

A11 - RHONE

Entretien des ouvrages hydroélectrique et de navigation



1 Les processus de sédimentation.....	1
2 Les opérations d'entretien sur le Rhône.....	4
3 Le protocole d'échantillonnage	6
3.1 Nombre de prélèvements.....	6
3.2 Méthode de prélèvement	7
4 Mesures de réduction des impacts des travaux	12

A11.1 - LES PROCESSUS DE SÉDIMENTATION

Venant des Alpes, le Rhône est le plus puissant des fleuves français. Comme le montre le profil en long ci-après, le Rhône se caractérise par une forte pente moyenne (0.5m/km) jusqu'à proximité de son embouchure dans la méditerranée. La diversité de son bassin versant lui confère un débit soutenu tout le long de l'année (pluie océanique sur la Saône, influences méditerranéennes au sud, fonte de neige et des glaciers le long des affluents rive gauche ...).

L'aménagement du Rhône par la Compagnie Nationale du Rhône depuis 1939 a consisté à :

- créer 18 chutes hydroélectriques depuis la frontière Suisse jusqu'à Vallabrègues ;
- créer une voie navigable au gabarit de plaisance sur le Haut-Rhône et au gabarit européen de Lyon à la mer ;
- favoriser le développement de la vallée du Rhône par le biais de l'irrigation, puis de ses missions d'intérêt général (MIG) depuis 2003.

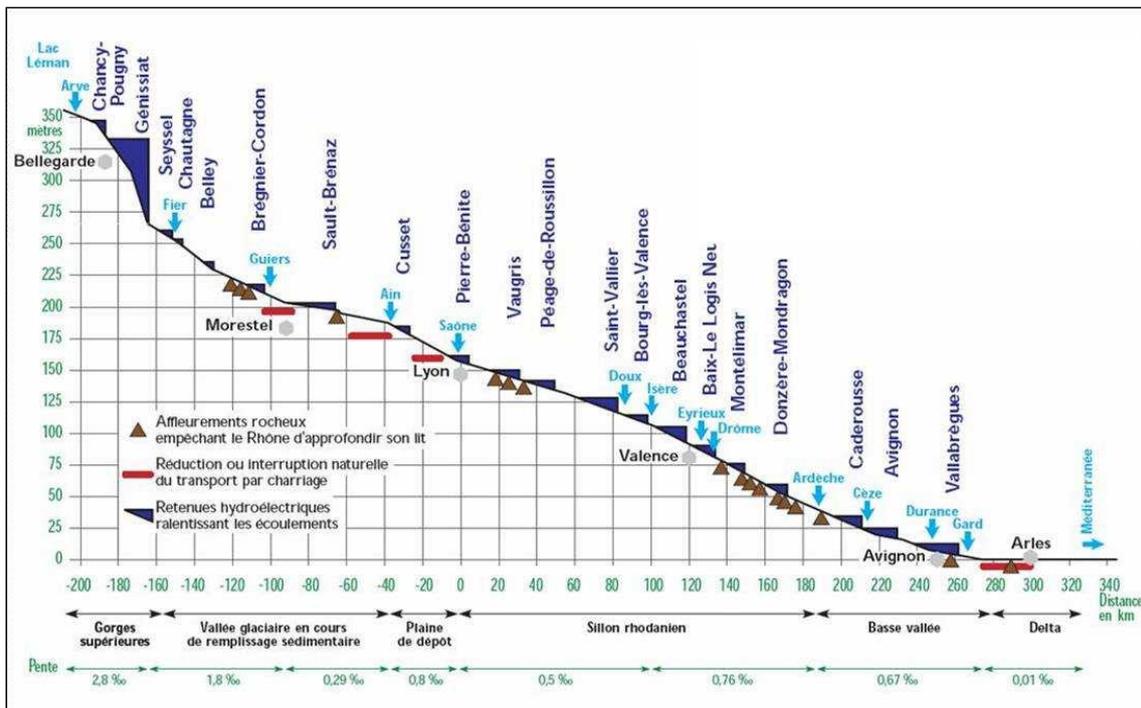


Figure 66 – profil en long du Rhône -Sogreah 2000, mise en forme Hydratec/MINEA

La puissance du fleuve permet un important transport solide de particules fines comme le montre les résultats du chapitre transport solide de l'étude globale du Rhône.

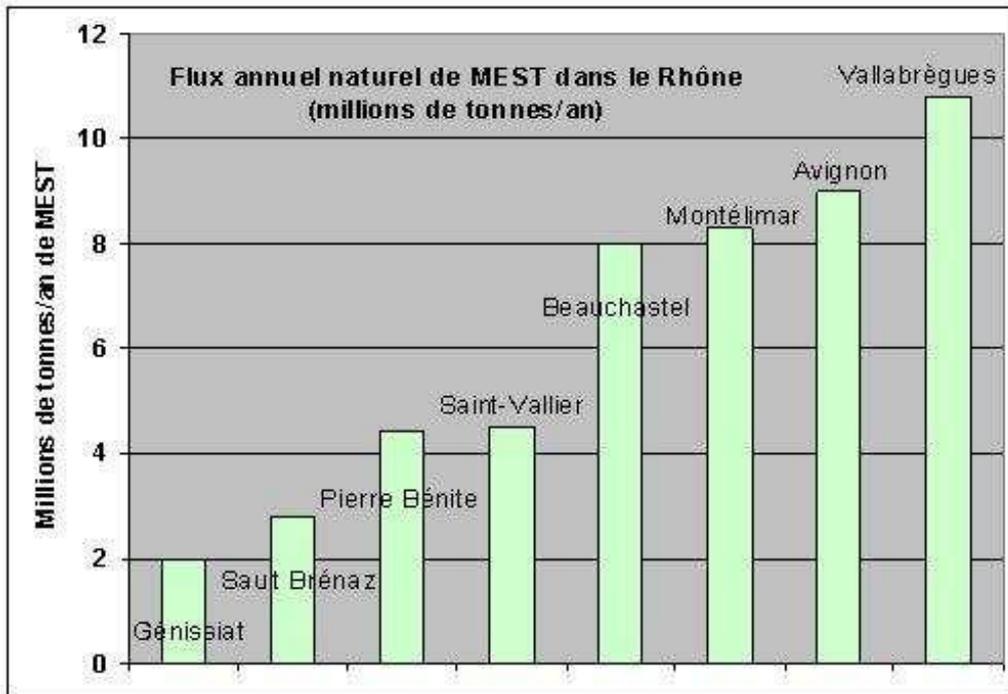


Figure 67 – Extrait du dossier de demande d'autorisation des dragages d'entretien du Rhône

Par contre il est constaté une raréfaction des apports grossiers par les affluents, suite au reboisement des versants, à la construction de nombreux barrages sur les affluents et aux prélèvements par les carrières jusqu'à une époque très récente des graviers et galets de ces rivières. La chenalisation systématique du fleuve entre la fin du XIX siècle et le début du XX siècle (aménagement Girardon) a stabilisé le profil en long du fleuve. C'est certainement cet aménagement antérieur à celui de la CNR qui a permis d'éviter l'apparition d'incision (enfouissement du lit) du lit depuis la création des chutes hydroélectriques sur le fleuve.

Aujourd'hui à l'échelle du fleuve le lit du Rhône est globalement stable et le transit de sédiments grossiers ne concerne plus que quelques tronçons du fleuve.

Les retenues hydroélectriques implantées le long du fleuve sont des retenues de basses chutes (10m en moyenne, voir figure ci-après, exceptée celle de Génissiat 60m), ce qui limite les impacts sur le transport solide du fleuve. En effet, en période de crue, les chutes s'effacent progressivement, les niveaux et vitesses d'écoulement redeviennent proches des conditions d'écoulement avant aménagement du fleuve par la CNR.

Après plusieurs dizaines d'années d'exploitations des ouvrages hydroélectriques et de navigation, il est constaté que le lit du Rhône reste globalement stable. Il n'est pas n'observé de sédimentation massive dans les retenues (contrairement à un réservoir de barrage classique qui piège les sédiments entrant).

Par rapport au transport solide du fleuve, moins de 3% du flux annuel qui passe dans chaque chute se dépose et nécessite un dragage d'entretien comme le montre le tableau suivant, provenant du dossier de demande d'autorisation du plan de gestion des dragages d'entretien CNR.



Figure 68 – Chute CNR type

Chute	Quantité draguées par la CNR en 12 ans-1995-2006			Transport solide annuel en suspension du Rhône en T (1)	Proportion
	Volume en m ₃	Masse en T	Masse annuelle moyenne en T		
Génissiat	258 945	517 890	43 158	2 000 000	2.2%
Seyssel	170 010	340 020	28 335	2 200 000	1.3%
Chautagne	193 884	387 768	32 314	2 600 000	1.2%
Belley	105 213	210 426	17 536	2 600 000	0.7%
Brégnier Cordon	52 705	105 410	8 784	2 600 000	0.3%
Sault Brénaz	45 091	90 182	7 515	2 800 000	0.3%
Pierre Bénite	190 611	381 222	31 769	4 400 000	0.7%
Vaugris	283 260	566 520	47 210	4 400 000	1.1%
Péage de R.	125 615	251 230	20 936	4 500 000	0.5%
Saint Vallier	294 627	589 254	49 105	4 500 000	1.1%
Bourg les V.	1 264 731	2 529 462	210 789	8 000 000	2.6%
Beauchastel	459 742	919 484	76 624	8 000 000	1.0%
Baix Logis Neuf	745 920	1 491 840	124 320	8 200 000	1.5%
Montélimar	1 072 143	2 144 286	178 691	8 300 000	2.2%
Donzère-M.	847 290	1 694 580	141 215	8 300 000	1.7%
Caderousse	405 062	810 124	67 510	8 500 000	0.8%
Avignon	535 043	1 070 085	89 174	9 000 000	1.0%
Vallabrègues	829 772	1 659 544	138 295	10 800 000	1.3%
Palier d'Arles	25 143	50 286	4 191	11 000 000	< 0.1 %
Barcarin (2)	249 190	498 380	41 532	10 000 000	0.4%
Port Saint Louis (2)	28 740	57 480	4 790	10 000 000	< 0.1 %

1) : valeurs issues de l'Etude Globale Rhône - (2) : 1 000 000 t via petit Rhône.

Tableau 9 - Comparaison des volumes remis en suspension entre 1995 et 2006 à l'occasion des dragages, et du transport en suspension du Rhône.

A11.2 - LES OPÉRATIONS D'ENTRETIEN SUR LE RHÔNE

Trois usages nécessitent des travaux d'entretien par dragage :

La navigation. Il s'agit de l'entretien des garages d'écluse qui représente 50% des volumes dragués. Il s'agit de sédiments fins qui se déposent en amont et en aval des écluses. Quelques opérations ponctuelles concernent le chenal navigable. Seul la zone située entre Vallabrègues et Arles nécessite des dragages d'entretien annuel du chenal.

Le maintien des sections d'écoulement pour les crues qui représente 40% des volumes dragués. Il s'agit de sédiments fins et grossiers qui se déposent principalement sur le dernier kilomètre de la majorité des affluents. Ces dépôts sont une conséquence de la rehausse des lignes d'eau courante du Rhône (nécessaire à la création des chutes hydroélectriques). L'affluents n'a plus suffisamment de puissance pour transporter ses sédiments jusqu'au Rhône. Il est donc nécessaire de « pousser » par dragage les sédiments déposés sur quelques centaines de mètres pour les remettre dans le flux du Rhône.

Le maintien des ouvrages en exploitation, qui représente moins de 10% des volumes dragués. Il s'agit d'entretenir des décanteurs en amont de siphons, des passes à poissons, des sondes de mesures....

Le schéma suivant présente les divers lieux de dragage d'entretien du Rhône.

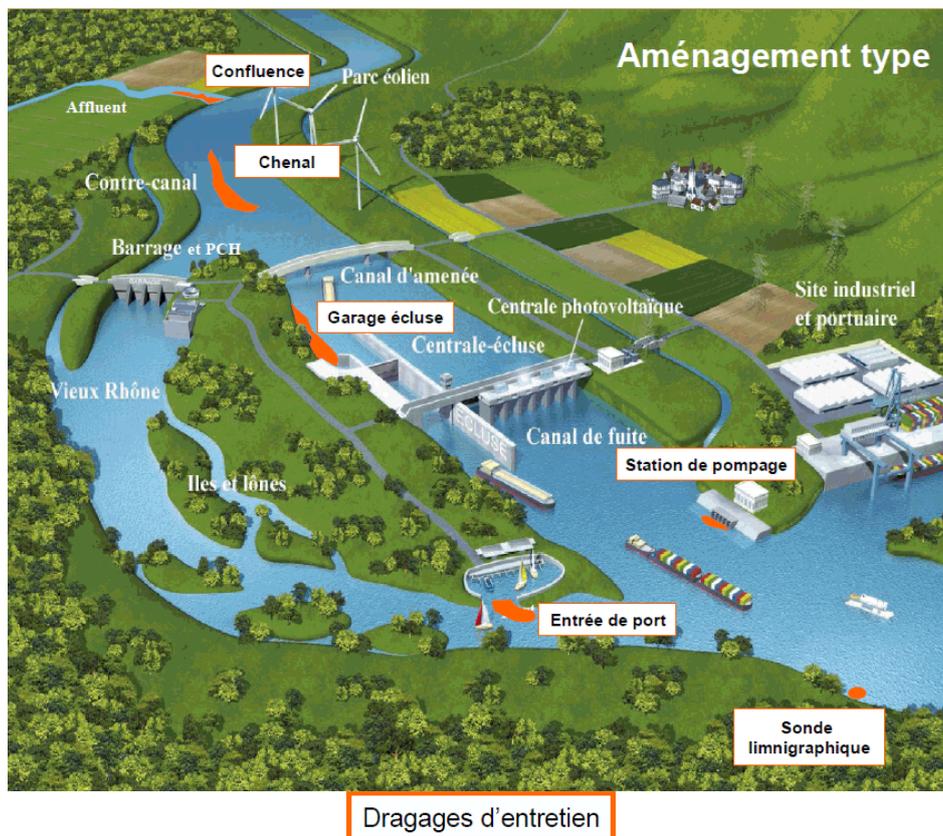


Figure 69 – Principales zones de dragages et de remobilisation des matériaux

Au total entre 1987 et 2006, plus de 160 sites ont fait l'objet d'une intervention. 660 000m³ de sédiments sont en moyenne dragués chaque année. Le graphique suivant issu du dossier de demande d'autorisation du plan de gestion des dragages d'entretien CNR, permet de quantifier les travaux de dragage pour l'entretien du Rhône au droit de chaque chute.

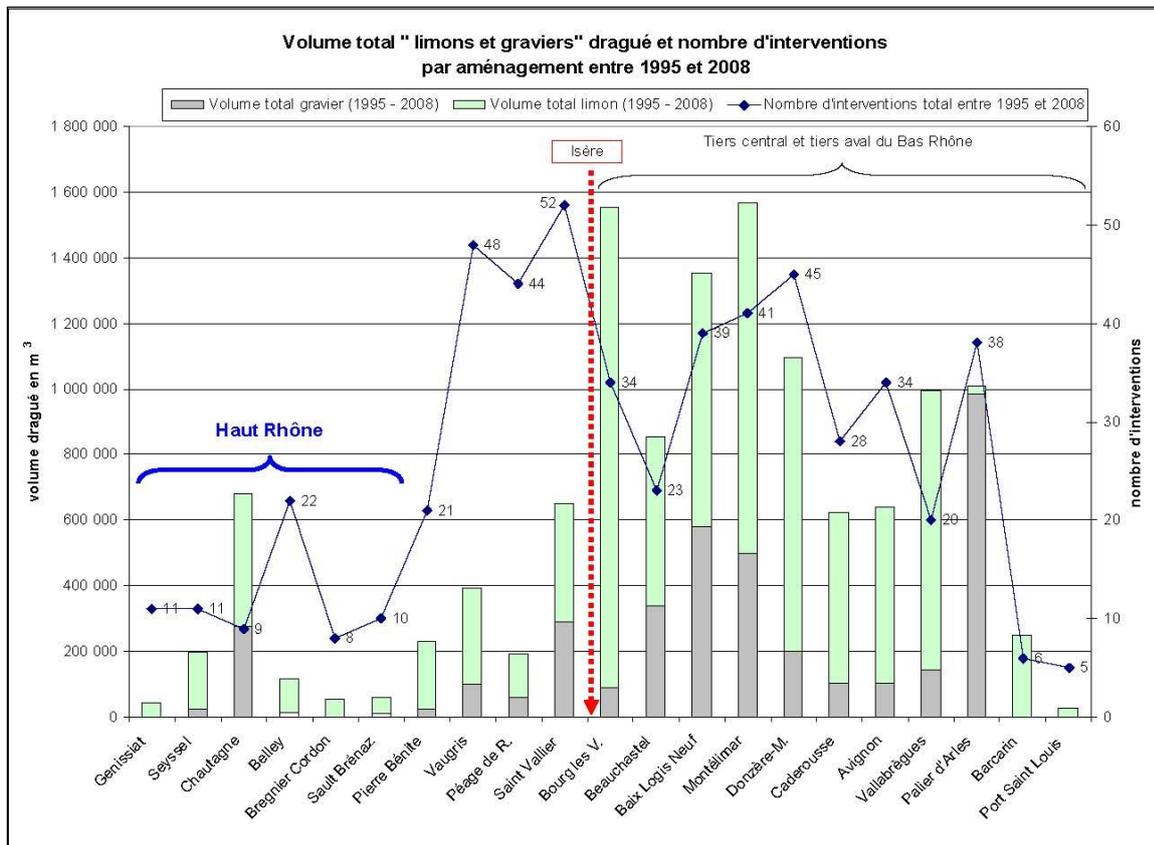


Figure 70 – Volume total dragué et nombre d'interventions par aménagement.

A11.3 - LE PROTOCOLE D'ÉCHANTILLONNAGE

A11.3.1 - Nombre de prélèvements

Le protocole d'échantillonnage est fourni dans le dossier de demande d'autorisation du plan de gestion des dragages d'entretien sur le domaine concédé au titre de la loi sur l'eau. Ce protocole est le suivant. Suite au retour d'expérience de 5 ans d'application du plan de gestion, ce protocole pourra être modifié en accord avec la police de l'eau. Afin de caractériser les sédiments à draguer, le nombre de lieux de prélèvement est choisi en fonction du volume à draguer comme l'indique le tableau ci-dessous :

Volumes de matériaux en m3	Nombre de lieu de prélèvement
0 à 2 000	0
2 000 à 10 000	1
10 000 à 20 000	2
20 000 à 40 000	3
40 000 à 80 000	4
80 000 à 160 000	5
Plus de 160 000	6

Tableau 10 - Nombre de lieux de prélèvement de matériaux en fonction du volume à draguer.

Sur chaque lieu de prélèvement, le nombre de prélèvement est fonction de l'épaisseur à draguer :

Épaisseur de matériaux en m.	Nombre de prélèvement
Entre la surface et 1 m	1
De 1 à 2 m	2 (1 surface et 1 fond)
De 2 à 4 m	3 (1 surface, 1 milieu et 1 fond)

Tableau 11 - Nombre de prélèvement de matériaux en fonction de l'épaisseur à draguer.

Lorsque les matériaux sont des galets et graviers et que la fraction fine est très peu représentée (diamètre <2m inférieur à 3% de la masse totale du prélèvement), les analyses physico-chimiques en PCB ne sont pas réalisées. En effet seule la fraction fine (sédiments fins, inférieurs à 2 mm) est acceptée pour analyse par les laboratoires. C'est cette fraction qui contient les polluants, il est admis que les galets, blocs et matériaux grossiers en sont exempts. Les photos suivantes illustrent la variété des sédiments dragués.



Figure 71 – Types de sédiments dragués sur le Rhône.

A11.3.2 - Méthode de prélèvement

Plusieurs méthodes de prélèvements peuvent être employées en fonction de la nature des sédiments, de la profondeur d'eau et de la hauteur du dragage envisagée comme le montre les photos suivantes.



Figure 72 – Tube manuel pour prélèvement de sédiments fins.



Figure 73 – Pelle amphibie pour zone peu profonde.



Figure 74 – Benne preneuse pour tous sites



Figure 75 – Benne preneuse



Figure 76 –Pelle sur ponton pour sites avec profondeur <10m.



Figure 77 –Pelle sur ponton.



Figure 78 –Atelier de forage tous sites



Figure 79 –Atelier de forage

Les coûts approximatifs (2012) sont les suivants :

1. Tubes manuel pour sédiments fins – 4 500€ pour prélèvements sur un site-durée 1 journée. plongeurs - 4 000 € pour prélèvements sur un site – durée 1 journée.
2. pelle amphibie – 8 000€ pour 1 site – durée 1/2 journée.
3. benne preneuse –5 000€ à l’aval de Lyon (car navigable) pour une journée de prélèvement soit 1 à 2 sites en fonction de la distance entre sites.
4. pelle sur ponton – 25 000€ à l’aval de Lyon (car navigable) pour une campagne de sondage sur 100 km sur 5 à 7 sites - durée 1 semaine.
5. atelier de forage-20 000€ pour 3 sondages sur un site, prélèvements sur 3m de profondeur - durée 4 jours par site.

Nota : Les travaux d’entretien sont réguliers sur le Rhône. Les sédiments dragués sont récents et ne sont plus concernés par les pollutions historiques aux PCB (pollution comprise entre les années 60 et 80). **Il n’est donc pas nécessaire de réaliser des prélèvements de sédiments après travaux.**

Le dossier de demande d’autorisation du plan de gestion des dragages d’entretien sur le domaine concédé au titre de la loi sur l’eau est encadré par l’arrêté inter-préfectoral n°2011077-0004 de Mars 2011 portant autorisation au titre du code de l’environnement des opérations de dragages d’entretien sur le domaine concédé du Rhône. Cet arrêté indique, conformément à l’arrêté du 9 aout 2006, que lors des analyses des sédiments, la teneur à prendre en compte est la teneur maximale mesurée (soit 60µg/kg MS pour Σ7PCBi d’après la recommandation Rhône).

Toute fois il peut être toléré :

- 1 dépassement pour 6 échantillons analysés ;
- 2 dépassements pour 15 échantillons analysés ;
- 3 dépassements pour 30 échantillons analysés ;
- 1 dépassement par tranche de 10 échantillons supplémentaires analysés ;

sous réserve que les termes mesurées sur les échantillons en dépassement n’atteignent pas 1.5fois les niveaux de référence considérés (soit $1.5 \times 60 = 90 \mu\text{gPCBi/kgMS}$).

Le tableau suivant présente l’ensemble des résultats des échantillons de sédiments analysés sur la période 2008/2012 pour les travaux d’entretien par dragage. Les travaux concernent 74 chantiers d’un volume supérieur à 2000m³ pour lesquels 384 échantillons ont fait l’objet de mesures physico-chimiques. Ces travaux sont classés de l’amont vers l’aval du Rhône. Le Point Kilométrique zéro se situe à Lyon à la confluence Rhône / Saône. Les Points Kilométriques sont négatifs à l’amont de Lyon.

Les analyses ont été faites sur les 7 congénères des PCB indicateurs. Les résultats présentent la somme de ces 7 PCB indicateurs. La limite de quantification d’un congénère s’est réduite depuis 2008. Elle était de 5 à 10µg/kgMS pour les travaux réalisés jusqu’en 2010 (couleur jaune). En 2011 (couleur bleue), une partie des analyses ont été réalisées avec une limite de quantification d’un congénère de 1µg/kgMS. Toutes les analyses réalisées après (couleur verte) ont été réalisées avec une limite de quantification d’un congénère de 1µg/kgMS.

Dragage d'entretien CNR 2008-2012-concentration en PCBi sur les échantillons réalisés avant travaux

Description	PK	chute	volume m3	nb échant.	Concentration des 7PCBi par échantillon													
Les Ussets	-152	SY	95 000	13	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
retenue Ce	-147	CE	700 000	6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
pont SNCF de Vions	-134	Bv	11 500	2	3	1												
Siphon du Séran	-128.5	Bv	408	1	1													
Vallée bleue	-67	SB	12 000	4	6	5	5	9										
Entonnement barrage de Villebois	-64	SB	58 000	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Yzeron	1.5	PB	10 677	2	60.5	*	24.5											
Yzeron	1.5	PB	9 700	5	10	3	3	3	6									
Chenal P3.3 quai sud PLEH	3.3	PB	4 035	5	32	23	59	32	22									
garage aval écluse	4	PB	8 400	9	29	17	29	27	25	32	42	46	15					
prise d'eau Ciselande	9.3	PB	200	1	0.9													
Garon	17.8	VS	2 858	9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
halte nautique Givros	18.2	VS	25 000	10	3	6	7	3	6	5	56.6	34.2	21.7	52.9				
Gier	18.4	VS	5 810	3	*	18	20											
Sévenne	27.6	VS	5 700	3	7	9	21.4											
Sévenne	27.6	VS	3 835	6	6	7	6	4	1	10								
Gere	28.6	VS	8 200	7	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Vézérance	30	VS	1 855	3	3	4	17											
garage aval	34	VS	5 000	2	29.8	31.3												
PK42	42	PR	6 800	1	39.4													
Arbuel	42	PR	2 000	5	0	0	0	7	0									
Valencize	47.2	PR	5 500	4	3	3	22	3										
garage aval	61.5	PR	4 300	5	*	*	*	*	*	67								
Bancel	69.5	SV	13 450	3	58.3	25.2	25.3											
Torrenson	69.5	SV	2 500	6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
PK73	73	SV	4 400	4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Cance	73.5	SV	24 000	9	24	1	*	1	*	*	25	24	*					
Galaure	76	SV	26 000	7	7	23	*	53	31	*	*							
Galaure	76.3	SV	34 880	5	14.4	8	22.1	29.5	34									
PK79	79	SV	7 450	2	21	39												
confluent Doux partie intermédiaire	90	BV	50 000	9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Doux	90.5	BV	35 500	7	*	*	*	*	*	8	5							
Bassin des Musards	98.5	BV	3 000	1	1													
garage aval	106	BV	45 000	2	57	57												
garage amt ecluse	106	BV	67 000	3	*	*	*											
Embroye	119.8	Be	28 000	3	*	*	*											
Rieu de Vel	122.7	BE	1 500	1	*													
garage amt ecluse	123.5	BE	108 000	16	23	14	2	34	17	17	18							
Eyrieux	126.5	LN	20 000	3	*	*	*											
Drôme aval	130	LN	100 000	14	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Barrage de Printegarde Nord	130	LN	55 000	3	21	21	21											
Barrage de Printegarde Sud	130	LN	5 400	4	5	5	5	5										
bge Printegarde	130.1	LN	8 000	4	*	*	*	*										
Ouvèze	133.5	BLN	22 000	6	7	15	20	14	22	34								
garage amt ecluse	142.5	LN	84 000	15	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
garage aval ecluse	143	LN	13 000															
PK 149.4	149.4	MO	2 500	3	*	*	*											
Roubion	160	MO	115 000	6	1	1	1	1	1	1								
Port vedette	165	Mo	2 200	1	*													
garage aval	165	Mo	8 000	2	27.8	26.4												
garage amt ecluse	187	DM	42 140	1	*													
Garage amont écluse	187	DM	25 000	6	35	21	73	27	35	53								
Préfiltration Bollène	187.5	DM	3 000	4	22	16	20.1	15.8										
ecluse aval	190	DM	23 220	7	21.9	25.5	12.8	25	23.1	23.4	26.3							
St etinne de Sorts	204.2	CA	6 500	4	1	10.8	17.8	1.8										
Cèze	213.5	CA	140 000	15	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
port Ardoise	214	CA	56 000	2	*	*												
Port Ardoise	214	CA	10 000	4	49.8	42	1.23	1										
Garage amont écluse	215	CA	15 000	6	25	16	89	21	12	37								
bassin de virement du Pontet	234	AV	11 000	6	21	23	32	27	18	8								
garage ecluse amt	234	AV	13 000	6														
Port vedette	239	AV	12 700	2	*	*												
garage ecluse aval	239	AV	5 000	3	27	44	19											
Port vedette	239	AV	2 000	2	24.4	26												
allée d'Oules	242	AV	1 300	2	18.6	19.9												
Dragage DURANCE	247	VA	430 000	15	7	13	5	5	3	5	7	8	7	1	12	12	12	4
prise eau écluse Beaucaire	265	VA	9 615	7	20	23	58	66	28	19	31							
garage aval	265	VA	11 041	1	*													
Garage aval écluse	265	VA	10 000	4	10	6	1	1										
Palier d'Arles défluent	280	PA	32 000	7	35	35	36	35	36	35	35							
chenal	286	PA	6 000	8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
embouquement barc	316.8	PA	23 600	7	16.4	21.1	11.9	21.3	25	11.6	20.9							
Débouquement Barcarin	317	PA	15 000	6	14	8	6	7	13	1								
Palier d'Arles 287.5 à 281.3	275 à 280	PA	20 000	5	1	1	16	1	3									

2 795 672 384

2008-2010
2011
2012

en rose valeur de la limite de quantification d'un congénère
* limite de quantification atteinte, mais cette valeur n'est pas connue

Tableau 12 - Dragage d'entretien CNR 2008-2012-concentration en PCBi sur les échantillons réalisés avant travaux

Les mesures montrent que les sédiments des dragages d'entretien du Rhône ont une teneur très faible en PCB entre la frontière suisse et Sault Brénaz (<10µg/kgMS). Les mesures réalisées pendant les chasses de Verbois en juin 2012 confirment cette analyse.

A l'aval de Lyon, il n'a pas été rencontré de « hot spot » de pollution, mais plutôt une pollution diffuse, avec ponctuellement des valeurs qui peuvent dépasser 60µg/kgMS, tout en restant inférieur à 1.5 fois cette valeur. Les analyses réalisées ne permettent pas de noter une augmentation des concentrations en PCB entre Lyon et la mer.

Enfin, une partie des chantiers concerne le dernier kilomètre des lits des affluents en amont du Rhône. Là encore les mesures ne montrent pas de « hot spot » particuliers.

A11.4 - MESURES DE RÉDUCTION DES IMPACTS DES TRAVAUX

Les dragages d'entretien du Rhône sont juridiquement très encadrés. L'article 4.4 de l'arrêté inter-préfectoral n°2011077-0004 du 18 mars 2011 précise les mesures de pilotage du chantier. La maîtrise de l'incidence de l'opération de dragage est pilotée par le paramètre turbidité. Les écarts maximums admissibles sont :

Turbidité à l'amont du chantier (en NTU)	Ecart maximal de turbidité entre l'amont et l'aval
< à 15	10
Entre 15 et 100	20
> à 100	30

Tableau 13 – Contrôle de la turbidité lié au chantier.

La mesure aval est faite à 3km, au plus, à l'aval du point de restitution des sédiments.... La mesure aval est la moyenne de trois mesures réalisées en rive droite, en rive gauche et dans l'axe du panache. Une mesure servant de référence est réalisée à 100m à l'amont de la zone draguée. La fréquence des mesures est de : 1 fois par jour la première semaine puis 2 fois par semaine, ainsi qu'à chaque changement de cadence. Pour les chantiers d'une durée supérieure à 3 semaines,... la fréquence de prélèvement passe à une fois par semaine.

Les schémas suivants illustrent la diffusion des sédiments restitués par une drague aspiratrice (la majorité des dragages) et un chaland lors du clapage (Entre 10% et 20% des volumes dragués).

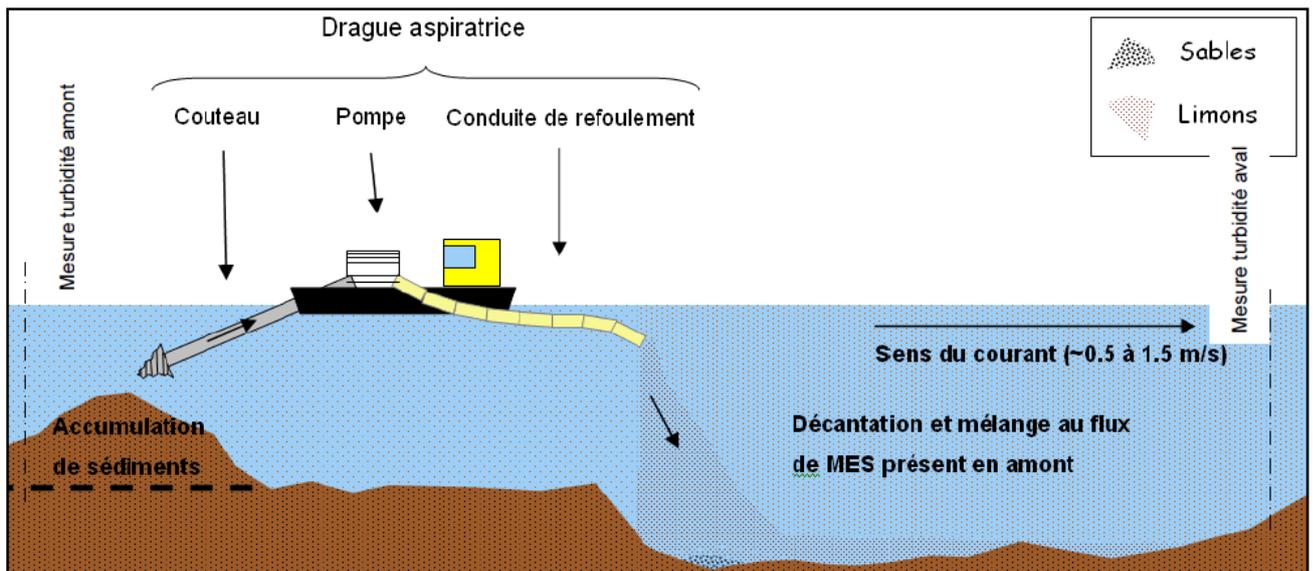


Figure 80 – Coupe longitudinale de fonctionnement d'une drague aspiratrice. Schéma de fonctionnement d'un chaland en train de restituer les sédiments par clapage.

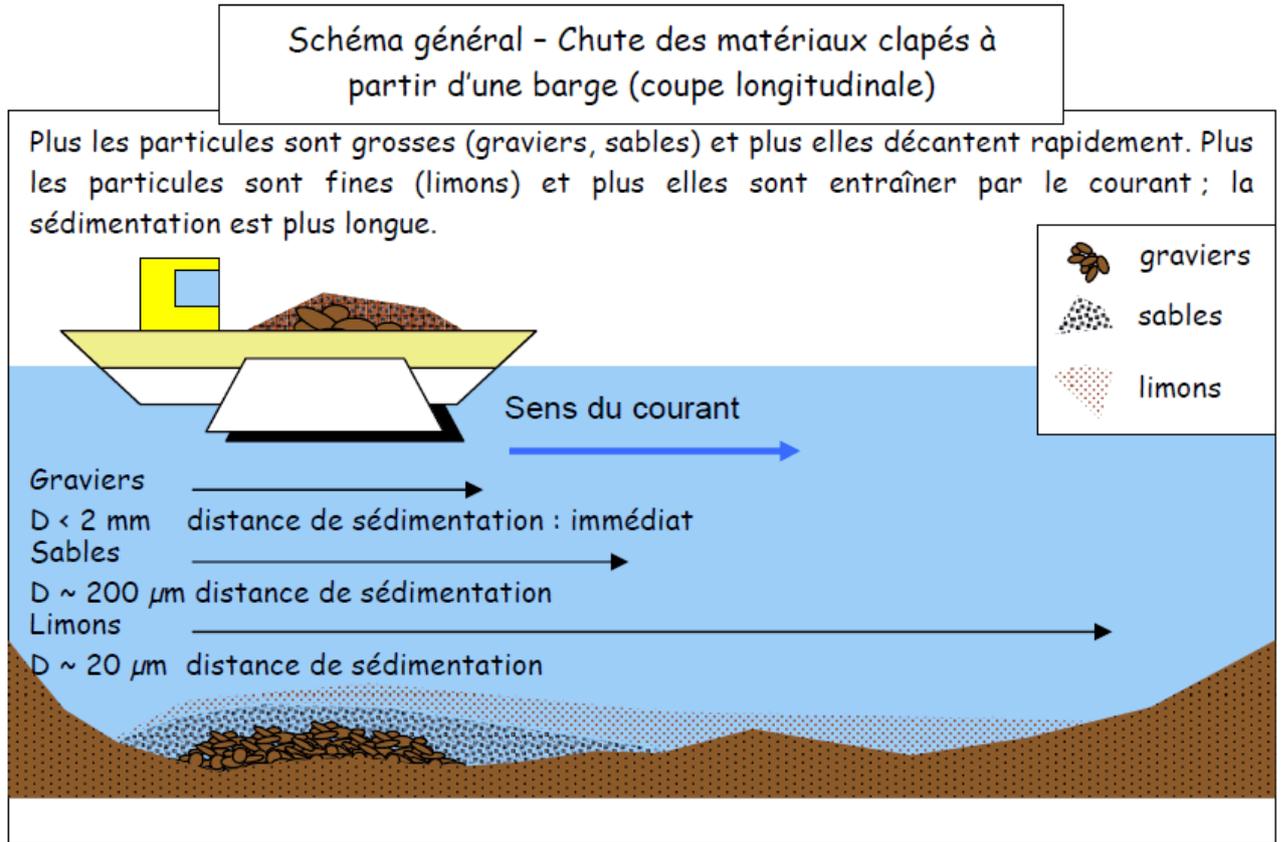


Figure 81 –Chute des matériaux clapés à partir d'une barge.