ne sont pas directement concernés par des dragages à la confluence :
 - 4 affluents qui ne déclenchent pas de dragage :
 - Le Guiers : probablement du fait de la faiblesse de ses apports, et d'une bonne continuité dans un Vieux Rhône de Brégnier-Cordon (07-BRC) plutôt déficitaire ;
 - L'Ain : dont des apports grossiers transitent dans la retenue du barrage de Jons (10-ALY) ;
 - La Saône : qui présente des apports exclusivement fins (11-PBN) ;
 - L'Ouvèze drômoise qui ne nécessite des interventions que pour sa passe à poissons (21-AVI) ;
 - 2 affluents qui participent à des dépôts dragués en aval de leur confluence :
 - Le Fier : dont les sédiments fins et sableux participent à la sédimentation dans la retenue de Motz (05-CHA) qui a fait l'objet de dragages, notamment en 2008-2009 ;
 - L'Ardèche : dont les sédiments alimentent le Vieux Rhône de Donzère-Mondragon (19-DZM) et ont déclenché des dragages jusqu'en 2007 ;
- **277 opérations**, ce qui représente 83 % des opérations pour l'écoulement des crues ;
- **6 092 699 m³ de matériaux** (29 % / 1 788 979 m³ en sédiments grossiers ; 71 % / 4 303 721 m³ en fins), représentant un volume annuel de 253 862 m³/an ;

Pour les actions renseignées, le coût total des opérations est de 47,6 M€HT (1,98 M€HT/an en moyenne ; 7,80 €/m³ en moyenne).

Pour les dragages renseignés depuis 2011 sur le devenir des sédiments (ce qui représente un volume total de 3 716 818 m³, soit 61% du total sur 1995-2018), la Figure 70 renseigne sur les destinations des matériaux. Une très large majorité des matériaux est restituée au Rhône (86,4 %), le reste étant valorisé ou réutilisé à terre, a fortiori lorsque les matériaux sont grossiers (97% des matériaux fins issus de confluences sont restitués au Rhône). Comme en partie 3.4.4, une analyse chronologique montrerait que la tendance depuis 2011 est à une restitution plus systématique des sédiments au Rhône.

Code	Définition	Volume de grossiers (m³)	Volume de fins (m³)	Volume total sur 1995-2018 (m³)	Moyenne annuelle (m³/an)	Ratio sur volume total
DE	Valorisé à terre	155 898	33 996	189 894	7 912	5,1%
DE-RE	Valorisé à terre et réutilisé	156 600	17 400	174 000	7 250	4,7%
RE	Réutilisé	113 602	9 650	123 252	5 136	3,3%
RH	Restitué au Rhône	850 928	2 360 635	3 211 563	133 815	86,4%
RH-RE	Restitué au Rhône et réutilisé	-	17 524	17 524	730	0,5%
DE-RH	Valorisé à terre et restitué au Rhône	-	586	586	24	0,0%
TOTAL		1 277 028	2 439 791	3 716 818	154 867	100,0%

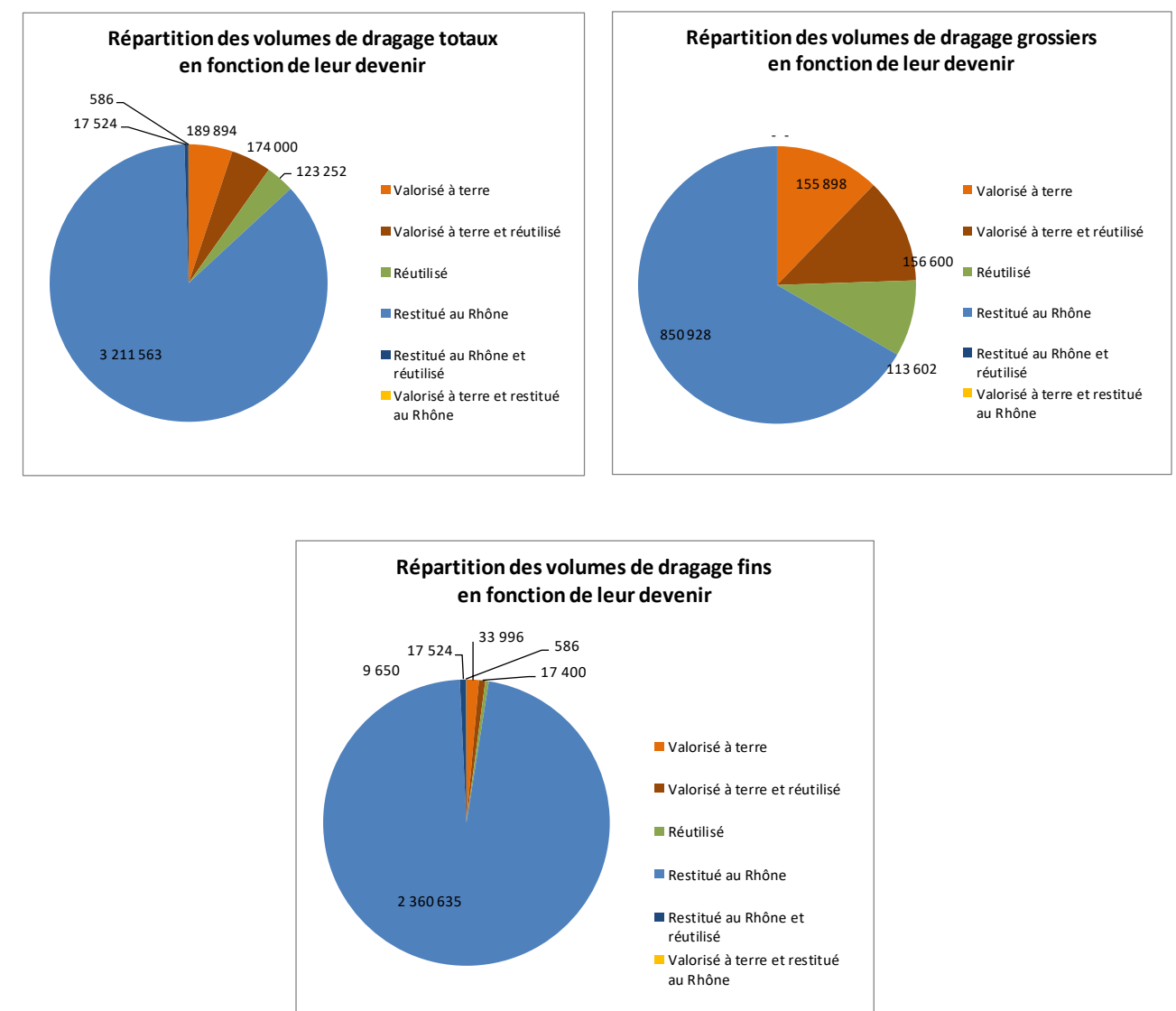


Figure 70 : Répartition des volumes dragués sur 1995-2018 pour l'écoulement des crues aux confluences en fonction du devenir des sédiments

Localisation « retenues »

Les opérations de dragage dans les retenues, et plus particulièrement les queues de retenues, sont déclenchées pour le motif d'écoulement des crues lorsque des dépôts sont de nature à rehausser les lignes d'eau et à menacer l'intégrité des systèmes d'endiguement de la retenue.

Les besoins d'intervention sont concentrés en termes de volume sur l'UHC de Chautagne (05-CHA), dans la retenue du barrage de Motz dont la configuration à faible pente et surlargeur tend à favoriser les apports en sédiments fins issus du Rhône (chasses suisses et APAVER). Pour mémoire, le Fier apporte 0,16 Mt de MES par an en moyenne, ce qui représente 22% des apports du Rhône dans la retenue de Chautagne (0,73 Mt/an) (cf. §.2.2.3). Les opérations de dragages ont eu lieu en 2008-2009 (767 496 m³), avec une partie de sédiments grossiers issus de l'approfondissement du lit, et en 2003 (129 494 m³). Une autre opération d'envergure est celle de la fosse de la Feyssine à Lyon (10-ALY) à hauteur de 800 000 m³, réalisée pour compenser l'aménagement du Boulevard Périphérique Nord de Lyon (BPNL) en remblai, et qui est située sous l'influence de la retenue de Pierre-Bénite.

Les autres sites nécessitant des volumes relativement plus faibles sont, par ordre d'importance, le site de Laveyron dans la retenue de St-Vallier (14-STV), la retenue de Seyssel en amont du barrage (04-SEY), la retenue de Sault-Brénaz en amont du barrage de Villebois (08-SAB), le site de la station de Bland face à Portes-lès-Valence (16-BEA), les retenues de Lavours (pont de la Loi ; 06-BEL) et de Champagneux (07-BRC), la retenue d'Avignon (21-AVI).

Sur la période 1995-2018, les opérations sur les retenues à but d'écoulement des crues présentent les caractéristiques suivantes :

- 17 sites d'intervention ;
- 27 opérations de dragage d'entretien ;
- 2 258 651 m³ de matériaux (50% / 1 140 822 m³ en sédiments grossiers ; 50 % / 1 117 829 m³ en fins), représentant un volume annuel de 94 110 m³/an ;
- Sur les actions renseignées depuis 2011 (soit pour un volume total de 1 073 896 m³), les matériaux ont été remis au Rhône pour 83 % des volumes. Les autres destinations sont une gestion à terre ou une réutilisation et concernent exclusivement les matériaux grossiers de l'opération de dragage de la retenue de Motz en 2008-2009 ;
- Le coût total des opérations est de 8,6 M€HT (0,36 M€HT/an en moyenne ; 3,80 €/m³ en moyenne).

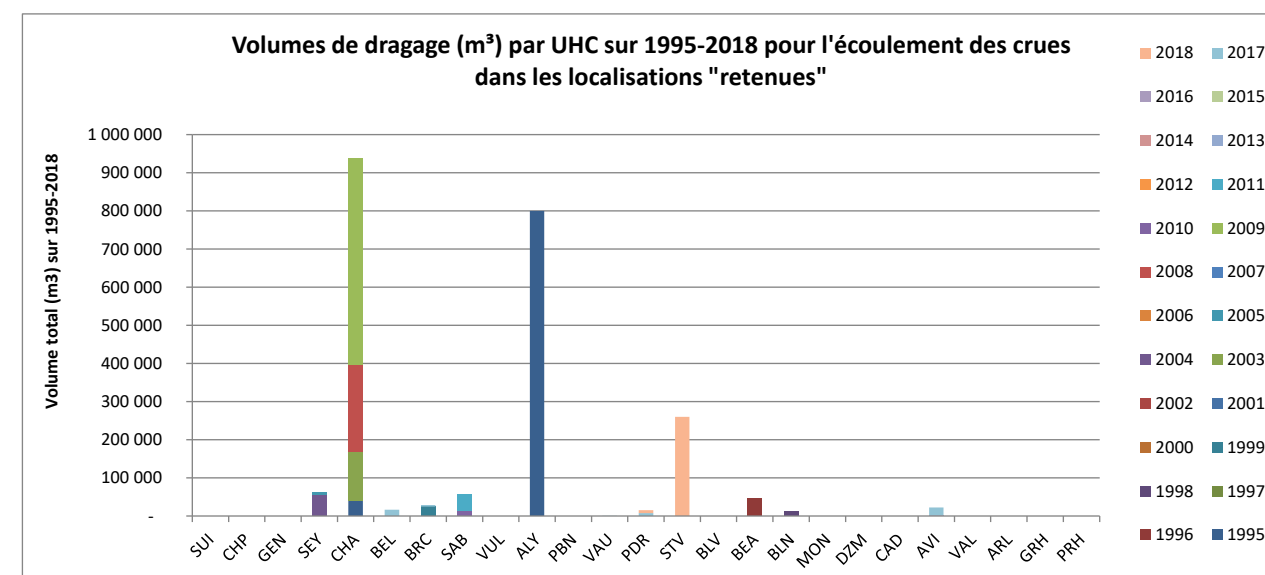
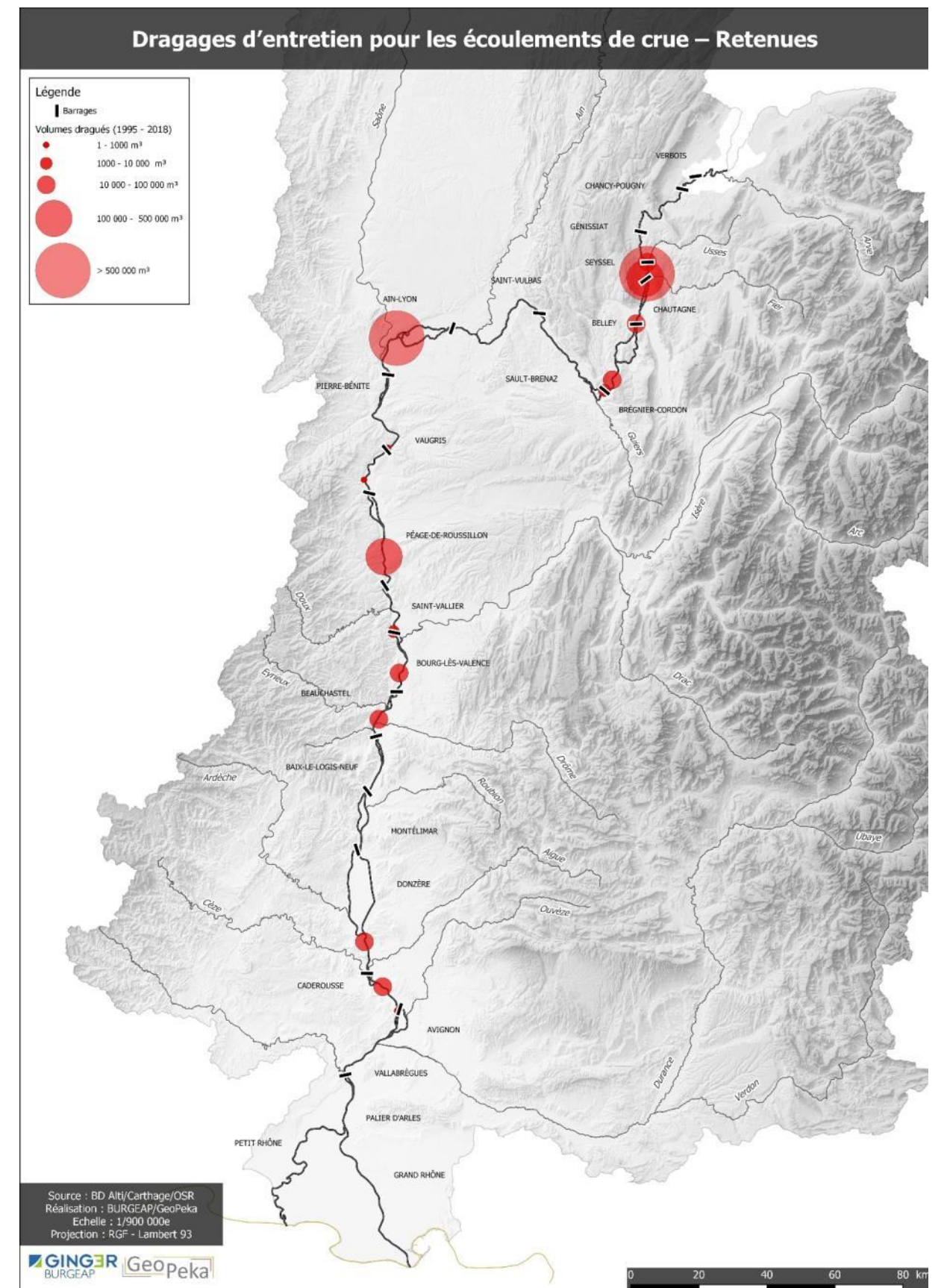


Figure 71 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour l'écoulement des crues (retenues)



Carte 13 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour l'écoulement des crues (retenues)

• Localisation « Vieux Rhône »

Les opérations de dragages pour un motif d'écoulement de crue dans le Vieux Rhône ne font pas l'objet non plus d'illustration ni de graphique.

Toutefois, ce type d'action mérite une attention particulière dans la mesure où les volumes dragués sont importants (851 402 m³) pour 3 sites, 10 opérations de dragage, et 74% de sédiments grossiers. Il s'agit des sites de Pont-Saint-Espirit (1995-2007) sur le Vieux Rhône de Donzère-Mondragon (19-DZM), le Vieux Rhône de Montélimar (1996), le Vieux Rhône de Beauchastel (1997-2000). Il s'agit donc d'actions anciennes (avant 2007) mais qui sont susceptibles d'être réactivées en cas de retours des apports de sédiments grossiers.

• Localisation « autres ouvrages »

Les opérations de dragages pour un motif d'écoulement de crue sur d'« autres ouvrages » ne font pas l'objet d'illustration ni de graphique.

Ces actions portent par exemple sur des ouvrages de type siphons, aqueducs, contre-canaux, barrage sur une annexe (Printegarde, Courtine), déversoir de Beaucaire, bassin des Musards, etc. Le nombre de site est de 11, le nombre d'opérations est de 20 sur la période 1995-2018, et le volume total dragué est de 112 877 m³.

3.7.3 Pour l'exploitation

Les actions motivées par l'exploitation sous-entendent des actions qui ne sont pas motivées par la navigation ni l'écoulement des crues, et qui visent le bon fonctionnement des ouvrages, notamment des ouvrages hydroélectriques. Elles portent donc sur des retenues ou branches de retenues sans navigation (Sauveterre, Villeneuve, Génissiat, etc.), des points de réglage, des sondes, des échelles limnimétriques, des prises d'eau de centrale, des siphons, des rampes à bateau, port Vedette CNR, etc.

Pour l'exploitation, les volumes de dragages sur 1995-2018 qui s'élèvent à 782 855 m³ sur 1995-2018 (soit 32 619 m³/an en moyenne) sont répartis sur 35 sites (sur 263 au total, soit 13%), et ont fait l'objet de 115 opérations sur 947 (12 %).

Ces actions sont situées sur quelques unités, particulièrement dans la retenue (13 sites) et sur d'autres ouvrages (16 sites) : sur le Haut-Rhône, la retenue de Génissiat (03-GEN), avec des dragages en pied de barrage et au niveau de la prise d'eau de fond, constituent l'essentiel des opérations avec 293 963 m³. Sur Bourg-lès-Valence (15-BLV), la quasi-totalité des volumes provient du dragage de la retenue sur l'Isère en 1995 (115 696 m³). Sur Avignon, les volumes proviennent des dragages anciens sur la retenue de Villeneuve (147 590 m³) et du Port vedette de la CNR (108 139 m³ en 9 opérations).

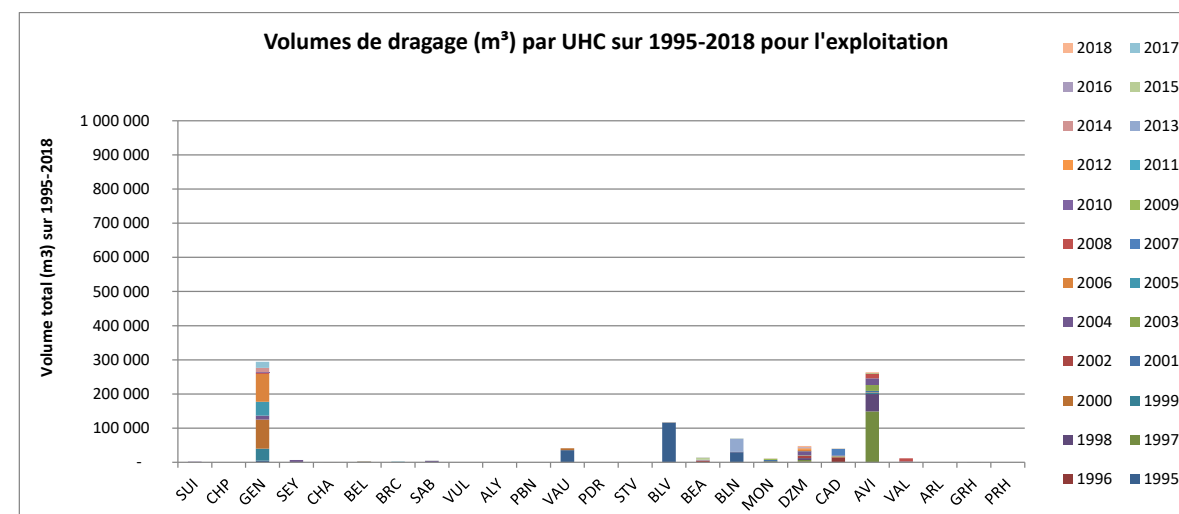
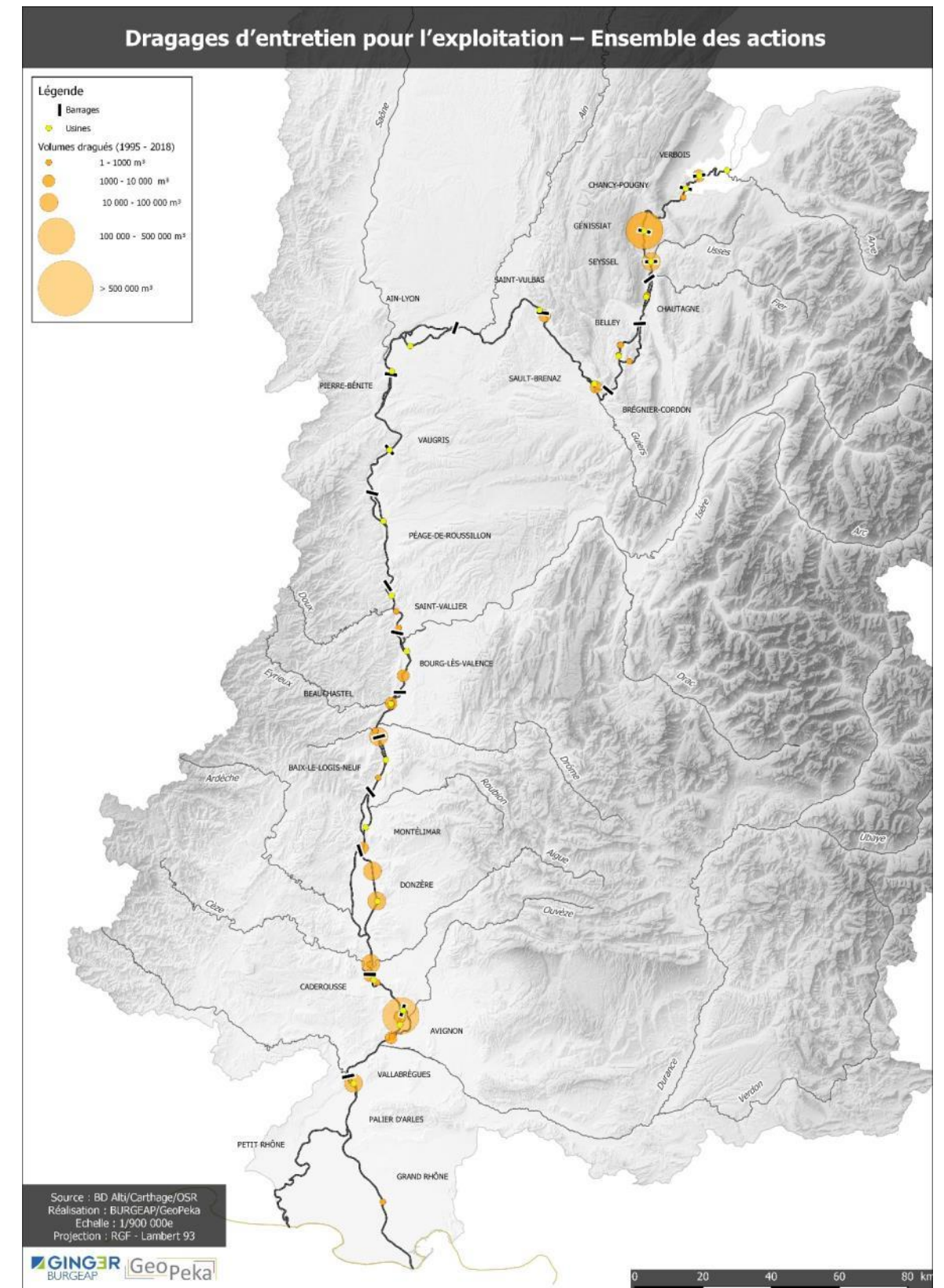


Figure 72 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour l'exploitation (toutes localisations)



Carte 14 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour l'exploitation

3.7.4 Pour les prélèvements

Les actions motivées par les prélèvements comprennent des actions visant à permettre le bon fonctionnement d'un site de captage en eau de surface ou en nappe alluviale. Il s'agit donc de prises d'eau d'irrigation, desites de production d'eau potable, de prise d'eau de CNPE.

Pour ces usages de prélèvement, les volumes de dragages sur 1995-2018 qui s'élèvent à 721 528 m³ sur 1995-2018 (soit 30 064 m³/an en moyenne) sont répartis sur 9 sites (sur 263 au total, soit 3%), et ont fait l'objet de 33 opérations sur 947 (3 %).

Ces actions sont situées sur quelques unités, dans des Vieux Rhône (2 sites) ou au niveau d'autres ouvrages (7 sites comme les CNPE, prises d'eau d'irrigation) : On note principalement 4 sites actifs : les captages de la Métropole de Lyon (10-ALY ; 271 000 m³), le CNPE de St-Alban (13-PDR ; 63 610 m³), le CNPE de Cruas (18-MON ; 200 219 m³), le CNPE du Tricastin (19-DZM ; 198 149 m³) ; ces deux derniers ouvrages nécessitant des interventions très régulières (tous les 2 ans en moyenne). La prise d'eau du CNPE du Bugey ne nécessite pas d'entretien du fait d'une configuration favorable et d'une moindre quantité de fines en transit.

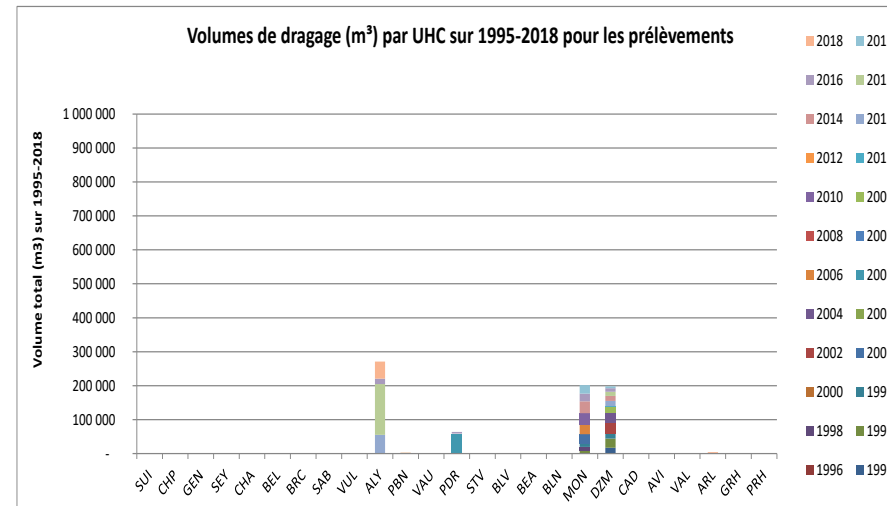


Figure 73 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour les prélèvements (toutes localisations)

3.7.5 Pour les autres motifs

Les actions motivées par d'autres motifs correspondent aux actions libellées « environnement » dans la base de données CNR. Ces actions correspondent par exemple à l'entretien de passes à poissons (Drôme, Ouvèze ardéchoise, Laveyron, Flon, Méline), à la création de refuge piscicole lors des chasses suisses ou APAVER, à l'entretien de prises d'eau de lône, à l'entretien de seuils, de bassins de joute, etc.

Les volumes correspondants sont donc des volumes limités à quelques milliers de m³. Pour ces actions, les volumes de dragages sur 1995-2018 qui s'élèvent à 177 792 m³ sur 1995-2018 (soit 7 408 m³/an en moyenne) sont répartis sur 20 sites (sur 263 au total, soit 8%), et ont fait l'objet de 44 opérations sur 947 (5 %). Une opération se distingue est n'est pas clairement renseignée du fait d son ancienneté : il s'agit d'une opération de stabilisation du Vieux Rhône de Chautagne réalisée en 1997 pour un volume de 133 600 m³.

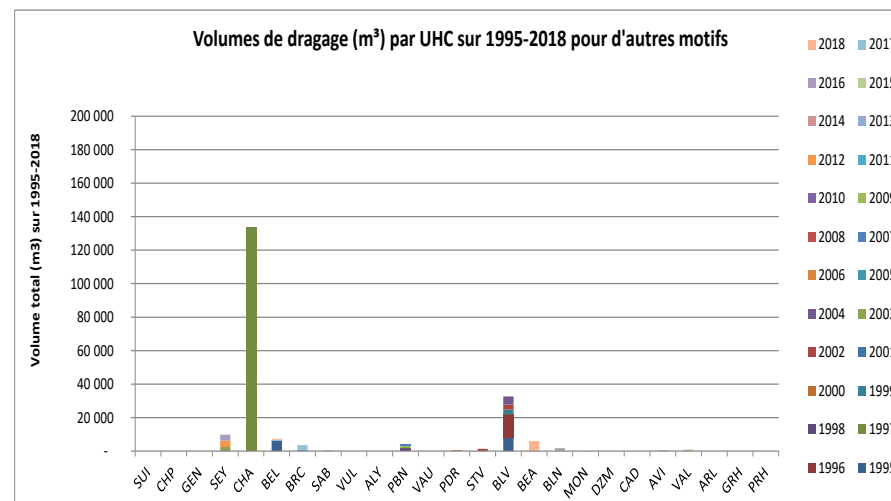
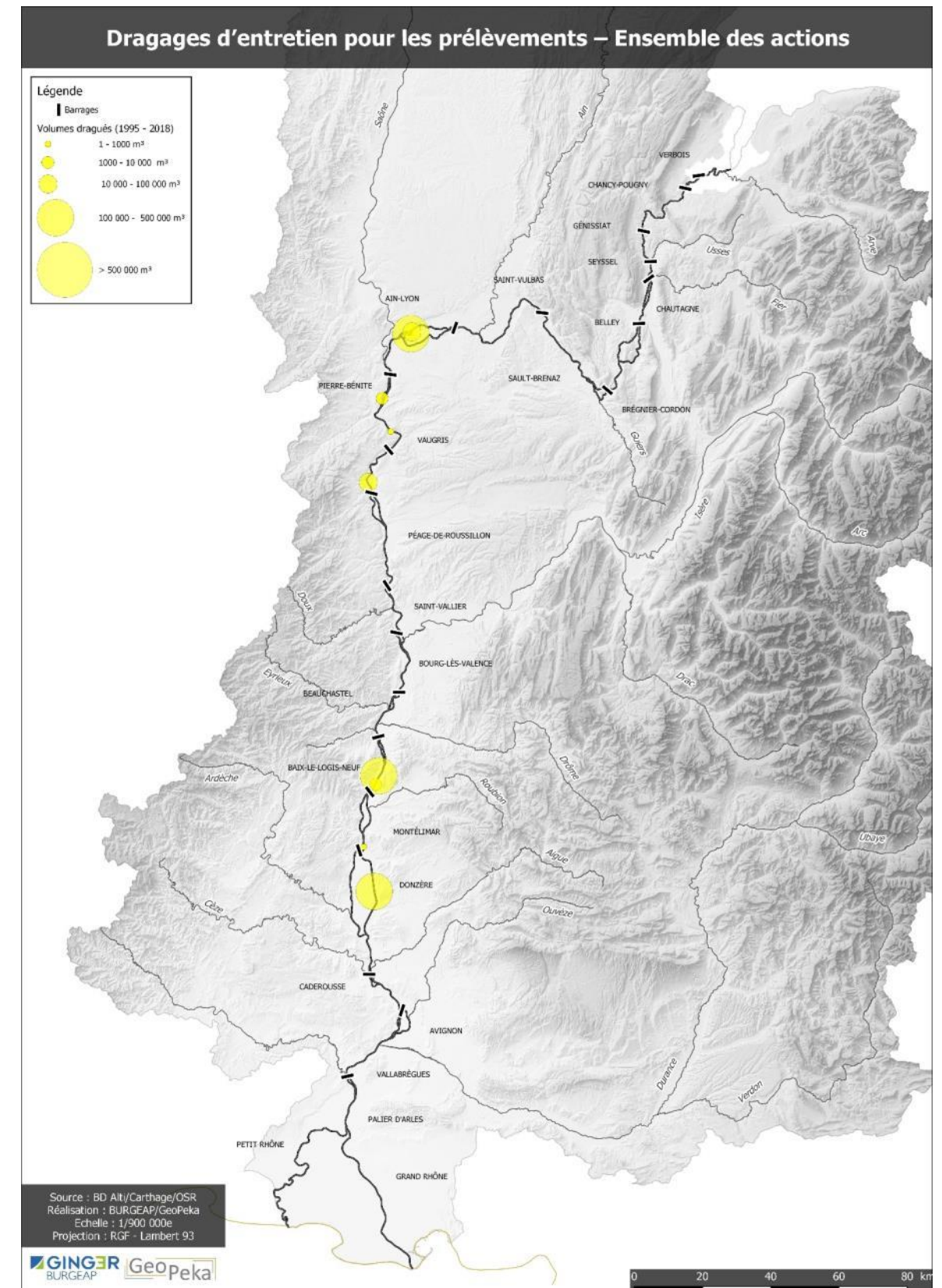


Figure 74 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour d'autres motifs (toutes localisations)



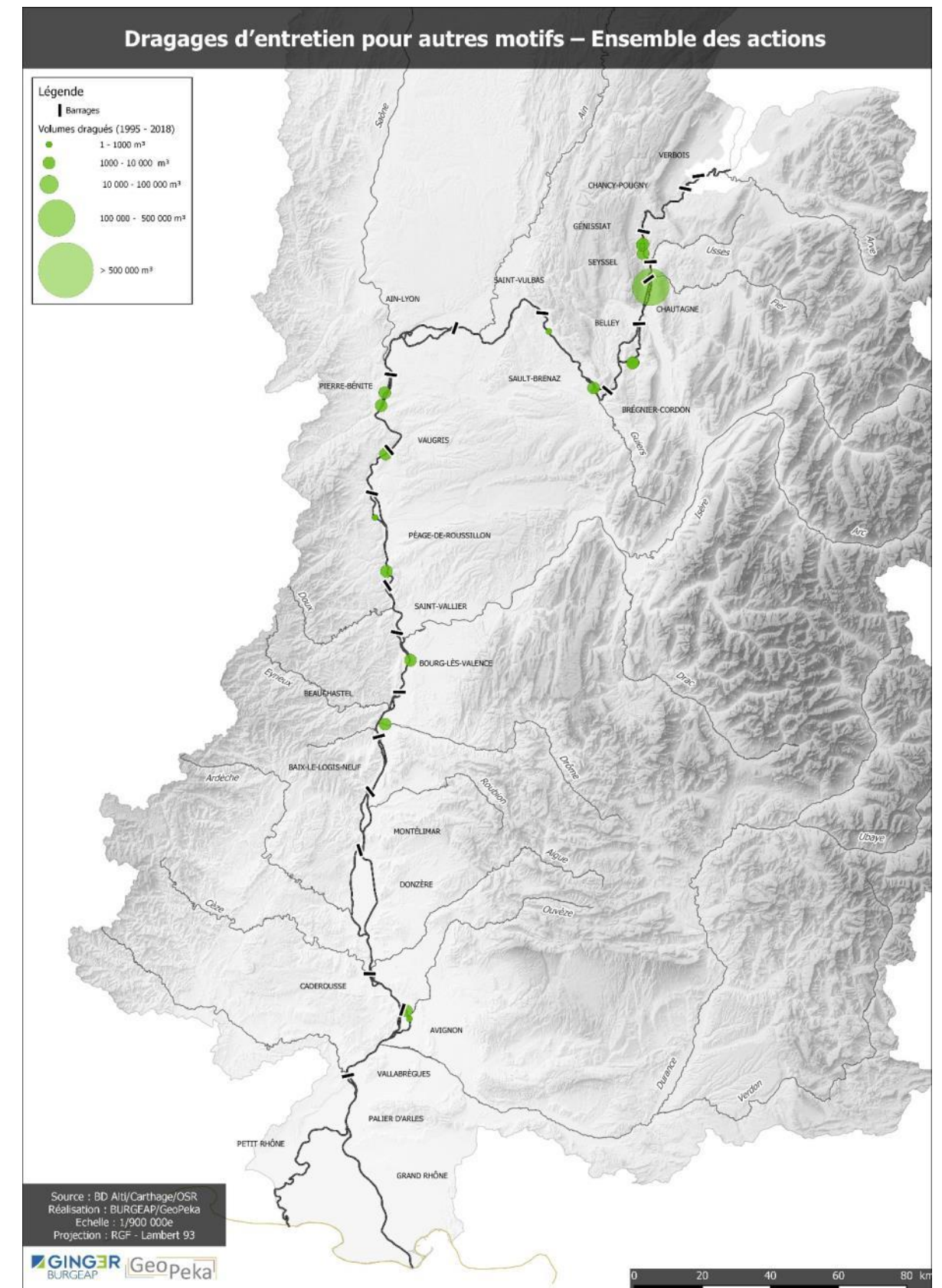
Carte 15 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour les prélèvements

3.8 Relations entre les événements hydrosédimentaires et les dragages d'entretien

Les analyses précédentes permettent de mettre en évidence certaines correspondances entre les opérations d'entretien (dragages, chasses, accompagnements de chasse) et des événements hydrosédimentaires pouvant en être à l'origine ou ayant pu tout au moins en favoriser l'émergence. La Figure 76 permet d'ailleurs de pondérer les « moteurs sédimentaires » à l'origine des opérations de dragages d'entretien : 1) les crues du Rhône et de ses affluents, 2) les chasses de Verbois, 3) les chasses de l'Isère, auxquelles peuvent être ajoutés les apports de la Durance et de la Saône. L'évolution de la réglementation conduit également à faire évoluer les pratiques.

En résumé, voici les principales relations qui peuvent être mise en évidence :

- **Rôle des crues du Rhône, combinées avec celles de ses affluents** : les périodes de crues de 1993-1994, puis de 2001-2002-2003 (cf. rapport de Mission 2 sur l'historique des crues), ont favorisé la sédimentation, notamment au niveau des confluences et des queues de retenues, plus particulièrement pour les sédiments grossiers (cf. Figure 57). La première période 1993-1994 a par exemple conduit à de nombreux dragages (mais aussi encore quelques extractions) dans les années suivantes, notamment en 1995 qui présente le record des volumes annuels avec près de 3,5 hm³. La période 2001-2003 a conduit à une majoration des dragages sur 2003-2006, toujours au niveau des confluences et queues de retenues. Inversement, les crues de 2002-2003 ont remobilisé massivement des fines accumulées dans les retenues, dans des proportions qui auraient été équivalentes à 30 années de dragage sur le bas Rhône (comm.pers. S.Reynaud, d'après E.Doutriaux, CNR) ;
- **Rôle des crues des affluents, indépendantes de crues du Rhône** : la connaissance des événements de crue sur les affluents n'est pas systématique, mais il a été possible dans les fiches UHC de mettre en évidence le rôle de crues locales. On peut citer par exemple la crue de la Varèze en 2000 qui a déclenché un dragage à la confluence en 2001. Le détail de ces analyses peut être consulté dans les fiches UHC#01-SUI à UHC#25-PRH ;
- **Rôle des accompagnements de chasse suisse (APAVER depuis 2016)** : ces modes de gestion se traduisent par des accumulations de limons et sables dans les retenues du Haut-Rhône telle que celle de Chautagne, et dans une moindre mesure Belley, Brégnier-Cordon et Sault-Brénaz. Des dragages sont réalisés a minima pour maintenir la sûreté des ouvrages (cf. Figure 48), mais ils ne portent que sur une partie des apports lors des APAVER et les retenues continuent à accumuler des sédiments. Les dragages sont réalisés entre les différentes phases d'accompagnement de chasse, menées en 2003, 2012 et 2016 pour les plus récentes. Par exemple, un dragage important a eu lieu en 2008-2009 pour la retenue de Chautagne, après la chasse suisse de 2003 qui avait déposé fines et sables ;
- **Rôle des chasses sur des affluents** : l'Isère apporte naturellement une quantité importante de matières en suspension et de sables, qui se transmettent au Rhône lors des crues, mais surtout lors des chasses qui déstockent les matériaux accumulés dans les 5 retenues de la basse vallée. Les chasses de 2008 et 2015, réalisées après de longues périodes sans opération, ont grandement favorisé les dépôts dans les retenues et garages d'écluse des aménagements situés en aval (Beauchastel, Baix-Le-Logis-Neuf, Montélimar, Donzère) (cf. Figure 59) ; sur les autres affluents équipés (Fier, Ain, Durance), les effets sont moins bien renseignés ; toutefois, ces affluents ont vu leur contribution sédimentaire au Rhône drastiquement diminuée depuis le 19^{ème} siècle.
- **Rôle de la réglementation** : au-delà des facteurs hydrosédimentaires, les évolutions de la réglementation sont aussi à l'origine d'une évolution des pratiques. En effet, l'interdiction d'extraction en lit mineur en 1994 a conduit à changer l'approche des gestionnaires : les extractions de granulats ont progressivement cessé et des dragages d'entretien ont dû être opérés dans les secteurs à enjeux (navigation, écoulement des crues, etc.) avec une plus forte proportion de fines dans les matériaux dragués. Jusqu'en 2006 et la promulgation de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques, la valorisation des matériaux grossiers dans les opérations de dragages d'entretien était systématique ; puis les exigences réglementaires, appuyées notamment par l'arrêté du 30 mai 2008, se sont renforcées, ce qui a conduit à quelques années de moindre intervention de 2007 à 2010 (excepté des opérations importantes en volume comme le dragage de la retenue de Chautagne en 2008-2009) (cf. §.3.6.3). Pour la CNR, ces changements de réglementation ont conduit à l'élaboration en 2009 d'un Plan de Gestion Pluriannuel des Opérations de Dragage (PGPOD), qui a été autorisé par arrêté en 2011. A partir de 2006 et a fortiori à partir de 2011, la restitution de matériaux grossiers dans le milieu alluvial a été privilégiée, comme en atteste la Figure 60. A l'avenir, le développement d'opérations de restitution, favorables à l'écologie, devra cependant être rendu compatible avec les enjeux inondation, sûreté, usages et économiques.



Carte 16 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour les autres motifs

3.9 Pertinence et pérennité des actions de dragage

• Pertinence et pérennité dans l'état actuel

Comme développé en partie §. 1.1, les opérations de dragage se justifient dès lors qu'un phénomène de dépôt n'est plus compatible avec l'un des enjeux présents sur le site (navigation, écoulements des crues, exploitation, prélèvement, etc.).

La réalisation de dragages est donc intrinsèque et indissociable de la pérennité des installations qui sont généralement à l'origine et qui constituent le support des usages socio-économiques.

En l'état, chaque action de dragage, par définition, n'est pas pérenne tant qu'il existe un point de discontinuité sédimentaire et des apports provenant de l'amont. Chaque opération nécessite donc d'être renouvelé de façon plus ou moins régulière (106 sites sur 263 n'ont fait l'objet que d'une seule intervention sur 1995-2018), en fonction notamment des apports sédimentaires et des phénomènes de transport (événements courants, crues plus ou moins marquées). Le diagnostic des fiches UHC et de Mission 2 a montré par exemple que les retenues étaient très sensibles à l'intensité des crues : les petites crues ont tendance à déposer et accumuler des sédiments, alors que les crues relativement fortes (>Q10) ont tendance à remobiliser les sédiments accumulés. Cependant, ce n'est pas parce qu'une retenue a tendance à accumuler les sédiments qu'elle sera draguée, car il peut exister – pendant un certain temps – une marge suffisante pour assurer la profondeur de mouillage.

Au niveau des confluences, on note depuis quelques années une adaptation des pratiques de dragage aux enjeux écologiques. Cette évolution est liée au renforcement des mesures d'évitement, de réduction et de compensation (séquence ERC) particulièrement sensibles dans les confluences à enjeux écologiques en termes de flux sédimentaires grossiers, d'habitat et d'espèces protégées (notamment : Doux, Eyrieux, Drôme, Roubion, Cèze, Durance). Ainsi, les mesures d'évitement conduisent par définition à limiter l'emprise à draguer et les volumes dragués au sein du piège à sédiments par rapport à une opération réalisée auparavant sans précaution écologique ; à l'opération suivante, les évitements portent généralement à la fois sur la zone évitée précédemment ainsi que sur de nouvelles zones à enjeux écologiques qui sont apparues suite au développement des atterrissements et à leur végétalisation. Ceci conduit progressivement à réduire l'emprise de dragage effective et peut nécessiter d'intervenir plus fréquemment pour gérer les volumes excédentaires. Le recul n'est actuellement pas suffisant pour anticiper la tendance à long terme de ce type de situation ; cependant, deux tendances défavorables pourraient apparaître dans la durée : les milieux naturels pourraient se refermer et perdre en diversité ; dans le même temps, la gestion de la sûreté dans l'espace endigué se retrouverait pénalisée car la capacité de stockage effective du piège à sédiment se trouverait réduite par rapport à son état initial. Toutefois, les effets de crues sur l'affluent ne sont pas intégrés dans cette analyse : si un remaniement morphologique de la confluence consécutif à une crue pourrait favoriser le retour de milieux pionniers, il serait probablement une condition favorable pour réaliser un dragage permettant de restaurer la capacité de stockage, avec un moindre impact écologique.

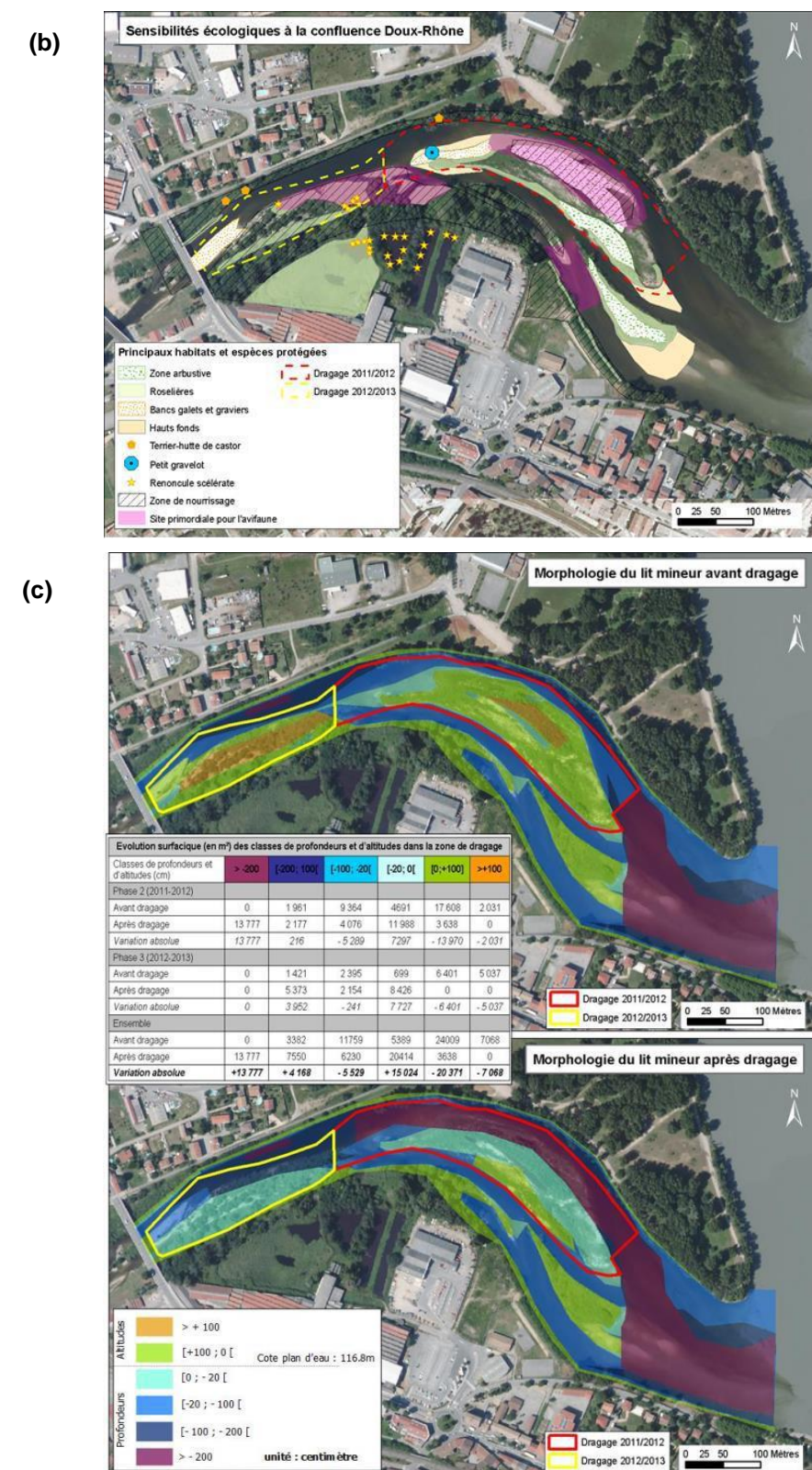
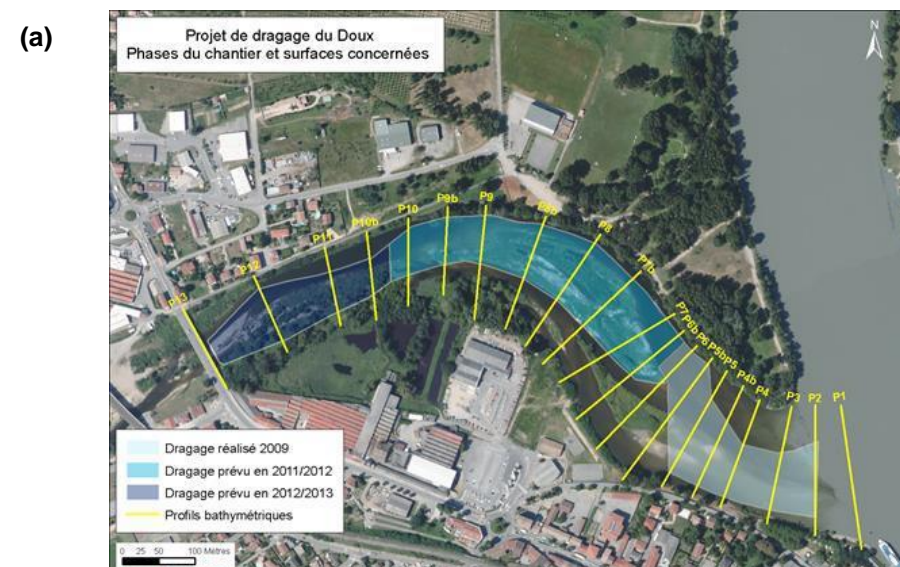


Figure 75 : (a) Projet de dragage 2011-2013, (b) sensibilités écologiques, (c) évolutions bathymétriques du lit mineur avant et après dragage à la confluence du Doux (CNR, 2016, conférence SHF)

Par ailleurs, on pourrait penser que les opérations de dragages ont des répercussions d'amont en aval, de site de dragage en site de dragage. Par exemple, le fait de draguer une confluence (ex : Durance) pourrait avoir un impact sur le garage d'écluse situé en aval (Vallabrègues / 22-VAL). En théorie, cela est vrai puisque toute particule sédimentaire restituée au Rhône est susceptible de se déposer au niveau du premier point de discontinuité sédimentaire situé en aval. En pratique, il est nécessaire de relativiser et de rappeler la faible proportion des volumes dragués par rapport aux volumes de MES transportés par le Rhône : en effet, à l'échelle d'une UHC, en année moyenne, les volumes dragués en matériaux fins représentent seulement 1,6% en moyenne des flux de MES du Rhône (avec des maxima de 6,3 % sur le Haut-Rhône en Chautagne, et de 4,2% sur le Rhône aval sur Bourg-lès-Valence). Aussi, un site de dragage va sédimenter beaucoup plus du fait des MES (et des sables) apportés naturellement par le Rhône et ses affluents (Isère, Durance), que par les opérations de dragages réalisées en amont. Ainsi, le positionnement d'un site de discontinuité sédimentaire en aval d'un affluent producteur en sédiment fins est une cause majeure de dragage : Arve et Fier en aval de Seyssel (04-SEY), Saône (en aval de 11-PBN), Isère (en aval de 15-BLV), Durance (en aval de 22-VAL).

Le graphique suivant illustre le degré de contribution des dragages d'entretien aux flux global de MES.

Le trait de couleur orange correspond au flux de MES consécutif aux dragages d'entretien de l'année 1995 (qui était une année plutôt majorante en terme de volumes / cf. §.3.6). Les flux ont été sommés à chaque PK et sont supposés décroître exponentiellement. La zone d'influence des dragages d'entretien se situe entre le PK de restitution des matériaux et l'aval, à une distance de propagation moyenne de 3 km.

Sur les différents secteurs, il apparaît que le flux de sédiments fins engendré par les dragages d'entretien sont toujours négligeables devant le flux naturel de MES dans le fleuve. Pour les accompagnements de chasses suisses, l'impact est plus marqué sur le Haut-Rhône puisque les flux en aval de Seyssel sont plus élevés que la moyenne interannuelle. Pour la basse Isère, les chasses produisent un flux qui peut représenter l'équivalent de ce qu'apporte le Rhône en amont, voire plus comme sur les épisodes de 2008 et 2015.

• Ebauche de réflexion pour l'avenir

La réflexion sur la pertinence et la pérennité des actions amène à soulever plusieurs interrogations pour l'avenir :

- les évolutions climatiques sont-elles de nature à augmenter ou diminuer les apports et donc la fréquence et les volumes des interventions ? ;
- quelles vont être les conséquences de variations dans les apports des affluents : diminution de la production sédimentaire et des apports sur certains affluents (Ain) ; augmentation des apports avec le probable retour des sédiments suite au comblement des fosses d'extraction dans les bassins versants (Arve, Gardon, Durance ? ;
- les critères et seuils de déclenchements des dragages peuvent-ils être assouplis ? et la fréquence des actions peut-elle être diminuée ? ;
- une reconfiguration du site peut-elle supprimer le dragage ou tout au moins réduire les volumes et/ou la fréquence des interventions ? en l'occurrence, est-ce possible et pertinent de reconfigurer des confluences, des largeurs de retenues, des garages d'écluse, etc. ? ;
- la vulnérabilité des usages, biens et personnes exposés peut-elle être adaptée ? faut-il envisager le déplacement d'un usage ? ;
- en quoi le devenir des sédiments peut être amélioré ? :
 - En quoi est-ce pertinent de bien choisir le lieu de restitution des sédiments fins ; idem pour la réinjection de sédiments grossiers dans des secteurs déficitaires ;
 - En quoi faut-il assurer une meilleure coordination entre les lieux de déficit sédimentaire et les lieux d'excédents, notamment pour les matériaux grossiers ;
 - Sur quelle durée les retenues peuvent être admettre des clapages des sédiments grossiers qui ne sont pas remobilisables et qui contribue à l'engravement progressif de la retenue ? ;
 - Est-ce pertinent de chercher à franchir des discontinuités naturelles du Rhône pour des sédiments grossiers (type graviers), par exemple : Basses terres du Dauphiné (07-BRC / 08-SAB), delta jusqu'à l'embouchure en Méditerranée (23-ARL, 24-GRH) ? etc.

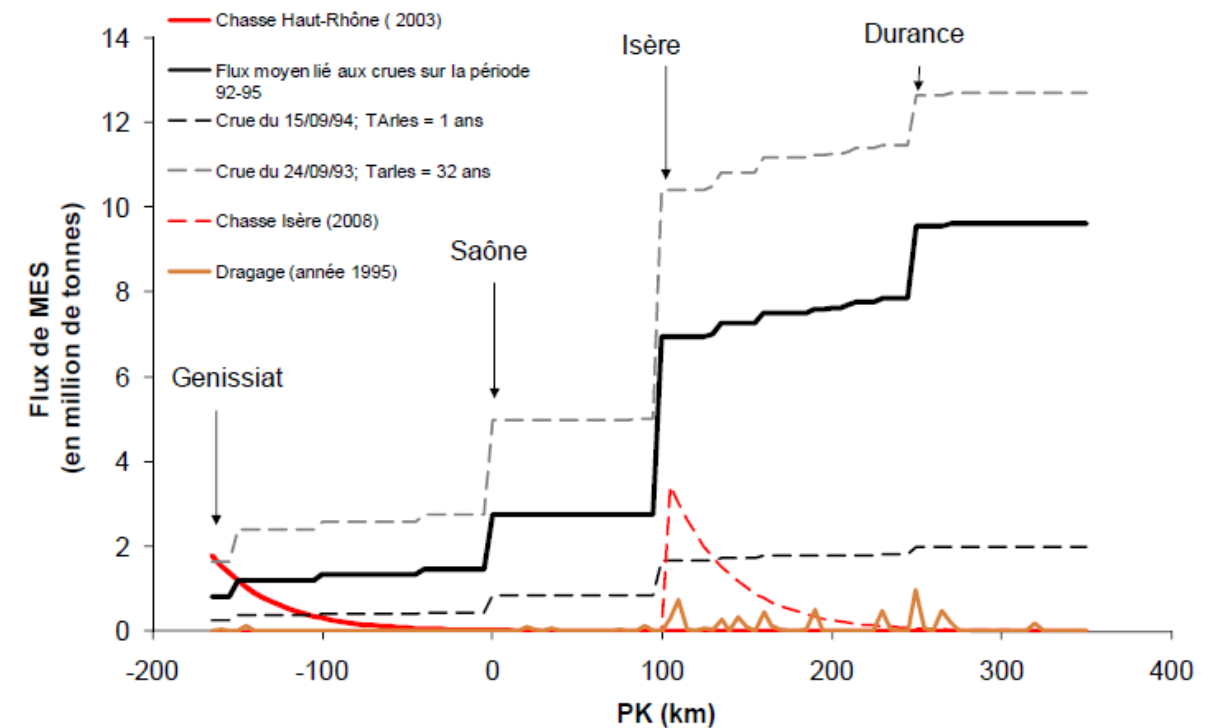


Figure 76 : Illustration de la contribution des dragages d'entretien au flux de MES dans le Rhône

(Source : ACTEON et LTHE, Elaboration d'un cadre méthodologique pour une approche économique de la gestion sédimentaire du Rhône intégrant l'appréciation des impacts et des risques, 2009)

Ces questions n'ont pas de réponse évidente à ce stade et devront être analysées en Phase 2. On note déjà, à travers le retour d'expérience des opérations de dragages, qu'il peut exister des solutions, à reproduire éventuellement selon les conditions particulières :

- les chasses suisses et accompagnement des chasses sur le Haut-Rhône sont mieux gérées depuis 2012 et depuis l'APAVR de 2016, ainsi que les accompagnements de crues, ce qui a pour conséquence de limiter les flux de fines en aval et les opérations de dragage sur les points bloquants (retenue, garage d'écluse, captage) ;
- les périodes inter-chasses sur le Haut-Rhône sont mieux gérées : sur 1984-2000, la sédimentation dans la retenue est était due à 60 % aux chasses suisses et à 40 % aux périodes inter-chasses ; sur la période 2000-2012, ces taux sont devenus respectivement 83 et 17%, ce qui signifie que les périodes inter-chasses, liées notamment aux de l'Arve induisent moins de dépôt dans les retenues. On tend de plus en plus à se rapprocher d'un fonctionnement non influencé pour le passage de crues ;
- des modalités, non encore testées, sont envisagées pour mieux gérer les chasses de la basse Isère ;
- certaines opérations ne sont plus nécessaires suite à la mise en place de nouvelles mesures de gestion ou de consignes de manœuvre de vannes. C'est le cas par exemple des dragages au niveau de la vanne de fond du barrage de Génissiat qui ne sont plus réalisés depuis 2006 grâce à une fréquence d'ouverture majorée ;
- les volumes de sédiments grossiers gérés à terre pour réutilisation ou valorisation sont en nette régression depuis 2011, et ont profité à l'équilibre sédimentaire du Rhône.

Enfin, il semble important de mentionner l'ouvrage de Jons qui est remarquable dans le sens où il ne nécessite aucune opération de dragage dans la retenue. Pourtant, pour ce barrage qui a été le premier ouvrage construit sur le Rhône français en 1937, après la mise en service de l'usine de Cusset en 1899, les apports sédimentaires sont significatifs, voire majorants par rapport à d'autres UHC du linéaire : en effet, les flux grossiers sont de 30 à 40 000 m³/an (en grande partie en provenance de l'Ain) et les apports en sédiments fins sont en moyenne annuelle de 0,73 Mt/an (en grande partie en provenance de l'Arve et du Fier).

Dans les facteurs pouvant expliquer cette transparence sédimentaire, peuvent être listés des facteurs analysés notamment dans le rapport de Mission 2, par ordre d'importance décroissante :

- l'ouvrage n'a quasiment aucun impact en crue : pour une crue biennale (Q2), la perte de charge résiduelle est de 1,50 m et le remous est inférieur à 500 m ; l'ouvrage est transparent pour Q10 ;
- l'ouvrage a très peu d'effet de retenue en amont. Le remous en débit semi-permanent est de 2 km. En effet, l'ouvrage a été créé en 1899 sur un Rhône incisé de l'ordre de 2 à 3 m suite aux effets de la chenalisation pour la navigation. Le relèvement de la ligne d'eau semi-permanente est seulement de 2 à 3 m par rapport à la situation 1860, pour un ouvrage qui présente aujourd'hui une chute de 6,50 m ;
- par ailleurs, il n'existe pas ou peu d'enjeu hydraulique autour de la retenue en amont, ce qui permet une certaine latitude sur les dépôts et la respiration du lit dans la queue de retenue.
- le tronçon du Rhône n'est pas aménagé ni géré pour la navigation. Il n'existe donc pas de contraintes sur les niveaux d'eau (hauteur de mouillage) ou sur les vitesses d'écoulement (2 m/s au maximum) qui impose de maintenir un effet « plan d'eau navigable » en amont ;
- l'équipement de l'ouvrage : le débit d'équipement de la centrale de Cusset est de 640 m³/s, soit une valeur proche du module de 590 m³/s. C'est le ratio d'équipement le plus faible de vallée (1,08 contre 1,5 en moyenne) ; il implique donc des déversés plus fréquents dans le RCC et ainsi une ouverture des vannes plus fréquente, en mesure de faciliter le transit des sédiments grossiers au sein de la retenue ;

4. Gestion terrestre du lit des Vieux Rhône

La CNR est le principal et unique acteur du Rhône pratiquant une gestion des milieux terrestres du lit du Rhône, qui se décline généralement par des actions d'essartage (pour les interventions sur la végétation seule) et de charriage (pour les actions sur les sols et la végétation).

Les actions d'essartage et de charriage menées par la CNR sont gérées par les directions régionales. A ce jour, il n'existe pas de donnée centralisée et synthétisée à l'échelle de ces périmètres ou du Rhône dans sa globalité. La présente partie est donc rédigée à partir d'éléments d'échanges avec la CNR et d'une expertise des Rhône court-circuités d'après photographie aérienne (Géoportail, 2015-2018).

4.1 Motifs d'intervention

Les opérations de gestion terrestre du lit des Vieux Rhône englobent les actions de gestion des bancs et des espaces occupés par d'anciens casiers, dans la mesure où ceux-ci ne sont pas occupés par une forêt alluviale. Les principales techniques utilisées sont l'essartage (gestion de la partie aérienne de la végétation) et le charriage (intervention sur les sols, sédiments et systèmes racinaires).

Ces mesures répondent aux mêmes obligations que les opérations d'accompagnement de chasse (cf. §.2) et de dragage d'entretien (cf. §.3) pour les concessions installées sur le fleuve Rhône. En effet, la diminution de la dynamique alluviale liée à l'aménagement CNR du Rhône (barrage, usine) a eu pour conséquence la diminution des débits dans les tronçons du Rhône naturel. Le pouvoir morphogène des eaux du Rhône dans les tronçons court-circuités n'étant plus assez important pour éroder, charrier, remodeler les matériaux constituant les bancs, des interventions humaines sont nécessaires pour compenser la moindre dynamique alluviale.

Concrètement, les mesures sont réalisées dans le but de limiter le développement des ligneux qui favorisent les dépôts sédimentaires créant un cycle d'exhaussement et de végétalisation des bancs graviers ; les mesures ont également pour objectif de limiter la formation d'embâcles. Enfin, les mesures permettent de maintenir la section d'écoulement dans le but de ne pas aggraver les crues, cette gestion répond donc en priorité à un objectif de sûreté des ouvrages, de sécurité des biens et des personnes.

Ces actions de gestion des bancs concernent essentiellement la CNR qui gère 18 des 22 complexes hydroélectriques du fleuve, dont 15 qui présentent un canal de dérivation et un Rhône court-circuité présentant potentiellement des bancs à gérer. Pour les ouvrages des SIG et de la SFMCP, l'absence de dérivation conduit à l'absence de bancs à gérer. Pour le complexe hydroélectrique de Jons-Cusset, la concession EDF n'a jamais fait l'objet de dispositions particulières dans son cahier des charges sur la gestion des bancs du canal de Miribel ; en effet, historiquement, la gestion du canal de Miribel revenait à VNF ; cela est toujours le cas dans l'attente d'une confirmation de l'organisation GEMAPI du territoire.

Pour les ouvrages CNR, la contractualisation de la concession entre l'Etat et la CNR impose une surveillance et un entretien des lits au travers des cahiers de charges spéciaux de chaque chute hydro-électrique (CCS) et cahier des charges général (CCG) approuvés par décrets ministériels. Il s'agit :

- de s'assurer que les barrages longitudinaux en terre (système d'endiguement) disposent d'une revanche suffisante par rapport au passage du débit de la crue de projet (article 6 du CCS),
- de maintenir, éventuellement par dragage, les profondeurs nécessaires à l'évacuation des crues du Rhône (Cahier des Charges Spécial),
- de maintenir les profondeurs nécessaires pour la navigation (article 7 du CCG),
- de maintenir les ouvrages dans des conditions optimales de fonctionnement (capteur, prise d'eau, etc.) (article n°15bis du CCG).

Pour cela, en complément des actions d'accompagnement de chasse et de dragage, la CNR est tenue de surveiller et d'entretenir les lits du fleuve et de ses affluents en maîtrisant la végétation. En effet, La réduction du débit dans les Vieux-Rhône, suite à leur dérivation via les usines, favorise le développement du couvert végétal

dans les marges, ainsi que leur sédimentation. Ce phénomène peut être limité par l'essartage et le charruage des bancs de graviers et des limons, comme illustré sur la Figure 77.

En pratique, les actions portent également sur les anciens casiers Girardon qui se sont vus sédimer avec les apports grossiers à fins du Rhône, ou ont parfois été remblayés suite à des extractions. Les surfaces de ces anciens casiers ont eu tendance à se végétaliser par le passé (Gaydou, 2013). Pour certaines, la végétation s'est développée et donne aujourd'hui lieu à une forêt alluviale ; pour d'autres, le respect des cahiers des charges conduit à engager également des actions d'essartage et/ou de charruage.

Malgré ces obligations de sécurité publique, la CNR prend en compte dans sa gestion opérationnelle, l'intérêt écologique des milieux (cf. §. 4.3). Elle intervient également dans la lutte contre les espèces exotiques envahissantes.

Les orientations de gestion reposent sur une surveillance régulière des lits. Cette surveillance est réalisée au travers de levés bathymétriques et topographiques et une visite régulière des ouvrages annexes ou liés à l'exploitation (capteurs, panneau de signalisation, siphons...). Si cette surveillance montre une évolution des lits non compatibles avec les enjeux de sûreté de l'exploitation, les lits sont entretenus. L'entretien consiste en un déplacement des sédiments par dragage comme développé en partie (cf. §.3) ou en une maîtrise de la végétalisation des bancs par essartage et/ou charruage.

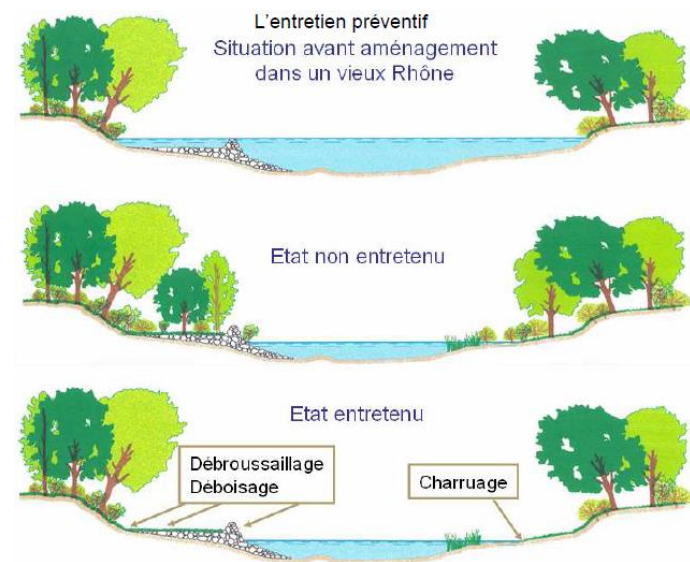


Figure 77 : Illustration de l'état visé par les opérations d'essartage et de charruage (CNR, 2009)

4.2 Techniques utilisées

Les moyens et techniques utilisés sont adaptés selon les objectifs et les contextes (source : document CNR interne pour le Haut-Rhône) :

- Le cultivateur agricole : instrument aratoire muni de dents adaptées à différents travaux de préparation du sol. Il est tiré par un tracteur ou un engin de travaux publics. Cet outil brasse bien la terre mais si la végétation est dense l'appareil bourre facilement ;
- Le broyeur : il permet de broyer la végétation et les ligneux de petits diamètres. Il est accroché à l'avant des engins afin d'éliminer la végétation avant l'intervention sur les matériaux graveleux ;
- Le cover-crop : c'est une sorte de déchaumeuse composée de disques utilisée pour la préparation des sols avant culture. Il est assimilé à une charrue car les disques retournent de la même manière que la charrue les bandes de terre. Il est tiré par un engin de travaux publics, il en existe de plusieurs tailles. Il permet de retourner les sols ainsi que les petits ligneux mais ne déplace pas le sol. C'est un engin permettant de traiter rapidement de grande surface. Il demande beaucoup de manutention et doit être démonté entre chaque site ;



Engin TP avec cover-crop



Cover-crop utilisé pour Chautagne



Engin TP avec lame classique



Engin TP avec lame FLECO



Cultivateur agricole



Tracteur forestier avec broyeur à l'avant



Engin TP avec ripper



Engin TP avec rasette

- Les lames : plusieurs types de lames ont été utilisées par CNR, la lame classique et la lame FLECO. Ces outils permettent de décaper les sols et arracher les végétaux. Les matériaux sont ensuite poussés dans le Rhône. Cette technique engendre une augmentation de la turbidité en aval du site d'intervention du fait de la restitution des matériaux au fleuve ;
- La rasette : elle a pour fonction de découper une bande de sol superficielle et de brasser les matériaux. Cette bande de terre annexe se retrouve ainsi sous la bande principale retournée par le verso. Cela permet d'enfouir les résidus organiques. Outil qui s'est montré peu efficace pour l'entretien des bancs de graviers. Cette technique ne permet pas de retourner les ligneux.
- L'essarteur à dents de rippers : outil permettant de brasser les sols notamment dans les milieux avec des matériaux durs et graveleux. Cet outil effectue un brassage efficace du sol et retourne le sol en profondeur.

L'essartage au sens d'une intervention sur la végétation seule est pratiqué avec le broyeur. Le charruage est pratiqué avec les autres techniques développées ci-dessus, en fonction des contextes de sol et de végétation rencontrés.

Sur le Haut-Rhône, les interventions avaient lieu entre août et décembre de chaque année, en privilégiant les mois d'automne. En cas de période humide et de crue, les interventions étaient décalées comme en 2018 où l'intervention a eu lieu en mars-avril en limitant à de petites surfaces à faible enjeu écologique. Depuis 2019, les entretiens ont eu lieu en janvier et février. Les surfaces entretenues sont largement réduites, les opérations ne durent que quelques semaines. Il est choisi d'intervenir en début d'année afin d'améliorer encore la prise en compte de la biodiversité, notamment pour l'avifaune et les poissons.

• Effets attendus des actions d'essartage et de charruage

En l'absence d'actions de gestion, la végétation continuerait à se développer dans les marges des Vieux Rhône, ce qui augmenterait la rugosité du lit et tendrait à rehausser les lignes d'eau pour un même débit. En complément, la végétation, de par son rôle de filtre, favoriserait le dépôt des sédiments sableux et fins, conduisant ainsi progressivement à l'exhaussement des bancs et à la réduction de la capacité hydraulique. A terme, l'engagement du concessionnaire à ne pas aggraver les lignes d'eau par rapport à la situation avant aménagement ne pourrait être respecté.

Le charruage des bancs dans les Vieux Rhône permet de décompacter les alluvions du banc, ce qui a vocation à favoriser leur remobilisation et le transit des matériaux en aval, et d'empêcher le développer de ligneux. Le charruage est réalisé en particulier sur les bancs hérités – c'est-à-dire présent avant l'aménagement hydroélectrique – et peu mobiles. Le terme de labour ou de scarification des bancs peut être utilisé également.

L'essartage consiste à intervenir sur la végétation herbacée et arbustive afin de contenir le couvert végétal à un stade abaissé et ainsi éviter l'engraissement de ces bancs avec des sédiments et d'optimiser la rugosité du lit. Les termes d'essartement ou débroussaillage peuvent être utilisés également. Ce type d'opération comprend également l'enlèvement d'embâcles (PGPOD CNR, 2009).

L'essartage et le charruage des bancs sont menés globalement dans l'emprise de la bande active du Rhône avant aménagement. Leurs effets, éventuellement combinés, permettent de maintenir une section d'écoulement et une rugosité du lit court-circuité qui soit au moins équivalente à l'état avant aménagement. Dans les zones boisées hors ancienne bande active, l'exhaussement des bancs est généralement constaté ; ce phénomène tend à se poursuivre sur le long terme tant que le banc est inondable. Seule l'érosion latérale de ces bancs, lorsqu'une dynamique morphologique est suffisante, est capable d'inverser cette tendance à l'accumulation des sédiments.

• Caractérisation des actions de gestion des bancs par UHC

Le tableau et le graphique suivants illustrent par UHC les occurrences des actions de gestion par essartage et charruage, ainsi que les formes alluviales sur lesquelles elles s'appliquent : bancs alluviaux, anciens casiers Girardon non boisé. Un ancien casier Girardon boisé est considéré comme ne faisant jamais l'objet d'une action de gestion par essartage ou charruage.

L'analyse a été menée à partir d'un parcours des photographies aériennes du Rhône sur le Géoportail (photographies de 2015 à 2018) et d'une analyse semi-quantitative sur l'occurrence des formes alluviales (bancs,

anciens casiers) et des mesures de gestion (essartage, charruage). Les zones de charruage sont reconnaissables sur photographie aérienne par les stries ou scarifications que les charrues laissent dans des bancs relativement dénudés de végétation ; les zones d'essartage sont reconnaissables par la végétation rase qui est présente et qui se démarque nettement des zones boisées adjacentes. Certaines zones présentant à la fois des traces de charruage et de patchs de végétation herbacée ont été identifiées par défaut pour les deux modes de gestion. Aucun traitement cartographique n'a été réalisé, l'analyse restant qualitative.

Cette analyse menée permet de mettre en évidence plusieurs types d'UHC :

- Des UHC pour lesquelles il n'existe pas de bancs ou d'anciens casiers, et qui ne déclenchent pas des actions de gestion (hors action marginale qui n'aurait pu être identifiée) : 01-SUI, 02-CHP, 04-SEY, 09-VUL, 12-VAU, 20-CAD, 24-GRH, 25-PRH ;
- Des UHC qui présentent des formes alluviales actives et qui ne déclenchent pas d'actions de gestion, généralement parce que les enjeux ne le justifient pas (pas d'enjeu d'inondation notamment) : 03-GEN (secteur de l'Etournel en queue de retenue) ; 10-ALY (totalité du canal de Miribel).
- Des UHC sur le Haut-Rhône dont les RCC sont plutôt actifs d'un point de vue sédimentaire et qui n'ont pas subi, sauf dans quelques linéaires de Brégnier-Cordon (07-BRC), d'aménagement de type Girardon. Pour ces Vieux Rhône de Chautagne (05-CHA), Belley (06-BEL) et Brégnier-Cordon (07-BRC), et dans une moindre mesure de Sault-Brénaz (08-SAB), les actions d'essartage et de charruage de bancs sont récurrentes ;
- Des UHC sur le Rhône moyen qui présentent des Vieux Rhône relativement peu actifs d'un point de vue sédimentaire, équipés d'anciens casiers, où seules des actions de gestion par essartage semblent être réalisées : Pierre-Bénite (11-PBN), Péage-de-Roussillon (13-PDR), St-Vallier (14-STV) et Bourg-lès-Valence (15-BLV) ;
- Des UHC sur le Rhône en aval de Beauchastel (16-BEA) où la présence plus fréquente de bancs, parfois mobiles comme à Montélimar (18-MON) et Donzère-Mondragon (19-DZM), fait apparaître une combinaison des actions de gestion par essartage et par charruage ;
- Des UHC sur le Bas Rhône et le delta marquées par l'absence de bancs alluviaux, et qui font l'objet d'actions de gestion essentiellement dans d'anciens casiers très sédimentés (21-AVI, 22-VAL) à peu sédimentés (23-ARL).

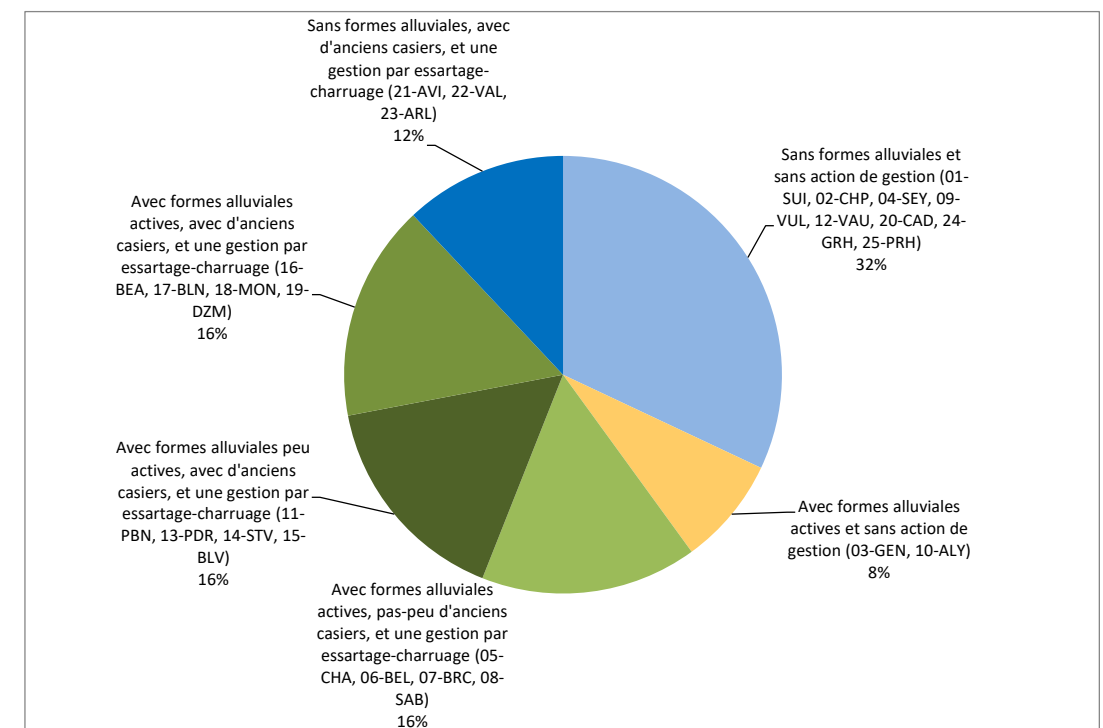


Figure 78 : Répartition des UHC en nombre par en fonction des actions de gestion du lit des Vieux Rhône

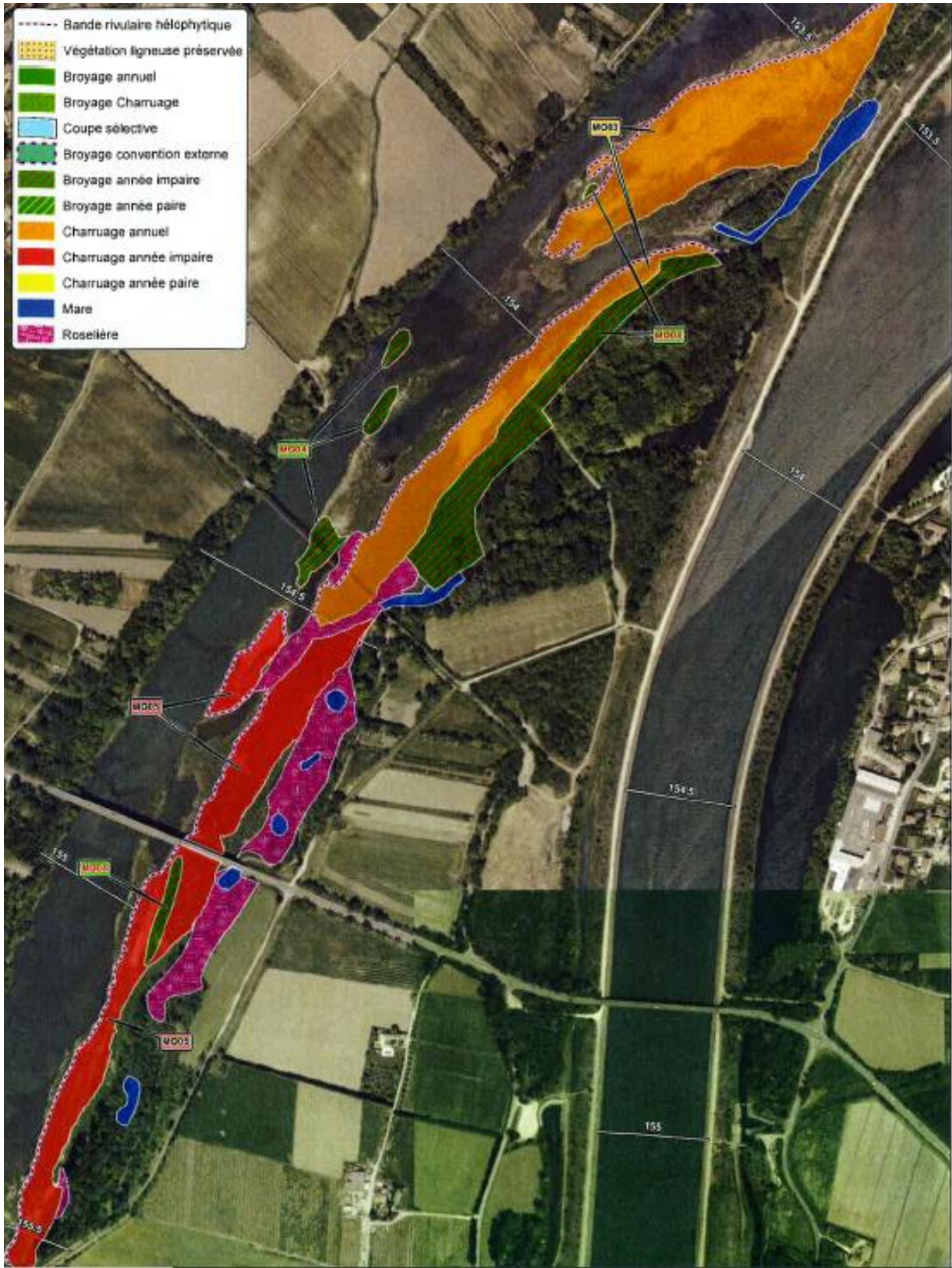


Figure 79 : Exemple de cartographie des opérations d'essartage (broyage) et de charriage établie par une Direction Territoriale de la CNR (Vieux Rhône de Montélimar) (document interne CNR)

N°	Code	UHC	Ouvrage en dérivation	Présence de bancs alluviaux	Présence d'anciens casiers non boisés	Actions d'essartage	Actions de charriage	Commentaires sur bancs, casiers non boisés, et actions de gestion
01	SUI	Seujet-Verbois	NON	0	0	0	0	Absence de bancs. Présence de roselières
02	CHP	Chancy-Pougny	NON	0	0	0	0	Absence de bancs. Présence de roselières
03	GEN	Génissiat	NON	1	0	0	0	Présence de bancs actifs en queue de retenue (Etournel), sans mesure de gestion
04	SEY	Seyssel	NON	0	0	0	0	Absence de bancs. Présence de roselières
05	CHA	Chautagne	OUI	3	0	3	3	Nombreux bancs actifs de grande surface
06	BEL	Belley	OUI	3	0	2	2	Nombreux bancs peu actifs (convexités ou au droit des seuils), essartés et/ou charriés
07	BRC	Brégny-Cordon	OUI	2	1	2	2	Quelques bancs hérités dans les convexités, essartés et/ou charriés
08	SAB	Sault-Brénaz	OUI	1	0	1	0	Quelques rares bancs hérités en marge
09	VUL	Saint-Vulbas		0	0	0	0	Absence de bancs non végétalisés
10	ALY	Ain-Lyon	OUI	3	0	0	0	Nombreux bancs actifs, absence d'action de charriage ou essartage
11	PBN	Pierre-Bénite	OUI	1	1	1	0	Quelques bancs hérités non charriés, quelques anciens casiers essartés
12	VAU	Vaugris	NON	0	0	0	0	Absence de bancs et d'anciens casiers
13	PDR	Péage de Roussillon	OUI	2	2	2	0	Quelques bancs hérités et d'anciens casiers essartés
14	STV	Saint-Vallier	OUI	1	1	1	0	Quelques rares bancs hérités et anciens casiers essartés
15	BLV	Bourg-lès-Valence	OUI	1	1	1	0	Quelques rares bancs hérités et anciens casiers essartés
16	BEA	Beauchastel	OUI	2	1	2	2	Plusieurs bancs hérités et anciens casiers essartés et/ou charriés
17	BLN	Baix-Le-Logis-Neuf	OUI	1	1	1	1	Quelques rares bancs hérités et anciens casiers essartés et/ou charriés
18	MON	Montélimar	OUI	2	2	2	2	Nombreux bancs hérités (convexités) et anciens casiers, essartés et/ou charriés
19	DZM	Donzère-Mondragon	OUI	3	2	2	3	Nombreux bancs actifs et anciens casiers, essartés et/ou charriés, ou libres
20	CAD	Caderousse	OUI	0	0	0	0	Absence de bancs et anciens casiers non essartés
21	AVI	Avignon	OUI	0	2	2	1	Absence de bancs, quelques casiers sédimentés essartés et/ou charriés
22	VAL	Vallabrègues	OUI	0	1	1	1	Absence de bancs, quelques casiers sédimentés essartés et/ou charriés
23	ARL	Palier d'Arles		0	3	1	1	Un seul banc hérité, perché, essarté/charrié, nombreux casiers non sédimentés
24	GRH	Grand Rhône		0	0	0	0	Absence de banc et d'anciens casiers
25	PRH	Petit Rhône		0	0	0	0	Absence de bancs, les ségonaux non boisés sont mis en culture

Occurrence par UHC des actions de gestion par charriage et essartage en fonction des formes fluviales présentes

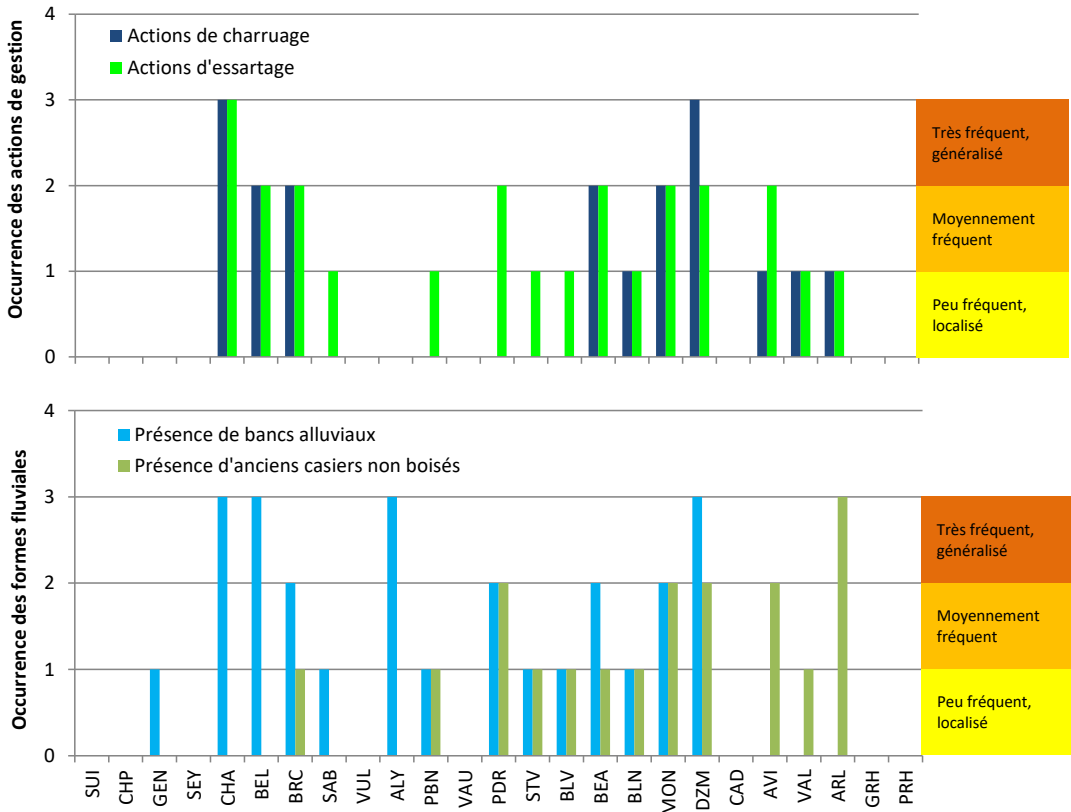


Figure 80 : Analyse semi-quantitative des actions de gestion par essartage et charriage dans les UHC



*Banc charnué et essarté dans le RCC de Chautagne (UHC#05-CHA).
Les zones de charriage correspondent aux secteurs sans végétation*



*Anciens casiers comblés de sédiments et essarté dans le
RCC de Péage de Roussillon (UHC#13-PDR)*



*Bancs et anciens casiers, essartés et charnués dans le RCC
de Montélimar (UHC#18-MON)*



*Banc charnué et essarté dans le RCC de Belley au droit du
seuil de Lucey (UHC#06-BEL)*



*Banc de rive droite du Rhône charnué et/ou essarté au droit
de la confluence du Guiers dans le RCC de Brégnier-Cordon
(UHC#07-BRC)*



*Bancs de rive droite charnués dans la traversée de Bourg-
St-Andéol sur le RCC de Donzère-Mondragon (UHC#18-
DZM)*



*Anciens casiers remblayés et perchés, charnués et/ou essartés
dans le bras d'Avignon (UHC#21-AVI)*

Figure 81 : Exemple de secteurs faisant l'objet d'actions d'essartage et/ou de charriage

4.3 Réflexion menée dans l'UHC de Chautagne

L'analyse précédente a montré que l'UHC de Chautagne (05-CHA) présentait des enjeux de gestion parmi les plus importants sur le fleuve.

Les mesures de gestion du Vieux Rhône de Chautagne peuvent être mieux décrites à partir d'un document co-rédigé par le SHR, la CNR, et le CEN-Savoie en 2017 : « Gestion des bancs d'alluvions conciliant biodiversité et sécurité hydraulique – protocole de diagnostic des enjeux faune et flore inféodés aux bancs d'alluvions. Apports d'éléments en vue de la rédaction d'un plan de gestion. L'exemple du RCC de Chautagne ».

Dans cette UHC, les bancs d'alluvions situés dans le lit mineur du Rhône court-circuité de Chautagne (communes savoyardes de Motz, Serrières en Chautagne et Ruffieux), d'une superficie totale de 110 ha, sont entretenus tous les 3 ans par la CNR. Cependant, les travaux réalisés empêchent l'expression des communautés végétales fortement diversifiées typiques des plaines alluviales et induit une perte de biodiversité. La végétation se trouve bloquée au stade herbacé pionnier (mégaphorbiaies, nanocypérions, formations herbacées de grèves hautes...) formations végétales de plus en plus rares dans les milieux alluviaux contraints par les aménagements hydrauliques. Il en est de même pour les formations arbustives de types saulaies pionnières qui peuvent difficilement s'implanter durablement, et les bancs d'alluvions entretenus ne présentent donc pas cette mosaïque spatio-temporelle garante de la diversité des espèces animales et végétales inféodées. Par ailleurs, les espèces exotiques envahissantes, notamment les renouées asiatiques et l'ambrosie, profitent pleinement de cette situation et notamment de la scarification du sol. Les réflexions se sont donc engagées entre la CNR, le CEN Savoie et le SHR depuis plusieurs années maintenant, autour d'un protocole de gestion des bancs d'alluvions conciliant contraintes de sécurité et développement de la biodiversité.

Les objectifs généraux de la mise en œuvre d'une gestion différenciée des bancs d'alluvions sont les suivants :

- Concilier la non-aggravation des crues avec la conservation et le développement des habitats et des espèces inféodées aux bancs d'alluvions, en s'appuyant sur une rotation spatiotemporelle des entretiens programmés (« gestion différenciée »),
- Mieux caractériser les habitats clé en termes de biodiversité et dégager des outils d'évaluation,
- Limiter l'implantation et la propagation des Espèces Exotiques Envahissantes (EEE),
- Transposer le principe de gestion différenciée ainsi que les outils d'évaluation et de cartographie aux autres portions de Rhône court-circuitées.

Pour étayer cette réflexion, des mesures de suivi sur les plans physiques et écologiques ont été engagées :

- Elaboration d'une méthodologie reproductible de cartographie de la végétation des bancs d'alluvions à partir de photographies aériennes haute résolution ;
- Elaboration d'une méthodologie de suivi de l'évolution des bancs alluviaux par topographie LIDAR ;
- Etude de nouveaux indicateurs faunistiques de la diversité des bancs d'alluvions : homoptères, hétéroptères, araignées en construisant les référentiels ;
- Etude du développement d'indicateurs faunistiques de la diversité des bancs d'alluvions dans le système rhodanien : les odonates – gomphidés ;
- Préciser les exigences écologiques et fonctionnelles de 2 oiseaux : petit gravelot et chevalier guignette ;
- Synthétiser les éléments en vue de rédiger le plan de gestion des bancs d'alluvions.

Ces actions réalisées concourent à une meilleure connaissance des enjeux en termes de fonctionnalité et de biodiversité. L'intégration de l'ensemble des paramètres étudiés vise à atteindre la définition de modalités de gestion des bancs d'alluvions conciliant sécurité hydraulique et biodiversité. L'objectif de la dernière étape de synthèse est d'extraire et de synthétiser l'ensemble des éléments inventoriés et analysés en vue de :

- Définir les enjeux patrimoniaux existants sur l'ensemble des milieux alluviaux (bancs d'alluvions, îlots, vasières, etc.) du RCC de Chautagne,
- Définir si les indicateurs sont stables, fiables et représentatifs de la dynamique fluviale actuelle du Rhône et des impacts des travaux sur les bancs d'alluvions,
- Préciser les modalités de gestion des bancs d'alluvions d'un point de vue spatio-temporel.

Les outils géomatiques développés dans le cadre du projet permettront la localisation précise de mise en œuvre de ces modalités. A terme, la continuité des suivis permettra de s'assurer à travers ces indicateurs de la plus-value écologique et fonctionnelle de la gestion opérée.

4.4 Effet des travaux d'entretien sur les communautés végétales

Récemment, des travaux de l'INRAE (Janssen, 2019) ont analysé sur le Rhône comment les mesures d'entretien et de restauration influent sur la composition végétale rivulaire selon des gradients topographique et pédologique.

Sur l'été 2017, un échantillon a été composé à partir de 17 surfaces géomorphologiques, principalement des bancs de gravier, le long du Rhône et de ses affluents, qui ont été soit défrichés à plusieurs reprises (essartage et/ou charriage), nouvellement reprofilés ou naturellement rajeunis par des débits élevés. Les résultats montrent des changements dans les compositions en fonction des gradients environnementaux que sont la topographie (en lien la fréquence de mise en eau) et la teneur des sols en éléments fins. La concurrence des espèces avec des traits contrastés est plus élevée dans les environnements fortement perturbés, révélant l'importance du processus de rajeunissement.

Cependant, l'influence des deux gradients environnementaux est modifiée par l'activité humaine. En termes d'entretien, le labour favorise les communautés pionnières, la diversité des espèces mais aussi les espèces exotiques. Les bancs vifs sont associés à des environnements stressants, hébergeant des assemblages fonctionnels distincts. Les communautés sur des marges nouvellement reprofilées sont dans les mêmes trajectoires écologiques que les bancs défrichés à plusieurs reprises.

L'article conclut sur le fait qu'une restauration écologique efficace des zones riveraines nécessite :1) une plus grande variabilité du débit minimum, 2) la restauration du transport de la charge de fond, 3) les berges reprofilées après travaux devraient mieux imiter les formes et les propriétés des marges naturelles des rivières.

4.5 Pertinence et pérennité des actions de gestion terrestre

Les actions de charriage et d'essartage sont par définition des actions d'entretien qui ne sont pas pérennes et doivent être renouvelées, avec une période de retour variant de 2 à 5 ans.

Les actions d'essartage ont avant tout été réfléchies et réalisées avec un objectif principalement hydraulique, permettant de répondre au cahier des charges de la concession. La réflexion engagée sur le Haut-Rhône devrait amener à conserver cet objectif hydraulique tout en conciliant les enjeux d'habitats et de biodiversité.

Les actions de charriage peuvent être analysées sous deux angles :

- Ces actions visent avant tout à décompacter la couche superficielle et à empêcher le développement de ligneux. Dans cette logique, le charriage est une action préventive à l'essartage et elle répond au même objectif hydraulique que précédemment ;
- La résultante du charriage est de maintenir le banc nu, ce qui entraîne une possibilité de remobilisation de ses matériaux alluvionnaires. Aussi, la pertinence de l'action est à vérifier en fonction de l'état du stock sédimentaire du RCC depuis la mise en eau du barrage et de sa dynamique sédimentaire :
 - en effet, si le RCC est en excédent depuis la mise en eau du barrage (cas de 07-BEL ou 16-BEA), et a fortiori s'il reçoit des apports depuis l'amont, le charriage est pertinent pour déstocker les matériaux et revenir à un état proche de l'initial, à condition toutefois que les impacts sur la retenue aval soient maîtrisés (enjeux navigation et/ou écoulement des crues) ;
 - a contrario, si le RCC est déficitaire (la plupart des RCC) et ne reçoit pas d'apport grossiers depuis l'amont, alors le charriage ne semble pas pertinent pour un objectif de remobilisation qui viendrait aggraver le déficit ;
 - enfin, au sein même d'un RCC, le charriage peut créer des déséquilibres non souhaités, comme par exemple dans le RCC de Montélimar où le charriage en partie en amont du Vieux Rhône peut remobiliser des sédiments grossiers qui viendraient se déposer dans la partie aval où il existe un enjeu de navigation qui déclenche des dragages (accès au port Lafarge-Ciments).

On notera enfin que l'essartage et le charriage peuvent être des facteurs de ralentissement d'une évolution du style fluvial d'un RCC (cas du RCC de Chautagne), mais qu'ils ne peuvent contrecarrer à eux seuls une évolution lourde qui dépend des entrées en sédiments grossiers et de leur dynamique.

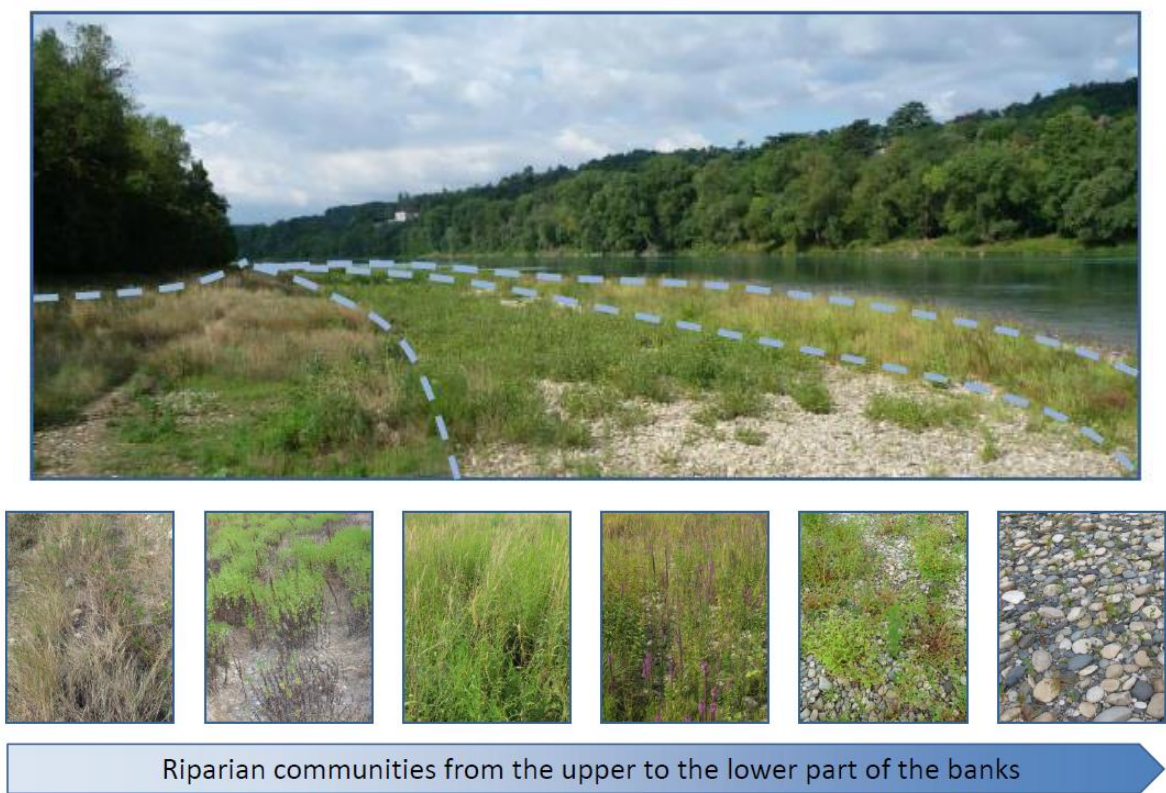


Figure 82 : Composition des communautés végétales sur un banc du Rhône (Janssen, 2019)

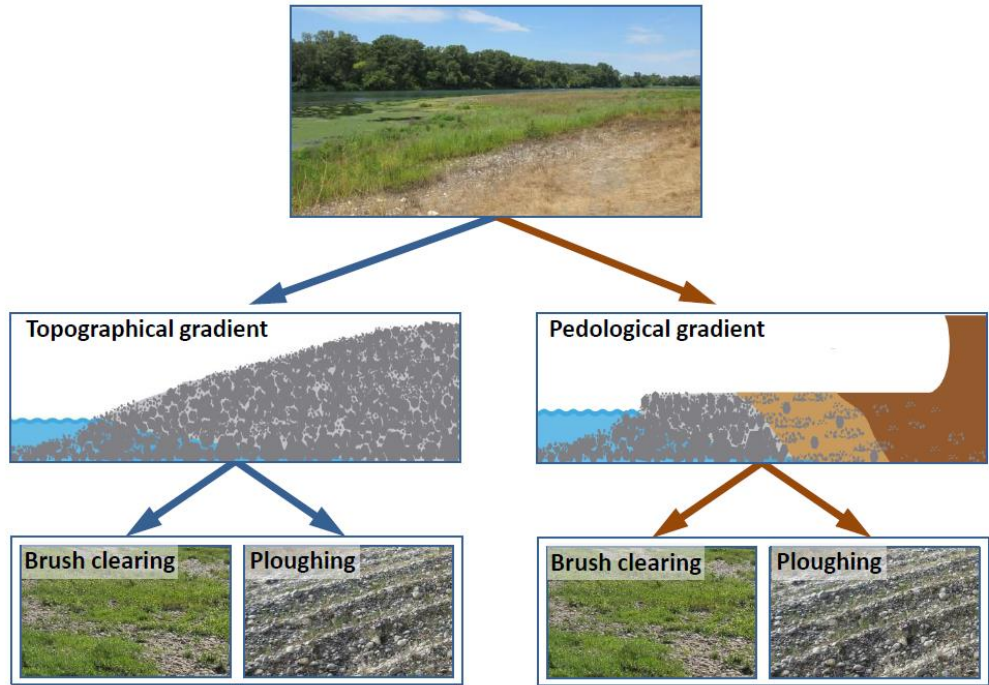


Figure 83 : Gradients topographiques et pédologiques en lien avec l'essartage et le charruage (Janssen, 2019)

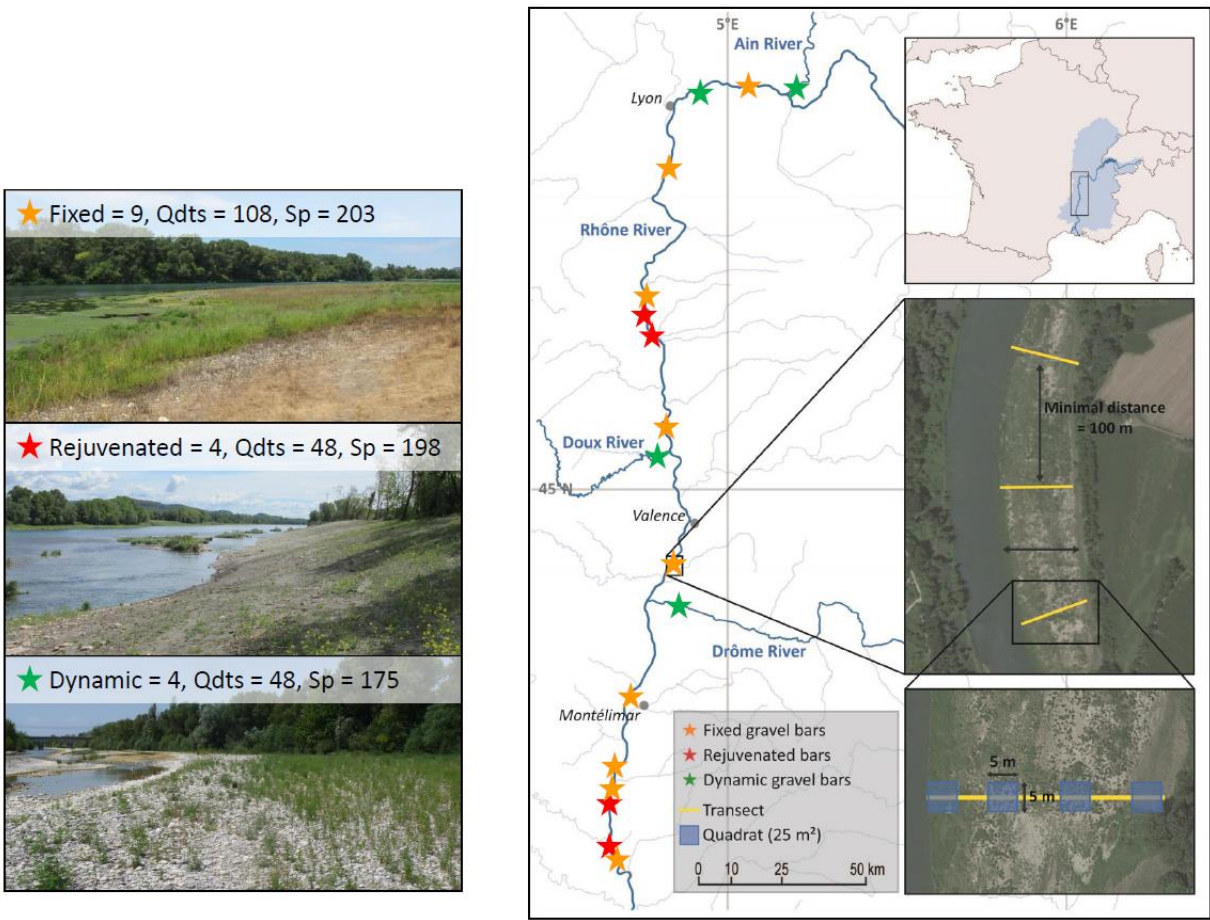


Figure 84 : Terrain d'étude et stations sur le Rhône et ses affluents (Janssen, 2019)

Le canal de Miribel, les Vieux Rhône de Pierre-Bénite, Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère-Mondragon ont été retenus pour ce travail de recherche (Janssen, 2019) car il s'agit de tronçon court-circuité avec une forte part courante du linéaire Le tableau ci-dessous rappelle les linéaires courants et lenticues (sous l'influence de la retenue aval) pour ces tronçons court-circuités.

Tableau 11 : Tronçon court-circuités avec des communautés végétales étudiées par Janssen (2019)

Rhône court-circuité	Linéaire total (km)	Linéaire courant en débit réservé (km)	Proportion
Canal de Miribel	18,7	18,7	100,0%
RCC de Pierre Bénite	10,8	1,8	16,7%
RCC de Péage de Roussillon	12,4	1,1	8,9%
RCC de Montélimar	14,0	7,8	55,7%
RCC de Donzère Mondragon	29,8	21,1	70,8%

PARTIE C. ACTIONS DE RESTAURATION



1. Historique de la restauration du fleuve Rhône

1.1 Retour sur les origines de la restauration du fleuve Rhône

A la fin du 20^{ème} siècle, des épisodes catastrophiques de crues, comme en février 1990 sur le Haut-Rhône, ont fait prendre conscience localement des limites de la gestion du fleuve empreinte des approches sécuritaires du siècle passé et conduisant à de lourds aménagements. En effet, ces derniers produisaient parfois des effets contraires à ceux recherchés en matière de réduction de l'aléa et de la vulnérabilité du risque inondation.

En parallèle, l'érosion de la biodiversité et la diminution de la résilience de l'hydrosystème, conséquences directes des grandes évolutions du fonctionnement hydromorphologiques du fleuve, et induites notamment par son aménagement anthropique, vont conduire à l'émergence de volontés locales pour la restauration des milieux. Ces volontés ont largement été appuyées par le réseau de scientifiques mobilisés autour du fleuve Rhône et animé par des intentions clairement gestionnaires, notamment depuis les années 60 avec la mise en œuvre d'une politique de démoustication (Bravard, 2006), puis dans les années 70 avec le **PIREN Rhône** (Barthélémy C., Souchon, Y., 2009).

En résulte un double investissement à la fois militant et scientifique, qui conduira à l'émergence progressive de nouveaux préceptes de gestion du fleuve imprégnés de valeurs environnementales. L'écologie scientifique donnera du sens au combat politique contre l'artificialisation du fleuve, le combat militant constituera une opportunité qui donne du sens à la recherche scientifique.

1.2 Le programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône

Les nouveaux concepts de gestion vont trouver une traduction opérationnelle dans le Plan d'action Rhône de 1992 de l'Agence de l'Eau RMC et le SDAGE de 1996, puis dans le **Programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône** initié en 1998. Ce dernier reprendra la formule du Plan d'action Rhône de 1992 pour « retrouver un fleuve vif et courant » illustrant ces nouveaux concepts de gestion du fleuve. A la suite d'une demande interministérielle, ce programme naît d'une réorientation des fonds engagés par la CNR dans le projet du canal Rhin-Rhône, abandonné en octobre 1997. Ce programme affichait deux objectifs prioritaires, à savoir, la restauration des débits réservés et l'amélioration de la qualité écologique du fleuve par la restauration des annexes, ces deux objectifs ne pouvant être considérés séparément. En effet, la pérennité des actions de recréation de lône par un auto-entretien ne pouvait se satisfaire des seuls débits réservés.

Dans le cadre du programme décennal, six sites ont été identifiés prioritaires selon des critères écologiques (caractéristiques physiques et biologiques) mais également, pour trois d'entre eux, des critères socio-politiques (volonté des élus locaux). Il s'agit du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon), de Pierre-Bénite, de Péage de Roussillon, Miribel-Jonage, Montélimar et Donzère-Mondragon.

L'exécution du programme est ainsi déléguée à l'échelle de ces sites et la mise œuvre doit comprendre des objectifs de relèvement de débits réservés, la réhabilitation des lônes et des connexions piscicoles ainsi que des projets d'accompagnement de valorisation socio-économique. Des concertations à différentes échelles ont ainsi été organisées, afin d'inciter à la constitution de syndicats intercommunaux devant s'engager de manière volontaire en faveur de la réhabilitation du Rhône et devant, à terme, valoriser les milieux fluviaux une fois restaurés. Sur Pierre-Bénite, c'est le Syndicat Intercommunal du Rhône des Iles et des Lônes (SIRIL), créé en 1992, qui prendra en charge dès 1998 (après évolution vers le SMIRIL en 1995) avec la CNR, la mise en œuvre du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône. Sur le Haut-Rhône, la crue de 1990 avait déclenché la mobilisation de syndicats intercommunaux qui se sont regroupés en 2003 au sein du Syndicat du Haut-Rhône (SHR). C'est ce dernier qui portera la mise en œuvre du programme décennal sur Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon. Sur Miribel-Jonage, ce sera le SYMALIM, le SMIRCLAID pour Péage-de-Roussillon et le SIAGAR pour Donzère-Mondragon. Sur Montélimar, la CNR se substituera au syndicat local.

En parallèle, la convention de concession de la CNR fait l'objet d'un huitième avenant, établi le 16 juin 2003, et traduisant la loi n° 2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité. Cet avenant intègre certains principes évoqués précédemment :

- abandon de la liaison fluviale Saône-Rhin à grand gabarit ;
- redéfinition des droits et des obligations du concessionnaire pour tenir compte (...) de nouveaux besoins et pour prendre en considération (...) les conséquences des évolutions constatées dans le droit, l'économie et dans la société (...), notamment en matière d'environnement (...);
- actualisation du cahier des charges conduite dans le respect de l'équilibre financier de la concession.

Il est constaté que la transformation de la CNR en producteur d'électricité indépendant et de plein exercice doit permettre à cette compagnie de continuer à remplir les missions d'intérêt général, autres que la production d'électricité.

Enfin, l'article 1ter du cahier des charges général de la concession institue l'établissement d'un schéma directeur sur la période 2003-2023, comprenant notamment les volets visant la mise en œuvre d'actions de restauration des milieux :

- A. - Concertation et organisation
- B. - Restauration des tronçons court-circuités du Rhône, ainsi que des lônes et des milieux annexes du Rhône et de ses affluents
- C. - Restauration de l'axe de migration « Rhône et ses affluents » et des connexions piscicoles
- D. - Gestion du domaine foncier de la concession

Dès l'origine du programme de restauration du Rhône, les chercheurs accompagneront sa mise en œuvre dans le cadre du programme de suivi scientifique **RhonEco** issu du PIREN Rhône. Il a pour objectif de collecter des données pré et post-restauration sur le long terme et de caractériser l'effet de ces opérations de restauration sur les biocénoses aquatiques et les dynamiques territoriales. Ce suivi scientifique est structuré autour de 3 volets : un suivi de l'état physique et écologique de plusieurs aménagements, le développement de modèles d'aide à la décision et d'évaluation de la restauration, un volet socio-économique.

Les deux grandes crues de 2002 et 2003 sur le Rhône médian viendront perturber la mise en œuvre du programme décennal au moment où ce dernier allait être appliqué justement sur ce secteur du Rhône et plus en aval (Péage-de-Roussillon, Montélimar, Donzère-Mondragon). Après la gestion de crise induite par ces catastrophes naturelles, vient le temps des explications. Parmi elles, la diminution des zones d'expansion des crues et le comblement du Rhône et sa plaine alluviale par les sédiments fins sont largement avancés par les élus locaux et les riverains. Le manque d'entretien et de dragages par la CNR est déploré et la restauration des Vieux Rhône est alors perçue comme une opportunité pour en faire des zones d'expansion de crue.

Le programme décennal s'est alors vu localement attribué une nouvelle ambition, celle de participer à la réduction du risque contre les inondations. Le curage des lônes participerait à restaurer cette fonctionnalité, reléguant au second plan le relèvement des débits réservés (Barthélémy C., Souchon, Y., 2009) et ce, malgré la complémentarité de ces deux principaux objectifs du programme décennal.

Si les problématiques induites par la gestion des sédiments du Rhône préoccupent les ingénieurs de la CNR dès le début du 20^{ème} siècle (Bravard J.P., Bethemont J., 2016), les crues de 2002 et 2003 les mettent localement sur le devant de la scène publique.

1.3 Du programme décennal au Plan Rhône

Le programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, toujours en cours de réalisation, est intégré depuis 2007 au **Plan Rhône** qui offre un cadre général aux différentes actions menées pour une gestion intégrée du fleuve et de ses abords sur l'ensemble de son linéaire. Il s'est avéré comme le principal outil de mise en œuvre du SDAGE 2010-2015 et de son programme de mesures sur le fleuve. Le Plan Rhône 2007-2013 est un contrat de projets interrégional signé par l'Etat et ses établissements publics, le Comité de Bassin, les cinq conseils régionaux riverains du Rhône et de la Saône, et la Compagnie Nationale du Rhône.

Les principaux enjeux sont abordés selon six volets thématiques à partir desquels sont déclinés les objectifs généraux : patrimoine et culture ; prévention des risques liés aux inondations ; qualité des eaux, ressource et biodiversité ; énergie ; transport fluvial et tourisme. La restauration du fleuve est intégrée au volet "Qualité des eaux, Ressource, Biodiversité" qui comporte cinq principaux objectifs opérationnels et scientifiques :

- Améliorer la qualité de l'eau en luttant contre la micropollution ;
- Poursuivre et amplifier la restauration fonctionnelle des tronçons court-circuités et des secteurs artificialisés ;
- Rétablir progressivement la circulation des poissons migrateurs ;
- Améliorer la connaissance du fleuve ;
- Mettre en œuvre les modalités de gestion et de valorisation en conformité avec les règlements européens.

Suite aux crues de 2003, s'il est indispensable pour les élus locaux et les riverains d'entretenir les Vieux Rhône et de curer les sédiments qui réduisent leur débitance, au fil des acquisitions de connaissances et des réunions, les acquis scientifiques vont progressivement percoler. En réponse aux préoccupations sociales sur le comblement du Rhône, il est alors démontré que les dragages en lit mineur ne sont pas indispensables pour lutter contre les inondations. En revanche, l'accumulation de sédiments fins dans les ouvrages Girardon a réduit l'espace alluvial (Bravard et al., 2005). Si des études historiques ont permis de démontrer l'ancienneté de ces processus, ces ouvrages étant performants, la sédimentation sur les marges est, encore aujourd'hui, à l'œuvre. Pour autant, ces processus engendrent une élévation des marges et un enfoncement lit.

En réélargissant l'espace alluvial, leur démantèlement permettrait de diminuer le risque d'inondation. Ce type d'action, présenté comme un possible compromis entre la restauration écologique et la prévention contre les crues, a fortement séduit les acteurs locaux. En outre, il répond au principe de l'espace de liberté soutenu par l'Agence de l'Eau RMC et traduit dans le SDAGE dès 1996. En 2006, la réactivation des marges alluviales du Rhône est intégrée dans le programme d'action du premier plan Rhône 2007-2013. Plusieurs opérations sont lancées et le projet de Pont-Saint-Esprit sera réalisé en 2009.

La mise en œuvre de ce Plan Rhône sera marquée par la crise des PCB. En effet, le 22 février 2007, un arrêté préfectoral des Préfets de l'Ain, de l'Isère et du Rhône vient interdire toute consommation humaine et de commercialisation de poisson en provenance du Rhône au nom du principe de précaution. Cette interdiction, survenue quinze jours avant l'ouverture de la pêche à la truite, s'étend depuis le barrage de Sault-Brenaz jusqu'à celui de Vaugris. Les pollutions au PCB sont en cause et cette interdiction est largement relayée par les médias. Par la suite, cette situation engendrera un vaste programme d'investigations dans le cadre du Plan Rhône afin d'évaluer les impacts de cette pollution sur les biocénoses aquatiques et les usages associés.

Les opérations de restauration visant à remobiliser et/ou à déplacer des sédiments seront impactées par cette mise en lumière de la pollution des sédiments du Rhône par les PCB. C'est notamment le cas pour le Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon dont les projets sont suspendus en 2010. Une étude CNR-BRGM-ENTPE est lancée sur casiers de l'île des Gravieres en 2011 et débouche sur des recommandations et la reprise du programme.

En parallèle et en réponse notamment aux préoccupations sociales sur le comblement du Rhône et suite à l'émergence de questions dans le cadre de ce Plan Rhône, il devient nécessaire pour les scientifiques de développer et de capitaliser les connaissances sur le transport sédimentaire dans l'axe rhodanien. La ZABR, issue du PIREN-Rhône, lance ainsi en 2009 l'Observatoire des Sédiments du Rhône (OSR). Cet observatoire a pour mission de produire, rassembler et gérer des données visant à caractériser les stocks et les flux sédimentaires, ainsi que les pollutions associées à ces sédiments. Il a également pour mission d'éclairer les gestionnaires et les élus. Dans le cadre de l'OSR, un Schéma Directeur de réactivation de la dynamique fluviale des marges du Rhône a été établi entre 2009 et 2013. Ce document retrace l'historique de la sédimentation sur les marges de chacun des tronçons court-circuités du fleuve et dresse un premier inventaire des sites pour lesquels des actions de réactivation de la dynamique fluviale peuvent être envisageables en croisant leur faisabilité avec un inventaire des enjeux.

En 2015, un nouveau Plan Rhône est signé pour 5 nouvelles années (2015-2020). Si le volet Qualité des eaux, ressources et biodiversité constitue une nouvelle fois un objectif général, « **élargir de manière contrôlée et localisée le lit du Rhône (remobilisation des marges alluviales)** » est affiché comme l'un des objectifs opérationnels pour restaurer le fonctionnement du Rhône. Le programme décennal évoluera donc vers une plus grande prise en compte de la morphodynamique fluviale dans la gestion du fleuve (Bravard J.P., Bethemont J., 2016).

1.4 Les différents types d'actions de restauration menés ou en réflexion sur le Rhône

Le bilan des actions de restauration menées depuis la fin des années 1990 met en évidence les grands types d'actions suivants, effectivement réalisés ou à l'étude :

- Le relèvement des débits et régimes réservés,
- La restauration des îlots et des zones humides associées,
- La réactivation de la dynamique fluviale sur les marges alluviales,
- Les réinjections sédimentaires,
- Les interventions sur les seuils transversaux (Vieux Rhône et affluents),
- La restauration de lâchers morphogènes.

Le retour d'expérience de ces types d'actions est présenté dans les parties qui suivent.

Les inventaires des actions ont été menés essentiellement à partir de documents transmis par la CNR (documents techniques) et l'Agence de l'Eau (documents de financement), ainsi que par des collectivités locales bien que l'étude n'ait pas permis de les contacter de façon exhaustive. Aussi, si l'inventaire se veut le plus complet possible, il ne peut garantir l'exhaustivité des actions menées.

2. Bilan des actions de restauration du fleuve Rhône

2.1 Le relèvement des débits et régimes réservés

2.1.1 Principe de restauration

Les notions de débit réservé et de régime réservé renvoient au concept de « débit minimum biologique » (DMB), c'est-à-dire à l'idée qu'un débit minimum est nécessaire au maintien des biocénoses aquatiques.

Dans le premier cas, le « débit réservé » est un débit fixe qui ne permet pas de mimer les fluctuations naturelles d'un cours d'eau. Une augmentation du débit réservé est une action de restauration en soi puisqu'elle permet la création d'un plus grand nombre d'habitats et de les diversifier. Le passage d'un débit réservé à un régime réservé l'est également en mimant les fluctuations saisonnières naturelles d'un cours d'eau non impacté.

Le relèvement des débits réservés a donc pour principale vocation d'agir sur la structure des habitats hydrauliques. Le relèvement des débits réservés a résulté de compromis entre l'usage énergétique, la préservation des fonctionnalités écologiques des cours d'eau et des paysages. En effet, dans le cadre du programme décennal, ce relèvement des débits réservés ne répondait pas uniquement à des objectifs écologiques mais aussi de revalorisation du fleuve d'un point de vue socio-économique (Barthélémy C., Souchon, Y., 2009). Le choix final des nouvelles valeurs de débits réservés a donc résulté de cette recherche de compromis entre les gains écologiques attendus, notamment pour les populations piscicoles et les pertes économique-énergétiques imputables à l'augmentation des débits réservés.

2.1.2 Bilan des actions réalisées

Le premier site ayant fait l'objet d'un relèvement du régime réservé est Pierre-Bénite (UHC#11-PBN) en 2000. L'augmentation optimale du débit réservé était fixée à 100 m³/s pour un débit initial de 10-20 m³/s, respectant la règle émise dans la Loi « Pêche » de 1984 (1/10 du module), obligation dont le Rhône était exempt.

Auparavant, la sensibilité de la nappe de l'île de Miribel-Jonage et des captages de l'agglomération de Lyon avait conduit à établir en 1999 une convention de relèvement du débit réservé du canal de Miribel en aval du barrage de Jons, dans les situations où le lac des Eaux Bleues se trouvait en déficit hydrique (UHC#10-ALY).

Les régimes réservés ont ensuite été mise en place sur le Haut-Rhône avec Chautagne (UHC#05-CHA) en 2004 de 10-20 m³/s à 50-70 m³/s, Belley (UHC#06-BEL) en 2005 de 25-60 m³/s à 60-90 m³/s et Brégnier-Cordon (UHC#07-BRC) en 2006. A Brégnier-Cordon, il s'agissait non pas d'un relèvement de débit réservé mais d'un relèvement du débit minimum ou « plancher » entre le barrage de Champagneux et la confluence du Guiers (passage de 25 m³/s à 65 m³/s). L'ouvrage de Sault-Brénaz (UHC#08-SAB) a conservé un régime réservé sur deux périodes (20 et 60 m³/s).

Afin de limiter les pertes énergétiques liées à cette mesure, les barrages de Motz (UHC#05-CHA), de Lavours (UHC#06-BEL) et de Pierre-Bénite (UHC#11-PBN) ont été équipés de Petites Centrales Hydroélectriques (PCH) afin de turbiner les débits minimaux. On notera que pour ces ouvrages, les PCH ont conduit à la suppression des groupes de restitution (GR) initiaux. Pour Champagneux, l'ouvrage avait été équipé dès l'origine (1983) d'un groupe de restitution de 5,4 MW, équivalent aux PCH précédentes. Plus récemment, des PCH ont été mises en place au barrage du Pouzin (UHC#17-BLN) et de Rochemaure (UHC#18-MON), et un projet est en cours pour Vallabrègues (UHC#22-VAL).

Suite aux inondations de 2003 sur le Rhône médian, le relèvement des débits réservés est relégué au second plan. Il faudra ainsi attendre le 1^{er} janvier 2014, en raison d'une obligation réglementaire (Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques – LEMA – de 2006), pour que les débits réservés d'autres Vieux Rhône soient relevés : Saint-Vallier (14-STV, 56 m³/s), Bourg-lès-Valence (15-BLV, 72 m³/s), Beauchastel (16-BEA, 73 m³/s), Baix-Le-Logis-Neuf (17-BLN, 74,5 m³/s), Montélimar (18-MON, 74,5 m³/s) Donzère-Mondragon (19-DZM, 74,5 m³/s), Caderousse (20-CAD, 78 m³/s), Avignon / bras de Villeneuve (21-AVI, 17,5 m³/s), Vallabrègues (22-VAL, 84 m³/s). Les débits ont ainsi été relevé à une valeur équivalente au minimum au 1/20^e du débit moyen interannuel du Rhône total à l'entrée de chaque aménagement, comme prévue par la réglementation. Des PCH ont également été installées sur les barrages du Pouzin (BLN) et de Rochemaure (MON).

Le régime réservé du Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon (UHC#13-PDR) a également été relevé en 2014, à la différence que, pour répondre à des objectifs écologiques particuliers (privilégier les espèces de grèves le long des bancs de galets, favoriser la forêt alluviale, ...), des modulations saisonnières importantes ont été définies.

Les actions de relèvements des débits réservés sont récapitulées dans le tableau suivant. Pour le détail des régimes réservés, le lecteur pourra se reporter aux fiches UHC correspondantes.

Tableau 12 : Synthèse des actions de relèvement des débits et régimes réservés

UHC	Débit/régime réservé anciens ➡ actuels	Dates de réalisation	Maîtrise d'ouvrage	PCH
UHC#05-CHA	10 - 20 ➡ 50 - 70 m³/s	2004	CNR	Oui
UHC#06-BEL	25 - 60 ➡ 60 - 100 m³/s	2005	CNR	Oui
UHC#07-BRC	Débit plancher : 25 ➡ 65 m³/s	2006	CNR	Oui
UHC#08-SAB	20 – 60 m³/s	-	CNR	
UHC#10-ALY	30 ➡ 30 - 60 m³/s	1999	EDF	
UHC#11-PBN	10 - 20 ➡ 100 m³/s	2000	CNR	Oui
UHC#13-PDR	10 - 20 ➡ 50 - 125 m³/s	2014	CNR	
UHC#14-STV	5 - 10 ➡ 56 m³/s	2014	CNR	
UHC#15-BLV	10 - 20 ➡ 72 m³/s	2014	CNR	
UHC#16-BEA	10 - 20 ➡ 73 m³/s	2014	CNR	
UHC#17-BLN	10 - 20 ➡ 74,5 m³/s	2014	CNR	Oui
UHC#18-MON	15 - 65 ➡ 74,5 m³/s	2014	CNR	Oui
UHC#19-DZM	60 ➡ 74,5 m³/s	2014	CNR	
UHC#20-CAD	5 ➡ 78 m³/s	2014	CNR	
UHC#21-AVI	Villeneuve : 5 ➡ 17,5 m³/s Avignon : 400 m³/s	2014	CNR	
UHC#22-VAL	10 ➡ 84 m³/s	2014	CNR	Oui*

* en projet à court terme

2.1.3 Pertinence et pérennité

Le relèvement des débits et régimes réservés dans les Vieux Rhône consistait à trouver, dans les limites acceptables pour la production hydroélectrique, le compromis optimal entre la morphologie du RCC et le débit à faire transiter pour permettre un développement durable des biocénoses aquatiques. La morphologie des sites a été appréhendée en termes de potentialités d'accueil hydrobiologique afin de tendre vers les préférences des espèces fluviales pour certaines valeurs de variables physiques (vitesse et hauteur d'eau). Il s'agit également d'améliorer la connexion des annexes hydrauliques.

Les résultats des suivis scientifiques sur les évolutions des potentialités d'accueil hydrobiologique des Vieux Rhône ayant fait l'objet de ce type d'action ont mis en exergue une augmentation des vitesses de débits minimum. Sur l'UHC#11-PBN, elles ont, en moyenne, été multipliées par 5 (de 0,07 à 0,35 m/s) et par 2 sur l'UHC#05-CHA (de 0,38 à 0,80 m/s). En outre, ces actions ont engendré des améliorations des niveaux de débits par unité de largeur (nombre de Reynolds au débit minimum, REM) traduisant une augmentation des habitats relatifs aux espèces inféodés aux eaux courantes. Pour autant, l'indice lié à la morphologie permettant de traduire la proportion de radiers/mouilles (nombre de Froude au débit médian, FR50) n'enregistre que de très faibles variations (RhônEco / J.M. Olivier - N. Lamouroux., 2016).

L'amélioration de la diversité des faciès d'écoulement, par le relèvement des débits et régimes réservés, a également pu contribuer à l'amélioration de la valeur paysagère du fleuve par augmentation des niveaux d'eau qui avaient fortement diminués suite aux aménagements CNR.

Enfin, l'augmentation des débits est favorable aux annexes (lônes, bras morts, zones humides, etc.) et à la nappe alluviale, en particulier dans les UHC du Haut-Rhône marquées par un espace alluvial s'étendant sur de vastes zones humides : 05-CHA (marais de Chautagne), 06-BEL (marais de Lavours), 07-BRC (marais de Champagnieux, lônes et zones humides des Basses Terres du bas-Dauphiné) ou dans UHC de Péage-de-Roussillon comportant la réserve naturelle nationale de l'Île de la Platière (013-PDR).

2.1.4 Intérêts et limites pour la gestion sédimentaire du Rhône et enjeux associés

En tout état de cause, le relèvement des débits réservés n'a pas d'effet sur les processus fluviaux intrinsèques à la gestion sédimentaire du fleuve Rhône. Le suivi scientifique a mis en évidence que, même à l'échelle des micro-habitats, ces effets sur le fonctionnement hydromorphologique des Vieux Rhône sont minimes.

2.2 La restauration des lônes et des zones humides associées

2.2.1 Principe de restauration

Dans les années 1980, avant même la mise en place du programme décennal, plusieurs opérations de restauration de lônes ont été réalisées sur le corridor rhodanien. S'il s'agissait principalement d'actions mécaniques (dérouissage, curage) réalisées par la CNR, elles avaient pour objectif de répondre aux demandes locales et/ou de conserver la débitance des chenaux latéraux afin de participer à la non-aggravation des lignes d'eau en crue sur le domaine concédé (Bravard, 2006). Pour ces mêmes finalités hydrauliques et suite aux crues des années 1990 sur le Haut-Rhône ayant provoqué une sédimentation importante de fines dans ces annexes et de nombreux embâcles, certaines lônes ont également fait l'objet d'actions mécaniques.

C'est au début des années 1990 que, par des initiatives locales, des objectifs écologiques commencent à être associés à ces travaux. Il s'agit de remettre en eau certains bras du fleuve afin d'augmenter la diversité des habitats dans les plaines inondables et de favoriser les espèces caractéristiques de ces milieux. L'objectif initial était de recréer des habitats écologiques spécifiques aux milieux alluviaux, pour beaucoup atterrés du fait des travaux de correction fluviale. Parmi les sites pilotes, les lônes de Chantemerle et de Rossillon (UHC#7-BRC) ont été restaurées en 1993. Dès lors, des suivis scientifiques sont associés à ces opérations de restauration afin de connaître les dynamiques écologiques et hydromorphologiques de ces chenaux latéraux notamment dans le cadre du PIREN-Rhône (Riquier, 2015).

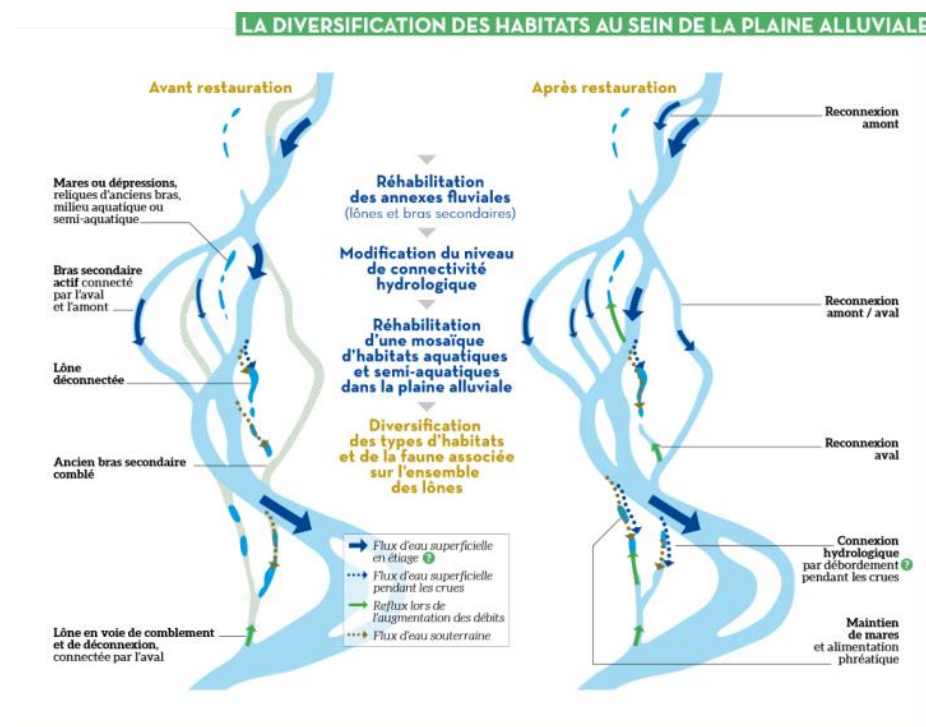


Figure 85 : Démarche de diversification des conditions de milieux à l'échelle d'un même tronçon
(Source : GRAIE, 2016)

Avec l'avènement du programme décennal initié en 1998, c'est encore une nouvelle approche qui est développée. La restauration des lônes est envisagée de manière globale à l'échelle de chaque tronçon court-circuité de manière à obtenir un certain niveau de diversité de conditions d'habitat. Cette diversification des conditions de milieux est ainsi déclinée entre les bras à l'échelle d'un même tronçon et parfois à l'intérieur des bras eux-mêmes. Il s'agissait donc de diversifier le niveau de connectivité des lônes au chenal principal du Rhône, principal facteur de diversification des habitats et donc de l'augmentation de la biodiversité.

2.2.2 Bilan des actions réalisées

• Restauration de lônes

Tout comme pour le débit réservé, le Vieux Rhône de Pierre-Bénite sera le site pilote pour l'application de cette stratégie d'actions avec la restauration des lônes de Ciselande, Jaricot et de la Table Ronde en 1999-2000.

Suivront ensuite les Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon à partir de 2007 (études), de Montélimar à partir de 2011, et Donzère-Mondragon à partir de 2017 (travaux). Notons que les UHC de Chautagne en 2003, de Belley en 2004 et Brégnier-Cordon en 2005 ont également fait l'objet de la restauration de nombreuses lônes sans pour autant bénéficier de cette approche globale à l'échelle de l'UHC.

En parallèle du programme décennal puis du plan Rhône, la CNR a également réalisé de nombreuses opérations de restauration de lônes dans le cadre de ses Missions d'Intérêt Général lancées en 2003.

Ainsi, au total entre 1986 et 2018, avec quelques actions recensées sur le premier semestre 2019, ce sont 101 opérations de restauration de lônes qui ont été réalisées sur 76 lônes différentes.

Notons que les crues de 2002 (absence d'opération) et 2003 ont engendré un abaissement temporaire de l'effort de restauration des lônes sur les secteurs du Rhône médian et du Bas Rhône entre 2003 et 2006 (cf. Figure 86). Au cours de cette période, les efforts de restauration de lônes ont été particulièrement soutenus sur le Haut-Rhône (UHC#05-CHA, UHC#06-BEL et UHC#07-BRC).

A partir de 2007, les efforts ont été davantage déployés sur le Rhône médian et le Bas Rhône avec la restauration de l'UHC#13-PDR puis l'UHC#18-MON, dont la mise œuvre s'est finalisée en 2014, et de l'UHC#19 de Donzère-Mondragon en 2017.

Les UHC ayant bénéficié des plus gros efforts de restauration sont les UHC#07 de Brégnier-Cordon, UHC#13 de Péage-de-Roussillon et UHC#19 de Donzère-Mondragon (cf. Figure 87).

Les différentes actions de restauration de lônes sont récapitulées dans le Tableau 13. Les coûts de ce type d'opération sont très variables et les données disponibles concernant ces coûts sont lacunaires. Avec les données disponibles, le coût moyen de restauration d'une lône est de 370 000 € par opération de restauration (min : 2 000 €/opération ; max : 1 785 000 €/opération, cf. Figure 88)

Les opérations de restauration les plus coûteuses concernent :

- La lône de la Barcasse (UHC#18-MON) dont les volumes et les coûts de terrassements et d'export de matériaux ont été très importants (volume de l'ordre de 70 000 m³ exportés à 15 km) ;
- Les lônes de la Boussarde et du Prieuré (UHC#13-PDR) pour lesquelles les travaux de terrassement ont été complétés par des travaux de création de brèches dans les ouvrages Girardon afin de restaurer leur connexion hydraulique ;
- La lône des Îles (UHC#18-MON) pour les mêmes raisons que la lône de la Barcasse et par la réalisation de brèches dans les épis Girardon.

Les coûts sont donc fortement majorés dès que les volumes de terrassement augmentent, a fortiori avec export à distance, et dès que des ouvrages de génie civil sont aménagés (brèche dans des épis).

Le coût total pour les actions renseignées (29 lônes sur 79 présentent des coûts non renseignés ou incomplets) s'élève à plus de 24,7 M€HT (coût travaux).

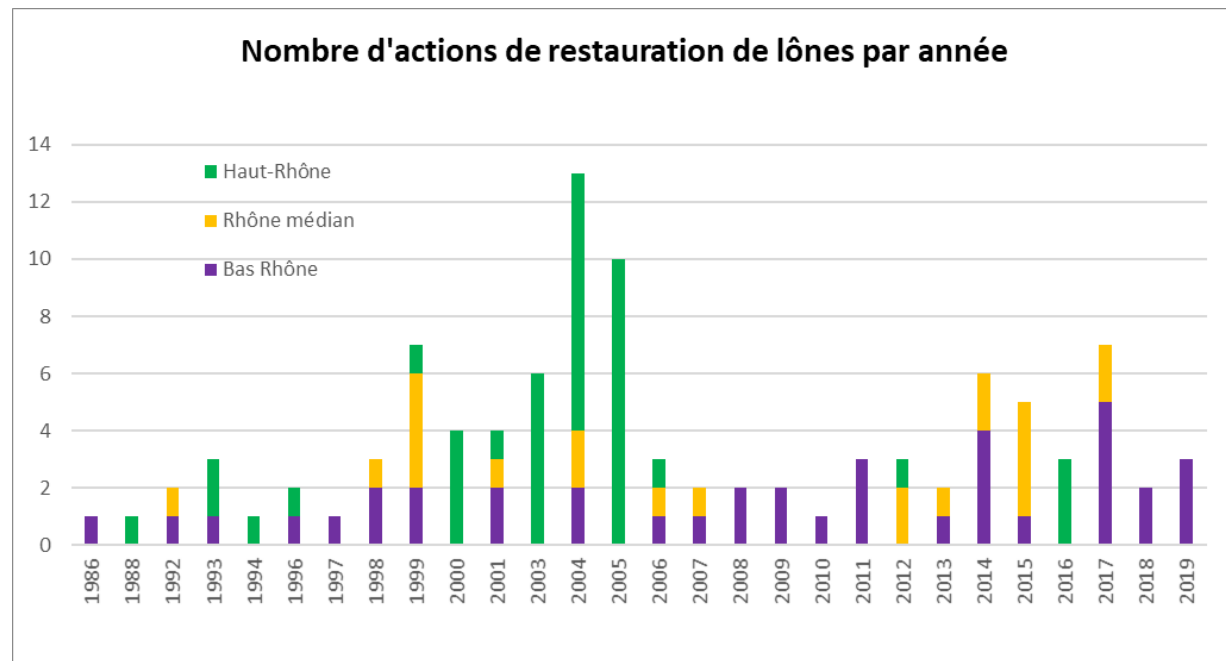


Figure 86 : Nombre d'actions de restauration de lônes par année

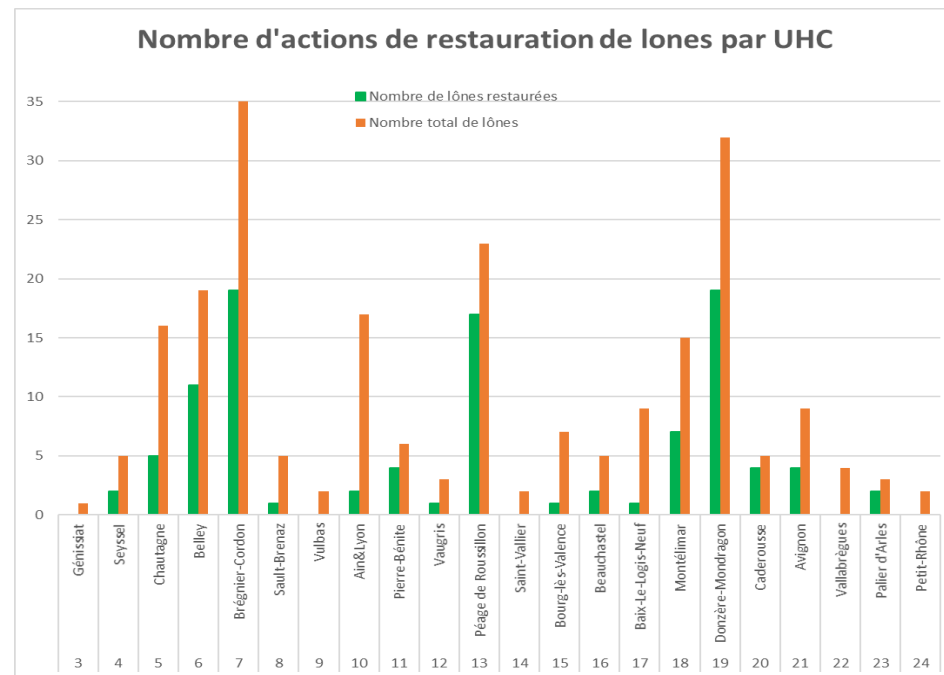


Figure 87 : Nombre d'actions de restauration de lônes par UHC

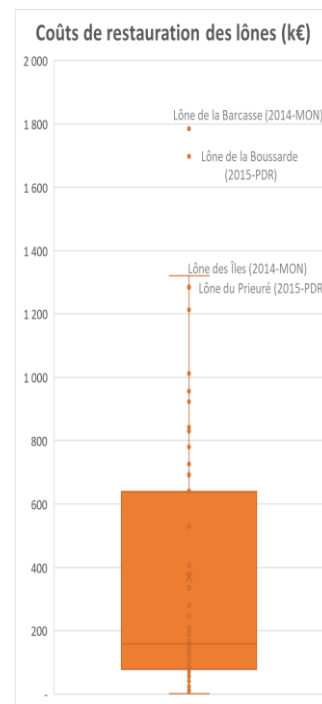
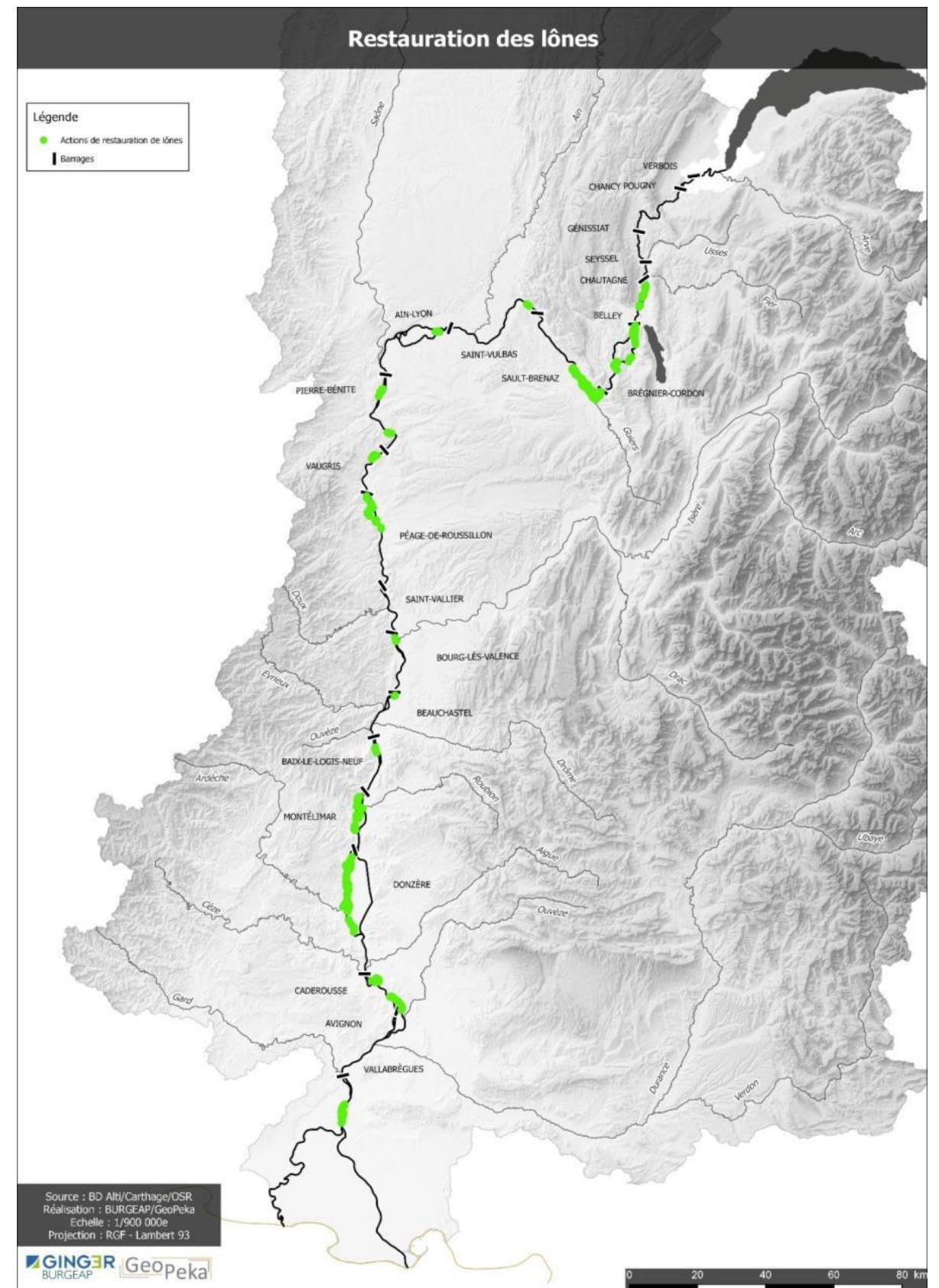


Figure 88 : Synthèse des coûts de restauration de lônes



Carte 17 : Cartographie synthétique des linéaires de lônes restaurés

Tableau 13 : Récapitulatif des opérations de restauration de lônes

N° UHC	NOM UHC	NOM LONE	ANNEES	LONGUEUR RESTAUREE (m)	VOLUME TERRASSE (m3)	COUTS (€HT)
4	Seyssel	Lône de Pyrimont	2000	ND	ND	ND
4	Seyssel	Lône Anse des Balmes	2000	ND	ND	ND
5	Chautagne	Bras latéral amont RD	2003	2100	26090	78 000
5	Chautagne	Bras latéral aval RD	2003	2100	65725	157 000
5	Chautagne	Lône de la Malourdie	2003	450	12200	158 000
5	Chautagne	Petite lône de la Malourdie	2003	250	5000	40 000
5	Chautagne	Lône du Brotalet	2003	ND	38900	260 000
6	Belley	Lône de l'Orgeval	2004	80	4000	79 150
6	Belley	Lône de l'Ile Beard (Lône de Beard)	2004	620	6200	119 700
6	Belley	Lône des Luisettes	2004	550	4000	100 800
6	Belley	Lône Moiroud	2004	250	4760	92 044
6	Belley	Lône Fournier	2004	200	14000	133 400
6	Belley	Lône de Lucey	1996-2004	500-ND	ND-240	32774-72100
6	Belley	Anse de Yenne	2004	610	11000	150 700
6	Belley	Lône de Marnix	1999	420	ND	ND
6	Belley	Lône de Virignin	2004	ND	7200	133 500
6	Belley	Anse de Chanaz	2004	140	9250	84 000
7	Brégnier-Cordon	Lône de Chantemerle	1993-2003	ND-ND	ND-ND	76 225-ND
7	Brégnier-Cordon	Lône des Britanières (Glières)	2000	ND	ND	ND
7	Brégnier-Cordon	Lône des Granges	2005	500	16200	208 748
7	Brégnier-Cordon	Lône de Vachon	2005	300	6085	150 600
7	Brégnier-Cordon	Lône de l'Esperance	2000	ND	ND	ND
7	Brégnier-Cordon	Lône du Cerisier	2005	ND	850	56 346
7	Brégnier-Cordon	Lône de Rossilon	1993-2005	ND-ND	ND-ND	69974-ND
7	Brégnier-Cordon	Lône Mathan	2005	950	46000	412 870
7	Brégnier-Cordon	Lône des Molottes	2005	400	8218	248 290
7	Brégnier-Cordon	Lône de l'Ilon	2005	200	22000	378 637
7	Brégnier-Cordon	Lône des Sables	2005	ND	5931	176 120
7	Brégnier-Cordon	Lône de Marquisat	2005	200	7000	167 140
7	Brégnier-Cordon	Lône du Ponton	2005	50	4452	138 600
7	Brégnier-Cordon	Bras des Chèvres	1994-2001	ND-ND	2500-1650	10518-24000
7	Brégnier-Cordon	Bras des Gravieres Grand Jean	1988	ND	ND	ND
7	Brégnier-Cordon	Lône Saint Didier	2016	1000	ND	ND
8	Sault-Brenaz	Lône de Saint Verand	2006	ND	19013	146 000
10	Ain&Lyon	Lône de Jons (lône des Pêcheurs)	2012	ND	2870	ND
10	Ain&Lyon	Lône de Jonage	2016	1400	16500	782 000
11	Pierre-Bénite	Lône de Ciselande	1999-2017	ND-ND	63600-15 800	ND-ND
11	Pierre-Bénite	Lône de Jaricot	1999	ND	56210	ND
11	Pierre-Bénite	Lône Table Ronde	1999	ND	64520	ND
12	Vaugris	Lône Barlet	2006	ND	5800	65 000
13	Péage de Roussillon	Lône de la Chèvre	2001	ND	10000	390 000

N° UHC	NOM UHC	NOM LONE	ANNEES	LONGUEUR RESTAUREE (m)	VOLUME TERRASSE (m3)	COUTS (€HT)
13	Péage de Roussillon	Lône du Beurre	1999-2007	355-ND	15980-ND	87 201-ND
13	Péage de Roussillon	Lône de la Platière	1992-2014	ND-60	ND-1840	ND-281280
13	Péage de Roussillon	Lône du Noyer Nord	1999-2004-2012	ND-ND-ND	14000-108-ND	160 000-2 000-ND
13	Péage de Roussillon	Lône de l'Ilon	2004-2014-2017	140-640-ND	17870-6000-2900	ND-640038-143 000
13	Péage de Roussillon	Lône Boussarde	2015	426	18500	1 697 784
13	Péage de Roussillon	Ancien lit du Dolon	2015	530	11000	923 000
13	Péage de Roussillon	Lône de la Sainte	2013	437	6000	336 000
13	Péage de Roussillon	Lône du Prieuré	2015	652	25000	1 697 784 1 284 319
13	Péage de Roussillon	Lône Bugnon	2015	484	25000	692 282
13	Péage de Roussillon	Lône du Noyer Sud	2012	380	9000	190 880
15	Bourg-lès-Valence	Lône de Châteaubourg	2018	ND	ND	ND
16	Beauchastel	Lône de Blaud	1993	ND	29540	106 700
16	Beauchastel	Lône de Véore	1998	ND	5300	32 622
18	Montélimar	Lône de la Barcasse	2014	1250	59920	1 785 000
18	Montélimar	Lône Roussette (Pradier)	2011	1725	ND	1 020 717
18	Montélimar	Lône des Iles	2011-2014	ND-410	ND-33020	ND-1320000
18	Montélimar	Bras mort du Roubion	2014	ND	ND	ND
18	Montélimar	Lône de Montélimar Sud	2014	475	8330	405 000
18	Montélimar	Lône de la Petite île	2011	ND	ND	ND
19	Donzère-Mondragon	Lône Dions	2001-2017	ND-10	ND-20	289 653-15200
19	Donzère-Mondragon	Lône des Joncs	1998	ND	2000	10 671
19	Donzère-Mondragon	Lône du Banc Rouge	1996-2019	ND-1400	ND-1118 000	ND-1012040
19	Donzère-Mondragon	Lône de la Désirade	1997	ND	276000	529 573
19	Donzère-Mondragon	Lône de Malatras	1999-2003-2013	ND-1200-ND	ND-87000-ND	ND-779600-ND
19	Donzère-Mondragon	Lône Malaubert	2001-2017	ND-30	ND-160	ND-16200
19	Donzère-Mondragon	Lône des Dames	2019	1300	85400	843 000
19	Donzère-Mondragon	Lône de la République	1992	ND	ND	ND
19	Donzère-Mondragon	Lône de la Surelle	2017	12	150	76 200
19	Donzère-Mondragon	Lône de la Grange Ecrasée	1986-2019	ND-1500	200470-18000	ND-955625
19	Donzère-Mondragon	Lône de la Maison du Roi	2009	ND	ND	ND
20	Caderousse	Lône de Caderousse	1997-2009	ND-ND	ND-ND	1212427-ND
20	Caderousse	Lône des Cappelans	2006	500	ND	286 500
21	Avignon	Bras des Arméniers	1999-2006-2010-2015	ND-ND-ND-650	7000-ND-ND-8000	28 500-725 500-830000-735650
23	Palier d'Arles	Lône du Pilet	2008	ND	1200	78 000
23	Palier d'Arles	Lône de Saxy	2008	ND	ND	ND

• Restauration d'autres types d'annexes

Au-delà de ces actions de restauration de îles, d'autres actions ont été menées sur des milieux annexes au chenal principal du Rhône : connexion d'anciennes gravières, restauration de zones humides, etc. Si les objectifs de restauration diffèrent des actions précédemment citées, elles participent à la diversification des milieux aquatiques et semi-aquatiques.

En matière de reconnexion hydraulique, sur l'UHC#05 de Chautagne, des opérations, portées par le CEN Savoie (2017), ont permis la reconnexion et le remodelage du casier n°9 de la Malourdie, ancienne gravière ayant servi à la construction des ouvrages hydroélectriques, avec pour objectifs principalement piscicoles et la gestion différenciée de la végétation des bancs.

Le domaine des Grandes Cabanes du Vaccarès sud - Camargue (UHC#24-PRH) a également fait l'objet d'une reconnexion hydraulique. Ces travaux ont consisté au curage du canal de la Pigeonnière permettant l'irrigation du site par le Petit Rhône.

En outre, le bras des Arméniers (UHC#21-AVI), déconnecté du Rhône par une digue insubmersible lors des aménagements CNR au début des années 1970. Les objectifs étaient de lutter contre la Jussie et de recréer des zones humides par déblai/remblai avec la création de mares plus ou moins profondes. Ce projet a été complété par des aménagements de loisirs et de sécurité (chenal navigable pour les modes doux : canoës et barques, mise en place d'une rampe à bateaux et d'un ponton de pêche, réaménagement de jeux de boules). Le bras des Arméniers a ainsi fait l'objet de travaux en 1999, 2006, 2010 et plus récemment en 2015 en partenariat entre la CNR et la Communauté de Communes des Pays de Rhône et Ouvèze (action B1-BA1 du contrat de rivière de la Meyne et des annexes du Rhône).

L'étang du Moulin sur l'UHC#13 de Péage-de-Roussillon a fait l'objet de travaux de restauration en 2014. Situé en rive gauche du canal de fuite de l'usine de Sablon, au droit de la confluence entre ce dernier et le ruisseau des Claires, ce casier a été curé afin de rajeunir les milieux suite à un fort processus d'alluvionnement.

Enfin, sur l'UHC#18 de Montélimar, un projet est actuellement en cours de réalisation sur le lac Meyrol et les îles du Rhône. Les objectifs recherchés de la réhabilitation de ces anciennes gravières sont la reconnexion au fleuve Rhône et aux flux d'eau pour une meilleure circulation d'eau et dynamique des flux au sein de ces espaces, la diversification des milieux favorables à la biodiversité, l'élimination progressive des espèces invasives et l'amélioration des espaces naturels comme support d'usages et de développement local. Ces travaux, portés par le CEN - Rhône Alpes sont prévus pour 2021.

Des travaux ont également été menés afin de restaurer des zones humides sur la plaine alluviale du Rhône. Parmi elles, le marais de Chautagne (UHC#05-CHA) fait l'objet d'un plan de gestion et de restauration sur 10 ans (2016-2025) piloté par l'ONF afin, notamment, de restaurer son fonctionnement hydraulique sur plus de 70 ha. Les marais de Lavours (UHC#06-BEL) et de Champagneux (UHC#07-BRC) ont respectivement fait l'objet d'opérations de réhydratation et d'animation foncière pour le maintien des zones en eau. Les plans d'eau de l'île de Miribel-Jonage (UHC#10-ALY) ont également fait l'objet d'actions de réhabilitation, à savoir le lac de la Forestière, le lac du Drapeau et le lac de la Droite par le SYMALIM.

Des projets sont en cours de développement, sans toutefois qu'il soit possible d'être exhaustif sur ces réflexions locales :

- Restauration de casiers sur les îles du Rhône à Châteauneuf du Rhône (Latitude et Dynamique Hydro, 2016) dans l'UHC#18 de Montélimar : création de connexions Vieux Rhône / casiers afin de créer des zones humides reliées directement au fleuve dès les moyennes eaux pour le casier aval et à partir des hautes eaux pour le casier amont ;
- Réaménagement au niveau du Lac aux Truites (Ilya / Cultures et territoires / Améten – 2018) également dans l'UHC#18 de Montélimar : remodelage des berges et création d'îles, de hauts fonds et de roselières.

2.2.3 Pertinence et pérennité

Les opérations de restauration de îles et d'annexes permettent la recréation de formes fluviales que le Rhône n'est plus capable de générer par lui-même suite à son aménagement. Or, l'évolution naturelle d'un certain nombre de bras secondaires est basée sur un atterrissement progressif. Ainsi, des interrogations quant à la pertinence et la pérennité de ces actions ont émergé au fil du temps. Afin de répondre à ces questionnements, des travaux scientifiques (Riquier, 2015) ont été menés. Ils ont porté sur la granulométrie des dépôts dans les bras restaurés et leur comblement par les fines (réponses), ainsi que l'hydrodynamisme des écoulements de crues dans ces bras (contrôles) afin de caractériser leurs effets sur la diversité des conditions d'habitats (pertinence des actions de restauration) et la durée de vie des bras restaurés (pérennité des actions).

Concernant la pertinence de ces travaux, il a ainsi été démontré que ces opérations de restauration ont permis de rajeunir les formes. En effet, la comparaison des conditions granulométriques inter-bras est très forte après restauration. Pour autant, la plupart des bras restaurés présentent des conditions granulométriques très proches de celles avant travaux. De ce fait, ces travaux de restauration ont, certes contribué à rajeunir les formes et à diversifier les conditions hydrauliques, mais ils n'affectent pas de manière substantielle les processus contrôlant les modalités de sédimentation dans les bras. Or, ces travaux de recherche démontrent qu'il existe un lien entre l'hydrodynamisme des écoulements de crue dans les bras restaurés, les conditions d'habitat physique et la durée de vie potentielle des bras. La plupart des îles restaurées enregistrent des processus de décapage lors d'événements de crues relativement fréquentes permettant leur auto-entretien. En revanche pour d'autres, ces rajeunissements épisodiques ne sont pas assez importants pour contrecarrer les processus de sédimentation. Des modèles tendanciels ont été élaborés afin de traduire ces ajustements hydro-sédimentaires en durée de vie potentielle des bras restaurés. Ces durées de vie s'étendent d'une vingtaine d'années, pour les bras ayant tendance à s'atterrir, à plusieurs siècles pour ceux qui présentent de fortes capacités d'auto-entretien (Riquier, 2015).

Un autre effet bénéfique de la restauration des îles consiste en une amélioration des échanges avec la nappe alluviale permettant ainsi une amélioration de la qualité de l'eau, de la recharge aquifère, et de la fonctionnalité des captages dans la plaine alluviale. Enfin, l'amélioration de la valeur paysagère par la diversification des milieux sur les marges du Rhône par la restauration des îles favorise les usages récréatifs et les activités touristiques associées ; par exemple, l'amélioration des peuplements piscicoles incite à la pratique de la pêche récréative.

2.2.4 Intérêts et limites pour la gestion sédimentaire du Rhône et enjeux associés

Les actions de restauration de îles et des zones humides de la plaine alluviale n'ont que peu d'incidences directes sur la gestion sédimentaire de fleuve Rhône. En effet, les actions de restauration sur ces annexes fluviales consistent, pour la majorité, en une modification de leur forme afin de diversifier les conditions d'habitats et ainsi permettre le développement de la biodiversité. Si la pertinence de ces actions pour répondre à ces objectifs est aujourd'hui avérée pour une grande majorité d'entre elles (Riquier, 2015 ; GRAIE, 2016), elles n'affectent pas de manière substantielle les principaux processus contrôlant ce renouvellement des formes hormis dans de rares cas où la restauration des îles a également constitué en une restauration de leur connexion amont. En effet, la réouverture de la connexion amont d'une île ayant une pente suffisante peut permettre d'augmenter la compétence des écoulements en fonctionnement courant ou en période de crues et ainsi permettre une relative mobilité des sédiments dans cette annexe fluviale. Pour autant, selon la morphologie des îles et leur fonctionnement hydraulique, la réouverture des connexions amont peut également être à l'origine d'un comblement progressif de celle-ci non souhaitable pour la pérennité des actions de restauration. Aussi, les conditions locales sont à apprécier, notamment en terme de ligne d'eau en crue, afin de déterminer l'intérêt d'une reconnexion par l'amont ou uniquement par l'aval.

En revanche, la pérennité de la restauration des îles semble assurée dans le contexte rhodanien actuel, à savoir une géométrie du lit mineur figée, un transport solide faible à nul et des concentrations en matières en suspension peu élevées comparativement à d'autres hydrosystèmes (Riquier, 2015). En effet, un renforcement de la mobilité des sédiments, la réintroduction d'une charge de fond potentiellement mobile ou encore les ajustements locaux de la géométrie du lit mineur par exemple par des actions de réactivation de la dynamique sur les marges alluviales peuvent impliquer des variations locales du niveau de la ligne d'eau en fonctionnement normal ou en période de crue. Ces variations locales peuvent avoir des impacts sur

l'engraissement et la progradation des bouchons alluviaux, les capacités d'auto-entretien des lônes ou encore renforcer l'effet décanteur de certaines de ces annexes.

Tel a été le cas par exemple pour les lônes de la Malourdie et le bras de Ciselande. Le bras de la Malourdie (UHC#05-CHA) a, en effet, enregistré des vitesses de comblement relativement rapides en raison de la progradation d'un radier dans le chenal principal du Rhône qui contrôle les niveaux d'eau dans le bras (Riquier J., 2015). Pour le bras de Ciselande (UHC#11-PBN), l'érosion d'un seuil naturel à l'extrémité aval du bras a engendré un abaissement de la ligne d'eau de l'ordre de 50 cm entre 2002 et 2011. Cet abaissement de la ligne d'eau, ne permettant plus l'alimentation du bras en débit réservé, a engendré un atterrissement très rapide du bras (ZABR, 2012).

Ainsi, si la restauration des lônes n'a que peu d'incidences sur la gestion sédimentaire dans le chenal principal, cette dernière peut avoir des effets sur leur fonctionnement et la pérennité des actions de restauration de lônes par des ajustements locaux en termes de connectivité hydrologique des bras en crue ou de niveau d'eau lors des écoulements en débit réservé. De ce fait, la pérennité des actions de restauration des lônes constitue un point de vigilance quant à la gestion sédimentaire de l'axe rhodanien,

2.3 La réactivation de la dynamique fluviale sur les marges alluviales

2.3.1 Principe de restauration

Les travaux de correction fluviale sur le fleuve Rhône menés entre la fin du 19^{ème} siècle et le début du 20^{ème} siècle (aménagements Girardon) ont engendré de fortes pressions sur les dynamiques fluviales avant même l'aménagement pour la production hydroélectrique et la voie fluviale moderne.

La réactivation de la dynamique fluviale sur les marges alluviales s'applique dans le Vieux Rhône car dans les linéaires de retenue, la configuration anthropisée du lit ne permet pas d'envisager une restauration sans remettre en question des usages hydroélectriques et de navigation. La réactivation consiste ainsi à supprimer ces contraintes latérales afin de laisser davantage s'exprimer les processus de manière passive. Ainsi, l'érosion des berges permettrait la création de nouveaux habitats mais générerait aussi de nouveaux apports sédimentaires. Ces derniers provoqueraient, plus en aval, des atterrissements susceptibles de dévier les écoulements et créer de nouvelles érosions. Ces actions de démantèlement des ouvrages Girardon dans l'objectif d'une réactivation de la dynamique fluviale sur les marges alluviales diffèrent donc des actions de création de brèches dans ces mêmes ouvrages pour la reconnexion hydraulique des lônes.

Ces actions se rapproche de la notion de restauration de l'« espace de bon fonctionnement », tel que développé dans le guide technique SDAGE « Délimiter l'espace de bon fonctionnement des cours d'eau » (décembre 2016). C'est dans cet objectif qu'a été réalisé en 2013 le schéma directeur de réactivation de la dynamique fluviale des marges du Rhône (Gaydou, 2013) qui sert aujourd'hui de support à l'émergence des actions de restauration.

2.3.2 Bilan des actions de restauration

Les premières actions de démantèlement d'ouvrages Girardon ont été menées en 2009-2010 au niveau du casier de Pont-Saint-Esprit sur l'UHC#19 de Donzère-Mondragon. Le projet avait un double objectif : restaurer un chenal de décharge pour diminuer les contraintes hydrauliques ; démantèlement d'anciens casiers Girardon afin de restaurer le fonctionnement morphologique et la connectivité des milieux humides et terrestres. Pour ce projet, 300 000 m³ de sédiments ont été remaniés, les matériaux fins étant reclassés dans le Rhône et les grossiers stockés à terre.

Les actions pilotes de démantèlement d'ouvrages Girardon ayant pour objectif premier la réactivation de la dynamique fluviale sur les marges alluviales ont été réalisées en 2011 sur l'UHC#15 de Bourg-lès-Valence (casier de Cornas) et l'UHC#18 de Montélimar (casiers de l'île du Roubion et de la Petite Ile).

Ces travaux ont consisté en une ouverture de brèches dans les digues longitudinales et les épis transversaux par un abaissement de ces ouvrages sur 30 à 70 % de leur hauteur. Leur subassement et la partie submergée sous les débits réservés ont ainsi été conservés. Certains tenons ont également été effacés. Il s'agissait également de réaliser une amorce de talweg par abaissement local des bouchons sur les tronçons les plus perchés. Afin d'augmenter les perturbations hydrauliques à l'intérieur du site, certains « points durs »

ont été renforcés ou créés. Le coût de ces travaux s'élevait à près de 50 000 € pour l'UHC#15-BLV et 190 000 € pour l'UHC#18-MON.

D'autres travaux de démantèlement ont ensuite été menés sur l'UHC#13 de PDR sur les casiers de Serrières en 2014 et de l'île des Gravieres en 2017 pour des budgets respectivement de 528 000 € et de 2 314 000 €. Ces travaux, plus ambitieux, ont consisté en un démantèlement total de digues, épis et tenons sur 480 ml pour le casier de Serrières et 1 000 ml pour le casier de l'île des Gravieres. Un chenal de liaisons entre les casiers de Serrières et ceux de l'île des Gravieres a également été creusé.

L'action de réactivation de la dynamique des marges alluviales sur le casier de l'île des Gravieres a été couplée avec une action de réinjection sédimentaire (cf. §.2.4).

En 2017, l'UHC#19 de Donzère-Mondragon a également fait l'objet de ce type de travaux sur les casiers de l'Aure (540 ml) et de Dion-Malaubert (1 413 ml) pour un budget global de 1,4 M€HT.

L'action la plus récente intégrée dans la présente analyse a été mise en œuvre en 2018 sur le casier de Cornas (UHC#15-BLV), pour un budget de 1 700 000 €. En complément aux travaux antérieurs réalisés en 2011, la digue entre les PK104,5 et 105,3, soit sur 885 ml, a été démantelée ; trois brèches ont été réalisées sur les casiers n°1 et n°2 (230 ml) et un chenal secondaire a été recréé entre les casiers 5 et 6 (370 ml). La brèche réalisée en 2011 entre les casiers 3 et 4 a également été élargie de 20 m.

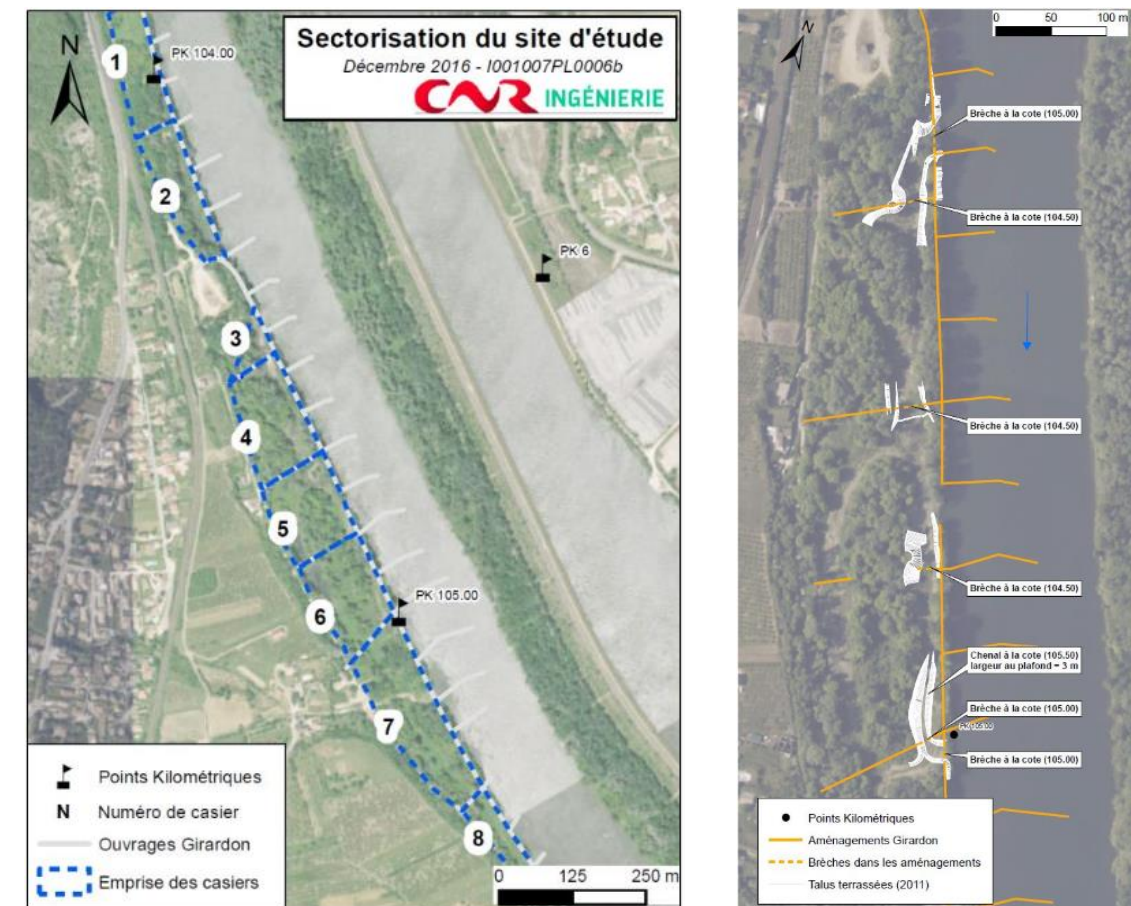


Figure 89 : Sectorisation du casier de Cornas (à gauche) et travaux réalisés en 2011 sur le casier de Cornas (à droite)

Aujourd'hui, la CNR étudie les possibilités pour étendre ce type d'action le long de l'axe rhodanien. Neuf sites, répertoriés dans le Tableau 14 sont actuellement à l'étude pour réaliser des actions de démantèlement d'ouvrages Girardon.

Les différentes actions de restauration de la dynamique fluviale par démantèlement des ouvrages Girardon sont récapitulées dans le Tableau 14. Le coût moyen de ce type d'action, considérant les données disponibles, est de 910 €/m d'ouvrages démantelés (min : 230 €/m, max : 1 625 €/m).

Tableau 14 : Récapitulatif des opérations de restauration des marges alluviales

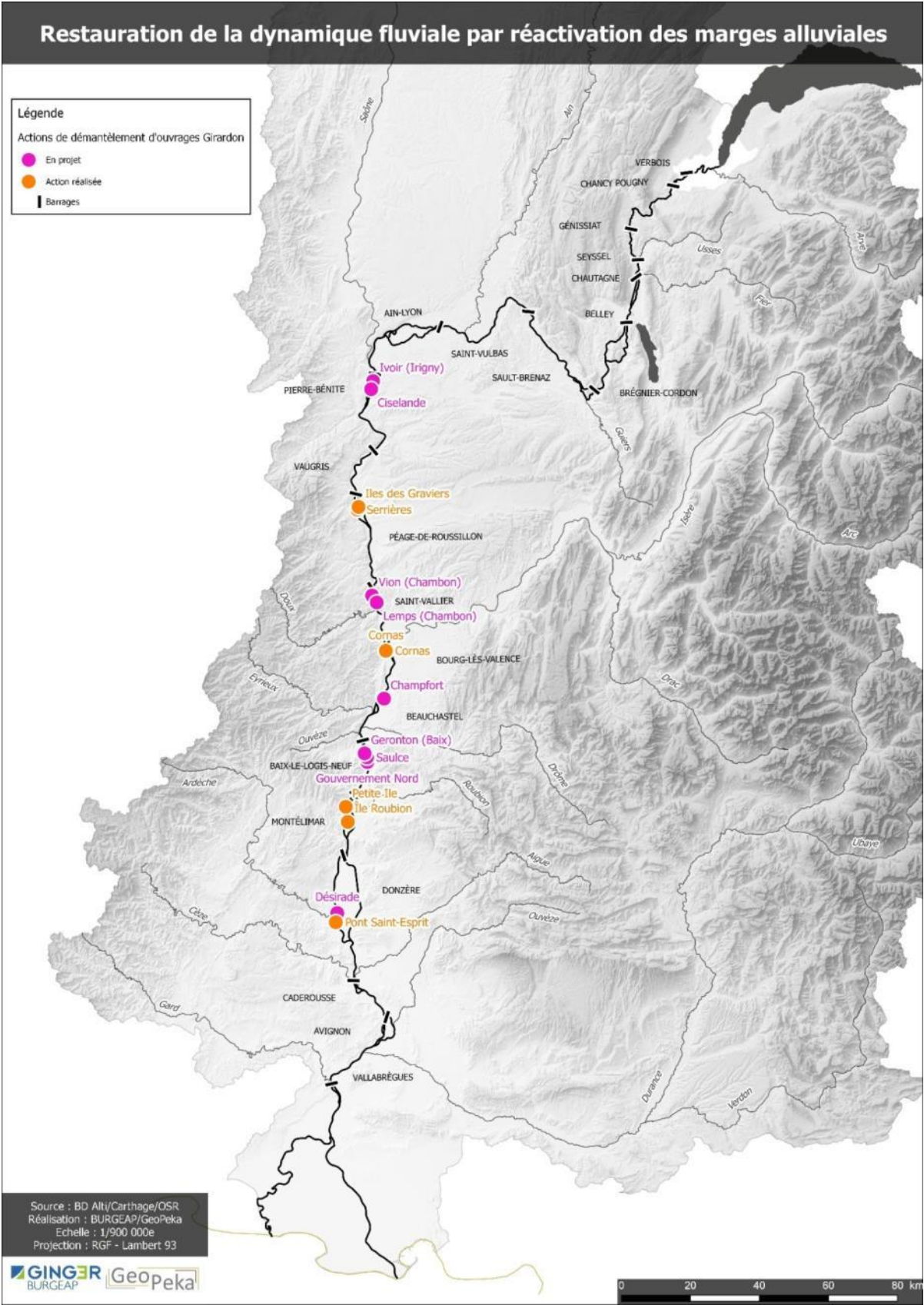
N° UHC	NOM UHC	NOM DU CASIER	ANNEE DE RESTAURATION	VOLUME TERRASSEMENT TRAVAUX (m³)	COUTS (€HT)
19	Donzère-Mondragon	Pont-Saint-Esprit	2009-2010	7 000	ND
18	Montélimar	Petite Ile	2011	17 000	ND
18	Montélimar	Casier de l'Île Roubion	2011	17 500	ND
13	Péage De Roussillon	Casier de Serrières RG	2014	37 500	978 866
13	Péage De Roussillon	îles des Gravieres	2017	55 000	2 314 000
19	Donzère-Mondragon	Casier de l'Aure	2017	12 300	122 300
19	Donzère-Mondragon	Casier Dion, Malaubert	2017	96 590	1 404 500
15	Bourg-lès-Valence	Casier de Cornas	2011-2018	7 500 - 10 993	50 000 - 2 079 843
14	Saint-Vallier	Vion (Chambon)	En projet	-	-
11	Pierre-Bénite	Ciselande	En projet	-	-
16	Beauchastel	Champfort	En projet	-	-
19	Donzère-Mondragon	Désirade	En projet	-	-
14	Saint-Vallier	Lemps (Chambon)	En projet	-	-
11	Pierre-Bénite	Irigny	En projet	-	-
17	Baix-Le Logis Neuf	Saulce	En projet	-	-
17	Baix-Le Logis Neuf	Gouvernement Nord	En projet	-	-
17	Baix-Le Logis Neuf	Geronton (Baix)	En projet	-	-

2.3.3 Pertinence et pérennité

La mise en œuvre d'actions en faveur de la réactivation de la dynamique fluviale sur les marges par démantèlement des ouvrages Girardon étant relativement récente, les retours d'expérience sur ce type d'action de restauration ne sont pas encore assez nombreux et consolidés pour évaluer leur efficacité et pérennité sur le long terme.

Pour autant, certaines observations et premiers résultats de suivis donnent des éléments encourageants. En effet :

- sur le casier de Pont-Saint-Esprit, une érosion a été constatée sur la berge ayant fait l'objet des travaux. Environ 20 000 m³ de sédiments auraient été remobilisés sur ce site (Moiroud, 2012).
- sur le site de l'Île des Gravieres, si le suivi scientifique mis en place ne permet pas encore de se prononcer sur les effets de cette action, force est de constater que suite aux crues de décembre 2017 et janvier 2018, les alluvions fines ont été décapées sur des épaisseurs variant de quelques centimètres à près d'un mètre. La berge et les îlots laissés en place ont également été érodés et des patchs de graviers et galets sont apparus, ont parfois été transportés et ré-agencés à la faveur de sur-vitesses locales.



Carte 18 : Cartographie synthétique des sites de réactivation des marges alluviales



Figure 90 : Mobilisation du matériel sédimentaire au niveau de la zone restaurée île de Gravier Nord
(Source : Cassel, 2020)

2.3.4 Intérêts et limites pour la gestion sédimentaire du Rhône et enjeux associés

Ce type d'action a pour objectif principal, sur les tronçons court-circuités, de remobiliser les sédiments stockés dans les marges par le démantèlement des digues obsolètes qui servaient autrefois à la navigation. Or, cette réactivation des marges alluviales n'est envisagée que par érosion de berges ou de chenaux existants. Ces érosions peuvent être favorisées par la formation d'atterrissements de type bancs ou grèves entraînant une déviation des forces hydriques et des phénomènes hydrauliques localement majorés, favorable à la diversification des milieux. De ce fait, les effets sur les stocks de sédiments dans les Vieux Rhône dépendent de l'expression de processus fluviaux de type érosion/dépôt notamment en période de crues, d'une restauration de la mobilité latérale des tronçons court-circuités. La disponibilité de ces matériaux remobilisés sur les marges alluviales participe ainsi à une diversification de la granulométrie dans les Vieux Rhône.

En outre, l'élargissement du chenal induit par le démantèlement des ouvrages Girardon réduit *de facto* la puissance spécifique du lit. La capacité du lit à s'ajuster est donc diminuée et le cours d'eau a potentiellement plus tendance à déposer sa charge sédimentaire. Si cette baisse des capacités de transport peut être à l'origine d'un risque potentiel d'accentuation du colmatage et d'un ralentissement de la continuité sédimentaire des grossiers dans sa dimension amont/aval, elle peut a contrario améliorer la pérennité des effets de ces actions sur l'augmentation des stocks sédimentaires disponibles dans les Vieux Rhône.

Aussi, des principes complémentaires pourraient être apportés à la conception des aménagements :

- Certains secteurs pourraient justifier que la réflexion sur la faisabilité de la restauration soit étendue au-delà de l'emprise de la bande active historique. Il existe en effet des espaces qui n'étaient pas balayés par la bande active historique à l'échelle de 2 ou 3 siècles, mais qui l'étaient auparavant, et qui pourraient présenter une faisabilité technique et des usages potentiellement favorables (cas de Brégnier-Cordon / 07-BRC, Baix-le-Logis-Neuf / 17-BLN, et dans une moindre mesure de Pierre-Bénite / 11-PBN, Péage de Roussillon / 13-PDR)

- Dans les secteurs identifiés avec une énergie hydraulique insuffisante, qui sont souvent le résultat d'une incision marquée du lit qui a déconnecté les anciens casiers, il serait pertinent de ne pas considérer uniquement l'érosion latérale pour mobiliser ces espaces. Des travaux de terrassement en déblai permettraient de restaurer une connectivité latérale plus fréquente, et les matériaux décaissés, s'ils sont de nature adéquate, pourraient être utilisés en réinjection sédimentaire (cf. §.2.4) ;
- D'une manière générale, les actions de réactivation des marges alluviales portent sur des emprises d'anciennes bandes actives sont les matériaux sont non seulement favorables à la diversification des milieux naturels, mais peuvent également être réutilisés comme matériaux de réinjection comme cela a été mis en pratique pour la restauration de l'île des Gravier (13-PDR ; réinjection de 7 000 m³ dans le linéaire amont du Vieux Rhône).

D'un point de vue biologique, les actions de réactivation de la dynamique fluviale sur les marges alluviales ont pour principal intérêt la diversification et la connectivité des habitats (formes fluviales et diversité granulométrique) favorisant l'expression de la biodiversité inféodée aux milieux pionniers, aquatiques et amphibie. Pour autant, la plupart des boisements actuels dans les secteurs riverains du Rhône sont protégés par la réglementation Natura 2000. La réactivation d'une mobilité latérale des Vieux Rhône pourrait donc se traduire par une perte d'habitats intéressants : si les boisements présentent un caractère dégradé et vieillissant, les gains écologiques seront élevés ; si les boisements sont de haute valeur écologique, les gains écologiques pourront être limités, a fortiori car le concepteur du projet ne peut pas toujours être capable de prévoir les types d'habitats attendus et leur pérennité sur le temps long. A ces incertitudes viennent d'ajouter la forte présence d'espèces exotiques envahissantes le long de l'axe rhodanien et les risques potentiels de nouveaux dépôts de sédiments fins favorisant le développement de la végétation (Provansal et al., 2012). Notons que, s'ils restent à être consolidés sur le long terme, les suivis scientifiques menés suite au démantèlement des casiers de l'île des Gravier sur le Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon (UHC#13-PDR) semblent plutôt encourageants sur la recréation de formation végétales pionnières ou juvéniles.

La diversification des formes sur les marges alluviales par réactivation de la dynamique fluviale est également liée au contexte local. En effet, dans les sections courantes et rectilignes, le démantèlement de l'ensemble des ouvrages Girardon peut localement entraîner une homogénéisation des faciès d'écoulement et des milieux sur les marges au profil de berges sans grande valeur écologique. Toutefois, globalement, la suppression de berges enrochées à l'interface terre-eau apporte des gains écologiques importants pour la morphologie des berges et du lit, quelles que soient les évolutions postérieures (communication CNR).

Enfin, le risque de remobiliser des sédiments pollués et donc impactant la qualité de l'eau et des habitats doit être envisagé et anticipé.

Concernant les enjeux de sureté-sécurité, il est souvent avancé que l'élargissement de la section d'écoulement dans les Vieux Rhône suite à la mise en œuvre de ce type d'action permettrait de diminuer les niveaux d'eau en crues. Provansal et al. (2012) rappellent sur ce sujet que les études de modélisation hydrauliques réalisées par la CNR dans le cadre de la Stratégie globale inondations du Rhône ont montré un gain modeste de ce type d'opération sur les niveaux d'eau dont l'abaissement ne serait que de l'ordre de quelques centimètres. En outre, la réactivation de la dynamique fluviale comporte un risque potentiel de déstabilisation latérale des berges tributaires des évolutions des conditions hydrologiques. De ce fait, Provansal et al. (2012) préconisent d'inscrire ces actions de réactivation dans la durée, avec un ajustement progressif selon la sensibilité des sites et des enjeux socio-économiques présents à proximité des berges.

La réactivation de la dynamique fluviale sur les marges alluviales, par ses effets de diversification des milieux et des paysages, peut être favorable à l'usage de la pêche récréative et aux loisirs pratiqués sur les bords ou sur le Rhône. Pour autant, cette modification des paysages peut également être perçue défavorablement par ces mêmes riverains et usagers, les ouvrages Girardon représentant un patrimoine fluvial, et des intérêts en termes d'habitats (caches, abris, diversification locale des écoulements). En outre, le risque potentiel d'augmenter le colmatage par élargissement de la section du lit mineur, peut également avoir des répercussions négatives sur les activités de pêche.

2.4 Les réinjections sédimentaires

2.4.1 Principes de restauration

Les réinjections sédimentaires consistent à injecter, de manière mécanique, une quantité plus ou moins importante de matériel sédimentaire grossier (gravier, cailloux, galets) dans un Vieux Rhône courant. Les réinjections sédimentaires de matériaux fins, régulièrement réalisées dans le cadre de dragage d'entretien dans des linéaires de retenues, canaux usiniers, ou portion de Rhône total ne sont pas considérés dans cette partie, ni les opérations de réinjection de matériaux grossiers par clapage dans les retenues.

Les modalités de mises en œuvre de ce type d'intervention diffèrent selon les objectifs de restauration. En effet, s'il s'agit de restaurer des macroformes de type radier à des fins piscicoles (récréation de frayère), hydrogéologiques (recharge de nappe) ou morphologiques (limiter les effets d'une incision du chenal), le matériel réinjecté ne doit pas être facilement remobilisable par les écoulements afin de garantir une pérennité pour l'intervention.

Lorsque l'objectif est de restaurer des processus de transit/dépôt sédimentaire à l'aval de la réinjection et ainsi de recréer des milieux, la taille des particules réinjectées doit être compatible avec leur remobilisation par les écoulements. Dans ce dernier cas, les volumes et la fréquence des réinjections dépendent également des objectifs poursuivis. Une réinjection massive, généralement injectée en dépôts surfaciques, permet de recréer des formes disparues au sein des matériaux fraîchement injectés. Une réinjection avec des volumes moins importants et plus fréquents, déposés généralement en merlon émergés ou immergés, permet de recréer des formes sur le fond du chenal. Ces merlons peuvent être déposés longitudinalement aux écoulements dans une concavité pour faciliter la reprise ou perpendiculairement.

Enfin, certaines configurations peuvent réclamer une combinaison des mises en œuvre précédentes. Ainsi, il est possible de restaurer un linéaire incisé en 1) rechargeant et rehaussant le fond du lit sur la totalité de sa surface, puis 2) si les flux solides amont sont insuffisants, de procéder à des réinjections régulières en berge dans l'optique de restaurer un transit générateur de diversité des formes.

2.4.2 Bilan des actions de restauration

Il est probable que des actions de restitution de déblais de faible ampleur aient été menées par le passé dans le cadre de restaurations de lînes ou d'aménagements localisés (passes à poissons, petite centrale hydroélectrique, etc.). Cependant, ces actions, peu nombreuses a priori, ne sont pas renseignées et l'objectif de restitution des sédiments procédait plus d'une volonté de trouver une destination à faible coût pour les matériaux que d'une volonté de restaurer le fonctionnement morphologique du linéaire.

Aussi, ce type d'opération n'est pas intégré dans la présente analyse qui se focalise les actions spécifiques de restitution de sédiments grossiers dans les Vieux Rhône, avec une vocation de restauration hydromorphologique.

Parmi les sites pilotes des opérations de réinjection sédimentaire, figure le Vieux Rhône de Chautagne, à l'aval immédiat du barrage de Motz (UHC#05-CHA). Ce site a fait l'objet, par le passé, de plusieurs opérations de ce type sans avoir pour objectif de reconstituer un stock alluvionnaire en tant que tel. En effet, lors des vidanges du barrage de Motz, un batardeau constitué de particules grossières était installé. Suite à ces opérations singulières et spécifiques aux vidanges du barrage de Motz, les matériaux étaient ensuite remobilisés par le Vieux Rhône. Suite à un dragage de la confluence des Usses avec le Rhône et à des travaux sur le pied du barrage de Seyssel en 2015, un stock conséquent de sédiments grossiers représentait une opportunité pour réaliser une opération de réinjection sur ce Vieux Rhône en déficit sédimentaire. Ainsi 15 000 m³, dont 10 000 m³ issus des Usses et 5 000 m³ issus du pied du barrage de Seyssel, ont été réinjectés en 2016 entre les PK145,6 et 145,35. Ils ont donné lieu à un suivi scientifique (traçage sédimentaire, suivi hydrobiologique) dont les conclusions communiquées courant 2020 n'ont pas été traitées.

Le Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon a également fait l'objet en 2017 d'une réinjection de sédiments en aval du barrage de St-Pierre-de-Boeuf pour un volume plus modeste. Les 7 000 m³ de sédiments réinjectés provenaient des travaux de démantèlement des ouvrages Girardon sur le casier de l'île des Gravieres (cf. §.2.3.2).

Enfin, en 2019, c'est 30 000 m³ qui ont été réinjectés dans le Vieux Rhône de l'UHC#19 de Donzère-Mondragon au droit du banc situé immédiatement à l'aval de l'entrée de la lîne des Dames. Les sédiments réinjectés provenaient également d'autres projets de restauration, à savoir la restauration de la lîne de Dames et celle de la Grange Ecrasée. Les sédiments ont été réinjectés soit directement dans le chenal du Vieux Rhône (recul de camions depuis une rampe en rive gauche du chenal) soit, pour les granulométries plus fines, sur la bordure du banc afin de favoriser leur évacuation par les crues.

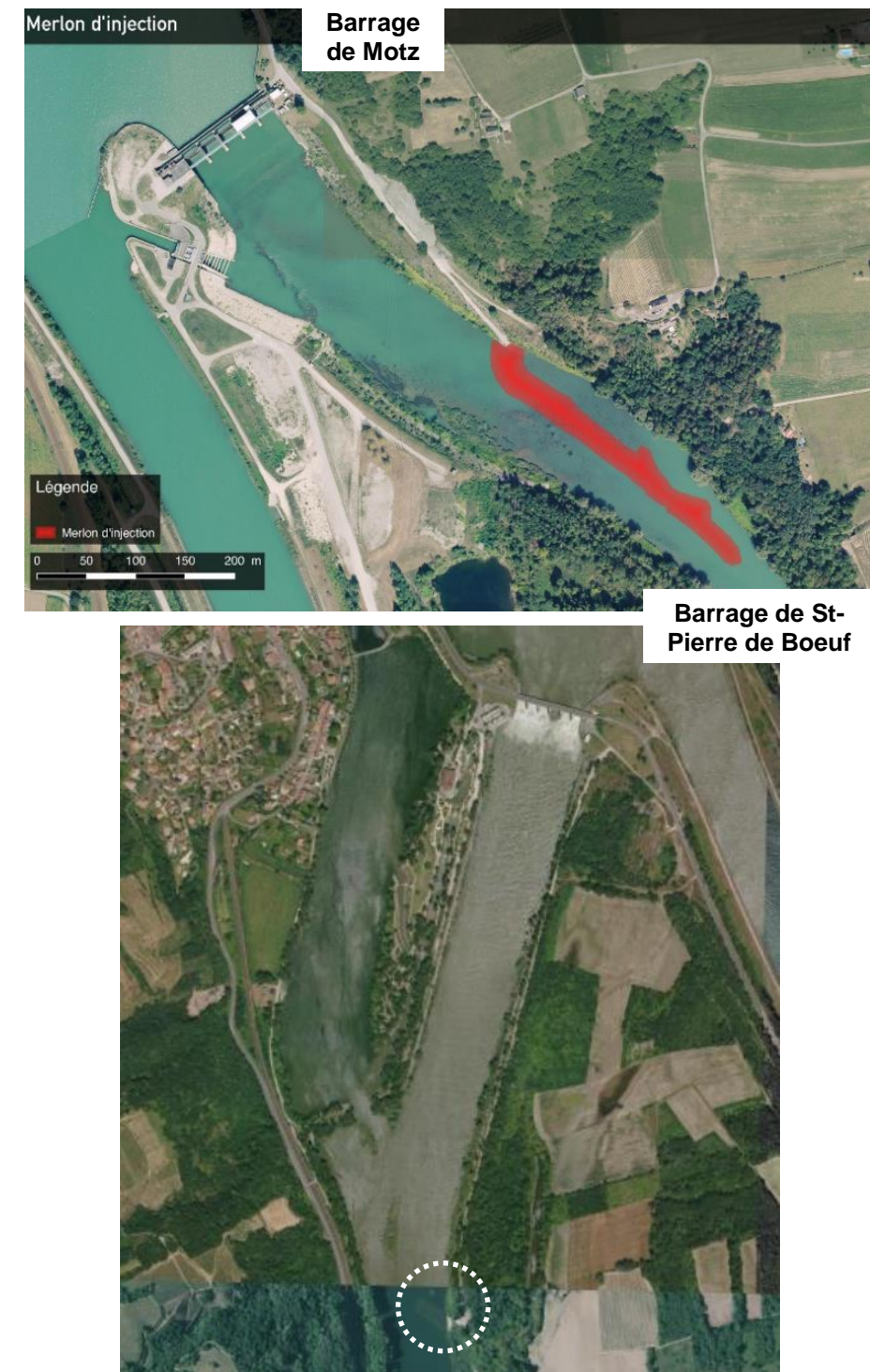


Figure 91 : Localisation des merlons de réinjections sur les UHC#05-CHA (en haut. Source : GeoPeka) et UHC#13-PDR (à bas. Source : Géoportail)

Les différentes actions de réinjections sédimentaires sont récapitulées dans le tableau suivant. Compte tenu que seule la réinjection réalisée à l’aval du barrage de Motz bénéficie de données de coûts, le coût moyen de ce type d’action ne peut être évalué. Notons que les contraintes technico-financières des réinjections sédimentaires sont fortes et dépendent du volume et de l’origine des matériaux injectés. A titre d’exemple, des calculs réalisés par la CNR évaluent le coût du transport des matériaux entre 0,5 et 1 €.m⁻³.km⁻¹.

Plusieurs réflexions sont en cours sur différents sites, dont notamment (liste non exhaustive) :

- UHC#10-ALY : Réinjection de sédiments dans le Vieux Rhône de Crépieux-Charmy dans le cadre de la gestion des excédents sédimentaires du delta de Neyron ;
- UHC#10-ALY : Réinjection de sédiments dans le Vieux Rhône de Pierre-Bénite dans le cadre de la gestion des excédents sédimentaires en amont de Lyon (Ile de Miribel-Jonage, fosse de la Feyssine) ;
- UHC#17-BLN : Gestion des matériaux grossiers de la confluence de la Drôme, et perspectives de réinjection en aval ;
- UHC#17-BLN : Restauration de îlons dans le RCC de Baix-Le-Logis-Neuf avec perspectives de réinjection dans le RCC ;
- UHC#19-DZM : Gestion des alluvions dans le cadre du confortement aval du barrage de Donzère-Mondragon.

Tableau 15 : Récapitulatif des opérations de réinjection sédimentaire

N°	UHC	LOCALISATION REINJECTION	ANNEE	VOLUME REINJECTE (m³)	ORIGINE MATERIAUX	COUTS (€HT)
5	Chautagne	En aval barrage de Motz	2016	15 000	Dragages de 10 000 m³ des Usses et 5 000 m³ dans Seyssel	122 000
13	Péage de Roussillon	En aval du barrage de Péage-Roussillon et en amont des sites restaurés (îlons)	2017	7 000	Issus du démantèlement des casiers Ile des Gravieres	ND
19	Donzère-Mondragon	Au droit du banc à l'aval de l'entrée de la îlone des Dames	2019	30 000	Issus des travaux de restauration des îlons de la Grange écrasée et des Dames	ND

2.4.3 Pertinence et pérennité

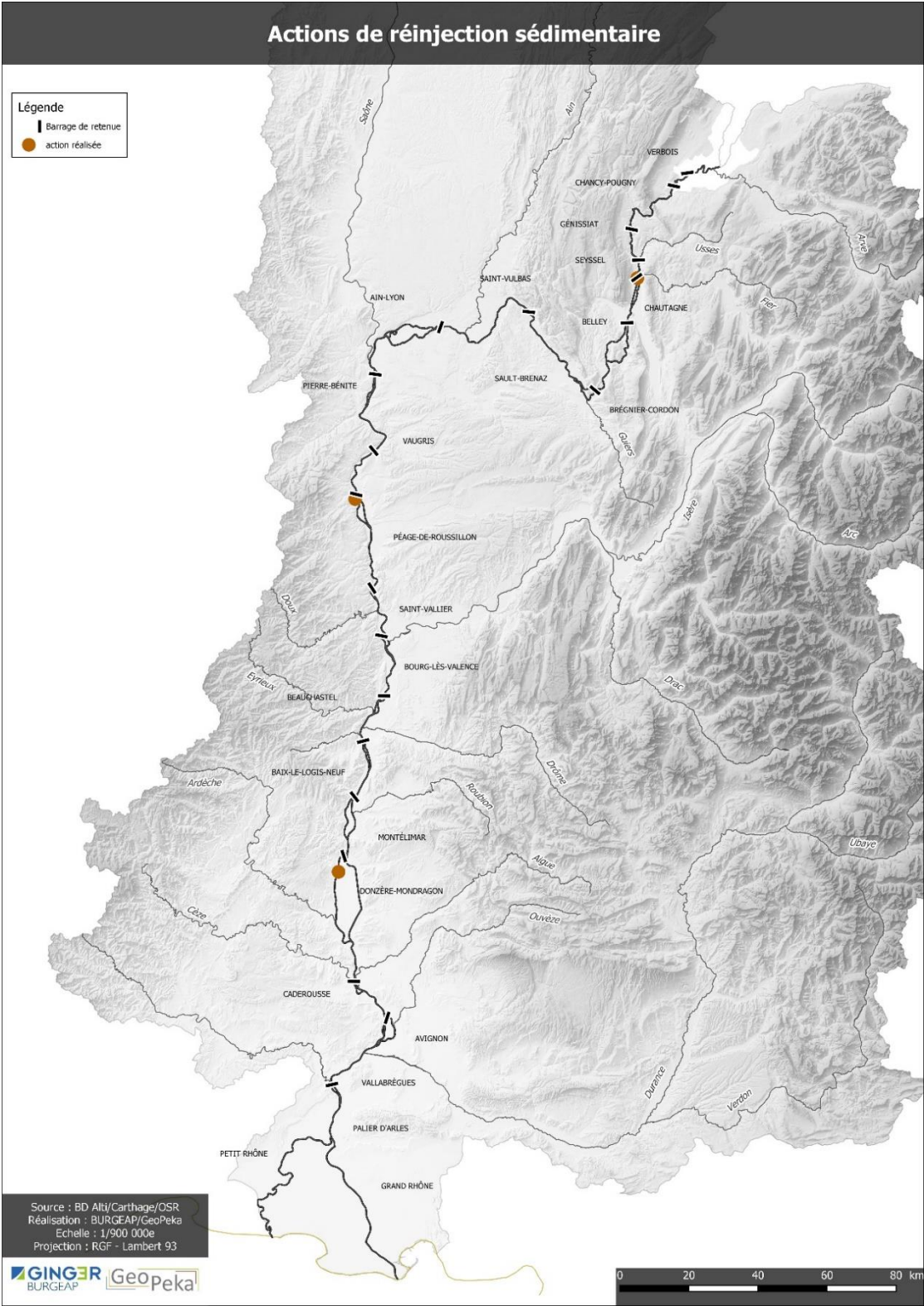
La mise en œuvre de ces actions de réinjections sédimentaires sur le Rhône, jusqu’alors, peut être qualifiée d’opportuniste. C’est le fait de disposer d’un stock de sédiments grossiers issus d’opérations ayant un tout autre objectif et la présence de site à proximité dont le fonctionnement hydrosédimentaire déficitaire justifiait ce type d’opération qui a enclenché leur réalisation.

Les retours d’expériences sont encore trop peu robustes pour analyser finement l’efficacité de ce type d’action. Pour autant un suivi de ces trois sites est réalisé à la suite des réinjections (action OSR en cours) notamment par des traçages sédimentaires afin d’estimer les débits de mise en mouvement et les distances de transport des particules ainsi réinjectées. En effet, l’un des enjeux liés à ce type d’action est de savoir sur quel pas de temps les sédiments ainsi réinjectés dévalent un Vieux Rhône jusque dans la retenue du barrage aval, provoquant potentiellement un engravement du chenal navigable et des travaux de dragage pour le respect des consignes de sécurité ou de navigation.

2.4.4 Intérêts et limites pour la gestion sédimentaire du Rhône et enjeux associés

Les effets positifs des réinjections de sédiments externes dans les Vieux Rhône sur leur stock sédimentaire, leur diversité granulométrique, la restauration de macro-formes et des processus fluviaux (érosion / transfert / dépôts) sont relativement directs. La diversification de la granulométrie peut néanmoins être atténuée, à

terme, par tri granulométrique. En outre, comme cela a été évoqué plus haut, les effets de ce type d’intervention sur la restauration des processus fluviaux, la rehausse du fond du lit et du niveau de la nappe alluviale (favorisant les captages) sont fortement dépendants des modalités de mises en œuvre et de la taille des matériaux.



Carte 19 : Cartographie synthétique des sites de réinjection sédimentaire

La mise en œuvre de réinjections sédimentaires ne peut se soustraire de la question de la continuité sédimentaire et de ses effets sur l'aval et notamment sur la chaîne de production hydroélectrique du Rhône. En effet, rétablir la continuité sédimentaire implique que, dans un laps de temps plus ou moins longs, les sédiments ainsi transportés se retrouvent dans la retenue hydroélectrique à l'aval et fassent, alors, probablement l'objet d'enjeux de gestion pour garantir la production hydroélectrique, la navigation ou la capacité d'écoulement en crue.

Le temps de transfert des sédiments des Vieux Rhône vers la retenue aval est directement lié à sa longueur et au positionnement initial de la charge sur le linéaire du Vieux Rhône. En effet, restaurer le transport sédimentaire sur le Vieux Rhône de Donzère-Mondragon, présentant un linéaire de 29,8 km, ne comporte pas les mêmes enjeux de continuité sédimentaire que sur le Vieux Rhône de Saint-Vallier (4,5 km).

Un autre paramètre intervenant potentiellement sur la vitesse de migration des flux vers l'aval est l'état de chenalisation du lit. En effet, un Vieux Rhône chenalisé et étroit va développer des puissances spécifiques plus élevées, et va fonctionner comme un vecteur favorable au transit des sédiments, accélérant ainsi les impacts potentiels en aval. Ce processus de transit accéléré sera d'autant plus marqué que les berges seront artificialisées (diminution de la rugosité) et que le Vieux Rhône ne pourra pas interagir avec ses berges (dissipation d'énergie). Aussi, on voit apparaître ici l'intérêt de combiner 1) des actions de restauration des marges alluviales, qui ont la double vocation de restaurer les interactions Vieux Rhône / berges et de diminuer la capacité de transit solide, avec 2) des actions de réinjection sédimentaire, opérées dans la mesure du possible sur la partie amont d'un Vieux Rhône afin que l'opération profite à l'ensemble du linéaire.

Enfin, les réinjections sédimentaires favorisent la diversification des habitats amphibies et aquatiques et donc l'expression de la biodiversité notamment pour les espèces dont le cycle de développement nécessite des conditions d'écoulements diversifiés et les lithophiles. En outre, ces opérations peuvent être favorables au développement des herbiers (réduction de la hauteur d'eau) et augmenter localement les capacités auto-épuratoires de l'eau. La diversification des milieux recréés et de la valeur des paysages peut être favorable aux usages de loisirs et aux activités touristiques associées.

Notons que sur le Rhône, les remblais d'injection ont été arasés sous la cote de ligne d'eau afin qu'ils ne soient plus visibles. Cette particularité trouve son origine dans un souci paysager mais aussi de sécurité publique (limitation d'accès).



Figure 92 : Illustrations des modalités de réinjection sur l'UHC#05-CHA (CNR)

2.5 Les interventions sur les seuils transversaux (Vieux Rhône et affluents)

2.5.1 Principes de restauration

Les effets des seuils transversaux sur les dynamiques fluviales et le transport sédimentaire sont aujourd'hui bien connus (Salgues & Malavoi, 2011 ; BURGEAP, 2012). Piégeage ou ralentissement des transferts de sédiments, modification des faciès d'écoulement, processus d'érosion progressive, etc. sont autant de raisons en faveur d'interventions visant, en cohérence avec les enjeux socio-économiques locaux, des mesures d'équipement, d'arasement ou de démantèlement total de ces ouvrages afin d'améliorer ou de rétablir la continuité sédimentaire.

2.5.2 Bilan des actions de restauration

A l'heure actuelle, si des actions ont été menées sur les ouvrages transversaux pour améliorer la continuité piscicole sur l'axe rhodanien (cf. Rapport Mission 3, Partie B), aucune intervention sur les seuils transversaux ayant pour objectif la continuité sédimentaire n'a été réalisée sur le Rhône.

Le tableau ci-après recense les seuils transversaux dans les Vieux Rhône, leur situation vis-à-vis de la continuité sédimentaire appréciée en Mission 2, ainsi que les seuils sur les affluents au sein du domaine concédé de la CNR.

2.5.3 Pertinence et pérennité

Comme aucune intervention sur les seuils transversaux ayant pour objectif la continuité sédimentaire n'a été, jusqu'alors, réalisée sur le Rhône, nous ne disposons pas de retour d'expérience afin de caractériser la pertinence et la pérennité de ce type d'action sur le fleuve.

Une réflexion est en cours sur le seuil de la brèche de Neyron, alimentant le Vieux Rhône de Neyron (ou de Crépieux-Charmy) depuis le canal de Miribel (UHC#10-ALY), afin de réduire les flux de charriage qui menacent la pérennité du champ captant de Crépieux-Charmy. Le devenir du seuil de Peyraud est également intégré dans les réflexions liées à la restauration de l'espace de la RNN de l'île de la Platière.

2.5.4 Intérêt et limite pour la gestion sédimentaire du Rhône et enjeux associés

L'objectif principal de ce type d'action consiste en l'amélioration de la continuité sédimentaire dans les Vieux Rhône ou de favoriser les apports en sédiments grossiers par les affluents au droit de leur zone de confluence avec le Rhône. Ce type d'action aurait donc des effets favorables sur le stock sédimentaire par les apports des affluents et sur le linéaire en aval de ces ouvrages mais également sur la diversité granulométrique.

Pour autant, ces ouvrages ont été réalisés pour la plupart afin de maintenir un niveau d'eau suite aux aménagements CNR et ainsi que pour la stabilisation du profil en long du Rhône et des confluences avec les affluents. Intervenir sur de tels ouvrages peut engendrer des risques sur le fonctionnement de l'hydrosystème : reprise des processus d'incision et de chenalisation du chenal principal et des affluents, notamment lorsque l'espace latéral est contraint ; déstockage sédimentaire, si les apports en amont sont insuffisants, associé à un pavage du fond du lit ; baisse locale du niveau de la nappe alluviale, etc.

Comme pour les réinjections, rétablir le transport sédimentaire sur l'axe rhodanien pose la question des effets des sédiments sur la retenue aval et les enjeux de gestion pour garantir la production hydroélectrique, la navigation ou encore la capacité d'écoulement en crue.

D'un point de vue des enjeux socio-économiques et de sûreté sécurité, si ces interventions peuvent favoriser la diversification des paysages et permettre, à la marge, un meilleur écoulement des débits de crues, elles peuvent également faire baisser les niveaux d'eau. Les usages et les perceptions du paysage liés à l'influence de ces seuils sur les niveaux d'eau peuvent en être affectés. En outre, le rétablissement du transit sédimentaire peut également engendrer un engravement du chenal navigable en aval du site d'intervention et le démantèlement d'un seuil peut engendrer une déstabilisation des ouvrages et bâtiments à proximité.

Cet objectif d'amélioration de la continuité sédimentaire peut être couplé à celui du rétablissement de la continuité piscicole. La diversification des faciès d'écoulement et de la granulométrie ainsi que l'effacement de l'effet retenue (réchauffement de la température, sédimentation, stockage de polluant) peut également favoriser l'expression de la biodiversité et les processus d'auto-épuration de l'eau.

Tableau 16 : Récapitulatif des seuils du Rhône et de ses affluents dans le domaine concédé

UHC	Seuils dans les Vieux Rhône (hauteur de chute en m)	Affluents équipés de seuils dans le domaine concédé	Nbre de seuils (hauteur de chute en m)	
UHC#01 - SUI			-	
UHC#02 - CHP	Seuil de Pougny Gare (0,50)		-	
UHC#03 - GEN			-	
UHC#04 - SEY			-	
UHC#05 - CHA	Seuil Salomon (0,40)		-	
	Seuil des Grandes Iles (0,50)			
UHC#06 - BEL	Seuil Fournier (1,10)	Le Séran	2	(0,80 ; 0,40)
	Seuil de Lucey (1,20)	Le Flon	1	(0,40)
	Seuil de Yenne (3)			
UHC#07 - BRC	Seuil des Molottes (2)	Le Gland	1	(0,15)
		Le Guiers	1	(2,30)
		Le Furans	1	(1,40)
UHC#08 - SAB	Seuil de Pérolrière (0,70)	La Perna	6	(ND ; 0,90 ; 0,80 ; 0,80 ; 0,70 ; 0,30)
	Seuil du Grand-Sault (1,50)			
UHC#09 - VUL	-	Le Furans	3	(0,30 ; 1,30 ; 1,30)
UHC#10 - ALY	Seuil du PK9 (0,30)		-	
	Seuil PK14 (1,50)			
	Seuil TEO (2,50)			
	Seuil de la brèche de Neyron (1)			
UHC#11 - PBN	-	L'Ozon	1	(4,90)
UHC#12 - VAU	-	La Gère	1	(2)
UHC#13 - PDR	Seuil de Peyraud (2,30)	La Sanne	1	(2)
	Double seuil noyé de la voie SNCF	Le Dolon	1	(0,40)
		Les Collières	1	(0,90)
UHC#14 - STV	-	La Cance	2	(0,05 ; 4,6)
UHC#15 - BLV	-			
UHC#16 - BEA	-	La Véore	2	(0,40, 0,95)
UHC#17 - BLN	-	La Drôme	2	(0,15 ; 2,50)
		La Payre	2	(0,65 ; 0,70)
UHC#18 - MON	-	Le Lavézon	1	(2,70)
		Le Roubion	4	(1,70 ; 1,10 ; 1,10 ; 0,40)
UHC#19 - DZM	-	Le Lez	1	(2,40)
		L'Ardèche	2	(0,25 ; 1,40)
		La Berre	2	(2,5 ; 1)
UHC#20 - CAD	-	L'Aigues	3	(0,25 ; 0,50 ; ND)
		Le Vieux Lez	1	(1,20)
		La Cèze	1	(1,20)
UHC#21 - AVI	-	L'Ouvèze	1	(2,50)
UHC#22 - VAL	Seuil de Beaucaire (2)	La Durance	2	(3,50 ; 0,50)
		Le Gard	6	(2 ; ND ; ND ; 1,10 ; 2,50 ; 1,40)
UHC#23 - ARL			-	
UHC#24 - GRH	Seuil naturel sous fluvial de Terrin		-	
UHC#23 - PRH			-	

ND : non déterminé

	Seuil a priori totalement transparent aux sédiments
	Seuil a priori transparent dans un contexte toutefois de déficit sédimentaire grossier
	Seuil induisant un ralentissement des flux et/ou en cours de comblement
	Seuil transparent présentant un enjeu sédimentaire pour les usages

2.6 La restauration de lâchers morphogènes

2.6.1 Principes de restauration

Ce type de mesure consiste à modifier la gestion des débits transitant par un barrage de retenue afin de délivrer plus fréquemment des débits dit « morphogènes », c'est-à-dire en capacité de remobiliser les sédiments et d'activer la dynamique fluviale d'un tronçon court-circuité (en cas de dérivation) ou d'un tronçon de Rhône total (en cas d'ouvrage sans dérivation). Une telle gestion peut se traduire concrètement par un moindre écrêtement dans la retenue des petites crues transitées par le cours d'eau.

De telles mesures n'ont pas été mise en œuvre sur le Rhône. Elles sont analysées ici avec une approche générale, au regard notamment de la thèse récente de Loire (2019).

L'opération consiste donc à modifier les consignes de gestion des ouvrages et à réaliser un ou des lâchers d'eau ponctuels, en période crue, afin de laisser transiter au sein du tronçon aval un débit équivalent aux débits critiques de mise en mouvement. La restauration de lâchers morphogènes peut vouloir satisfaire différents objectifs qu'il est possible de classer en fonction des compartiments sur lesquels ils ont des effets : substrat du chenal, ensemble du chenal principal, lit moyen, lit majeur (Loire ; 2019). Dans le premier cas, plusieurs sous-objectifs existent en fonction des classes granulométriques concernées et de l'effet recherché : décolmatage, transport de la charge grossière, rupture de l'armure et charriage, etc.

Les lâchers morphogènes diffèrent des transparences hydrauliques ou chasses qui visent à effacer l'influence hydraulique d'un barrage pour limiter les effets sur les débordements ou pour favoriser la continuité sédimentaire (cf. partie 2). Ces mises en transparence sont généralement réalisées dans le cadre de l'entretien des retenues, afin de conserver les capacités de stockage, plus que pour des raisons de restauration de la continuité sédimentaire, mais les deux objectifs ne sont pas antinomiques. Si l'efficacité de ces opérations est assez évidente sur les sédiments fins, des récentes études ont montré qu'elles pouvaient également permettre la continuité des sables (Loire, 2019) et de la charge grossière dans des réservoirs et sur des ouvrages au fil de l'eau comme c'est le cas des barrages sur le Rhône.

2.6.2 Bilan des actions de restauration

La restauration de lâchers morphogènes à l'aval des barrages est une stratégie de gestion relativement récente et encore aujourd'hui principalement mise en œuvre dans le cadre de démarches scientifiques, à titre expérimental comme sur la Durance aval, la Selves dans le bassin du Lot ou l'Isère en Combe de Savoie (Loire R., 2019). Ce type d'action n'a pas été mis en œuvre sur l'axe rhodanien.

Toutefois, les analyses menées localement dans les UHC ont montré que certaines situations pouvaient s'y apparenter. En effet, le diagnostic a montré qu'il existait des écarts entre les débits théoriques (d'après les consignes de gestion des ouvrages) et les débits réels des Vieux Rhône (mesurés aux stations hydrométriques), et que ceux-ci pouvaient être à l'origine d'une influence sur le fonctionnement hydrosédimentaire. Sans que ces modifications du régime hydrologique ne soient qualifiées de « lâcher morphogène », elles peuvent apporter des indications sur le rôle de l'hydrologie dans l'activité sédimentaire.

Prenons l'exemple de l'UHC de Chautagne (UHC#05-CHA) où l'analyse des courbes de débits classés du Vieux Rhône de Chautagne montre un écart significatif, plus que pour d'autres UHC, entre les débits théoriques et les débits réels.

La Figure 94 illustre ce propos. Les écarts sur les débits dépassés 65 à 100% du temps ne doivent pas être considérés ; ils sont liés au fait que la courbe RCC réel est basée sur des mesures CNR sur la période 1993-2018, dont une partie est antérieure au changement de régime réservé (ancienne valeur de 10 et 20 m³/s).

Pour les débits plus rares (dépassés 20% du temps), la courbe théorique montre que les déversés pour des débits supérieurs à la capacité de l'usine majorée du débit réservé (soit environ 770 m³/s) devraient avoir lieu pour 5% du temps (soit environ 18 jours par an). La courbe des débits mesurés par la CNR montre qu'en réalité, des déversés ont eu lieu sur environ 15% du temps (soit environ 54 jours/an), sur la période 1993-2018. Ces résultats bruts sont à prendre avec précaution dans la mesure où la CNR estime que le calage des lois hauteur / débit des stations hydrométriques sous les barrages de dérivation pourrait être amélioré. Toutefois, ils montrent une tendance nette de délivrance dans le Vieux Rhône de débits réels plus élevés et fréquents que la théorie ne le prévoit.

Geomorphic action	Remove fine non cohesive sediment	Remove sand	Move coarse or fine cohesive or interstitial sediment	Activate geomorphic units and bars erosion	Activate river mobility and erosion	Activate floodplain
	Discharge / Duration					
Key geomorphic indicator	- Clogging level on targeted geomorphic units - Fine sediment thickness - Water depth - SSC / Fine sediment budget	- Clogging level on targeted geomorphic units - Sand thickness - Water depth - Particule covered distance - Bed active scour layer - Sand sediment transport estimation / Sediment budget	- Same indicators as "remove fine non cohesive sediment" for cohesive fine sediment - Interstitial clogging level - Particule covered distance - Bed active scour layer - Bedload transport estimation / Sediment budget	- Geomorphic units comparison - Bank index - Bed active scour layer - Topographic change	- Riverbanks erosion index - Plan evolution - Sinuosity index - Topographic change	- Water depth on floodplain - Suspended sediment on floodplain - Topographic change
Key biologic indicator	- Number of spawning area - Fish biomass - Fish density - Fish growth - Macroinvertebrate index	- Number of spawning area - Fish biomass - Fish density - Fish growth - Macroinvertebrate index	- Number of spawning area - Fish biomass - Fish density - Fish growth - Macroinvertebrate index - Habitat diversity	- Number of spawning area - Fish biomass - Fish density - Fish growth - Macroinvertebrate index - Habitat diversity - Type, density and biomass of fauna	- Number of spawning area - Fish biomass - Fish density - Fish growth - Macroinvertebrate index - Habitat diversity - Type, density and biomass of fauna - Type, density and biomass of flora	- Habitat diversity - Type, density and biomass of fauna - Type, density and biomass of flora
Key aquatic and terrestrial vegetation indicator	-	-	- Type of aquatic vegetation - Density - Biomass - Fine and coarse sediment transport	- Type of aquatic vegetation - Density - Biomass - Bed active scour layer - Topographic change - Type, density and biomass of flora	- Type of aquatic vegetation - Density - Biomass - Bed active scour layer - Topographic change - Type, density and biomass of flora	- Type of aquatic vegetation - Density - Biomass - Suspended sediment on floodplain - Topographic change

Figure 93 : Rappel des différents types d'objectifs des lâchers morphogènes (Loire, 2019)

L'écart entre la théorie et l'observation est due principalement à des conditions de gestion et manœuvres des ouvrages hydroélectriques, programmée ou non programmés : maintenance d'un groupe, déclenchement d'un groupe, entretien de vannes, etc.

Ces effets peuvent être significatifs sur le Haut-Rhône (#05-CHA, #06-BEL, #07-BRC, #08-SAB) car les usines hydroélectriques sont équipées de 2 groupes ; ainsi, lorsque l'un des groupes est en maintenance, l'impact hydrologique est rapidement significatif : en effet, pour un débit d'équipement de 700 m³/s sur deux groupes, c'est 350 m³/s qui vont transiter dans le Vieux Rhône en complément du débit réservé. Pour le Rhône en aval de Lyon, les effets sont bien moins significatifs car les usines sont équipées de 6 groupes en général.

En pratique, on peut considérer qu'une telle gestion s'apparente à la délivrance de débits morphogènes. En effet, sur le Vieux Rhône de Chautagne, le débit de début d'entraînement des matériaux (qui peut être assimilé au débit morphogène), est donné à 400 m³/s (Bravard et Klingeman, 1993). Avec cette donnée et les courbes de débits classés, on peut en déduire que :

- D'après la courbe des débits classés du Rhône total, ce débit était atteint avant aménagement en moyenne 130 jours par an ;
- Dans l'état actuel, d'après la courbe des débits classés théorique, ce débit est délivré en moyenne moins de 1 jour par an (0,2% du temps) ; d'après la courbe des débits classés réels, ce débit est délivré environ 7 jours par an (2% du temps), soit 10 fois plus souvent que d'après la courbe théorique.

Des écarts similaires se retrouvent dans les analyses de transport solide présentées dans la fiche UHC#05-CHA. En effet, d'après les calculs de Vázquez-Tarrio (2020) basés sur la répartition théorique des débits, la capacité de charriage dans le Vieux Rhône de Chautagne est estimée entre 500 et 2 000 m³/an. Or, le bilan sédimentaire basé sur des données bathymétriques montre que le Vieux Rhône, qui ne bénéficie pas d'apports grossiers depuis l'amont, s'est déstocké en moyenne de 13 000 m³/an depuis 2000, et que ce déstockage était de 27 000 m³/an avant 2000, dans un contexte sans extraction (sauf en aval au pont de la

Loi, ce qui a pu induire une érosion régressive). Sur les déstockages précédents, une part des volumes est constituée par la matrice des alluvions grossières, composée de sables et de limons, qui sont remobilisés en suspension et ne doivent pas être comptabilisés dans le charriage. Toutefois, même en considérant que la part des éléments fins représente 30 à 50% des volumes déstockés, il existe bien des écarts importants entre les capacités de charriage théorique (500 à 2 000 m³/an) et le déstockage « bathymétrique », qui serait d'environ 7 000 m³/an de matériaux charriés (valeur retenue dans la fiche UHC#05-CHA).

Les calculs pourraient être basés sur d'éventuelles hypothèses inadéquates concernant des données d'entrée (granulométrie, lignes d'eau), mais il est fort probable que les vraies causes soient liées aux hypothèses hydrologiques retenues pour les débits classés. Si tel devait être le cas, on pourrait retenir pour le RCC de Chautagne que, quelle que soit la fréquence des déversés, le flux de charriage serait en moyenne de 1 000 m³ par jour de transport solide, ce qui est une valeur réaliste.

Cet exercice montre que le Vieux Rhône de Chautagne bénéficie probablement, et ce depuis plusieurs années, de débits supérieurs à ceux que prévoient les consignes de gestion, et que ces débits peuvent être assimilés à des « lâchers morphogènes » au sens où ils augmentent le nombre de jours annuels avec une activité sédimentaire. Inversement, si les consignes de gestion étaient appliquées strictement depuis plusieurs années, le Vieux Rhône de Chautagne ne présenterait probablement pas autant d'activité sédimentaire que dans l'état actuel, et les enjeux d'engrèvement au pont de la Loi seraient probablement moindres.

Par extrapolation, il s'avère que d'autres UHC du fleuve se retrouvent dans une telle situation, le cas de Chautagne étant un cas où les écarts sembleraient majorés ; toutefois, on notera que les incertitudes sur les courbes de débits classés des RCC, non validées par la CNR, ne permettent pas d'être totalement conclusif sur ces explications.

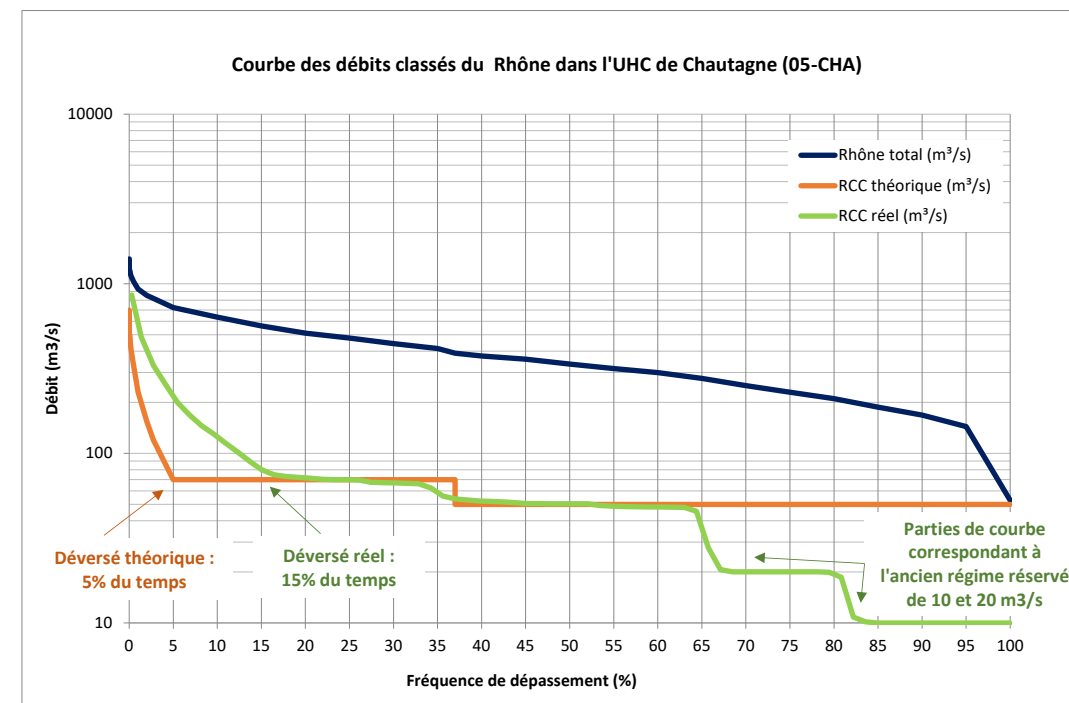


Figure 94 : Courbes de débits classés de l'UHC#05-CHA

2.6.3 Pertinence et pérennité

En ce qui concerne strictement les lâchers morphogènes, les retours d'expérience sont rares. L'exemple de Chautagne présenté dans la partie précédente peut être utile pour approcher les tendances, mais il ne répond pas à la problématique et n'a pas fait l'objet d'un suivi scientifique dans ce sens.

Toutefois, des tests ont été réalisés dans la Combe de Savoie sur l'Isère. Ce cours d'eau enregistre une tendance à l'exhaussement dans son espace intra-digue, notamment en raison du piégeage des sédiments fins sur les bancs fortement végétalisés. Après des travaux d'arasement de ces atterrissements, EDF, gestionnaire de la chaîne hydroélectrique de l'Isère et de l'Arc, son principal affluent en Combe de Savoie, a réalisé des lâchers dans le but de remobiliser des sédiments grossiers. Les objectifs étaient de restaurer la

mobilité spatiale de 30 % de la surface émergée des bancs (bilan nul au niveau des sédiments fins) et de provoquer un arrachage de la végétation (disparition de 30 % de surfaces végétalisées).

Un lâcher de 200-250 m³/s a été réalisé sur 5 jours. Cette valeur de débit, résultat d'un choix entre partenaires, est légèrement en dessous des valeurs estimées nécessaires dans les études préalables (Q2 ≈ 300 m³/s). Les résultats des suivis ont montré une efficacité modérée, voire très modérée, du lâcher d'eau. Si les résultats sur la sédimentation fine sont encourageants à l'amont de la confluence avec l'Arc, à l'aval, le bilan sédimentaire de cette fraction est positif. De plus, les effets sur les macroformes (érosions des atterrissements) sont assez limités et n'ont pas permis de renouveler les milieux et de bloquer le développement de la végétation (par arrachage ou enfouissement). Au-delà du niveau de débit, peut-être sous dimensionné, ce retour d'expérience est particulièrement intéressant car il met également en valeur l'ensemble des contraintes techniques et socio-économiques liées à ce type d'opération de restauration. Un débit plus important pour faire ces lâchers n'était pas possible pour de nombreux paramètres : nécessité d'une hydrologie naturelle soutenue pour arriver au débit d'objectif, risque d'inondation à Albertville qui, au contraire, limite ces mêmes débits (<350 m³/s), coûts du manque à gagner pour production hydroélectrique, etc.

2.6.4 Intérêt et limite pour la gestion sédimentaire du Rhône et enjeux associés

La restauration des lâchers morphogènes consiste à agir uniquement sur l'une des deux variables de contrôle du fonctionnement hydromorphologique des hydrosystèmes, le débit liquide. La pertinence de ce type d'action ne peut s'affranchir d'une analyse fine des facteurs inhérents à l'autre variable de contrôle, le débit solide, à savoir le stock sédimentaire en place, sa composition et les potentiels apports de sédiments depuis l'amont ou par recharge latérale.

En effet, comme vu dans l'exemple précédent de l'UHC#05 de Chautagne (cf. §.2.6.2), les volumes exportés passent de 500-2 000 m³/an dans la situation théorique (≈ sans lâcher morphogène) à environ 7 000 m³/an dans la situation réelle (≈ équivalent à des lâchers morphogènes). Ainsi, et d'une manière générale, dans de telles conditions d'absence d'apports sédimentaires grossiers en amont et dans un contexte de déficit sédimentaire, la restauration de lâchers morphogènes contribuerait à accentuer le déstockage sédimentaire du tronçon. En fonction de la composition granulométrique du fond du lit, la restauration de lâchers morphogènes peut également être à l'origine de phénomène de pavage ou de son amplification notamment par une progression du front de pavage (tri granulométrique renforcé par érosion régressive), homogénéisant ainsi les milieux aquatiques. Ce type de phénomène a été caractérisé sur la basse vallée de l'Ain (Rollet, 2007).

Les effets des débits morphogènes sur la végétation pionnière sont partagés (Jourdain, 2017). En effet, les débits morphogènes favorisent la dynamique fluviale, le transport solide et la création de milieux pionniers sur les bancs fraîchement déposés. Inversement, et en particulier dans un milieu aménagé (endiguement, chenalisation, aménagements Girardon) soumis à des débits ou un régime réservé, les débits morphogènes ne sont généralement pas suffisants pour arracher la végétation pionnière et remobiliser des formes alluviales qui ont tendance à se fixer. Cette fonction de renouvellement des milieux pourrait être favorisée par une mobilité latérale qui se trouve de fait limitée par le degré d'aménagement du cours d'eau et la faible occurrence des débits morphogènes, quand bien même certains débits morphogènes seraient restaurés. Aussi, dans un système aménagé et à l'hydrologie influencée, qui favorise les dépôts sédimentaires fins sur les bancs et les marges, la principale solution pour freiner la dynamique de fermeture des milieux par la végétation consiste à pratiquer l'essartage et le charruage (cf. PARTIE B / §.4).

En outre, la détermination de la fréquence et la saisonnalité des lâchers morphogènes potentiellement restaurés doivent également prendre en compte les cycles de développement de la faune aquatique afin d'éviter notamment l'arrachage des macrophytes ou la dérive des alevins et leur piégeage lors de brusques variations de hauteurs d'eau.

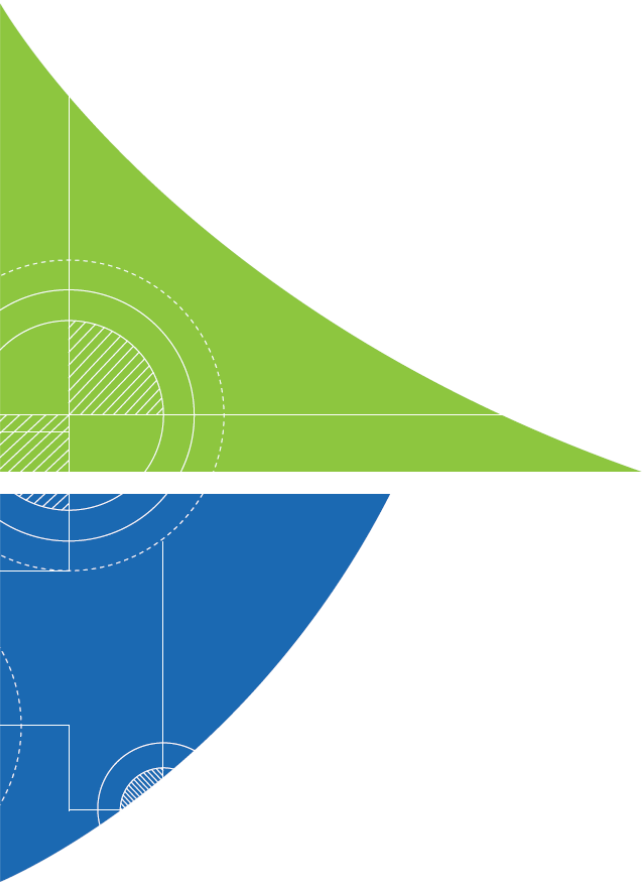
L'organisation de lâchers morphogènes n'est pas sans poser de question par rapport à la sécurité des potentiels promeneurs et pêcheurs fréquentant les bords du fleuve. En effet, la CNR a l'obligation de garantir un certain niveau de sûreté et l'augmentation rapide du niveau des eaux dans les Vieux Rhône demande des précautions importantes. Si des nombreuses actions d'information et de communication sont déjà menées dans ce sens, un changement des consignes de gestion en demanderait nécessairement de nouvelles par rapport aux pratiques actuelles. Enfin, la navigation peut être impactée défavorablement par un engravement potentiel du chenal navigable en aval de la restitution du RCC et dans les queues de retenues. Cet engravement peut également avoir des impacts sur les niveaux d'eau en périodes de crues et donc sur les inondations. Enfin, les lâchers morphogènes sont des opérations extrêmement coûteuses en raison du manque à gagner hydroélectrique.

Si la restauration de lâchers morphogènes peut être un puissant moteur pour augmenter les capacités de charriage annuelles et pour restaurer les processus de transport sédimentaire, de mobilité latérale, de diversification des formes fluviales, des faciès d'écoulement et de la granulométrie, elle nécessite des prérequis sédimentaires fondamentaux, dont notamment : 1) des apports sédimentaires amont équivalents ou proches des volumes qui seront remobilisés ; 2) la définition concertée d'un espace de mobilité (ou espace de bon fonctionnement) du Vieux Rhône qui autorise des ajustement latéraux qui accompagnerait les évolutions altimétriques et qui soit compatibles avec les enjeux socio-économiques. Dans ces circonstances, alors la mise en œuvre de ce type d'action peut permettre d'améliorer la qualité physique des habitats, de les rajeunir et de favoriser l'expression des processus biotiques dans le chenal et sur ses marges ainsi que des paysages rhodaniens. Elle peut permettre également une augmentation des processus d'autoépuration de l'eau et des échanges entre le chenal et sa nappe alluviale améliorant la qualité de l'eau pour les biocénoses aquatiques et les usages anthropiques.

A l'heure actuelle, compte tenu de l'ensemble des prérogatives énoncées ci-dessus et du manque de retours d'expérience sur la restauration de lâchers morphogènes ainsi que sur les actions, actuellement mises en œuvre pour la restauration des processus fluviaux (réactivation de la dynamique fluviale sur les marges alluviales et réinjections sédimentaires), ce type d'action n'est pas envisagée par la CNR sur l'axe rhodanien.

La Phase 2 de l'étude pourra toutefois s'appuyer sur le guide « Lâchers d'eau morphogènes : guide de mise en œuvre / Office français de la biodiversité (OFB) » prévu d'être diffusé en 2021.

PARTIE D. SYNTHÈSE



1. Synthèse et vision globale

1.1 Les opérations de gestion sédimentaire

• Vision globale

Les opérations de gestion sédimentaires sur le fleuve Rhône peuvent se décliner en 3 grands types d'opérations : les chasses ou accompagnements de chasses, les dragages, les opérations de gestion terrestres (essartage, charruage). Ces 3 types d'actions ont fait l'objet d'une description synthétique au chapitre 1 de la PARTIE B / §.1.1 et de descriptions détaillées dans leurs parties respectives.

Au final, compte tenu du rôle des ouvrages dans le fonctionnement hydrosédimentaire et des nombreux usages et enjeux de sûreté impactés, de très nombreuses opérations de gestion sédimentaire sont nécessaires :

- **Des opérations de chasses et de mise en transparence d'ouvrages.** Il s'agit en particulier des opérations de chasse suisses et d'accompagnement de ces chasses sur le Haut-Rhône (APAVÉR), qui ont lieu tous les 3 ou 4 ans, avec un coût pour la CNR de l'ordre de 5 à 6 M€ par opération. Ces opérations sont rendues nécessaires par la sédimentation continue des réservoirs (22% de comblement pour la retenue de Verbois, 51% de comblement pour la retenue de Génissiat / données 2019), et par l'impossibilité d'atteindre une pente d'équilibre au sein de la retenue sans menacer le bon fonctionnement des ouvrages ou la pérennité d'enjeux riverains.

Sur certains affluents, il existe des mesures de gestion sédimentaire visant la mise en transparence d'ouvrages hydroélectriques, et ce sont essentiellement les chasses de la basse Isère qui ont des répercussions sur la gestion sédimentaire du Rhône. Pour les autres principaux affluents (notamment l'Arve, le Fier, l'Ain, la Durance), les mesures de gestion courante par chasse ou mise en transparence ne sont pas de nature à influencer sur le fonctionnement sédimentaire du Rhône – ce qui n'écarter pas le fait que leur bassin versant ait été fortement aménagé (extractions, endiguements, retenues hydroélectriques, etc.) au point de réduire drastiquement leurs apports sédimentaires au Rhône (cf. rapport de Mission 2).

Dans les UHC situées en aval des opérations de chasse ou d'accompagnements de chasse (05-CHA à 08-SAB pour le Haut-Rhône ; 15-BLV et unités aval pour la confluence Isère), des dragages sont régulièrement nécessaires car les apports concentrés des opérations viennent se cumuler avec les phénomènes de dépôts déjà présents suite aux crues.

- **Des opérations de dragages sur les sites qui accumulent des sédiments** : il s'agit du principal mode de gestion sédimentaire utilisé sur le Rhône ; en effet, on compte 263 sites actifs de gestion sédimentaire sur la période 1995-2018, avec 947 opérations, soit environ 40 opérations par an, avec une part prépondérante des actions portées par la CNR (91 % des volumes). Aux 263 sites précédents, il peut être ajouté 38 sites ayant fait l'objet de dragages avant 1995, ou identifiés dans les plans de gestion et sans action à ce jour. Les autres maîtres d'ouvrage sont EDF, VNF, COGEMA, SIG de Genève, et une dizaine de maîtres d'ouvrage locaux (collectivités dont Grand Lyon, syndicat d'irrigation, entreprises, etc.).

Le volume total géré sur 1995-2018 s'élève à 20,3 hm³ ou millions de m³ (soit 847 478 m³/an), avec une moyenne de 21 478 m³ par opération (valeur médiane : 7 862 m³) ; 10% des dragages ont un volume supérieur à 50 000 m³ ; 20% des dragages ont un volume inférieur à 1 000 m³. La part des matériaux grossiers, qui est appréciée qualitativement (galets, graviers), est globalement de 30,7 % alors que la part des sédiments fins (limon, sables, éventuellement petits graviers) est de 69,3 %. Sur l'ensemble des opérations, 36,5 % des dragages comportent des sédiments grossiers ; 75,5% des dragages comportent des sédiments fins, et les opérations mixtes (grossiers et fins) portent donc sur 12 % des opérations.

Le volume dragué en sédiments grossiers est globalement en baisse : en effet, sur 1995-2018, la moyenne annuelle est de 587 232 m³/an. Elle était de 675 561 m³/an sur 1995-2006 et elle est passée à 499 202 m³/an sur 2007-2018, avec une part de sédiments réinjectée en forte augmentation (moins de 40 000 m³/an gérés à terre depuis 2011).

La plupart des UHC sont concernées par les dragages. Sur les 263 sites, 55 sont situés sur le Haut Rhône (01-SUI à 10-ALY) (15% en volumes), 84 sur le Rhône moyen (11-PBN à 15-BLV) (23% en volumes), 109 sur le Bas Rhône (16-BEA à 22-VAL) (52% en volumes), 15 dans le delta du Rhône (23-ARL à 25-PRH). Le Rhône moyen concentre donc plus de la moitié des interventions.

Le coût total des opérations – pour celles qui sont renseignées (787 opérations, 17,1 hm³) – est de 120,4 M€HT sur 1995-2018. Ce chiffre peut être réévalué à 142,9 M€HT en extrapolant sur le volume total (20,3 hm³), soit environ 5,9 M€HT/an, et pour un coût moyen de 7 €HT/m³.

- **Des opérations de gestion terrestre par essartage et charruage du lit du Rhône**, en particulier dans les portions de Rhône court-circuités. Ces actions sont menées à l'échelle de bancs actifs ou hérités, ainsi que dans d'anciens casiers Girardon. Pour ces opérations, il n'existe pas de base de données sur les superficies ou les coûts induits, mais une approche a pu être menée qualitativement : elle montre que 2/3 des UHC sont concernées par ce type d'action, avec une gradation entre des UHC nécessitant de fréquentes et larges interventions à l'échelle du tronçon court-circuité (05-CHA, 19-DZM), et des UHC concernées seulement par quelques bancs ou casiers résiduels et non boisés. Des réflexions sont en cours pour mieux intégrer les enjeux écologiques dans cette gestion.

Ces opérations de dragage sont rendues nécessaires par l'émergence d'enjeux qui résultent d'une combinaison entre le fonctionnement hydrosédimentaire et des facteurs de vulnérabilité : les obligations de la concession, des facteurs socio-économiques complémentaires, des facteurs écologiques. Sur le plan sédimentaire, ce sont avant tout les événements hydrosédimentaires qui déclenchent des enjeux (crues du Rhône, crues isolées de ses affluents, APAVER et accompagnement CNR). Le détail de ces enjeux présenté en Mission 3 est résumé en PARTIE B / §.1.1.

Le tableau ci-dessous récapitule les facteurs de déclenchement des opérations de gestion sédimentaire, les motifs utilisés dans la base de données et dans les fiches UHC, ainsi que les techniques utilisées.

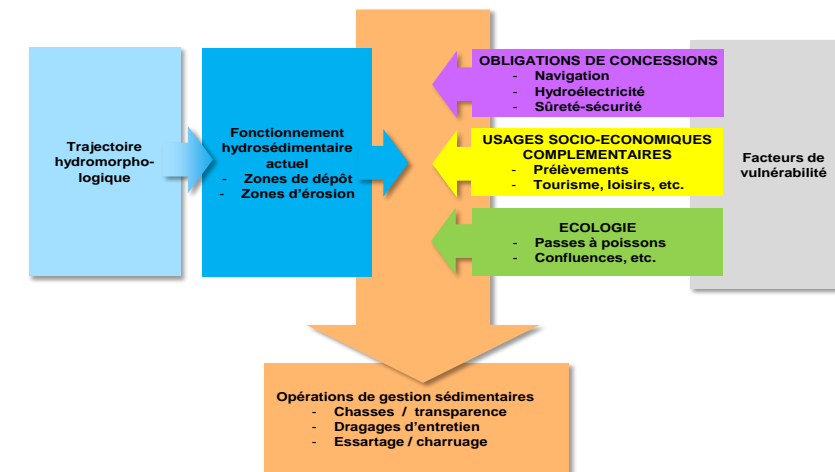


Figure 95 : Synthétique synthétique de déclenchement des actions de gestion sédimentaire

Tableau 17 : Récapitulatif des motifs d'intervention et des mesures de gestion sédimentaire

Facteurs de déclenchement de dragage		Motif utilisé dans la base de données	Chasse / mise en transparence	Dragage	Essartage / charruage
Obligations des concessions	Maintien de la profondeur du chenal de navigation	Navigation	-	OUI	-
	Entretien des profondeurs nécessaires à l'évacuation des crues	Ecoulement des crues	(OUI)	OUI	OUI
	Entretien des ouvrages de la concession	Exploitation	OUI	OUI	(OUI)
Facteurs socio-économiques complémentaires	Prélèvement (CNPE, captages, etc.)	Prélèvement	-	OUI	-
	Base nautique, loisirs, etc.	Environnement / Autres motifs	-	OUI	-
Facteurs écologiques	Passes à poissons, confluences		-	OUI	-

• Synthèse de la base de données

Pour les actions de dragages, une base de données a été construite sur la base des données CNR et des autres maîtres d'ouvrage ; elle permet de réaliser une analyse fine :

- **Par grands secteurs**, on peut noter les tendances suivantes :
 - **sur le Haut-Rhône** en amont de l'Ain, les motifs d'intervention sont avant tout liés à l'écoulement des crues, notamment sur Chautagne (05-CHA) avec en particulier les dragages dans la retenue de Motz au niveau de la confluence avec le Fier (39 035 m³/an en moyenne), et Seyssel (04-SEY) concerné notamment par les dragages à la confluence des Usses (10 906 m³/an). Sur Génissiat (03-GEN), les dragages sont liés aux conditions de sûreté et d'exploitation à proximité du barrage.
 - Sur les autres unités (06-BEL, 07-BRC, 08-SAB), les opérations sont liées à la navigation de plaisance (dragage des écluses et du chenal), tout comme sur Chautagne (1 480 à 6 160 m³/an), et on y retrouve des actions moindres liées à l'écoulement des crues. En aval de l'Ain, les actions sont liées à l'écoulement des crues (fosse de la Feyssine) et aux prélèvements d'eau (champ captant AEP de la Métropole de Lyon / 10-ALY) ;
 - **sur le Rhône moyen**, les enjeux sont liés à la navigation et aux écoulements en crues, avec Bourg-lès-Valence qui se détache nettement pour la navigation (ex : dragage des garages à écluses sous l'influence des apports sablo-limoneux de l'Isère ; 73 864 m³/an) et l'écoulement des crues (ex : confluences Isère, Doux ; 24 577 m³/an), tout comme sur St-Vallier (écoulement des crues au niveau des nombreuses confluences ; 37 211 m³/an) ;
 - **Sur le Bas Rhône**, la part des actions liées à l'écoulement des crues est toujours importante, surtout sur Beauchastel (16-BEA), Baix-Le-Logis-Neuf (17-BLN), Montélimar (18-MON) et Vallabrègues (22-VAL) (35 702 à 67 691 m³/an) en particulier au niveau des confluences et des Vieux Rhône de Beauchastel et Montélimar ; les dragages motivés par la navigation représentent toujours au minimum 17 000 m³/an, y compris sur les unités aval de Donzère-Mondragon (19-DZM), Caderousse (20-CAD) et Avignon (21-AVI), et jusqu'à 43 515 m³/s sur Montélimar du fait notamment des enjeux du port Lafarge-Ciments. Le motif " prélèvement " déclenche les dragages pour les CNPE (Cruas-Meysse et Tricastin) ;
 - **Sur le Delta**, la part liée à la navigation reste importante et exclusive, notamment sur la difffluence Petit Rhone / Grand Rhône (23-ARL)
- **Avec une entrée chronologique sur la période 1995-2018**, les grandes tendances sont les suivantes :
 - **Il existe de grandes disparités selon les années** sur le volume annuel dragué (1996-2018). La moyenne des volumes est de 733 230 m³/an, avec un minimum de 231 530 m³/an et un maximum de 1 231 172 m³/an (écart-type de 260 000 m³/an). Cette variabilité est à mettre en relation avant tout avec l'hydrologie et avec l'occurrence d'opérations à volume important : la moyenne annuelle est dépassée sur les périodes 1995-1999 et 2003-2004 (qui peuvent être reliées avec les grandes crues de 1993-1994 et 2002-2003), et sur la période 2014-2015 qui a connu une forte hydrologie moyenne et une chasse sur la basse Isère ;
 - **Il n'existe pas de tendance globale** à la baisse ou à la hausse des volumes dragués depuis 1995, malgré l'absence de crue majeure depuis 2003 ;
 - **L'année 1995** (exclue des données précédentes) a été exceptionnelle en volume : le cumul annuel est de 3 475 168 m³, soit 4 fois supérieur à la moyenne, et 3 fois supérieur au deuxième maximum (1 231 172 m³ en 1996) ; le volume moyen par opération est multiplié par 3 (66 830 m³), attestant de plusieurs opérations d'entretien à volumes importants, mais également de quelques extractions ;
 - **Depuis 1996, la part des actions de la CNR** reste prépondérante (91%), avec une part complémentaire correspondant aux CNPE (EDF), à VNF et aux SIG de Genève (données partielles). De nouveaux acteurs apparaissent tels que la Métropole de Lyon et d'autres maîtres d'ouvrage locaux, mais il s'agit aussi d'un biais lié au fait que les volumes de ces maîtres d'ouvrage sont connus pour les années les plus récentes ;
 - **En ce qui concerne le devenir des sédiments**, 87,8 % des volumes sont restitués au Rhône, et le reste est réutilisé ou valorisé à terre, l'essentiel de ces derniers matériaux étant grossier (98% des sédiments fins sont restitués au Rhône). On note une tendance marquée à la baisse, surtout depuis

2011, des volumes dragués et gérés à terre : près de 100 000 m³/an sur la période 2001-2011, abaissé à moins de 40 000 m³/an depuis 2011. Ce dernier volume s'explique essentiellement du fait de deux opérations : dragage de la confluence Drôme en 2016 et dragage du Vieux Rhône en 2018, c'est-à-dire pour des enjeux de sûreté (hydraulique / AEP) ;

- **Avec une entrée par les motifs d'intervention**, plusieurs conclusions peuvent être exprimées :
 - **Pour l'ensemble des actions de la période 1995-2018 (847 478 m³/an en moyenne)**, la navigation et les écoulements de crues sont les premiers motifs d'intervention, à hauteur de 45,9% et 45,8% respectivement. Viennent ensuite, loin derrière, l'exploitation hydroélectrique (3,8%), les prélèvements (3,5%), puis les autres motifs (écologie, tourisme, loisirs, etc.) (0,9%) ;
 - **Pour la navigation** (389 236 m³/an ; 106 sites sur 263, 421 opérations sur 947 sur 1995-2018), les dragages ont logiquement lieu dans les garages d'écluse, chenaux navigables et retenues. Les autres ouvrages incluent les quais, appontements, halte fluviales, darse, et petits équipements de navigation.
 - Ces actions sont réparties en très grande majorité (95% des volumes) sur le Rhône en aval de Lyon, et plus particulièrement au droit puis en aval de l'UHC de Bourg-lès-Valence, avec d'autres maxima observés à Montélimar (18-MON) et au Palier d'Arles (23-ARL) ;
 - Les garages d'écluse, sachant qu'il existe 17 systèmes d'écluse sur le Rhône et 3 sur les canaux secondaires connectés au Rhône, comptabilisent la majorité des sites dragués avec 233 767 m³/an en moyenne sur 33 sites, également avec une très grande majorité en aval de la confluence de l'Isère (15-BLV et UHC aval jusqu'à 19-DZM comprise), puis en aval de la confluence de la Durance (22-VAL et UHC aval) ;
 - Les chenaux navigables et les retenues, sachant que la voie navigable porte sur 417 km au total, dont 310 km sur le Rhône aval, représentent 51 sites d'intervention et un volume moyen de 132 545 m³/an ; plusieurs Vieux Rhône déclenchent des dragages pour la navigation : RCC de Montélimar (chenal Lafarge / 18-MON), bras d'Avignon (port du Pontet / 21-AVI)
 - Les autres ouvrages (darses, halte fluviale, quais, port, etc.) représentent 19 sites d'intervention et une moyenne de 19 430 m³/an ;
 - Les confluences comptent peu de sites dragués pour la navigation (Arve, Gier ; 3 458 m³/an en moyenne) car l'essentiel des confluences est d'abord géré pour l'écoulement des crues.
 - **Pour l'écoulement des crues** c'est-à-dire à la fois pour des enjeux de sûreté des ouvrages et des risques d'inondation ou d'érosion pour des enjeux riverains (388 151 m³/an ; 93 sites sur 263, 334 opérations sur 947 sur 1995-2018), les dragages ont lieu en très grande partie (2/3 des volumes) au niveau des confluences des affluents :
 - **En effet, sur les 241 affluents** du Rhône, 62 (soit 26%) sont concernés par des opérations de dragages à leur confluence, pour un volume annuel moyen de 253 862 m³/an ;
 - **Le deuxième type de site concerne les retenues**, lorsque la revanche de sûreté des systèmes d'endiguement n'est plus assurée (17 sites, 94 110 m³/an) ;
 - **Les autres localisations concernent certains Vieux Rhône**, ce type d'intervention n'ayant plus eu lieu depuis 2007, et **d'autres ouvrages**, tels que les siphons, aqueducs, contre-canaux, barrage sur annexe, déversoir, etc.
 - **Pour les enjeux d'exploitation** (32 619 m³/an), les dragages sont de moindre importance par rapport aux opérations précédentes et portent en très grande partie sur la retenue, avec des motifs divers : fonctionnement et sûreté d'un barrage, enlèvement dans une partie non navigable de la retenue (en aval du canal de dérivation), prises d'eau locales, sondes, points de réglage, etc. ;
 - **Pour les enjeux de prélèvement** (30 064 m³/an), les dragages sont également secondaires en volumes et concernent des prises d'eau de CNPE, d'irrigation ou d'eau potable situées dans le Vieux Rhône ou à hauteur d'autres ouvrages ;
 - **Enfin, les autres motifs** déclenchent des volumes limités (7 408 m³/an) qui ne sont pas significatifs : entretien de diverses passes à poissons, réouverture de petites confluences au moment de chasses suisses sur le Haut-Rhône, entretien de bassins de joute, etc.

Sur cette question de motifs d'intervention, on notera, comme décrit dans la Mission 3, qu'un même site pourrait déclencher un dragage pour plusieurs motifs. Par exemple, en général, un dragage à une confluence est nécessaire pour l'écoulement des crues avant qu'il ne présente des enjeux pour la navigation ; un dragage dans une queue de retenue peut être déclenché pour l'écoulement des crues mais également pour la navigation. Aussi, on retiendra que les motifs mentionnés ci-dessus sont les premiers motifs ou motifs prioritaires pour chaque site.

Synthèse des enjeux

En ce qui concerne les actions de chasses et de mise en transparence, le fait de devoir gérer les sédiments qui s'accumulent dans une retenue est indissociable de la pérennité même de l'ouvrage et de la maîtrise des enjeux sûreté-sécurité. Dans les réflexions récentes avec les différents acteurs concernés (EKIUM, 2014 ; EDF-CNR, 2018), les analyses ont porté sur le fait de procéder à des chasses ou à des dragages, et ont montré qu'il y avait un avantage technico-économique à privilégier les chasses (ou mises en transparence, lorsque cela est possible). Par exemple pour Génissiat, les volumes à gérer par dragages à l'échelle annuelle serait du même ordre de grandeur que toutes les opérations de dragage de la vallée. Avec ces réflexions et leur début de concrétisation (APAVER 2016 sur le Haut-Rhône, depuis 2018 sur la basse Isère), les protocoles de chasse, d'accompagnements de chasses, et de gestion des périodes inter-chasses se sont significativement améliorés tant dans la gestion du stock sédimentaire de la retenue que dans les conséquences en aval (comblement des retenues, enjeux écologiques, enjeux sûreté-sécurité, enjeux socio-économiques). Il n'en demeure pas moins que les apports en MES et sables lors des chasses ou accompagnements de chasses sont très significatifs par rapport aux flux moyens annuels du fleuve, et que la gestion la plus conservatrice consiste à optimiser la fréquence des opérations, afin de limiter les volumes sédimentaires remobilisés par événement.

Les opérations de dragage sont très nombreuses dans la vallée (263 sites actifs sur 1995-2018) ; elles se justifient dès lors qu'un phénomène de dépôt n'est plus compatible avec l'un des enjeux présents sur le site (navigation, écoulements des crues, exploitation, prélèvement, etc.). Les interventions concernent tout autant les enjeux sûreté-sécurité (confluences, queues de retenue), que les enjeux socio-économiques de différentes importances (chenaux de navigation, garages d'écluse, prélèvement AEP ou CNPE, mais aussi rampes à bateau, échelles limnimétriques etc.). Les opérations de dragage motivées par l'enjeu écologique sont progressivement devenues des opérations de restauration de lônes ou de marges alluviales (cf. §.1.2), et ne concernent plus aujourd'hui que quelques opérations d'entretien courant de passes à poissons ou de confluences.

En l'état, chaque action de dragage, par définition, n'est pas pérenne tant qu'il existe un point de discontinuité sédimentaire et des apports sédimentaires provenant de l'amont. Chaque opération nécessite donc d'être renouvelée de façon plus ou moins régulière : 106 sites sur 263 au total sur le fleuve n'ont fait l'objet que d'une seule intervention sur 1995-2018. Le statut de chaque site est très dépendant des apports sédimentaires et des phénomènes de transport (APAVER, chasse sur affluent, événements de crues du Rhône ou d'un affluent). Compte tenu des volumes de fines gérés, qui sont très inférieurs aux flux annuels du Rhône (1,6% en moyenne par UHC, au maximum 6,3 %), chaque action dans une UHC donnée a assez peu d'impact sur les sites de l'UHC aval : un site de dragage va (re-)sédimenter avant tout du fait des MES (et des sables) apportés naturellement par le Rhône, notamment lors des crues, plutôt que par les opérations de dragages réalisées en amont.

Devant cette logique de renouvellement des opérations, la réflexion amène à soulever plusieurs interrogations pour l'avenir. Le renouvellement de ces opérations est-il inéluctable ? : les critères et seuils de déclenchements des dragages peuvent-ils être assouplis afin d'en diminuer la fréquence ? une reconfiguration d'un site peut-elle supprimer le dragage ou tout au moins réduire les volumes et/ou la fréquence des interventions ? comment gérer les confluences dans la durée compte tenu des enjeux écologiques et de l'application de la séquence ERC ? la vulnérabilité des usages concernés, des biens et des personnes exposés peut-elle être adaptée ?

Au-delà de ces questions, sur le plus long terme, quelles vont être les conséquences du changement climatique sur les apports sédimentaires et comment vont évoluer les apports des affluents, à la baisse pour certains (Ain) ou peut-être à la hausse pour d'autres suite aux comblements des zones d'extraction (Arve, Gardon, Durance, etc.).

Enfin, quelles que soient les tendances précédentes, quelle continuité sédimentaire est à rechercher à l'échelle globale du Rhône, sachant que le fleuve n'a jamais été en mesure, depuis la dernière période glaciaire, d'assurer la continuité d'une particule de gravier sur tout son cours entre l'Arve et la Méditerranée ? en effet, jusqu'au 19^{ème} siècle, plusieurs secteurs étaient naturellement des points de rupture de la continuité sédimentaire : ombilic des basses terres du Dauphiné, zone de tressage et de dépôt de l'île de Miribel Jonage, zone de tressage et de dépôt des îles d'Avignon, delta de la Camargue, etc. De cette réflexion pourra naître une approche globale sur les orientations et le devenir des sédiments dragués, notamment les sédiments grossiers dont la production dans le bassin versant s'est drastiquement abaissée alors qu'ils permettent la structuration du lit alluvial, et le développement des habitats et de la biodiversité qui les accompagne.

Pour les actions d'essartage et de charruage, qui sont marginales en volumes et coûts d'intervention, mais qui font tout de même partie des obligations résultant des concessions, la vocation de renouvellement est également forte, avec des interventions tous les 2 à 5 ans selon les sites. Ces actions, qui ont jusqu'à présent été réfléchies et réalisées avec un objectif principalement hydraulique, entrent dans une réflexion visant à conserver cet objectif

hydraulique tout en conciliant les enjeux d'habitats et de biodiversité (réflexion en cours sur le Haut-Rhône). Etant donné la connaissance acquise sur le fonctionnement hydrosédimentaire des Vieux Rhône, il sera possible d'édicter des propositions d'adaptation des protocoles en fonction 1) du bilan sédimentaire du RCC depuis la mise en eau, 2) des capacités de dépôts et/ou de remobilisation des sédiments, et 3) des apports sédimentaires amont.

Les effets potentiels des actions de gestion énoncées ci-dessus sur la morphologie de l'hydrosystème Rhône, la biologie, les enjeux socio-économiques et de sûreté-sécurité ont été caractérisés dans le cadre de l'élaboration de la typologie des actions de gestion, d'entretien et de restauration sur le Rhône. Ils peuvent être résumés sur les graphiques de la Figure 96. Les analyses détaillées figurent en Annexe 2.

Ces analyses sont complétées par un travail à propos des effets des travaux de gestion sur les enjeux sédimentaires, écologiques, sûreté-sécurité et socio-économiques (Annexe 1). La typologie des actions pour l'atteinte du bon potentiel écologique du Rhône (OTEIS, 2014) étant donnée en Annexe 4.

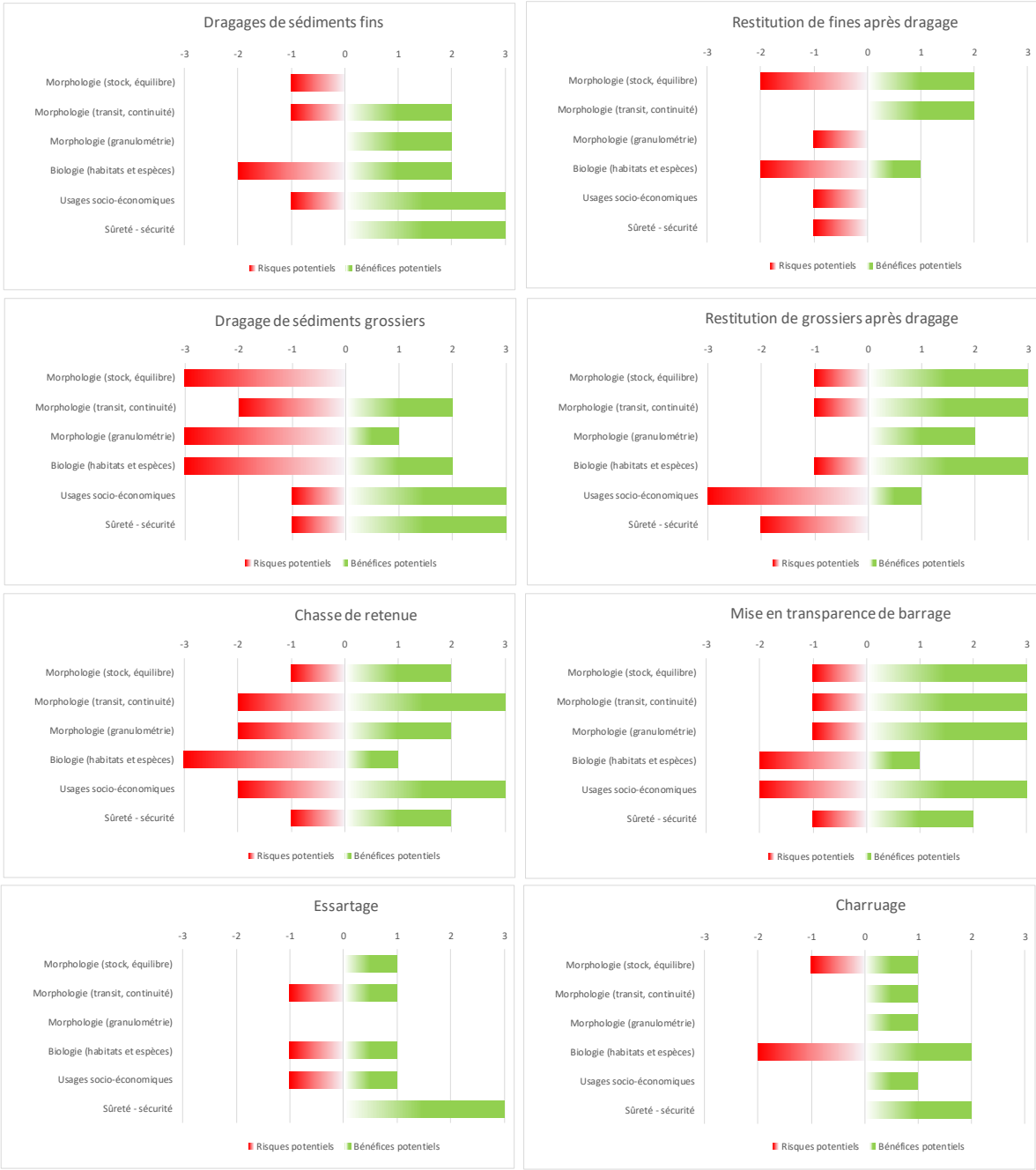


Figure 96 : Caractérisation des effets bruts potentiels des actions de gestion

1.2 Les opérations de restauration

• Vision globale

La restauration physique d'un grand fleuve tel que le Rhône constitue un objectif ambitieux en raison de la complexité de l'hydrosystème et de la diversité des acteurs et des enjeux.

Après plus de 30 ans de restauration, les efforts et les résultats obtenus sont significatifs :

- **Relèvement des débits et régimes réservés** entre 1999 et 2014 pour 13 tronçons de Rhône court-circuité (05-CHA, 06-BEL, 07-BRC, 10-ALY, 11-PBN, 13-PDR, 14-STV, 15-BLV, 16-BEA, 17-BLN, 18-MON, 19-DZM, 21-AVI, 22-VAL), pour des débits « plafond » correspondant au 1/20 du module, voire plus sur certains ouvrages (Haut-Rhône, PDR). Seul un RCC de linéaire plutôt réduit et de moindre intérêt écologique n'a pas fait l'objet d'une augmentation de débit réservé (08-SAB, 20-CAD) ;
- **Restauration de îlônes et zones humides associées** pour 101 opérations au total réalisées entre 1986 et 2019, portant sur 76 îlônes différentes parmi les 200 îlônes que compte l'espace alluvial du Rhône. Le budget total consacré aux travaux est au minimum de 23,3 M€HT, les coûts étant inconnus ou incomplets pour 29 îlônes sur 76 ;
- **Restauration et reconnexion d'autres types d'annexes que les îlônes** : anciennes gravières ou étangs, anciens casiers, actions sur les marais bordant le Rhône et connectés à sa nappe, reconnexion de zones humides en Camargue, etc. ;
- **Réactivation de la dynamique fluviale sur les marges alluviales** pour 8 opérations menées entre 2010 et 2018, pour un montant de près de 7 M€HT. Au moins 9 nouveaux projets sont en cours de développement à fin 2020 ;
- **Réinjections sédimentaires** pour 3 opérations menées entre 2016 et 2019, pour un volume total de 52 000 m³. Des projets sont au stade d'étude sur d'autres sites.

Par ailleurs, des perspectives en cours de réflexion, sans concrétisation à ce stade, ont été intégrées dans l'analyse :

- **Réflexions, sur le rôle sédimentaire et le devenir de seuils** installés dans les Vieux Rhône.
- **Réflexions sur le principe de lâchers morphogènes dans les Rhône court-circuités.**

• Synthèse des enjeux

Au vu des actions de restauration menée, il demeure une question fondamentale : celle de l'efficacité réelle des mesures de restauration qui ont été prises et qui le seront dans le futur, dans un contexte en constante évolution. En effet, les hydrosystèmes fluviaux sont des systèmes dynamiques régis par un ensemble de processus imbriqués qui interfèrent les uns avec les autres. Agir sur leur fonctionnement par des actions de restauration induit de ce fait des cascades d'effets induits par des processus, eux-mêmes engendrés par des conditions non uniformes dans le temps et l'espace. Cette variabilité des contraintes physiques influence fortement les stratégies des organismes et la diversité des communautés biologiques. A l'image de cette complexité de fonctionnement, les objectifs des actions de restauration et leur mise en œuvre sont composites et interagissent.

Dès le Plan Rhône, la restauration des formes des annexes fluviales était associée au relèvement des débits réservés afin d'améliorer leur connectivité au chenal principal, leur auto-entretien et leur capacité d'accueil des biocénoses aquatiques et amphibies. Certaines actions de réactivation des marges alluviales sont associées à des actions de restauration de îlônes, de récréation de chenaux secondaires avec des interventions d'arasement, de création de brèches dans les ouvrages Girardon afin de rétablir leur connexion avec le fleuve. Enfin, la mise en œuvre d'actions de réinjections sédimentaires est, pour l'heure, nécessairement associée à la disponibilité de matériaux et de leur proximité (contraintes technico-financières). Cette mise à disposition d'un stock de sédiments pour leur réinjection est directement issue de la réalisation d'actions de dragage de sédiments grossiers (action d'entretien et travaux sur barrage dans l'exemple de la réinjection en aval du barrage de Motz sur l'UHC#05-CHA), ou de travaux de réactivation de la dynamique fluviale par démantèlement d'ouvrages Girardon (exemple de la réinjection à l'aval du barrage de Saint-Pierre-de-Bœuf sur l'UHC#13-PDR).

De ce fait, la réalisation d'une typologie des actions de restauration du fleuve Rhône s'est confrontée à cette complexité à la fois dans la construction des catégories, nécessairement schématiques et réductionnistes, et dans leur attribution aux travaux réalisés lors de leur inventaire. Pour autant, la restauration du fleuve Rhône implique la complémentarité de ces différents modes d'intervention pour atteindre des objectifs ambitieux que ce fleuve, fortement anthropisé, requiert.

Les effets potentiels des actions de restauration énoncées ci-dessus sur la morphologie de l'hydrosystème Rhône, la biologie, les enjeux socio-économiques et de sûreté-sécurité ont été caractérisés dans le cadre de l'élaboration de la typologie des actions de gestion, d'entretien et de restauration sur le Rhône. Ils peuvent être résumés sur les graphiques de la Figure 97. Les analyses détaillées figurent en Annexe 3. Ces analyses sont complétées par un travail à propos des effets des travaux de restauration sur les enjeux sédimentaires, écologiques, sûreté-sécurité et socio-économiques (Annexe 1).

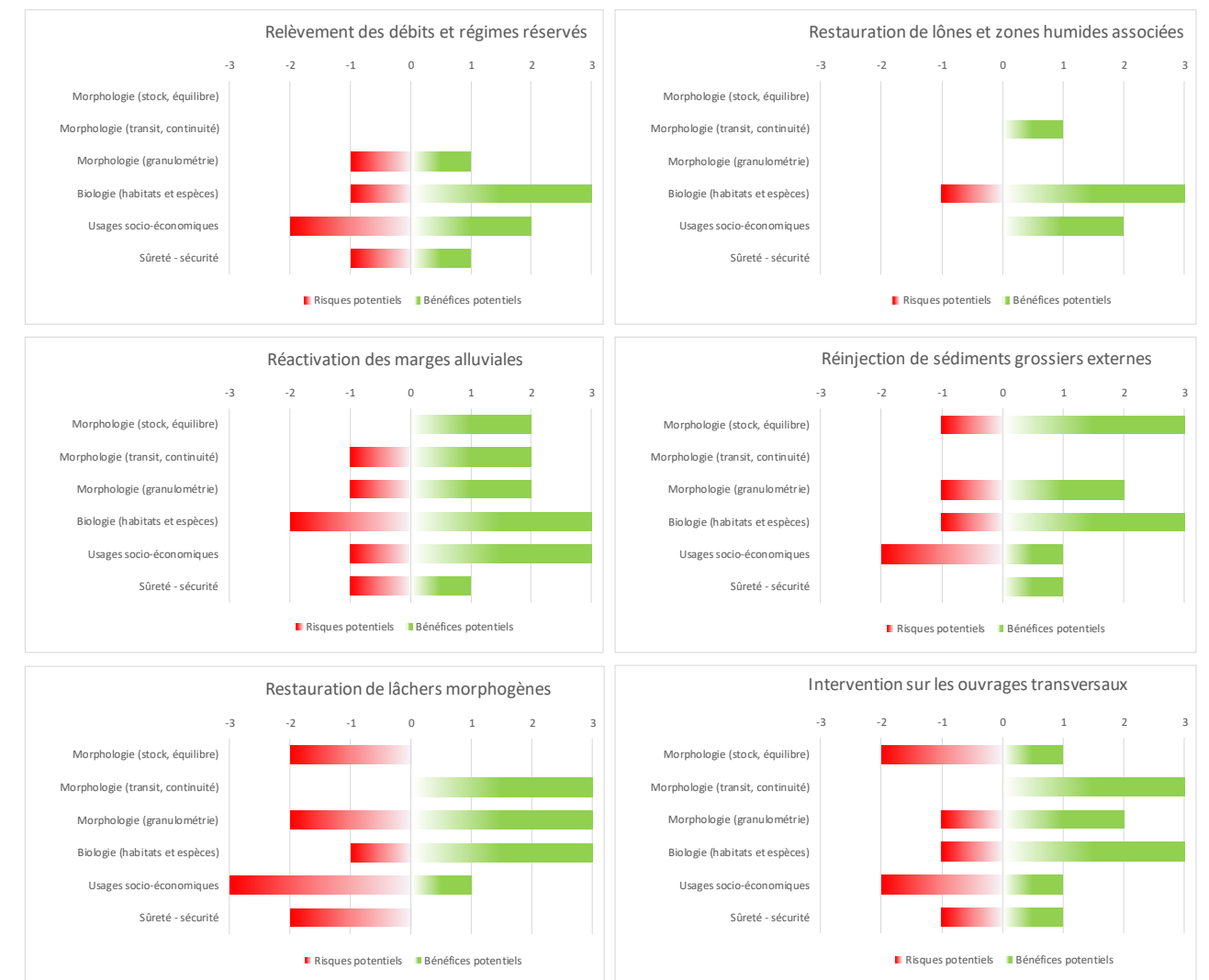


Figure 97 : Caractérisation des effets bruts potentiels des actions de restauration

Ces graphiques illustrent bien les effets bruts en cascade induits par les différents types d'action de restauration, qui peuvent être positifs ou négatifs sur les différents enjeux de gestion, ainsi que leur complémentarité lorsqu'il s'agit d'intervenir sur les stocks et la continuité sédimentaire ainsi que sur la diversité granulométrique. Les effets (risques ou bénéfices) sont analysés de façon brute, avant prise en compte d'une éventuelle logique ERC (Eviter-Réduire-Compenser) qui ne peut être étudiée de façon générique.

Tableau 18 : Typologie des actions de gestion, d'entretien et de restauration menées par les principaux gestionnaires (CNR, EDF, VNF, Grand Lyon)

Type	Problématiques relatives à la gestion sédimentaire	Motifs / enjeux	Objectifs	Action	Lieu	Code type	Code BPE	Sédiments	Technique	Devenir des sédiments	Exemples
Actions de gestion	Dépôts sédimentaires	navigation exploitation prélèvement eau, loisirs sûreté hydraulique sûreté nucléaire ouvrage à vocation écologique	Gestion des dépôts sédimentaires	Dragage de sédiments fins	Chenal navigable, écluse / garage d'écluse, retenue, confluence, autre ouvrage (prise d'eau, darse, bassin joute, halte fluviale, passe à poissons, etc.), RCC	DSF	P6	Fins et sables	Drague aspiratrice	Gestion à terre si pollutions Restitution sinon	Nombreux exemples Dragage Valencize, Sévenne, etc. Canal d'aménée prise d'eau CNPE St-Alban
		navigation exploitation prélèvement eau, loisirs sûreté hydraulique sûreté nucléaire ouvrage à vocation écologique		Restitution de fines	Chenal navigable, écluse / garage d'écluse, retenue, confluence, autre ouvrage (prise d'eau, darse, bassin joute, halte fluviale, passe à poissons, etc.), RCC	RSF	P6	Fins et sables	Drague aspiratrice ou clapage	Restitution	Nombreux exemples Dragage Valencize, Sévenne, etc. Canal d'aménée prise d'eau CNPE St-Alban
		navigation exploitation prélèvement eau, loisirs sûreté hydraulique sûreté nucléaire ouvrage à vocation écologique		Dragage de sédiments grossiers	Chenal navigable, retenue, confluence, autre ouvrage, RCC	DSG	P6	Sables, grossiers	Pelle mécanique	Export et gestion à terre ou restitution	Nombreux exemples Vieux Rhône de Crépieux-Charmy Confluence Drôme Exutoire RCC Chautagne
		navigation exploitation prélèvement eau, loisirs sûreté hydraulique sûreté nucléaire ouvrage à vocation écologique		Restitution de sédiments grossiers	Chenal navigable, retenue, confluence, autre ouvrage, RCC	RSG	P6	Sables, grossiers	Clapage	Restitution	Nombreux exemples Dragage du Doux, de la Gère, du Gier, etc.
		exploitation sûreté hydraulique	Réduction de la sédimentation	Chasse de retenue	Retenue/réservoir	CHS		Fins, sables (grossiers)	Force hydraulique	Transit en aval	APAVER Verbois, Basse vallée de l'Isère
		exploitation sûreté hydraulique		Mise en transparence de barrage	Barrage avec retenue/réservoir	MET		Fins, sables, grossiers	Force hydraulique	Transit en aval	Accompagnement APAVER par CNR
		sûreté hydraulique environnement	Limiter l'implantation de la végétationsur les bancs alluviaux	Charruage	Bancs alluviaux du RCC	CHG	C8	Sables, grossiers	Charruage dans bancs	Laissé sur place	Nombreux bancs charrués dans les RCC
	Végétalisation des atterrissements	sûreté hydraulique	Maitriser le développement de la végétalisation des bancs alluviaux	Essartage	Bancs alluviaux du RCC et marges alluviales	ESS	C7	-	Essartage mécanique	-	Nombreux bancs essartés dans les RCC
Actions de restauration	Chenalisation du lit	environnement sûreté hydraulique	Remobilisation latérale de sédiments Restaurer un espace de bon fonctionnement (inclut gestion passive : dégradation des ouvrages)	Réactivation des marges alluviales	RCC (épis, digues submersibles, tenons, enrochements, protections de berge)	RMA	C1, C2, C3, B2, B3, B4, P1, P3	Fins, sables, grossiers	Pelle mécanique	Laissé sur place Reinjection (RJP)	Réactivation des marges alluviales des Vieux Rhône (inondations, biodiversité) Projets réalisés : PDR, DZM, etc.
	Déficit sédimentaire	environnement sûreté hydraulique	Restauration du lit (fond, couche active)	Réinjection de sédiments grossiers externes	RCC	RJP	C6	Sables, grossiers	Pelle mécanique	Réinjection	Plusieurs actions réalisées (CHA, PDR, DZM)
	Homogénéité des formes fluviales	environnement sûreté AEP	Recréation/restauration de milieux annexes	Restauration des îlots et zones humides associées	Lônes	RLO	C4, C10, P2, P4, P5, P7, P8, P9	Fins, sables, grossiers	Pelle mécanique	Réinjection	Nombreux projets réalisés : CHA, BEL, BRC, PBN, PDR, BLN, MON, DZM, etc.
		environnement sûreté AEP	Restauration des conditions hydrologiques d'étiage	Relèvement des débits et régimes réservés	RCC	RQR	C13, C14	Fins, sables, graviers	Ouvrage spécifique au barrage	-	Nombreux RCC
	Activité sédimentaire limitée en fréquence	environnement	Restauration de la dynamique fluviale	Restauration de lâchers morphogènes	RCC	RQM	C11	Fins, sables, grossiers	Lâchers plus fréquents au barrage de dérivation	-	Aucun. Uniquement REX des écarts entre CDC théoriques et réelles dans les RCC (cas de Chautagne)
	Blocage du transit des matériaux au droit d'un ouvrage transversal	environnement	Restauration de la continuité sédimentaire du Rhône et/ou des affluents	Restauration de la continuité sédimentaire des ouvrages transversaux	RCC, affluent	RCS	C5	Sables, grossiers	Démantèlement d'ouvrage	Pente d'équilibre atteinte de façon passive (érosion régressive) ou active (terrassement)	seuil Crépieux-Charmy ALY

CARTES

Carte 1 : Localisation des 263 sites de dragage d'entretien et volumes cumulés sur 1995-2018.....	40
Carte 2 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) par maîtres d'ouvrage.....	46
Carte 3 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) par granulométrie.....	47
Carte 4 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) par motifs d'intervention.....	48
Carte 5 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) par localisation.....	49
Carte 6 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour la navigation (toutes localisations)	56
Carte 7 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour la navigation (garages d'écluses).....	57
Carte 8 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour la navigation (chenal navigable et retenue)	58
Carte 9 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour la navigation (autres ouvrages)	59
Carte 10 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour la navigation (confluences).....	60
Carte 11 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour l'écoulement des crues (toutes localisations).....	61
Carte 12 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour l'écoulement des crues (confluences).....	62
Carte 13 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour l'écoulement des crues (retenues)	64
Carte 14 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour l'exploitation.....	65
Carte 15 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour les prélèvements	66
Carte 16 : Sites et volumes de dragage (1995-2018) pour les autres motifs	67
Carte 17 : Cartographie synthétique des linéaires de lônes restaurés	82
Carte 18 : Cartographie synthétique des sites de réactivation des marges alluviales	86
Carte 19 : Cartographie synthétique des sites de réinjection sédimentaire.....	89

TABLEAUX

Tableau 1 : Typologie des actions de gestion, d'entretien et de restauration.....	7
Tableau 2 : Récapitulatif des motifs d'intervention et des mesures de gestion sédimentaire	12
Tableau 3 : Comparaison du transit sédimentaire estimé lors des opérations de 1997 à 2016 (d'après bilan des APAVER, CNR 2018)	23
Tableau 4 : Comparaison des bilans des flux de MES et de la bathymétrie de la retenue de Génissiat lors des opérations de 1997 à 2016.....	26
Tableau 5 : Caractéristiques principales des barrages sur la basse Isère	28
Tableau 6 : Caractéristiques principales des barrages sur l'Arve.....	32
Tableau 7 : Caractéristiques principales des barrages sur le Fier.....	32
Tableau 8 : Caractéristiques principales des barrages sur l'Ain.....	33
Tableau 9 : Caractéristiques principales des barrages sur la Durance aval.....	33
Tableau 10 : Caractéristiques techniques du matériel de dragage (d'après CNR, 2009)	35
Tableau 11 : Tronçon court-circuités avec des communautés végétales étudiées par Janssen (2019)	76
Tableau 12 : Synthèse des actions de relèvement des débits et régimes réservés.....	80
Tableau 13 : Récapitulatif des opérations de restauration de lônes	83
Tableau 14 : Récapitulatif des opérations de restauration des marges alluviales.....	86
Tableau 15 : Récapitulatif des opérations de réinjection sédimentaire	89
Tableau 16 : Récapitulatif des seuils du Rhône et de ses affluents dans le domaine concédé	91
Tableau 17 : Récapitulatif des motifs d'intervention et des mesures de gestion sédimentaire	95
Tableau 18 : Typologie des actions de gestion, d'entretien et de restauration menées par les principaux gestionnaires (CNR, EDF, VNF, Grand Lyon)	99

FIGURES

Figure 1 : Synoptique synthétique de déclenchement des actions de gestion sédimentaire.....	11
Figure 2 : Représentation schématique et illustrations d'une gestion des sédiments par chasse https://www.encyclopédie-environnement.org).....	13
Figure 3 : Chasse par les vannes de fond au barrage de Verbois en 2012 (© M.Trezzini / Keystone)	13
Figure 4 : Illustration de techniques de dragage	14
Figure 5 : Charruage des bancs de graviers d'un lit mineur d'un Vieux Rhône (document interne CNR, 2018).....	14
Figure 6 : Cartographie des différentes entités concernées par les APAVER (CNR, 2015).....	15
Figure 7 : Chronologie des vidanges-chasses suisses et des mesures d'accompagnement côté français de 1945 à 2012 (source CNR, 2015)	18
Figure 8 : Caractéristiques principales des chasses suisses et des accompagnements de chasse sur le Haut-Rhône, de 1945 à 2012	19
Figure 9 : Abaissements prévus des plans d'eau de Verbois, Chancy-Pougny, Génissiat et Seyssel lors des opérations de mai 2016	21
Figure 10 : Barrage de Génissiat en cours de chantier en 1940 (a), au cours de la chasse de 1978 (b) et au cours de l'accompagnement de chasse de 2012 (c) (d'après Guertault, 2015)	21
Figure 11 : Suivi du taux de MES lors des APAVER au droit de l'ouvrage de Génissiat (CNR-EDF-IRSTEA-EasyHydro, 2015, colloque CFBR)	21
Figure 12 : Barrage de Verbois lors de la chasse de 2016, vue amont (ww2.sig-ge.ch).....	22
Figure 13 : Barrage de Verbois lors de la chasse de 2016, vue aval (ww2.sig-ge.ch)	22
Figure 14 : Barrage de Chancy-Pougny lors de la chasse de 2016, vue aval (ww2.sig-ge.ch).....	22
Figure 15 : Barrage de Seyssel lors de la chasse de 2016 (CNR)	22
Figure 16 : Résultats des analyses granulométriques de l'OSR des échantillons prélevés aux Rippes (in CNR, 2018 ; d'après travaux OSR)	23
Figure 17 : Cycle du transit des sédiments fins du Rhône à Pougny (in CNR, 2016)	24
Figure 18 : Evolution du comblement de la retenue de Génissiat depuis 1968 – Apports des chasses de Verbois et dépôts entre les chasses (EKIUM, 2014).....	25
Figure 19 : Evolution du comblement des retenues de Génissiat et Verbois entre 1942 et 2012 (CNR, 2019).....	25
Figure 20 : Localisation du réseau de mesure permanent des flux de MES sur le Haut-Rhône	26
Figure 21 : Flux de MES (en t) entrants et sortants de Génissiat pour chaque accompagnement de chasse (d'après CNR, 2016)	26
Figure 22 : Flux de MES (en t) sur le Haut-Rhône pendant la semaine d'abaissement préalable de la retenue de Génissiat (du 06/06/2012 au 10/06/2012) (CNR, 2016)	27
Figure 23 : Flux de MES (en t) sur le Haut-Rhône pendant la semaine d'abaissement préalable de la retenue de Verbois (du 10/06/2012 au 18/06/2012) (CNR, 2016)	27
Figure 24 : Schéma des aménagements hydroélectriques de la Basse Isère (EDF)	28
Figure 25 : Erosion annuelle des grands bassins français (EDF-CNR, 2018)	29
Figure 26 : Flux cumulés dans l'Isère et le Rhône pendant la chasse de basse Isère de 2008	31
Figure 27 : Évolution du profil en long de la retenue de Génissiat dans le cas d'une gestion passive.....	34
Figure 28 : Options de gestion des réservoirs en fonction de la capacité de stockage, du ruissellement annuel moyen et charge sédimentaire annuelle moyenne (d'après Schmutz, 2018)	34
Figure 29 : Illustrations de techniques de dragage	37
Figure 30 : Exemple de devenir des sédiments fins et grossiers du dragage de la confluence de la Durance (CNR, 2017)	37
Figure 31 : Nombre de sites et d'opérations de dragages d'entretien sur la période 1995-2018	39
Figure 32 : Fréquence d'intervention par site sur la période 1995-2018.....	39
Figure 33 : Occurrence des volumes de dragage parmi toutes les opérations de la période 1995-2018	40
Figure 34 : Volumes totaux dragués sur 1995-2018 par maîtres d'ouvrage	41
Figure 35 : Répartition globale des volumes dragués sur 1995-2018 par granulométrie	41

Figure 36 : Relations entre les flux de MES dans le Rhône et les opérations de dragages sur les fines	41	Figure 80 : Analyse semi-quantitative des actions de gestion par essartage et charruage dans les UHC	73
Figure 37 : Répartition globale des volumes dragués sur 1995-2018 par motifs	42	Figure 81 : Exemple de secteurs faisant l'objet d'actions d'essartage et/ou de charruage	74
Figure 38 : Répartition globale des volumes dragués sur 1995-2018 par localisations	42	Figure 82 : Composition des communautés végétales sur un banc du Rhône (Janssen, 2019)	76
Figure 39 : Répartition globale des volumes dragués sur 1995-2018 en fonction du devenir des sédiments	42	Figure 83 : Gradients topographiques et pédologiques en lien avec l'essartage et le charruage (Janssen, 2019)	76
Figure 40 : Répartition globale des coûts par maîtres d'ouvrage	43	Figure 84 : Terrain d'étude et stations sur le Rhône et ses affluents (Janssen, 2019)	76
Figure 41 : Coût unitaire des opérations de dragage (1995-2018)	43	Figure 85 : Démarche de diversification des conditions de milieux à l'échelle d'un même tronçon (Source : GRAIE, 2016)	81
Figure 42 : Nombre de sites actifs et nombre moyen annuel d'opérations par UHC sur 1995-2018	44	Figure 86 : Nombre d'actions de restauration de lônes par année	82
Figure 43 : Volumes cumulés et annuels par UHC sur 1995-2018	44	Figure 87 : Nombre d'actions de restauration de lônes par UHC	82
Figure 44 : Répartition des volumes dragués sur 1995-2018 par grands secteurs	45	Figure 88 : Synthèse des coûts de restauration de lônes	82
Figure 45 : Volumes annuels dragués sur 1995-2018 par UHC et par maîtres d'ouvrage	46	Figure 89 : Sectorisation du casier de Cornas (à gauche) et travaux réalisés en 2011 sur le casier de Cornas (à droite)	85
Figure 46 : Volumes annuels dragués sur 1995-2018 par UHC et par granulométrie	47	Figure 90 : Mobilisation du matériel sédimentaire au niveau de la zone restaurée île de Gravier Nord (Source : Cassel, 2020)	87
Figure 47 : Volumes annuels dragués sur 1995-2018 par UHC et par motifs d'intervention	48	Figure 91 : Localisation des merlons de réinjections sur les UHC#05-CHA (en haut. Source : GeoPeka) et UHC#13-PDR (à bas. Source : Géoportail)	88
Figure 48 : Volumes annuels dragués sur 1995-2018 par UHC et par localisations	49	Figure 92 : Illustrations des modalités de réinjection sur l'UHC#05-CHA (CNR)	90
Figure 49 : Volumes annuels dragués sur 1995-2018 par UHC et par devenir des sédiments	50	Figure 93 : Rappel des différents types d'objectifs des lâchers morphogènes (Loire, 2019)	92
Figure 50 : Bilan des apports grossiers des affluents et de leur devenir (période 1995-2018)	50	Figure 94 : Courbes de débits classés de l'UHC#05-CHA	92
Figure 51 : Devenir des flux de sédiments grossiers des affluents par UHC (période 1995-2018)	51	Figure 95 : Synoptique synthétique de déclenchement des actions de gestion sédimentaire	95
Figure 52 : Granulométrie des volumes totaux dragués sur 1995-2018 au niveau des confluences d'affluents majeurs	51	Figure 96 : Caractérisation des effets bruts potentiels des actions de gestion	97
Figure 53 : Comparaison des volumes grossiers dragués et des apports grossiers en moyenne annuelle	51	Figure 97 : Caractérisation des effets bruts potentiels des actions de restauration	98
Figure 54 : Chronique du nombre d'opérations de dragages sur 1995-2018	52		
Figure 55 : Chronique des volumes totaux de dragages sur 1995-2018	52		
Figure 56 : Chronique des volumes de dragages sur 1996-2018 par maîtres d'ouvrage	53		
Figure 57 : Chronique des volumes de dragages sur 1996-2018 par granulométrie	53		
Figure 58 : Chronique des volumes de dragages sur 1996-2018 par motifs d'intervention	54		
Figure 59 : Chronique des volumes de dragages sur 1996-2018 par localisations	54		
Figure 60 : Chronique des volumes de dragages sur 2001-2018 selon le devenir des sédiments	54		
Figure 61 : Coûts des dragages par motifs et localisation sur 1995-2018	55		
Figure 62 : Volumes de dragages par motifs et localisation sur 1995-2018	55		
Figure 63 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour la navigation (toutes localisations)	56		
Figure 64 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour la navigation (garages d'écluses)	57		
Figure 65 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour la navigation (chenal navigable et retenue)	58		
Figure 66 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour la navigation (autres ouvrages)	59		
Figure 67 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour la navigation (confluences)	60		
Figure 68 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour l'écoulement des crues (toutes localisations)	61		
Figure 69 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour l'écoulement des crues (confluences)	62		
Figure 70 : Répartition des volumes dragués sur 1995-2018 pour l'écoulement des crues aux confluences en fonction du devenir des sédiments	63		
Figure 71 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour l'écoulement des crues (retenues)	64		
Figure 72 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour l'exploitation (toutes localisations)	65		
Figure 73 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour les prélèvements (toutes localisations)	66		
Figure 74 : Volumes de dragage par UHC sur 1995-2018 pour d'autres motifs (toutes localisations)	66		
Figure 75 : (a) Projet de dragage 2011-2013, (b) sensibilités écologiques, (c) évolutions bathymétriques du lit mineur avant et après dragage à la confluence du Doux (CNR, 2016, conférence SHF)	68		
Figure 76 : Illustration de la contribution des dragages d'entretien au flux de MES dans le Rhône	69		
Figure 77 : Illustration de l'état visé par les opérations d'essartage et de charruage (CNR, 2009)	71		
Figure 78 : Répartition des UHC en nombre par en fonction des actions de gestion du lit des Vieux Rhône	72		
Figure 79 : Exemple de cartographie des opérations d'essartage (broyage) et de charruage établie par une Direction Territoriale de la CNR (Vieux Rhône de Montélimar) (document interne CNR)	73		

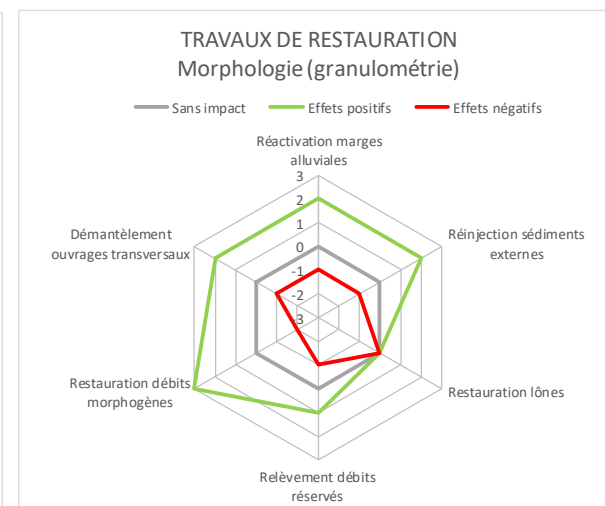
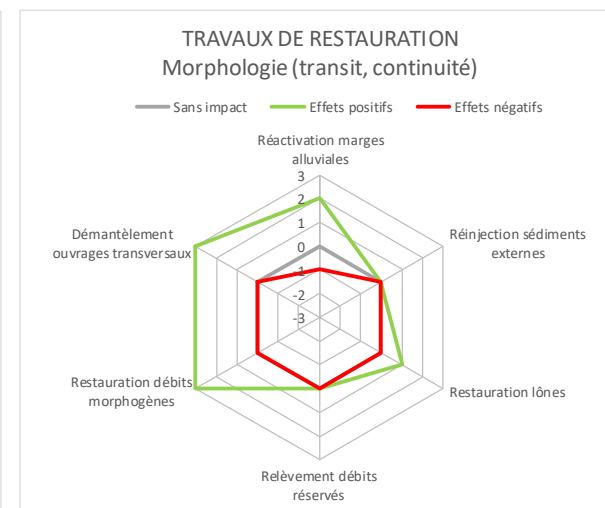
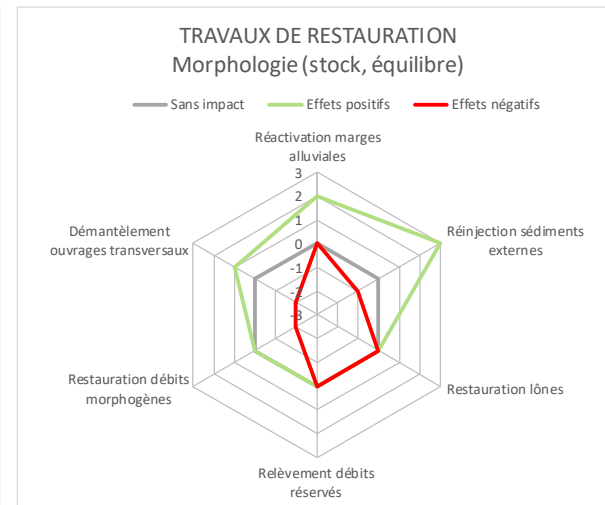
ANNEXES



Annexe 1.

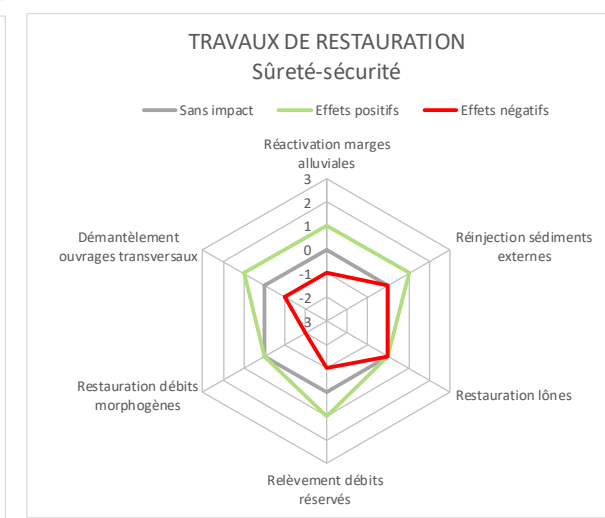
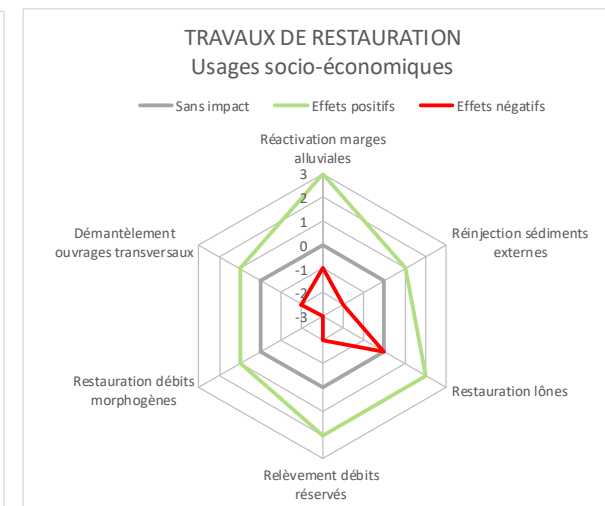
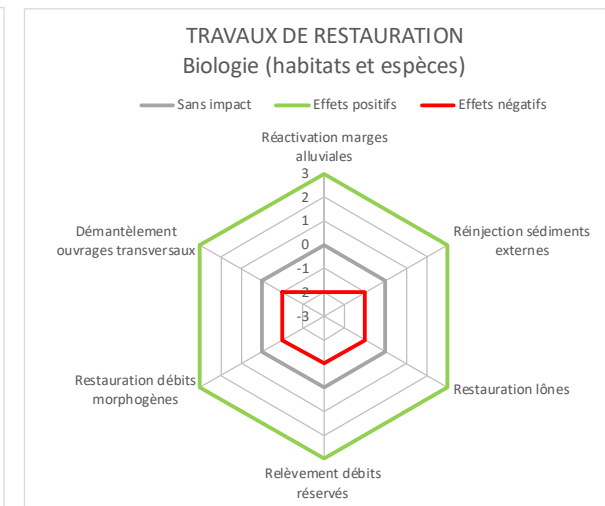
Analyse des effets des travaux de gestion et de restauration sur les enjeux sédimentaires, écologiques, sûreté-sécurité et socio-économiques

Cette annexe contient 1 page



Analyse des effets des travaux de gestion et de restauration

Enjeux écologiques, socio-économiques et sûreté-sécurité



Annexe 2.

Caractérisation des effets bruts potentiels des actions de gestion

Cette annexe contient 3 pages

Caractérisation des effets bruts potentiels des actions de gestion – effets positifs

Action	Codetype	Sédiments	Technique	Devenir des sédiments	Morphologie (stock, équilibre)		Morphologie (transit, continuité)		Morphologie (granulométrie)		Biologie (habitats et espèces)		Biologie (détails)		Usages socio-économiques		Sûreté - sécurité	
Dragage de sédiments fins	DFS	Fins et sables	Drague aspiratrice	Gestion à terre si pollutions Restitution sinon	0		2	- Remobilisation de sédiments fins et sableux figés dans les marges du lit, chenal navigable, garage d'écluse, confluences, etc.	2	- possibilité d'inclure des éléments grossiers dans l'opération - peut faire apparaître des horizons grossières sous-jacentes	2	- rajeunissement/décolmatage des fonds alluviaux, surtout si du grossier est découvert (lithophiles et invertébrés) - rajeunissement des herbiers (si épaisseur de dragage limitée)	ex: réapparition de plantes aquatiques pionnières (<i>Najas marina</i>) sur le substrat rajeuni de la confluence Drôme après dragage	3	- maintien de la navigation marchande (respect du CC de la concession) - maintien navigation de plaisance - maintien de l'usage AEP (captages d'Avignon) - maintien activité et bon fonctionnement des CNPE	3	- non aggravation des risques hydrauliques (rupture/inondation, respect du CC) - maintien alimentation AEP - sûreté INB	
Restitution de fines après dragage	RFS	Fins et sables	Drague aspiratrice ou clapage	Restitution	2	- restitution et conservation du stock de sédiments fins et sableux - impact négligeable sur la structure du lit	2	- restitution de sédiments fins et sableux figés dans les marges du lit, chenal navigable, garage d'écluse, confluences, etc.	0	- possibilité d'inclure des éléments grossiers dans l'opération	1	- permet d'éviter d'avoir à gérer à terre des sédiments pollués		0		0		
Dragage de sédiments grossiers	DGR	Sables, grossiers	Pelle mécanique	Export et gestion à terre ou restitution	0	- gestion favorable des stocks si l'UHC concernée et les UHC aval sont en excédent	2	- Remobilisation de sédiments grossiers figés dans les marges du lit, chenal navigable, garage d'écluse, confluences, etc.	1	- permet de décolmater la granulométrie en place	2	- rajeunissement/décolmatage des fonds alluviaux - rajeunissement des herbiers (si prof. limitée)		3	- maintien de la navigation marchande (respect du CC de la concession) - maintien navigation de plaisance - maintien de l'usage AEP (champ captant Lyon) - maintien activité CNPE - augmentation de la production hydroélectrique (VAL) - valorisation granulats pour BTP - intérêt pour équilibre économique de l'opération	3	- non aggravation des risques hydrauliques (rupture/inondation, respect du CC) - alimentation AEP - sûreté INB	
Restitution de grossiers après dragage	RGR	Sables, grossiers	Clapage	Restitution	3	- restitution et conservation du stock global de sédiments grossiers - permet de recharger un secteur déficitaire en aval	3	- restitution de sédiments grossiers structurants figés dans le chenal navigable, queue de retenue ou confluences	2	- clapage de sédiments grossiers structurants, capables de régénérer la morphologie sur le lieu de clapage et en aval	3	- contribution à la diversification des habitats aquatiques, contribution favorable aux herbiers aquatiques (dépend de la profondeur) - permet d'éviter d'avoir à gérer à terre des sédiments pollués - augmentation des capacités d'autoépuration (meilleur si milieu courant)		1	- favorable in fine à l'activité pêche	0		
Chasse de retenue	CHS	Fins, sables (grossiers)	Force hydraulique	Transit en aval	2	Dans la retenue : - déstockage recherché dans la retenue ou le réservoir lors de l'événement de chasse	3	Dans la retenue : - transit des sédiments provenant de l'amont et stockés - dans certains conditions, possibilité de déstocker plus que les volumes de sédiments entrants	2	Dans la retenue : - remise en mouvement de sédiments fins et de sables, voire de graviers - remise en mouvement de sédiments grossiers dans certaines conditions	1	- dépôts de nouvelles alluvions fines dans les retenues et le long du Rhône - dans les retenues : accumulation de sédiments fins favorables à la formation de roselières et d'herbiers aquatiques	Effet positif à court terme (mise à nu de vasières) (limicoles) développement de groupements végétaux d'intérêt sur les vases asséchées accumulation de vases favorable aux développement de roselières	3	- maintien la capacité utile de marnage de la retenue	2	Dans la retenue : - non aggravation des risques hydrauliques (rupture/inondation, respect du CC)	
Mise en transparence de barrage	MET	Fins, sables, grossiers	Force hydraulique	Transit en aval	3	Dans la retenue : - déstockage recherché dans la retenue ou le réservoir lors de l'événement de transparence sédimentaire	3	Dans la retenue : - transit des sédiments provenant de l'amont et stockés. Fonctionnement tendant à reproduire le transit naturel des sédiments - dans certains conditions, possibilité de déstocker plus que les volumes de sédiments entrants	3	Dans la retenue : - remise en mouvement de sédiments fins, sables et graviers - remise en mouvement de la totalité des sédiments grossiers dans certaines conditions	1	- dépôts de nouvelles alluvions dans les retenues et le long du Rhône - dans les retenues : accumulation de sédiments fins favorables à la formation de roselières et d'herbiers aquatiques	Effet positif à court terme (mise à nu de vasières) (limicoles) développement de groupements végétaux d'intérêt sur les vases asséchées accumulation de vases favorable aux développement de roselières	3	- maintien la capacité utile de marnage de la retenue	2	Dans la retenue : - non aggravation des risques hydrauliques (rupture/inondation, respect du CC)	
Charruage	CHG	Sables, grossiers	Charruage dans bancs	Laissé sur place	1	- conservation des stocks fins et grossiers dans l'hydrosystème	1	- remobilisation de sédiments fixés sur les bancs par la végétation ou le pavage. Les effets réels sont toutefois limités et leur pertinence est à vérifier	1	- remise en mouvement en crue de sédiments grossiers	2	- rajeunissement de la végétation quand elle est homogène et non patrimoniale - limitation de la fixation du lit en cas de faible dynamique alluviale - recréation de milieux pionniers favorables aux espèces animales pionnières (oedicnème, sterne pierregarin, gravelot, chevalier guignette) et aux communautés végétales pionnières - possibilité de recharge de la nappe alluviale - diversification des habitats aquatiques et augmentation capacités d'autoépuration si remobilisation des sédiments		1	- possibilité de favoriser l'alimentation d'un captage (exemple ?)	2	- conservation capacité hydraulique (respect CC) - diminution de la mobilité latérale du lit	
Essartage	ESS	-	Essartage mécanique	-	1	- limite les dépôts de fines sur les bancs	1	- effet limité sur le transit sédimentaire ; peut favoriser la remobilisation des bancs lors des crues importantes - diminue la capacité de charriage au sein du lit mineur (bénéfique si système en déficit)	0	-	1	- renouvellement des milieux pionniers sur les bancs et des espèces associées - apport potentiel de bois morts au cours d'eau (abris, nourriture,...) si laissé sur place		1	- favorise la fréquentation (espace ouvert, plages, etc.)	3	- conservation capacité hydraulique (respect CC) - diminution de la mobilité latérale du lit - bonne visibilité dans le lit pour gérer la fréquentation et les questions de sécurité	

Caractérisation des effets bruts potentiels des actions de gestion – effets négatifs

Action	Codetype	Sédiments	Technique	Devenir des sédiments	Exemples	Actions de gestion qui sont également des actions de restauration	Impacts bruts négatifs													
							Morphologie (stock, équilibre)		Morphologie (transit, continuité)		Morphologie (granulométrie)		Biologie (habitats et espèces)				Biologie (détails)		Usages socio-économiques	
Dragage de sédiments fins	DFS	Fins et sables	Drague aspiratrice	Gestion à terre si pollutions Restitution sinon	Nombreux exemples Dragage Valencize, Sévenne, etc. Canal d'aménée prise d'eau CNPE St-Alban		-1	- impacts faibles par rapport aux flux globaux en MES et sables	-1	- potentielle rupture de continuité pour les fines, avec conséquences mineures	0	-	-2	- augmentation locale et temporaire de la turbidité (à relativiser par rapport à une crue naturelle) - risque (temporaire) de destruction d'habitats alluviaux (supports de ponte pour espèces psammophiles) et d'herbiers aquatiques potentiellement protégés (posidonie, potamots spp., etc.) - risque de destruction d'espèces de plantes protégées (Najas marina, Sparganium emersum, etc.) - risque de dérangement d'espèces en période de reproduction (avifaune)		-1	- risque potentiel sur des captages du fait des modifications du fonctionnement de nappe alluviale - risque pour l'activité pêche récréative du fait des impacts potentiels sur les milieux aquatiques	0	- absence d'impact négatif sur l'inondabilité (sous réserve d'incidences négligeables sur les capacités hydrauliques)	
Restitution de fines après dragage	RFS	Fins et sables	Drague aspiratrice ou clapage	Restitution	Nombreux exemples Dragage Valencize, Sévenne, etc. Canal d'aménée prise d'eau CNPE St-Alban		-2	- sédimentation fine dans les marges et lônes	0	-	-1	- peut venir colmater des milieux grossiers/pavés	-2	- risque de colmatage des fonds en aval de la réinjection - risque de limitation des échanges nappe/rivière - risque de colmatage des lônes - risque de relargage de polluants contenus dans les sédiments fins et/ou de remise en suspension de sédiments pollués (anciens) - risque de destruction d'espèces de plantes protégées (Najas marina, Sparganium emersum, etc.) - risque de dérangement d'espèces en période de reproduction (avifaune)		-1	- risque potentiel pour les captages AEP - risque pour l'activité pêche récréative du fait des impacts potentiels sur les milieux aquatiques	-1	- absence d'impact négatif sur l'inondabilité (sous réserve d'incidences négligeables sur les capacités hydrauliques)	
Dragage de sédiments grossiers	DGR	Sables, grossiers	Pelle mécanique	Export et gestion à terre ou restitution	Nombreux exemples Vieux Rhône de Crépieux-Charmy Confluence Drôme Exutoire RCC Chautagne		-1	- diminution du stock de sédiments grossiers dans l'hydrosystème - risque d'érosion progressive en aval et régressive en amont	-2	- rupture de continuité sédimentaire avec conséquences potentielles en aval et en amont sur l'équilibre sédimentaire	-1	- privation de sédiments grossiers en aval du prélèvement	-1	- risque de destruction d'habitats (herbiers aquatiques, supports de ponte pour espèces lithophiles) - risque de destruction d'espèces de plantes protégées (Najas marina, Sparganium emersum, etc.) - risque de destruction de la faune protégée et de leurs habitats - réduction des capacités d'autoépuration - risque de propagation de certaines EEE (jussie) - risque de dérangement d'espèces en période de reproduction (avifaune)		-1	- risque potentiel sur des captages du fait des modifications du fonctionnement de nappe alluviale - risque potentiel sur infrastructure (érosion régressive) - risque pour l'activité pêche récréative du fait des impacts potentiels sur les milieux aquatiques	-1	- risque pour la stabilité des ouvrages (barrages latéraux, protection de berge, etc.)	
Restitution de grossiers après dragage	RGR	Sables, grossiers	Clapage	Restitution	Nombreux exemples Dragage des Usse, Gère, Gier, etc.		-1	- sédimentation des fines résiduelles dans les marges et lônes	-1	- clapage potentiel dans des fosses sans possibilité de remobilisation	0	-	-1	Concentrés au niveau du site de dragage - risque de destruction d'habitats (herbiers aquatiques, supports de ponte pour espèces lithophiles) - risque de destruction d'espèces de plantes protégées (Najas marina, Sparganium emersum) - risque de destruction de la faune protégée et de leurs habitats - risque de relargage de sédiments pollués fins - risque de dérangement d'espèces en période de reproduction (avifaune)		-1	- risque potentiel sur navigation et sûreté dans la queue de retenue aval - perte opportunité pour production granulats BTP - défavorise l'équilibre financier de l'opération	-2	- peut aggraver les risques hydrauliques, CNPE, AEP	
Chasse de retenue	CHS	Fins, sables (grossiers)	Force hydraulique	Transit en aval	APAVÉR		-1	En aval de la retenue : - sédimentation fine dans les marges et lônes - afflux de sédiments important qui doit être géré en aval	-2	En aval de la retenue : - accentuation du caractère événementiel des apports sédimentaires fins et sableux (effet supplémentaire par rapport aux crues naturelles)	-2	Dans la retenue : - en général, impossibilité d'assurer la continuité pour les sédiments grossiers	-1	Dans la retenue : modification en profondeur du peuplement de poissons (biomasses). Cause(s) ? - augmentation biomasse végétation aquatique suite à dépôts de fines En aval de la retenue : - colmatage et dégradation potentielle sur végétation aquatique (herbiers) liée aux substrats grossiers et sur la végétation terrestre (grèves exondées, roselières) - colmatage des fonds du lit au niveau des marges et des lônes : moindre habitabilité, impact direct (invertébrés, poissons (pontes, jeunes stades)) et indirects (diminution ressources trophiques) - assèchement temporaire de certains secteurs par baisse ligne d'eau effets sur la faune (prédation, baisse de nourriture) - propagation d'EEE mais potentiellement limité par rapport à une crue - report anatisés sur d'autre secteurs suite à MES important - augmentation biomasse végétation aquatique suite à dépôts de fines (cause unique? principale?) - augmentation MES dans l'eau et risque de relargage/remise en suspension de polluants adsorbés aux MES - écoulement continu pendant la chasse	- baisse temporaire du caractère hygrophile des sols et donc de la végétation associée - diminution de l'accessibilité à la ressource alimentaire : turbidité, colmatage, diminution des ressources trophiques aussi bien dans l'eau (poissons) qu'en surface (modification des émergences des invertébrés aquatiques pour la faune terrestre/semi-aquatique (chiroptères, avifaune)) - conséquences liées à assèchement des sites : habitats (amphibiens, reptiles), nidification (risque de prédation pour l'avifaune), sorties de gîtes (risque de prédation) (musaraignes aquatiques) - destruction des nids flottants (avifaune)	-2	En aval de la retenue : - impacts potentiels sur activités fluviales et loisirs par sédiments dans les ports, haltes fluviales, et zone d'activité nautique - impact potentiel sur zone d'alimentation de captages aussi bien d'un point de vue quantitatif (colmatage) que qualitatif (pollution) - évolution paysagère liée aux sédiments fins et modification des conditions d'accès au cours d'eau (risque d'envasement)	-1	Dans la retenue : - risques liés à la gestion des ouvrages mobiles En aval de la retenue : - absence d'impact négatif sur l'inondabilité (sous réserve d'incidences négligeables sur les capacités hydrauliques)	
Mise en transparence de barrage	MET	Fins, sables, grossiers	Force hydraulique	Transit en aval	Basse vallée de l'Isère		-1	En aval de la retenue : - sédimentation fine dans les marges et lônes - afflux de sédiments important qui doit être géré en aval	-1	En aval de la retenue : - accentuation du caractère événementiel des apports sédimentaires fins et sableux (effet supplémentaire par rapport aux crues naturelles)	-1	Dans la retenue : - en général, impossibilité d'assurer la continuité pour tout le panel granulométrique grossiers - moins d'impact dû aux fines en aval par rapport à une chasse	-2	Dans la retenue : modification en profondeur du peuplement de poissons (biomasses). Cause(s) ? - augmentation biomasse végétation aquatique suite à dépôts de fines En aval de la retenue, impact similaire et moindre qu'une chasse : - colmatage et dégradation potentielle sur végétation aquatique (herbiers) liée aux substrats grossiers et sur la végétation terrestre (grèves exondées, roselières) - colmatage des fonds du lit au niveau des marges et des lônes : moindre habitabilité, impact direct (invertébrés, poissons (pontes, jeunes stades)) et indirects (diminution ressources trophiques) - assèchement temporaire de certains secteurs par baisse ligne d'eau effets sur la faune (prédation, baisse de nourriture) - propagation d'EEE mais potentiellement limité par rapport à une crue - report anatisés sur d'autre secteurs suite à MES important - augmentation MES dans l'eau et risque de relargage/remise en suspension de polluants adsorbés aux MES - écoulement continu pendant la mise en transparence	- baisse temporaire du caractère hygrophile des sols et donc de la végétation associée - diminution de l'accessibilité à la ressource alimentaire : turbidité, colmatage, diminution des ressources trophiques aussi bien dans l'eau (poissons) qu'en surface (modification des émergences des invertébrés aquatiques pour la faune terrestre/semi-aquatique (chiroptères, avifaune)) - conséquences liées à assèchement des sites : habitats (amphibiens, reptiles), nidification (risque de prédation pour l'avifaune), sorties de gîtes (risque de prédation) (musaraignes aquatiques) - destruction des nids flottants (avifaune)	-2	En aval de la retenue : - impacts potentiels sur activités fluviales et loisirs par sédiments dans les ports, haltes fluviales, et zone d'activité nautique - impact potentiel sur zone d'alimentation de captages aussi bien d'un point de vue quantitatif (colmatage) que qualitatif (pollution) - évolution paysagère liée aux sédiments fins et modification des conditions d'accès au cours d'eau (risque d'envasement)	-1	Dans la retenue : - risques liés à la gestion des ouvrages mobiles En aval de la retenue : - absence d'impact négatif sur l'inondabilité (sous réserve d'incidences négligeables sur les capacités hydrauliques)	
Charruage	CHG	Sables, grossiers	Charruage dans bancs	Laisse sur place	Nombreux bancs charrués	x	-1	- déstockage de sédiments lorsque pas renouvelés par l'amont	0	-	0	-	-2	- destruction végétation ligneuse (habitats d'intérêt) - blocage dynamique au stade herbacé pionnier - entretien d'un sol scarifié favorable aux EEE - altération des habitats intéressants pour la faune - risque de destruction de la faune direct + habitats		0	-	0	-	
Essartage	ESS	-	Essartage mécanique	-	Nombreux bancs essartés		0	-	-1	- par absence de végétation en lit moyen, diminue la capacité de charruage du sein du lit mineur	0	-	-1	- si exportation, supprime la production de bois mort favorable aux milieux aquatiques et terrestres - risque de destruction d'habitats terrestres, d'habitats pour la faune et de plantes patrimoniales		-1	- peut favoriser la fréquentation au dépens d'un usage (cas d'un périmètre de protection de captage)	0	-	

Caractérisation des effets bruts potentiels des actions de gestion – mesures ERC

Action	Codetype	Sédiments	Technique	Devenir des sédiments	Mesures d'évitement	Mesures de réduction	Mesures d'accompagnement	Mesures de compensation	Recommandations (peuvent compléter éventuellement les mesures de réduction et/ou d'accompagnement)
Dragage de sédiments fins	DFS	Fins et sables	Drague aspiratrice	Gestion à terre si pollutions Restitution sinon	- éviter les stations d'espèces protégées - éviter les secteurs colonisés par les EEE	- bouchons à mettre en place en amont des lônes - adaptation de la période des travaux par rapport à la faune - gestion des EEE avant dragage pour éviter propagation	- suivi des espèces végétales transférées - suivi des EEE après gestion et après dragage	- dossier CNPN si destruction d'espèces végétales protégées + transfert d'espèces - dossier CNPN si destruction d'espèces animales protégées ou de leur biotope	- possibilité à étudier d'aménager une confluence concernée par les dragages pour favoriser le transit jusqu'au Rhône, et diminuer les volumes et/ou la fréquence des dragages
Restitution de fines après dragage	RFS	Fins et sables	Drague aspiratrice ou clapage	Restitution	- analyser la qualité des sédiments avant dragage : évitement du relargage si pollution des sédiments - éviter les stations d'espèces protégées	- bouchons à mettre en place en amont des lônes - adaptation de la période des travaux par rapport à la faune - gestion des EEE avant dragage pour éviter propagation	- suivi des espèces végétales transférées - suivi des EEE après gestion et après dragage		- possibilité à étudier d'aménager une confluence concernée par les dragages pour favoriser le transit jusqu'au Rhône, et diminuer les volumes et/ou la fréquence des dragages
Dragage de sédiments grossiers	DGR	Sables, grossiers	Pelle mécanique	Export et gestion à terre ou restitution	- éviter les stations d'espèces protégées - éviter les stations d'habitats fortement patrimoniaux	- protocole à adapter (libre évolution de certains secteurs sans entretien, restriction de la zone d'intervention, période) - inventaires écologiques à réaliser avant pour cibler les enjeux et les mesures à mettre en place - mesures d'évitement en cas de besoin (barrage anti-MES pour isoler les espèces de plantes protégées, arrachage et gestion des EEE avant dragage)	- protocole à adapter (libre évolution de certains secteurs sans entretien, restriction de la zone d'intervention, période) - mesures de suivi à mettre en place	- dossier CNPN si destruction d'espèces végétales protégées + transfert d'espèces - dossier CNPN si destruction d'espèces animales protégées ou de leur biotope	- possibilité à étudier d'aménager une confluence concernée par les dragages pour favoriser le transit jusqu'au Rhône, et diminuer les volumes et/ou la fréquence des dragages
Restitution de grossiers après dragage	RGR	Sables, grossiers	Clapage	Restitution	- vérifier que les volumes dragués sont renouvelés par l'amont pour éviter un déficit - éviter les stations d'espèces protégées sur le site du dragage et sur le site du clapage - éviter les stations d'habitats fortement patrimoniaux sur le site du dragage et sur le site du clapage	- inventaires écologiques à réaliser avant pour cibler les enjeux et les mesures à mettre en place - mesures d'évitement en cas de besoin (barrage anti-MES pour isoler les espèces de plantes protégées, arrachage et gestion des EEE avant dragage)	- mesures de suivi à mettre en place		- possibilité à étudier d'aménager une confluence concernée par les dragages pour favoriser le transit jusqu'au Rhône, et diminuer les volumes et/ou la fréquence des dragages - le site de clapage doit présenter des gains (sûreté et/ou biologie) (voir si alternative à un clapage dans une ancienne fosse non bénéfique pour le milieu)
Chasse de retenue	CHS	Fins, sables (grossiers)	Force hydraulique	Transit en aval	- contrôle des taux de MES et ajustement en conséquence des manœuvres d'ouvrages mobiles - débits transitant en priorité dans les canaux de dérivation (préservation des RCC)	- prévoir des chasses d'eau claire à la suite de l'APAVER afin de mieux évacuer les sédiments fins qui se sont déposés à l'aval des retenues non concernées par les chasses (modalités à définir) - évaluation préalable de la qualité des sédiments - mise en place de mesures adéquates ayant déjà fonctionné (ensemble des mesures d'accompagnement des barrages suisses telles que la limitation des taux de MES sur le Rhône, bouchons anti-MES devant les lônes, vidange continue à faible débit, etc.)	- suivi des EEE après la chasse - suivi des anatidés et autres espèces animales sensibles et patrimoniales sur zones et autour avant, pendant et après chasse		- assurer une période de retour des chasses réduite (3 à 4 ans au plus)
Mise en transparence de barrage	MET	Fins, sables, grossiers	Force hydraulique	Transit en aval	- contrôle des taux de MES et ajustement en conséquence des manœuvres d'ouvrages mobiles - débits transitant en priorité dans les canaux de dérivation (préservation des RCC)	- prévoir des chasses d'eau claire à la suite de l'APAVER afin de mieux évacuer les sédiments fins qui se sont déposés à l'aval des retenues non concernées par les chasses (modalités à définir) - évaluation préalable de la qualité des sédiments - mise en place de mesures adéquates ayant déjà fonctionné (ensemble des mesures d'accompagnement des barrages suisses telles que la limitation des taux de MES sur le Rhône, bouchons anti-MES devant les lônes, vidange continue à faible débit, etc.)	- suivi des EEE après la chasse - suivi des anatidés et autres espèces animales sensibles et patrimoniales sur zones et autour avant, pendant et après chasse		- assurer une période de retour des mises en transparence réduite (1 à 2 ans au plus)
Charruage	CHG	Sables, grossiers	Charruage dans bancs	Laissé sur place	- éviter les secteurs d'habitats ou d'espèces d'intérêt	- opération à modérer si les stocks de grossiers ne sont pas renouvelés par l'amont (risque de déficit) - protocole à adapter (libre évolution de certains secteurs sans entretien, restriction de la zone d'intervention, période) - s'appuyer sur le futur plan de gestion des bancs d'alluvions (CNR, CEN, SHR) pour la méthodologie - précautions en cas de présence d'espèces protégées et d'EEE (mise en défens, traitement particulier) - adaptation de la période des travaux par rapport à la faune - déplacement espèces au besoin (nécessité dossier CNPN si espèces protégées)	- suivi des EEE après le charruage	- dossier CNPN si destruction d'espèces végétales protégées + transfert d'espèces - dossier CNPN si destruction d'espèces animales protégées ou de leur biotope	- la remobilisation suite au charruage est possible uniquement si les conditions hydrodynamiques sont suffisantes - le charruage n'est pas souhaitable si le TCC est en déficit (absence ou faiblesse des apports grossiers amont), a fortiori si le RCC est déjà incisé
Essartage	ESS	-	Essartage mécanique	-	- éviter les secteurs d'habitats ou d'espèces d'intérêt	- possibilité de faire évoluer le protocole de gestion pour mieux tenir compte des enjeux milieux naturels et pour laisser plus de bois mort dans le lit - plan de gestion à définir (modalité d'intervention, périodes d'intervention, etc.) - adaptation de la période des travaux par rapport à la faune	- suivi des EEE après le charruage	- dossier CNPN si destruction d'espèces végétales protégées + transfert d'espèces - dossier CNPN si destruction d'espèces animales protégées ou de leur biotope	- à coupler avec dessouchage pour efficacité maximale

Annexe 3.

Caractérisation des effets bruts potentiels des actions de restauration

Cette annexe contient 3 pages

Caractérisation des effets bruts potentiels des actions de restauration – effets positifs

Action	Codetype	Sédiments	Technique	Devenir des sédiments	Morphologie (stock, équilibre)		Morphologie (transit, continuité)		Morphologie (granulométrie)		Biologie (habitats et espèces)		Biologie (détails)		Usages socio-économiques		Sûreté - sécurité	
Réactivation des marges alluviales	RMA	Fins, sables, grossiers	Pelle mécanique	Laissé sur place Reinjection (RJS)	2	- remobilisation des sédiments stockés dans les ouvrages Girardon - possibilité de mobilité et recharge latérale - ralentit les flux de sédiments grossiers (baisse de la capacité)	2	- restauration de la mobilité latérale	2	- diversification de la granulométrie	3	- diversification des formes fluviales et donc des habitats terrestres et amphibiés et des espèces liées - augmentation diversité granulométrie, habitats aquatiques et amphibiés (selon de degré de connectivité) - recréation d'annexes - potentiellement plus de biomasse/diversité mais dépend des configurations - disparition de secteurs envahis par des EEE (exemple renouée du Japon)	3	- pêche récréative du fait des gains sur les habitats aquatiques - usages récréatifs (canoë, etc.) du fait des gains sur la diversité des milieux	1	- conservation, voire restauration, de la capacité hydraulique (respect CC)		
Reinjection de sédiments grossiers externes	RJS	Sables, grossiers	Pelle mécanique	Reinjection	3	- apport d'un stock sédimentaire externe - rehausse du fond du lit (RCC) - restauration des échanges chenal/nappe (RCC)	0	- pas d'effet sur les processus hydromorphologiques	2	- diversification de la granulométrie	3	- contribution à la diversification des habitats aquatiques, amphibiés et contribution favorable aux herbiers aquatiques (dépend de la profondeur) - augmentation des capacités d'autoépuration (apports de sédiments grossiers)	Favorise les espèces lithophiles ainsi que celles qui ont besoin de conditions d'écoulements diversifiées (e.g. radier) au cours de leur cycle de développement	1	- usages récréatifs (canoë, pêche, etc.)	1	- bénéfice pour la protection des ouvrages avec risque d'affouillement	
Restauration des lônes et zones humides associées	RLO	Fins, sables, grossiers	Pelle mécanique	Reinjection	0	-	1	- remobilise des sédiments fins, sableux piégés dans les lônes. Toutefois, les conditions de remobilisation ne sont pas appliquées à toutes les restaurations de lônes (connexion amont et aval, pente suffisante, auto-curage)	0	- pas d'effet sur la granulométrie du RCC	3	- diversification des habitats aquatiques et semi-aquatiques dans la plaine alluviale, - augmentation de la biodiversité floristique et faunistique - amélioration de la qualité de l'eau en favorisant les échanges nappe-cours d'eau	2	- usages récréatifs (canoë, pêche, etc.) - favorise l'alimentation de la nappe et des captages - évolution favorable de la valeur paysagère et des activités touristiques associées	0	-		
Relèvement des débits et régimes réservés	RQR	Fins, sables, graviers	Ouvrage spécifique au barrage	-	0	-	0	-	1	- possibilité de favoriser des agencements granulométriques diversifiés en post-crue	3	- augmentation des superficies en eau ; diversification des caractéristiques de l'écoulement (hauteur d'eau, vitesse) sauf en cas de chenalisation importante - meilleure connexion avec les zones humides - amélioration des capacités d'autoépuration/dilution - meilleure alimentation de la nappe - amélioration du fonctionnement global dans le cadre de la mise en place d'un régime réservé (à confirmer)	Le régime réservé aura avantage à être calqué sur l'hydrologie naturelle, et les modifications de débits, d'une plage à l'autre, doivent être significatives	2	- usages récréatifs (canoë, pêche, etc.) dans un milieu plus diversifié	1	- peut aider à mieux gérer la sécurité du public fréquentant un RCC (moins de zones accessibles si débit relevé)	
Restauration de lâchers morphogènes	RQM	Fins, sables, grossiers	Lâchers plus fréquents au barrage de dérivation	-	0	-	3	A condition que les matériaux soient disponibles (apport amont ou recharge latérale) : - majoration de la capacité de charriage - restauration des processus du transport sédimentaire, de mobilité latérale et de tri granulométrique - restauration des processus de diversification des formes fluviales et des faciès d'écoulement	3	- diversification de la granulométrie si des apports existent et/ou si les débits peuvent provoquer de la recharge latérale	3	Sous réserve de processus réactifs (charge alluviale et débits morphogènes adaptés) - augmentation des habitats aquatiques et amphibiés (selon de degré de connectivité) - recréation d'annexes et/ou rajeunissement des structures existantes - potentiellement plus de biomasse/diversité mais dépend des configurations - amélioration des échanges nappe-rivière et des capacités autoépuration	1	- usages récréatifs (canoë, pêche, etc.) dans un milieu aux formes renouvelées	0	-		
Intervention sur les ouvrages transversaux	DOH	Sables, grossiers	Démantèlement d'ouvrage	Pente d'équilibre atteinte de façon passive (érosion régressive) ou active (terrassement)	1	- libération d'un stock de sédiment favorable pour le linéaire aval	3	- restauration du transit des matériaux provenant de l'amont	2	- redistribution de la granulométrie	3	- continuité biologique rétablie - diversification des habitats aquatiques en amont et aval de l'ouvrage - réduction de l'impact négatif lié à la présence de la retenue (réchauffement de la lame d'eau, sédimentation, stockage de polluants) - amélioration de l'autoépuration	1	- usages récréatifs (canoë, pêche, etc.) dans un milieu plus diversifié	1	- meilleur écoulement en crue		

Caractérisation des effets bruts potentiels des actions de restauration – effets négatifs

Action	Codetype	Sédiments	Technique	Devenir des sédiments	Morphologie (stock, équilibre)	Morphologie (transit, continuité)	Morphologie (stock, équilibre)	Morphologie (transit, continuité)	Morphologie (granulométrie)	Biologie (habitats et espèces)	Biologie (détails)	Usages socio-économiques	Sûreté - sécurité
Réactivation des marges alluviales	RMA	Fins, sables, grossiers	Pelle mécanique	Laissé sur place Réinjection (RJS)	2 <ul style="list-style-type: none">- remobilisation des sédiments stockés dans les ouvrages Girardon- possibilité de mobilité et recharge latérale- ralentit les flux de sédiments grossiers (baisse de la capacité)	2 <ul style="list-style-type: none">- restauration de la mobilité latérale	0	-1 <ul style="list-style-type: none">- diminution de la capacité de charriage et de l'activité sédimentaire du fait de l'élargissement	-1 <ul style="list-style-type: none">- risque potentiel de colmatage accentué suite à la baisse de capacité de charriage liée à l'ouverture de la section	-2 <ul style="list-style-type: none">- risque de mobilisation de sédiments pollués- risque de destruction de certains habitats (forêts alluviales) et espèces protégées fixés sur les marges alluviales- risque de réduction de la surface des habitats alluviaux humides lenticles et de la bdt au profit d'habitats d'eaux courantes dans des sections droites si tous les épis sont enlevés- risque colonisation EEE	Dans les sections courantes droites, l'arasement de tous les épis girardons et donc des marges alluviales peut entraîner une simplification importante des marges alluviales avec disparition d'habitats humides au profit de berges "banales" voire artificialisées. L'étude montre l'intérêt fonctionnel de certains de ces casiers dans le fonctionnement du fleuve pris dans son ensemble : élément clé dans le réseau trophique fluvial et rôle comparable à une annexe fluviale.	-1 <ul style="list-style-type: none">- risque potentiel pour des usages situés en aval (apport sédimentaire fin/sableux) pour navigation, usages récréatifs- risque potentiel sur l'activité pêche récréative du fait des impacts potentiels sur les milieux aquatiques- évolution de la valeur paysagère	-1 <ul style="list-style-type: none">- risque potentiel de majoration des lignes d'eau en crue en aval si remobilisation de sédiments et dépôts
Réinjection de sédiments grossiers externes	RJS	Sables, grossiers	Pelle mécanique	Réinjection	3 <ul style="list-style-type: none">- apport d'un stock sédimentaire externe- rehausse du fond du lit (RCC)- restauration des échanges chenal/nappe (RCC)	0 <ul style="list-style-type: none">- pas d'effet sur les processus hydromorphologiques	-1 <ul style="list-style-type: none">- peut accentuer une évolution du style fluvial vers un chenal unique méandriforme si le processus est déjà endenché - cas de Chautagne- action seule qui ne permet pas de revenir à un style fluvial antérieur (tresse)	0 <ul style="list-style-type: none">-	-1 <ul style="list-style-type: none">- tri granulométrie induit par une réinjection ponctuelle en zone courante	-1 <ul style="list-style-type: none">- localement sur le ou les sites de réinjection, destruction d'habitats et d'espèces		-2 <ul style="list-style-type: none">- risque potentiel sur navigation et sûreté dans la queue de retenue aval- risque potentiel sur l'activité pêche récréative du fait des impacts potentiels sur les milieux aquatiques	
Restauration des îlons et zones humides associées	RLO	Fins, sables, grossiers	Pelle mécanique	Réinjection	0 <ul style="list-style-type: none">-	1 <ul style="list-style-type: none">- remobilise des sédiments fins, sableux piégés dans les îlons. Toutefois, les conditions de remobilisation ne sont pas appliquées à toutes les restaurations de îlons (connexion amont et aval, pente suffisante, auto-curage)	0 <ul style="list-style-type: none">-	0 <ul style="list-style-type: none">-	0 <ul style="list-style-type: none">-	-1 <ul style="list-style-type: none">- risque de remobilisation de sédiments pollués (évaluation préalable de la qualité des sédiments)		0 <ul style="list-style-type: none">-	0 <ul style="list-style-type: none">-
Relèvement des débits et régimes réservés	RQR	Fins, sables, graviers	Ouvrage spécifique au barrage	-	0 <ul style="list-style-type: none">-	0 <ul style="list-style-type: none">-	0 <ul style="list-style-type: none">-	0 <ul style="list-style-type: none">-	-1 <ul style="list-style-type: none">- risque de mise en place d'un armurage/colmatage plus fort du lit (qui peut retarder la remobilisation en crue)	-1 <ul style="list-style-type: none">- Risque de disparition de certains habitats (faibles hauteur et vitesse de courant) en cas de chenalisation trop marquée		-2 <ul style="list-style-type: none">- pertes pour la production hydroélectrique	-1 <ul style="list-style-type: none">- meilleure attractivité du lit et fréquentation public (baignade, etc.)
Restauration de lâchers morphogènes	RQM	Fins, sables, grossiers	Lâchers plus fréquents au barrage de dérivation	-	0 <ul style="list-style-type: none">-	3 <ul style="list-style-type: none">- A condition que les matériaux soient disponibles (apport amont ou recharge latérale) :- majoration de la capacité de charriage- restauration des processus du transport sédimentaire, de mobilité latérale et de tri granulométrique- restauration des processus de diversification des formes fluviales et des faciès d'écoulement	-2 <ul style="list-style-type: none">- risque de vidange des stocks sédimentaires dans les RCC si absence de renouvellement des sédiments (par apport amont et/ou recharge latérale)	0 <ul style="list-style-type: none">-	-2 <ul style="list-style-type: none">- en cas de stock limité ou de déficience des apports amont, risque de mise en place ou d'amplification du pavage (progression d'un front de pavage par érosion progressive)	-1 <ul style="list-style-type: none">- Impacts liés potentiellement à une aggravement du pavage du lit (banalisation du milieu aquatique)- Impacts (négatifs) sur les peuplements aquatiques (macroinvertébrés, poissons, voire végétaux) en cas de passage de ces débits morphogènes à des périodes sensibles (e.g. développement des alevins) et/ou fréquence trop élevée (e.g. arrêt intempestif des groupes hydroélectriques et surverse dans le RCC)		-1 <ul style="list-style-type: none">- pertes pour la production hydroélectrique- engravement potentiel dans le chenal navigable en aval du RCC et de la restitution- diminution du nombre de jours d'activités récréatives (pêche, canoë)	-2 <ul style="list-style-type: none">- engravement potentiel dans les queues de retenue avec augmentation des risques hydrauliques- gestion de la fréquentation lors des périodes plus fréquentes de déversés
Intervention sur les ouvrages transversaux	DOH	Sables, grossiers	Démantèlement d'ouvrage	Pente d'équilibre atteinte de façon passive (érosion régressive) ou active (terrassement)	1 <ul style="list-style-type: none">- libération d'un stock de sédiment favorable pour le linéaire aval	3 <ul style="list-style-type: none">- restauration du transit des matériaux provenant de l'amont	-2 <ul style="list-style-type: none">- risque de déstockage sédimentaire si les apports amont sont insuffisants- risque potentiel d'incision en amont de l'ouvrage démantelé	0 <ul style="list-style-type: none">-	-1 <ul style="list-style-type: none">- risque de chenalisation du lit et de pavage du fond en cas d'espace latéral contraint	-1 <ul style="list-style-type: none">- risque de gains limités en cas d'impact négatif sur la granulométrie- banalisation des écoulements, réduction des échanges nappe-rivière et des capacités autodepuratoires si incision- risque de propagation (vers l'aval mais aussi vers l'amont) d'EEE		-2 <ul style="list-style-type: none">- risque de perte de l'effet plan d'eau et des usages associés- risque de transfert de matériaux vers un nouveau site de blocage (queue de retenue)	-1 <ul style="list-style-type: none">- risque de déstabilisation d'ouvrages et bâtiments en amont

Caractérisation des effets bruts potentiels des actions de restauration – mesures ERC

Action	Codetype	Sédiments	Technique	Devenir des sédiments	Mesures d'évitement	Mesures de réduction	Mesures d'accompagnement	Mesures de compensation	Recommandations (peuvent compléter éventuellement les mesures de réduction et/ou d'accompagnement)
Réactivation des marges alluviales	RMA	Fins, sables, grossiers	Pelle mécanique	Laissé sur place Reinjection (RJS)	<ul style="list-style-type: none">- Vérification de l'absence de pollution dans les sédiments (concentration HAP et PCB), ou gestion adaptée en cas de pollution avérée- éviter les secteurs d'habitats ou d'espèces d'intérêt	<ul style="list-style-type: none">- réfléchir à la manière de faire. Laisser 1 épi en amont pour permettre le développement d'habitats humides ? Voir aussi si possible de laisser en place et de façon alternée (RD/RG) certains épis/casiers afin d'augmenter la sinuosité et donc la diversité des formes d'écoulements (faciès, granulométrie,...)- possibilité de reconnecter les casiers entre eux en créant un écoulement parallèle au chenal- adaptation de la période des travaux par rapport à la faune- déplacement espèces au besoin (nécessité dossier CNPN si espèces protégées)	<ul style="list-style-type: none">- suivi des espèces végétales transférées- suivi des EEE après intervention- suivi de la recolonisation des habitats alluviaux et des espèces	<ul style="list-style-type: none">- dossier CNPN si destruction d'espèces végétales protégées + transfert d'espèces- dossier CNPN si destruction d'espèces animales protégées ou de leur biotope	<ul style="list-style-type: none">- les matériaux grossiers à évacuer peuvent faire l'objet d'un tri et être réinjectés dans le même RCC, dans sa partie amont. Si les volumes sont conséquents possibilité de remodeler le lit depuis les berges pour varier les formes
Réinjection de sédiments grossiers externes	RJS	Sables, grossiers	Pelle mécanique	Réinjection	<ul style="list-style-type: none">- éviter les secteurs d'habitats ou d'espèces d'intérêt- éviter les stations d'espèces protégées	<ul style="list-style-type: none">- balisage si espèces patrimoniales- déplacement espèces au besoin (nécessité dossier CNPN si espèces protégées)	<ul style="list-style-type: none">- suivi de la recolonisation des habitats alluviaux et des espèces	<ul style="list-style-type: none">- dossier CNPN si destruction d'espèces végétales protégées + transfert d'espèces- dossier CNPN si destruction d'espèces animales protégées ou de leur biotope	<ul style="list-style-type: none">- nécessité d'une dynamique alluviale suffisante pour remobiliser les sédiments- étude de faisabilité et d'incidence en préalable- en cas d'évolution de style fluvial (chenal unique méandriforme au lieu de tresses), doit s'accompagner d'un programme plus ambitieux si le retour au style fluvial antérieur devait être visé (x points d'injection, remodelage du lit, etc.)
Restauration des îlônes et zones humides associées	RLO	Fins, sables, grossiers	Pelle mécanique	Réinjection	<ul style="list-style-type: none">- éviter les secteurs d'habitats ou d'espèces d'intérêt- éviter les stations d'espèces protégées	<ul style="list-style-type: none">- balisage si espèces patrimoniales- déplacement espèces au besoin (nécessité dossier CNPN si espèces protégées)	<ul style="list-style-type: none">- suivi de la recolonisation des habitats alluviaux et des espèces	<ul style="list-style-type: none">- dossier CNPN si destruction d'espèces végétales protégées + transfert d'espèces- dossier CNPN si destruction d'espèces animales protégées ou de leur biotope	<ul style="list-style-type: none">- permettre l'auto-entretien des îlônes- prévoir des restaurations durables dans le temps (>50 ans)- s'assurer de l'adéquation entre les conditions nouvellement créées et les besoins écologiques des espèces en place (ou attendues)- si diversification des actions de restauration , augmentation diversification des milieux à l'échelle du paysage
Relèvement des débits et régimes réservés	RQR	Fins, sables, graviers	Ouvrage spécifique au barrage	-					<ul style="list-style-type: none">- étudier le lien entre débit et caractéristiques des habitats aquatiques (e.g. mise en œuvre de la méthode des microhabitats)- déterminer le débit de mise en eau/fonctionnalité des annexes alluviales- envisager des régimes réservé en cas de débit réservé constant
Restauration de lâchers morphogènes	RQM	Fins, sables, grossiers	Lâchers plus fréquents au barrage de dérivation	-		<ul style="list-style-type: none">- La suppression/arasement d'un ouvrage peut accompagner le retour des sédiments, vérifier la présence de zones refuges pour la faune aquatique, habitats qui tendent à se raréfier en cas de chenalisation marquée	<ul style="list-style-type: none">- suivi de la recolonisation des habitats alluviaux et des espèces	<ul style="list-style-type: none">- dossier CNPN si destruction d'espèces végétales protégées + transfert d'espèces- dossier CNPN si destruction d'espèces animales protégées ou de leur biotope	<ul style="list-style-type: none">- si vérification que des matériaux sont disponibles (apport amont ou recharge latérale)- si hydrologie morphogène bien adaptée au contexte
Intervention sur les ouvrages transversaux	DOH	Sables, grossiers	Démantèlement d'ouvrage	Pente d'équilibre atteinte de façon passive (érosion régressive) ou active (terrassement)	<ul style="list-style-type: none">- éviter les secteurs d'habitats ou d'espèces d'intérêt- éviter les stations d'espèces protégées	<ul style="list-style-type: none">- vérification de l'équilibre du profil en long en amont après démantèlement de l'ouvrage. Adaptation de la hauteur d'arasement en fonction des enjeux écologiques, nappe et morphologiques- balisage si espèces patrimoniales- déplacement espèces au besoin (nécessité dossier CNPN si espèces protégées)	<ul style="list-style-type: none">- suivi de la recolonisation des habitats alluviaux et des espèces	<ul style="list-style-type: none">- dossier CNPN si destruction d'espèces végétales protégées + transfert d'espèces- dossier CNPN si destruction d'espèces animales protégées ou de leur biotope	

Annexe 4.

Typologie des actions pour l'atteinte du bon potentiel écologique du Rhône (Grontmij, 2014)

Cette annexe contient 3 pages

TYPOLOGIE DES ACTIONS POUR L'ATTEINTE DU BON POTENTIEL ECOLOGIQUE DU RHONE

ACTIONS			OBJECTIF	GAINS THEORIQUES			CONCORDANCE TYPOLOGIE ACTION SDGS
LOCALISATION	CODIFICATION	DESCRIPTION		GEOMORPHOLOGIE	HYDROLOGIE	CONTINUITE ECOLOGIQUE	
Chenal	C1	Démonter/modifier les épis présents dans le lit	Diversifier les faciès	2	0	0	RMA
	C2	Démonter les casiers Girardon colmatés	Diversifier les faciès et favoriser la dynamique latérale et le rechargement par remobilisation sédimentaire	2	0	0	RMA
	C3	Créer de la connectivité dans les casiers Girardons non colmatés	Diversifier les faciès en ouvrant les casiers Girardon non colmatés, pour en faire des zones refuges	1	0	1	RMA
	C4	Construire/modifier des épis pour alimenter les îlônes	Favoriser la connexion hydraulique permanente ou semi-permanente avec les îlônes	1	1	1	RLO
	C5	Abaïsser/supprimer les seuils et barrages	Diversifier les faciès d'écoulement en supprimant les ouvrages qui créent des plans d'eau non naturel	2	1	2	DOH
	C6	Effectuer des rechargements sédimentaires	Restaurer la dynamique sédimentaire, par des apports de sédiments grossiersdans le Vieux Rhône	2	0	0	RJS
	C7	Gérer les bois morts dans le Vieux Rhône et les îlônes	Créer des milieux spécifiques, favoriser la dynamique sédimentaire latérale (provoquer des érosions par embâcles)	1	0	0	ESS
	C8	Gérer les atterrissements	Favoriser la diversité des stades de végétalisation des atterrissements	1	0	0	CHG
	C9	Créer ou améliorer les dispositifs de montaison et/ou de dévalaison	Equiper les points de rupture de la continuité écologique	0	0	2	Hors SDGS
	C10	Gérer les ouvrages pour réguler les vitesses d'augmentation et de diminution des débits dans le Vieux Rhône	Limiter la sédimentation des fines dans les îlônes, par un meilleur contrôle des phases de crue et de décrue	1	2	1	RLO
	C11	Gérer les ouvrages pour augmenter la fréquence des crues morphogènes dans le Vieux Rhône (Q2-Q5 naturel)	Restaurer une dynamique sédimentaire dans les Vieux Rhône par une gestion des barrages en crue	2	2	0	RQM
	C12	Réduire l'impact des éclusées (marnage) sur les niveaux d'eau	Limiter l'impact des variations journalières des hauteurs d'eau pour limiter les variations de faciès d'écoulement sur un même site à des pas de temps réduits	0	2	0	Hors SDGS
	C13	Augmenter le débit réservé	Diversifier les faciès d'écoulement par augmentation du débit minimum dans le Vieux Rhône	0	2	0	RQR
	C14	Intégrer une saisonnalité des débits réservés	Diversifier les faciès d'écoulement par une variation annuelle du débit minimum dans le Vieux Rhône	0	2	0	RQR
Berges	B1	Favoriser/développer une végétation rivulaire diversifiée, large et continue	Constituer un corridor écologique continue sur les berges	1	0	0	ESS
	B2	Modifier/supprimer les protections (enrochements et perrés du XIXe siècle)	Redonner une dynamique latérale et favoriser la recharge sédimentaire	2	0	0	RMA
	B3	Reprofilier les berges	Diversifier les faciès des berges	2	0	0	RMA
	B4	Ne pas lutter contre l'érosion	Redonner une morphologie naturelle aux berges	1	0	0	RMA
Plaine d'inondation	P1	Créer un lit moyen par décaissement	Diversifier les faciès, en créant un lit moyen plus fréquemment inondé, par décaissements de zones d'atterrissements historiques	2	2	0	RMA
	P2	Créer des îlônes	Diversifier les faciès en recréant des milieux aux caractéristiques hydromorphologiques rhodaniennes	2	1	2	RLO
	P3	Supprimer les digues qui constituent des casiers hydrauliques dans la plaine	Diversifier les faciès par inondation de la plaine (restauration des zones humides)	1	2	0	RMA
	P4	Restaurer la morphologie des îlônes	Diversifier les faciès, en restaurant les îlônes	2	1	1	RLO
	P5	Restaurer la connectivité des îlônes	Diversifier les faciès, en restaurant les îlônes pour maintenir une connectivité hydraulique et favoriser l'auto-entretien	1	2	2	RLO
	P6	Aménager les confluences	Restaurer la continuité sédimentaire et écologique, au droit des zones de confluence	2	0	2	DFS, RFS, DGR, RGR
	P7	Supprimer les points derupture de la continuité dans les îlônes	Restaurer la continuité écologique, par l'aménagement notamment des passages busés	0	0	1	RLO
	P8	Gérer la végétation contre la fermeture des milieux	Dynamiser le fonctionnement des annexes fluviales en luttant contre la fermeture des milieux et les espèces végétales invasives	1	0	0	RLO
	P9	Restaurer les zones humides	Diversifier les faciès par restauration de milieu ou par réaménagement des anciennes gravières	1	0	0	RLO