



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

Fiche de synthèse par unité hydrographique cohérente (UHC)

UHC# 24
GRH
GRAND RHONE

Version finale – décembre 2020



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

Nota : La présente fiche UHC est indissociable de la notice explicative des fiches UHC (Fiche_UHC_Note_explicative)

SOMMAIRE

A – Présentation générale (carte 24A)	4
A1 – Unité hydrographique cohérente (UHC)	4
A2 – Tronçons homogènes du Rhône (TH)	4
B – Synthèse historique (carte 24B)	4
C – Fonctionnement hydrosédimentaire (carte 24C)	6
C1 – Hydrologie - hydraulique	6
C2 – Contribution des affluents	6
C3 – Bilan sédimentaire	6
C4 – Dynamique des sédiments grossiers	9
C5 – Dynamique des sédiments fins et sables	9
D – Enjeux en écologie aquatique (carte 24D)	12
D1 – Diagnostic de la qualité des eaux et des sédiments	12
D2 – Eléments de diagnostic de la faune aquatique	13
D3 – Continuité écologique et réservoirs biologiques	14
E – Enjeux en écologie des milieux humides et terrestres (cartes 24E1 et 24E2)	16
E1 – Présentation générale	16
E2 – Inventaire et statut de protection des milieux naturels	16
E3 – Habitats d'intérêt écologique liés à la gestion sédimentaire	17
E4 – Flore et faune remarquable	18
E5 – Etat des corridors écologiques	19
E6 – Pressions environnementales	19
F – Enjeux de sûreté sécurité (carte 24F)	22
F1 – Ouvrages hydrauliques	22
F2 – Aléas inondation et vulnérabilité	22
F3 – Sûreté nucléaire	22
G – Enjeux socio-économiques (carte 24G)	24
G1 – Navigation	24
G2 – Energie	25
G3 – Prélèvements et rejets d'eau	25
G4 – Tourisme	25
G5 – Production de granulats	25
H – Inventaire des actions de restauration et de gestion (carte 24H)	27
H1 – Gestion et entretien sédimentaire	27
H2 – Restauration des milieux alluviaux et humides	27
H3 – Restauration et gestion des milieux terrestres	27
I – Synthèse	30
I1 – Contexte général	30
I2 – Fonctionnement hydromorphologique	30
I3 – Enjeux écologiques	30
I4 – Enjeux de sûreté et sécurité	31
I5 – Enjeux liés aux usages socio-économiques	31
I6 – Bilan des enjeux de connaissance	31
I7 – Bilan des enjeux liés à la gestion sédimentaire	31

FIGURES

Figure 24.1 – Géomorphologie du delta et emprise de l'UHC#24-GRH (CEREGE, 2007 ; in Raccasi, 2008)	4
Figure 24.2 – Courbe des débits classés du Rhône total, du Grand Rhône et du Petit Rhône	6
Figure 24.3 – Evolution de la sédimentation à l'embouchure du Grand Rhône (Maillet, 2005).	7
Figure 24.4 – Fonctionnement de l'embouchure et évolution en profil en long depuis la fin du 19ème siècle	8
Figure 24.5 – Evolutions de l'embouchure suite à la crue de 2003 (Maillet, 2005).	8
Figure 24.6 – Bathymétrie de l'embouchure du Grand Rhône avant la crue de 2003 (Maillet, 2005).	8
Figure 24.7 – Evolution du gradient granulométrique longitudinal du Grand Rhône entre 1999 et 2010 (Brousse, 2011)	9
Figure 24.8 – Courbe de tarage sédimentaire de Barcarin et mesures sur site (crue 29/11/2012) (Henry, 2016)	10
Figure 24.9 – Evolution historique du thalweg du fond du lit et pressions anthropiques	10
Figure 24.10 – Profil en long du diamètre maximal remobilisable (Q2, Q5, Q10)	10
Figure 24.11 – Bilan sédimentaire sur l'UHC du Grand Rhône de 1974 à 2011 (CNR, 2019)	10
Figure 24.12 – Caractéristiques du régime thermique du Rhône	12
Figure 24.13 – Qualité des sédiments de la station du Rhône à Arles	12
Figure 24.14 – Probabilité de présence et importance relative des espèces de poissons du Rhône	13
Figure 24.15 – Importance relative des espèces lithophiles (a) et psammophiles (b) à l'échelle du Rhône	13
Figure 24.16 – SRCE Rhône-Alpes au niveau de l'UHC du Grand Rhône	19
Figure 24.17 – Plan du bassin Ouest du port de Marseille Fos	24
Figure 24.18 – Bilan chronologique des opérations de gestion sédimentaire – section H1 (1995-2018)	27
Figure 24.19 – Bilan thématique des opérations de gestion sédimentaire – section H1 (1995-2018)	27

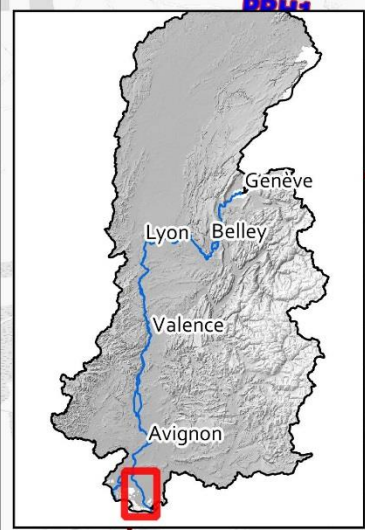
TABLEAUX

Tableau 24.1 – Principaux usages économiques des prélèvements d'eau superficielle	25
Tableau 24.2 – Principaux usages de prélèvement d'eau souterraine	25
Tableau 24.3 – Opérations de gestion sédimentaire tous maîtres d'ouvrage de 1995 à 2018 (volet H1)	28
Tableau 24.4 – Bilan des enjeux de connaissance	31
Tableau 24.5 – Pressions sur les masses d'eau superficielles et risque NAOE (Etat des lieux SDAGE, 2019)	31
Tableau 24.6 – Pressions sur les masses d'eau souterraines et risque NAOE (Etat des lieux SDAGE, 2019)	31

CARTES

Carte 24.A – Présentation générale de l'UHC	3
Carte 24.B – Aménagements et évolutions historiques	5
Carte 24.C – Fonctionnement morphologique	11
Carte 24.D – Ecologie aquatique	15
Carte 24.E1 – Inventaires du patrimoine naturel	20
Carte 24.E2 – Habitats d'intérêt écologique	21
Carte 24.F – Enjeux sûreté / sécurité	23
Carte 24.G – Enjeux socio-économiques	26
Carte 24.H – Mesures de gestion et de restauration	29

24A - GRH - Grand Rhône - Présentation générale



Légende

Zone d'étude :

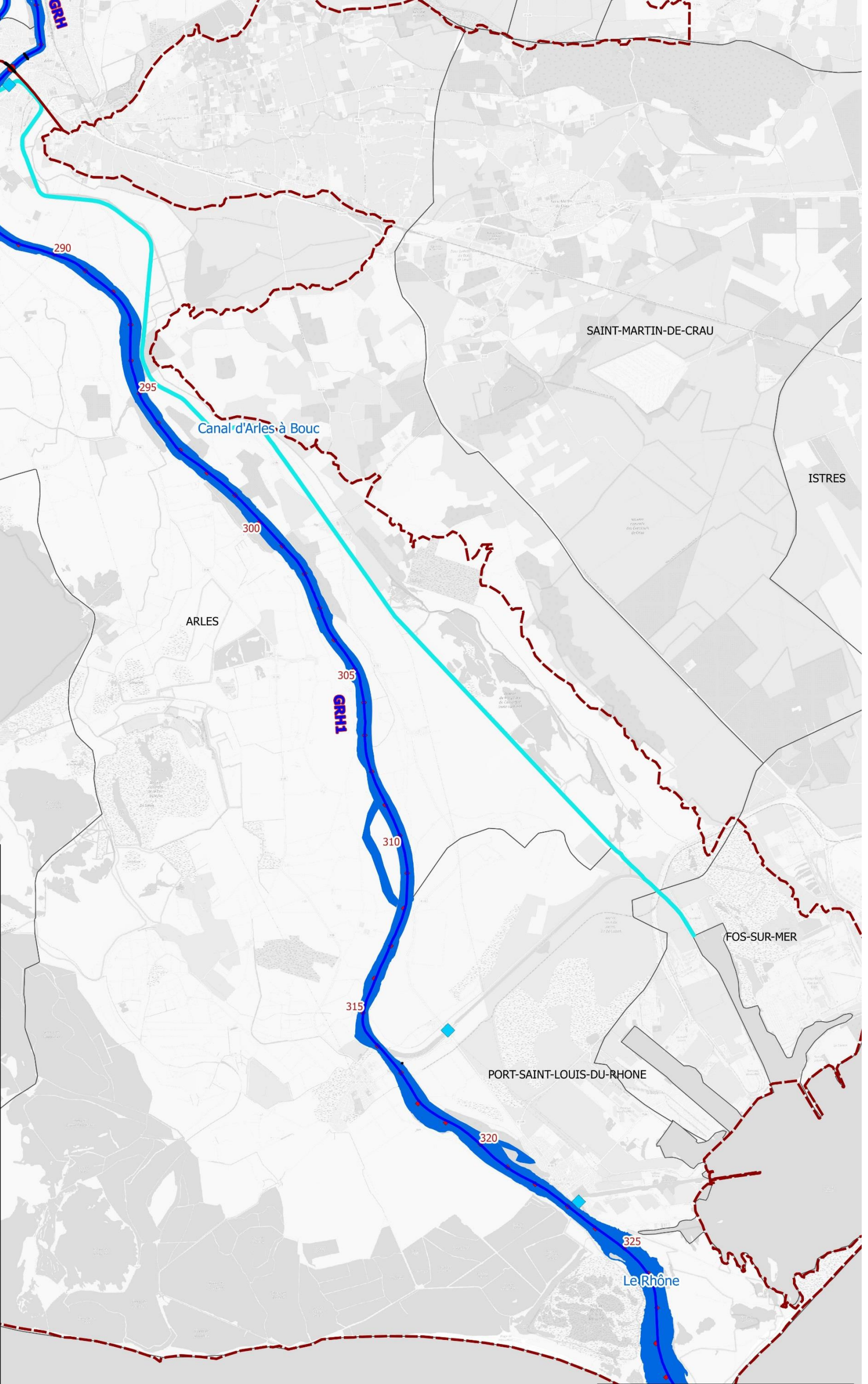
- Limite d'Unité Hydrographique Cohérente (UHC)
- - - Limite de la zone d'étude
- Tronçon Homogène
- R - Retenue
- RCC - Rhône Court Circuité
- CU - Canal Usinier
- RT - Rhône Total
- A - Affluent
- Limite communale

Éléments hydrographiques :

- Chenal en eau et îlons du Rhône
- Affluents majeurs
- Affluents principaux
- Affluents secondaires
- Affluents mineurs
- Canaux
- ◆ Point kilométrique
- Gravières (en exploitation ou anciennement exploitées)

Ouvrages et aménagements :

- Usine Hydroélectrique
- Petite Centrale Hydroélectrique (PCH)
- Mini Centrale Hydroélectrique (MCH)
- Groupe de Restitution (GR)
- ◆ Ecluse
- Barrage
- ▼ Centrale Nucléaire
- Pont
- Seuils



UHC#24 - GRH

Source : BD Alti/GeoFla/Carthage/OSR

Réalisation : BURGEAP/GeoPeka (2019)

Echelle : 1/110000e

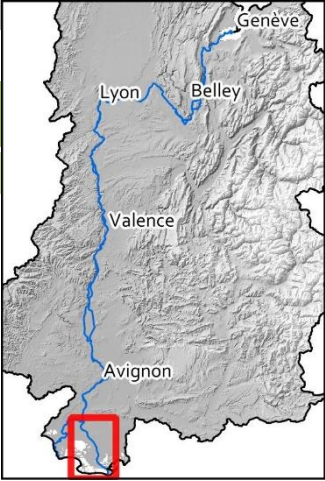
Projection : RGF - Lambert 93



A – PRESENTATION GENERALE (CARTE 24A)

A1 – UNITE HYDROGRAPHIQUE COHERENTE (UHC)

Département(s) :	13
PK et limite amont :	PK 283,1 - Arles / pont RN113
PK et limite aval :	PK 329,7 - Débouché en Méditerranée
Pente avant aménagement :	0,03 ‰
Longueur axe :	47,5 km
Longueur RCC :	-
Barrage de retenue :	-
Usine hydroélectrique :	-
Concessionnaire principal :	-
Autres ouvrages :	-
Masses d'eau Rhône :	FRDR2009 (Le Rhône de Beaucaire au seuil de Terrin et au port de Sylveréal) FRDT20 (Rhône maritime)
Masses d'eau affluents :	-
Masse d'eau sout. alluviale :	FRDG504 (Limos et alluvions quaternaires du Bas Rhône et de la Camargue)



A2 – TRONÇONS HOMOGENES DU RHONE (TH)

	Amont → Aval
Tronçons homogènes (TH)	24-GRH1-RT
Dénomination	Grand Rhône
PK et limite amont (km)	PK 283,1 / Pont RN113
Longueur (km)	47,5
Pente semi-permanente (‰)	0,03
Largeur moyenne en eau	280 à 800 m
Ouvrages hydrauliques	-

B – SYNTHESE HISTORIQUE (CARTE 24B)

L'UHC#24 du Grand Rhône est située au cœur du delta de la Camargue dont la géomorphologie et l'étendue (1500 km²) résultent de la remontée du niveau marin au cours de l'Holocène (depuis 10 000 BP). Le profil en long du Rhône – et de ses deux bras (Petit Rhône et Grand Rhône) – s'est en effet ajusté : sa pente naturelle en étiage passe de 0,7 ‰ (amont Avignon) à moins de 0,1 ‰ en aval d'Arles.

Le delta du Rhône s'est édifié durant la période Holocène (post-glaciaire) sur une nappe caillouteuse Pléistocène (périodes glaciaires), formée de galets de quelques centimètres à quelques décimètres, plus ou moins cimentés par une matrice sablo-argileuse et localement indurée. Le toit de cette nappe caillouteuse plonge avec une pente de 1% vers un littoral fossile situé vers -120m NGF (-70m NGF aux Saintes-Maries-de-la-Mer) (Raccasi, 2008). Le seuil de Terrin (PK293-297) correspond à un affleurement de ce substrat dur du Pléistocène : galets et graviers émousés, emballés dans une matrice sableuse peu abondante et cimentés pour former un poudingue (Brousse, 2011).

La composition du delta par accumulation sédimentaire a entraîné la formation de lits multiples par défluviations (ou avulsions), en toit par rapport à la plaine, avec des bourrelets de berge sableux et des dépôts de limons dans les dépressions. Ce fonctionnement, acquis dès le Néolithique (6500 à 2000 BP) s'est accéléré au cours du Petit Age Glaciaire (Raccasi, 2008). D'après Arnaud-Fassetta (1998), le style fluvial du Grand Rhône est passé successivement d'un lit en tresses (5-8^{ème} siècles), à un lit méandrique (11-15^{ème} siècles), avant un retour à un lit en tresses au Petit Age Glaciaire (17-19^{ème} siècles). Il est probable qu'avant les premiers aménagements des 11-12^{ème} siècles, compte tenu de la rupture de pente, les sédiments les plus grossiers (graviers, galets) du Rhône, alimentés par le Gardon et la Durance, ne transitaient pas au-delà d'Arles et favorisaient les défluviations, le style en tresses et la divagation entre Beaucaire et Arles (UHC#23-ARL). Les sondages réalisés en Camargue, montrent que la charge en graviers-galets n'aurait jamais dépassé le seuil de Terrin (Arnaud-Fassetta, 2003).

Les premiers aménagements de la Camargue ont été motivés par une volonté de protection contre les crues, phénomène qui a pris de plus en plus d'importance avec l'émergence du Petit Age Glaciaire, et afin de limiter l'encombrement des graus (embouchures en mer d'un bras du Rhône). Ainsi, progressivement, le tracé le plus oriental du Rhône a été privilégié lors des endiguements successifs (achevés en 1869) et des fermetures de défluviations : Rhône de St-Ferréol à partir du 13^{ème} siècle, Rhône d'Uimet au 15^{ème} siècle, Rhône du Grand Passon (Moyen-Âge), Rhône de Bras de Fer (fonctionnel de 1586 à 1711), pour aboutir au Grand Rhône actuel en 1711 (cf. Figure 24.1). Lors du Petit Age Glaciaire (du 18^{ème} à la fin du 19^{ème} siècle), favorisé par l'endiguement et le transit des sédiments, l'embouchure du Rhône va progresser rapidement sur la mer jusqu'à 80 m/an (Raccasi, 2008), ce qui conduit à abandonner le bras de Piémanson, le Bras de Pégoulie et de privilégier en 1892

l'exutoire actuel par le bras de Roustan (Maillet, 2005). En parallèle, la présence d'îlots sableux mobiles jusqu'au milieu du 19^{ème} siècle, traduit l'existence d'un style tressé de type deltaïque (Arnaud-Fassetta, 1998).

Côté littoral, la Digue à la Mer créée en 1856-1859 eut pour effet de supprimer les incursions des eaux de tempêtes marines dans le delta inférieur. Déconnectées des cordons littoraux, les lagunes de Basse-Camargue (le système Vaccarès) se métamorphosent alors en étangs côtiers. L'endiguement du Grand Rhône, censé protéger la Camargue des inondations fluviales, limitent dès lors les apports de limons fertiles et d'eau douce par le Rhône, obligeant les agriculteurs camarguais à réaliser des travaux de drainage et d'irrigation afin de pallier les remontées d'eau salées dans les sols (Raccasi, 2008).

Au 19^{ème} siècle, la priorité est également donnée à la navigation : l'écluse de Port-Saint-Louis-du-Rhône est mise en service en 1873 pour éviter l'embouchure difficile à naviguer ; les aménagements de type Girardon se développent au sein de l'espace endigué, afin de fixer le lit vif et approfondir le chenal. Ces aménagements n'ont pas été cartographiés par l'OSR (cf. Carte 24.B), mais ils restent visibles par exemple au droit du seuil de Terrin (PK293 à 297) où ils ont eu pour effet d'approfondir le chenal avant qu'il ne soit finalement nécessaire de procéder à son premier déroctage en 1969 (cf. figure en partie C3 –).

Après l'aménagement de l'ouvrage hydroélectrique de Vallabrègues en 1970, le Palier d'Arles et le Grand Rhône vont faire l'objet d'un programme d'aménagement qui lui est propre, au titre du développement du transport fluvial, et sans aménagement hydroélectrique. Ce programme, qui visait en particulier à assurer un mouillage de 4,25 m entre Fos-sur-Mer et Arles-Nord, était basé notamment sur :

- Des aménagements entre Beaucaire et Arles (cf. UHC#23-ARL du Palier d'Arles) :
 - extractions entre la restitution de Vallabrègues et le défluent du Petit Rhône entre 1971 et 1979 ;
 - construction du seuil de Beaucaire au PK268,5 sur le Vieux Rhône de Vallabrègues ;
 - rétablissement de la voie fluviale entre le Rhône et le canal du Rhône à Sète par le Petit Rhône ;
 - création des plateformes portuaires d'Arles (58 ha) et Beaucaire (125 ha) grâce aux déblais précédents ;
- La suite du déroctage du seuil de poudingue de Terrin en 1979 entre les PK292,4 et 295,6 afin de créer un chenal de 60 m de large et de 3 m de mouillage minimal (contre 1,90 m auparavant) ; en 1990-91, le chenal fut de nouveau approfondi pour un mouillage en étiage de 4,75 m permettant la remontée des navires fluvio-maritimes ;
- Des extractions pour un volume maximal de 0,21 hm³ entre les PK299 et PK321 dont une grande partie (0,18 hm³) correspond à l'approfondissement en 1990-91 sur l'affleurement du seuil de Terrin (ACTHYS, 2017) ;
- L'aménagement et la mise en service en 1983 du canal du Rhône au Port de Fos-sur-Mer et de l'écluse de Barcarin (192 m de longueur, 12 m de large), destiné à compléter le trafic fluvio-maritime de l'écluse de Port-Saint-Louis-du-Rhône (160 m de longueur, 22 m de large, tirant d'eau de 7,5 m).

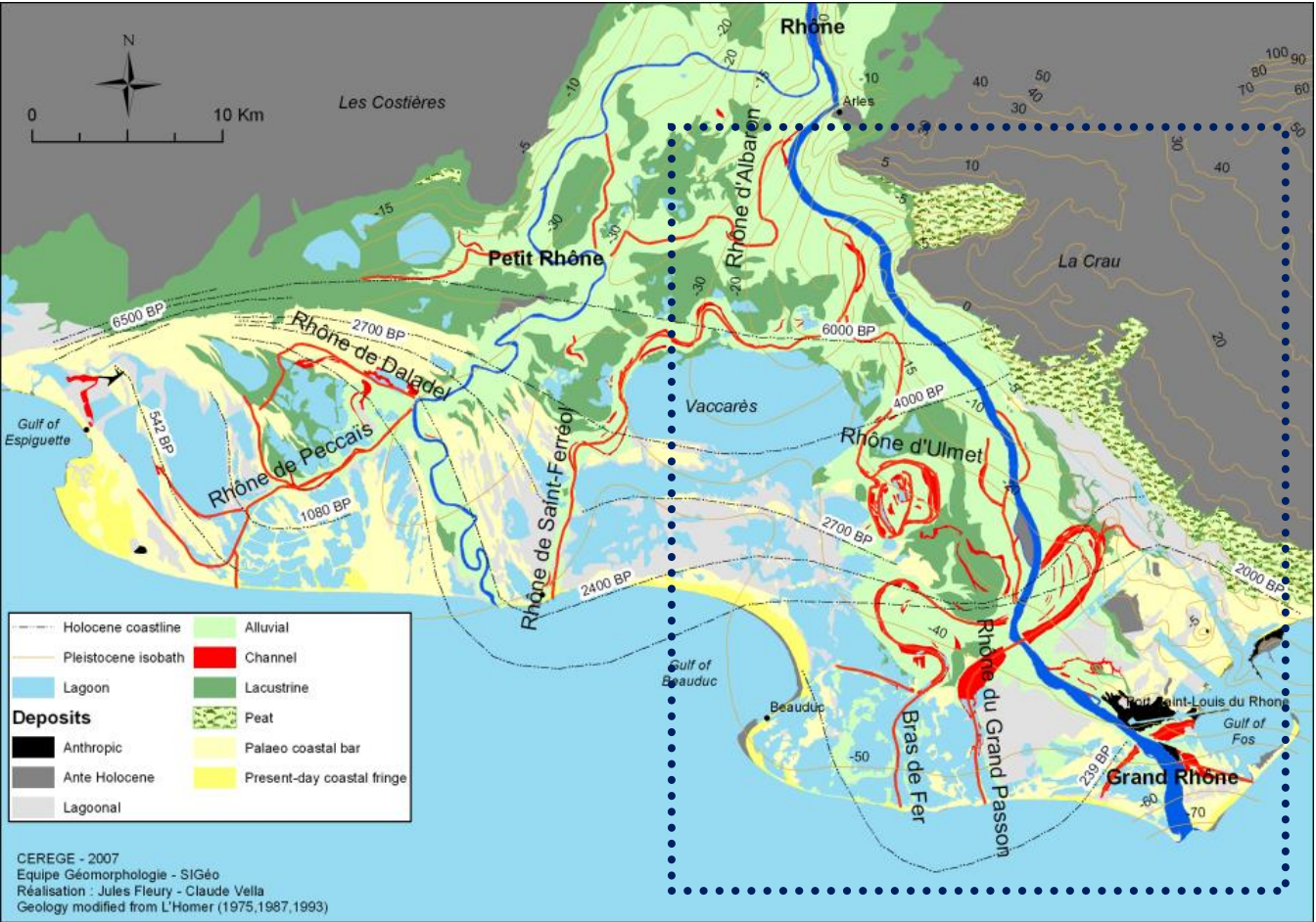
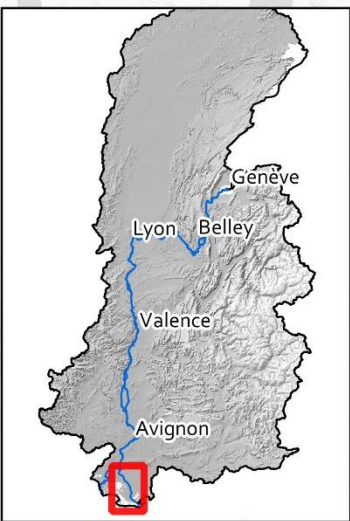


Figure 24.1 – Géomorphologie du delta et emprise de l'UHC#24-GRH (CEREGE, 2007 ; in Raccasi, 2008)

24B - GRH - Grand Rhône - Aménagements et évolutions historiques



Légende

Zone d'étude :

- Limite d'Unité Hydrographique Cohérente (UHC)
- Limite de la zone d'étude

Éléments hydrographiques :

- ◆ Point kilométrique
- Canaux
- Contre-canal
- Affluents mineurs
- Affluents secondaires
- Affluents principaux
- Affluents majeurs
- Rhône

Ouvrages et aménagements :

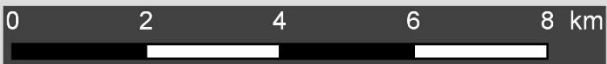
- Aménagements GIRARDON et autres (P.GAYDOU, 2013 - Dynamique Hyrdo, 2019)
- Usine Hydroélectrique
- Petite Centrale Hydroélectrique (PCH)
- ◆ Ecluse
- Barrage
- Seuil
- ▼ Centrale Nucléaire
- Limite Installation Nucléaire de Base (INB)
- Pont
- Endiguement CNR
- Autres digues (DREAL)

Éléments géomorphologiques historiques:

- Extractions en hm3 (d'après ACTHYS, 2017)
- Chenaux en eau actuel (A.TENA, 2016 - P. GAYDOU, 2013)
- Chenaux en eau avant aménagement CNR (A.TENA, 2016 - P. GAYDOU, 2013)
- Chenaux en eau avant aménagement Girardon (A.TENA, 2016 - P. GAYDOU, 2013)

Atlas du paléo-environnement (J.P. BRAVARD et al., 2008)

- Bande active en 1860
- Cône de déjection inondable
- Bandes actives antérieures à 1860
- Anciens chenaux
- Limite nette de la plaine alluviale (J.P. BRAVARD, 2007)



UHC#24 - GRH

Source : BD

Alti/GeoFla/Carthage/OSR/DREAL

Réalisation : BURGEAP/GeoPeka (2019)

Echelle : 1/60000e

Projection : RGF - Lambert 93

GINGER

BURGEAP

GeoPeka

C – FONCTIONNEMENT HYDROSEDIMENTAIRE (CARTE 24C)

C1 – HYDROLOGIE - HYDRAULIQUE

Tronçons homogènes (TH)	Débits d'exploitation (m³/s)		Débits caractéristiques (m³/s) (Hydroconsultant-IRSTEA, 2018)							Crue de référence (m³/s) (année)
	Semi-permanent	Qéquip.	Etiage	Qm	Q2	Q5	Q10	Q100	Q1000	
ARL1 – Rhône en amont de la diffluence	1360	-	565	1700	6016	7640	8646	11473	13828	12500 (1856)
GRH1 – Grand Rhône aval RN113	1224	-	510	1530°	5414°	6876°	7568*	9591*	9717*	8780 (1856)
Ratio Grand Rhône / Rhône total	90%		91%	90%	90%	90%	89%	87%	88%	

* valeurs obtenues en reproduisant, pour les débits totaux de Hydroconsultant (2019), la répartition de débit à la diffluence déterminée dans l'EGR (BCEOM, 2003). Pour mémoire, cette étude donne à Beaucaire : Q10 = 8 340 m³/s, Q100 = 11 860 m³/s ; Q1000 = 14 370 m³/s.

° valeurs obtenues en prenant comme répartition 10% pour le Petit Rhône et 90% pour le Grand Rhône (mesures CNR).

L'UHC#24 est relativement simple du point de vue du fonctionnement hydrologique et hydraulique puisqu'aucun barrage, usine hydroélectrique ou affluent important n'est présent sur ce tronçon. En aval de la diffluence, aucune station hydrométrique d'accès public n'est disponible. Les courbes de débits classés ci-dessous ont été réalisées à partir de celle du Rhône total en prenant pour hypothèse les répartitions de débits indiquées dans le tableau ci-dessus (cf. UHC#23-ARL).

Le coin salé, délimitant l'influence marine au sein du Grand Rhône, remonte au maximum jusqu'au seuil de Terrin (PK295) (Brousse, 2011).

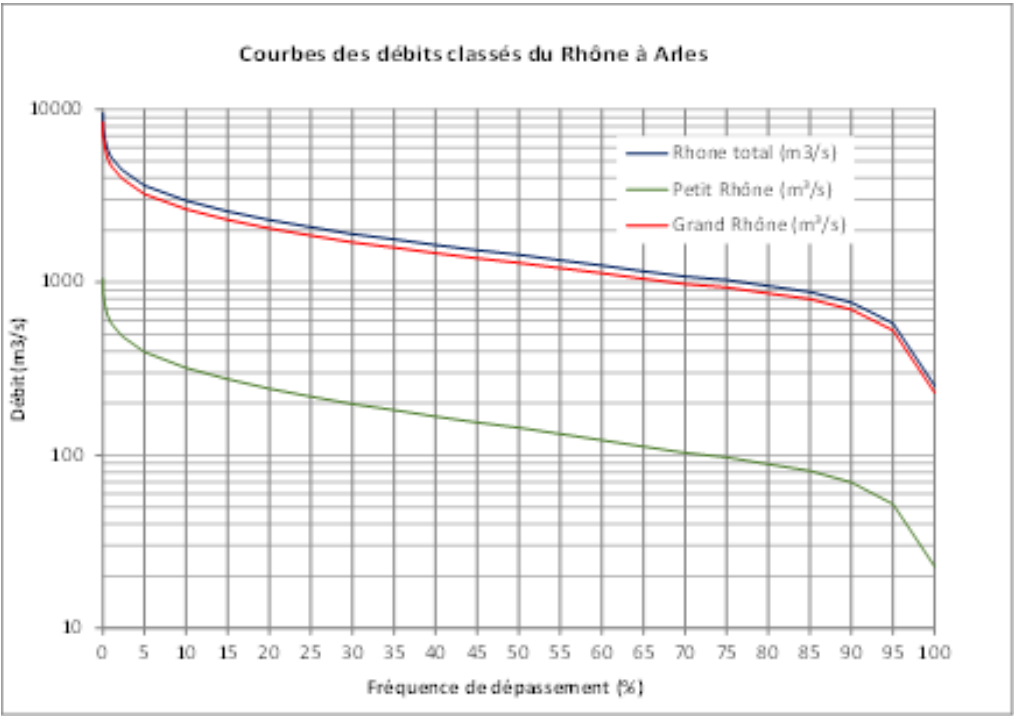


Figure 24.2 – Courbe des débits classés du Rhône total, du Grand Rhône et du Petit Rhône

C2 – CONTRIBUTION DES AFFLUENTS

Le Grand Rhône ne comporte aucun affluent significatif.

Toutefois, le Grand Rhône a été très tributaire par le passé des apports du Gardon et de la Durance, et dans une moindre mesure de l'Ouvèze provençale. Ces apports sont aujourd'hui très limités en éléments grossiers, sauf pour les sables de la Durance (cf. UHC#22-VAL et UHC#21-AVI).

C3 – BILAN SEDIMENTAIRE

Tronçons homogènes (TH)	Pente initiale	Pente actuelle (Q10)	Avant 2000 (m³/an) (1967-1991)	Depuis 2000 (m³/an) (1974-2011)	Commentaires sur évolution après 2000
GRH1 – Gd Rhône amont Terrin (PK283,1-294)	0,1 ‰	0,11‰	↘ -75 000	↘ -22 000	Diminution des extractions dans l'UHC#23-ARL, et restitution au Rhône après 2010
GRH1 – Gd Rhône aval Terrin (PK294-323)		0,11-0,16‰	↘ -70 000	➔ -8 000	
TOTAL	0,1 ‰	0,11-0,16‰	↘ -155 000	↘ -29 000	

Evolution des pentes

En l'absence de barrage, les pentes du Grand Rhône n'ont globalement pas été modifiées, hormis en crue du fait de l'endiguement. En considérant un niveau marin fixé à 0,20 mNGF environ, le Grand Rhône présente une pente de 0,03 ‰ en débit semi-permanent (sur la base d'une cote de 2 mNGF à Beaucaire ; cf. Figure 24.9). La pente en crue biennale n'est pas connue ; en crue décennale (BCEOM, 2003), la pente augmente d'amont (0,11 ‰) en aval (0,16 ‰) avec un niveau marin à la cote 0,20 mNGF, ce qui coïncide avec la pente de 0,12 ‰ annoncée par Arnaud-Fassetta (1998) ; une telle cote marine de base suppose toutefois l'absence de relèvement du niveau marin de fond (changement climatique) ou lors d'épisodes (vents marins, dépression).

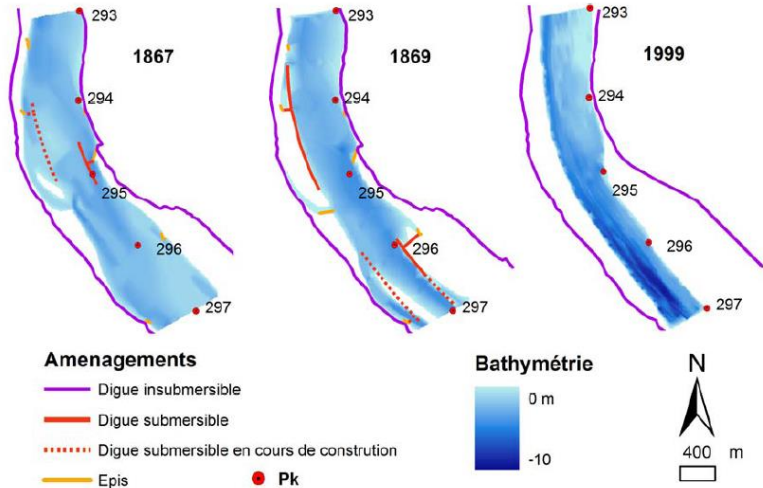
Bilan sédimentaire avant 2000 (EGR, 2000)

Sur la période 1907-1967, le lit du Grand Rhône est déficitaire : -1,6 hm³, soit -27 000 m³/an (EGR, 2000 ; d'après Arnaud-Fassetta, 1998), probablement sous l'influence des aménagements Girardon qui ont concentré l'écoulement. L'incision s'amplifie entre 1967 et 1991 : -3,7 hm³, soit 155 000 m³/an ; l'incision est assez uniforme, de 2 m en moyenne (cf. Figure 24.9), avec des valeurs maximales à 8 m (PK287), ce qui permet l'hypothèse d'une répartition linéaire du déficit (-75 000 m³/an en amont de seuil de Terrin ; -70 000 m³/an en aval). Dans cette deuxième séquence de 1967 à 1991, les effets des extractions en aval de Beaucaire et à la diffluence (56 000 m³/an entre 1987 et 2000 d'après la section H1 – de UHC#23-ARL) (par érosion progressive) et le déroctage du seuil de Terrin (par érosion régressive) viennent s'ajouter aux effets des aménagements Girardon. La distinction des rôles entre les deux types d'aménagement n'est pas possible car les premiers levés topographiques du Grand Rhône au 20^{ème} siècle sont de 1974 et sont postérieurs au début des aménagements du Palier d'Arles. L'érosion progressive s'est prolongée en aval jusqu'au bac de Barcarin (-2 à -3 m en moyenne ; -7 m au PK310), sans qu'aucun dragage n'ait été réalisé (d'après ACTHYS, 2017) (excepté à l'embouquement de Barcarin où les sédiments sont restitués au Rhône). Le déstockage de tels volumes en aval du seuil de Terrin a probablement été facilité par la présence d'une granulométrie sableuse et peu cohésive. Les crues de 1993, 1994 et 1995, ne semblent pas avoir eu d'effet sur l'évolution du lit (EGR, 2000).

Bilan sédimentaire depuis 2000 (d'après CNR, 1974-2011)

En dehors du débouché en mer (cf. plus loin), il n'existe pas de bilan sédimentaire spécifique entre 2000 et une période récente, notamment sur les conséquences des crues de 2002 et 2003. Le bilan sédimentaire du Rhône peut cependant être interprété à partir du bilan global sur la période 1974-2011 (cf. §. suivant).

D'après la section H1 – de UHC#23-ARL, les extractions à la diffluence Petit Rhône / Grand Rhône et devant le port d'Arles-Nord se sont poursuivies sur 2000-2010 (0,59 hm³ au total, soit 54 000 m³/an) et procédaient toujours à un export des matériaux. En première approximation, le rythme annuel de déficit sédimentaire du Grand Rhône peut donc être pris équivalent au rythme sur la période 1974-2011 (cf. bilan global ; §. suivant). Ce n'est que depuis 2012 que les sédiments dragués sont remis au Rhône et que le déficit s'est probablement ralenti, voire que le linéaire fonctionne maintenant en sédimentation compte tenu de la rupture de capacité de remobilisation des graviers mise en évidence en partie C4 – (cf. Figure 24.10).



Bathymétrie du Grand Rhône au droit du seuil de Terrin entre 1867 et 1999 (Raccasi, 2008)

Bilan sédimentaire global des aménagements (CNR, 1974-2011 ; ACTHYS, 2017)

D'après la Figure 24.11, l'UHC#24-GRH qui débute au PK283,1 a subi globalement un déficit de 1,04 hm³ (29 000 m³/an) sur la période 1974-2011. Ce déficit est essentiellement observé entre les PK283,1 (aval Arles) et l'amont du seuil de Terrin (PK293) (-780 000 m³). A contrario, le linéaire entre le seuil de Terrin a été plutôt stable à partir de 1974 (-260 000 m³), en dehors du phénomène local de resserrement/élargissement de l'Esquieau (PK320-321).

Comme le bilan sédimentaire est établi à partir de 1974, et au vu des données Arnaud-Fassetta (1998) précédentes, on peut distinguer les comportements des linéaires en amont et en aval du seuil de Terrin :

- Sur le secteur en aval du seuil (PK294-PK323), l'incision identifiée entre 1967 et 1991 (Arnaud-Fassetta, 1998) s'était en fait développée surtout entre 1967 et 1974, ce qui peut être corrélé avec le premier déroctage du seuil de 1969 et les extractions en aval de Beaucaire (à partir de 1971 ; cf. partie B –) ;
- Sur le secteur amont au seuil (PK283,1-PK294), l'incision a eu lieu entre 1974 et 2011 à raison de 780 000 m³ (22 000 m³/an). Cette incision est très probablement la conséquence des extractions réalisées entre Beaucaire et la diffuence (1971-1979 ; cf. §. précédents et UHC#23-ARL), ainsi que des dragages au droit du port d'Arles dont les matériaux étaient exportés et valorisés jusqu'en 2010. Le volume de ces dragages avec export a été de 1,3 hm³ sur 1987-2010 (cf. §.H1 – de UHC#23-ARL), ce qui pourrait expliquer le déficit précédent de 0,78 hm³ ; le différentiel entre les deux valeurs étant constitué de sédiments qui ont transité depuis l'amont sans être dragués et se sont déposés en amont du seuil de Terrin.

On notera par ailleurs que dans les milieux terrestres et humides qui constituent le lit majeur du Rhône, des évolutions sédimentaires sont également observables. En effet, les crues les plus importantes sont à l'origine de débordements, de brèches, et de dépôts en lit majeur. Par exemple, la crue de 2003 est responsable d'un bilan sédimentaire largement positif dans la partie occidentale du delta (d'après IRSN, 2004 ; Arnaud-Fassetta, 2007 ; Arnaud-Fassetta et al., 2009 ; Gautier et al., 2009). Sur les 810 000 m³ de sédiments qui se sont accumulés dans la plaine d'inondation, 545 000 m³ (67 %) sont composés de sables et 265 000 m³ (32,9 %) de limons et d'argiles, les graviers ne représentant que 699 m³ (0,1 %) de la charge déposée (in Brousse, 2011).

Bilan sédimentaire global de l'embouchure en Méditerranée (Maillet, 2005 ; Sabatier, 2015)

Les évolutions de l'embouchure du Rhône en mer Méditerranée méritent une partie spécifique. Elles ont été étudiées dans la thèse de Maillet (2005) et par les travaux du CEREGE (notamment rapport OSR / Sabatier, 2015). Ces évolutions sont fortement corrélées avec les bilans sédimentaires précédents en déficit, et avec la mobilité des sédiments développée en parties C4 – et C5 –.

La Figure 24.4 détaille l'évolution bathymétrique de l'embouchure au 20^{ème} siècle. Les premiers déficits entre 1895 et 1934 se font uniquement dans le chenal fluvial et sont liés à l'érosion régressive consécutive à l'ouverture du grau de Roustan en 1892. Le chenal traversait en effet une lagune, déconnectée de la mer et du fleuve initial, qui a été petit à petit incisée, ce qui a provoqué une chasse sédimentaire vers l'aval, avec une avancée très importante du trait de côte sur la mer.

De 1934 à 1962, le chenal se stabilise, même si le trait de côte avance encore régulièrement. Un début d'érosion est observé à la fois à l'intérieur de l'embouchure, sous l'effet de l'allongement du profil du fleuve, et également dans la partie ouest de l'embouchure qui bénéficie pourtant des apports de la dérive littorale (Sabatier et Suanez, 2001). Cette tendance à l'érosion se généralise progressivement en 1988, 1995, puis 2003, à l'ensemble des zones littorales (ouest et est) ainsi qu'à l'intérieur de la barre d'embouchure. Seul le sommet de la barre d'embouchure et le front deltaïque restent en accumulation constante jusqu'en 2003.

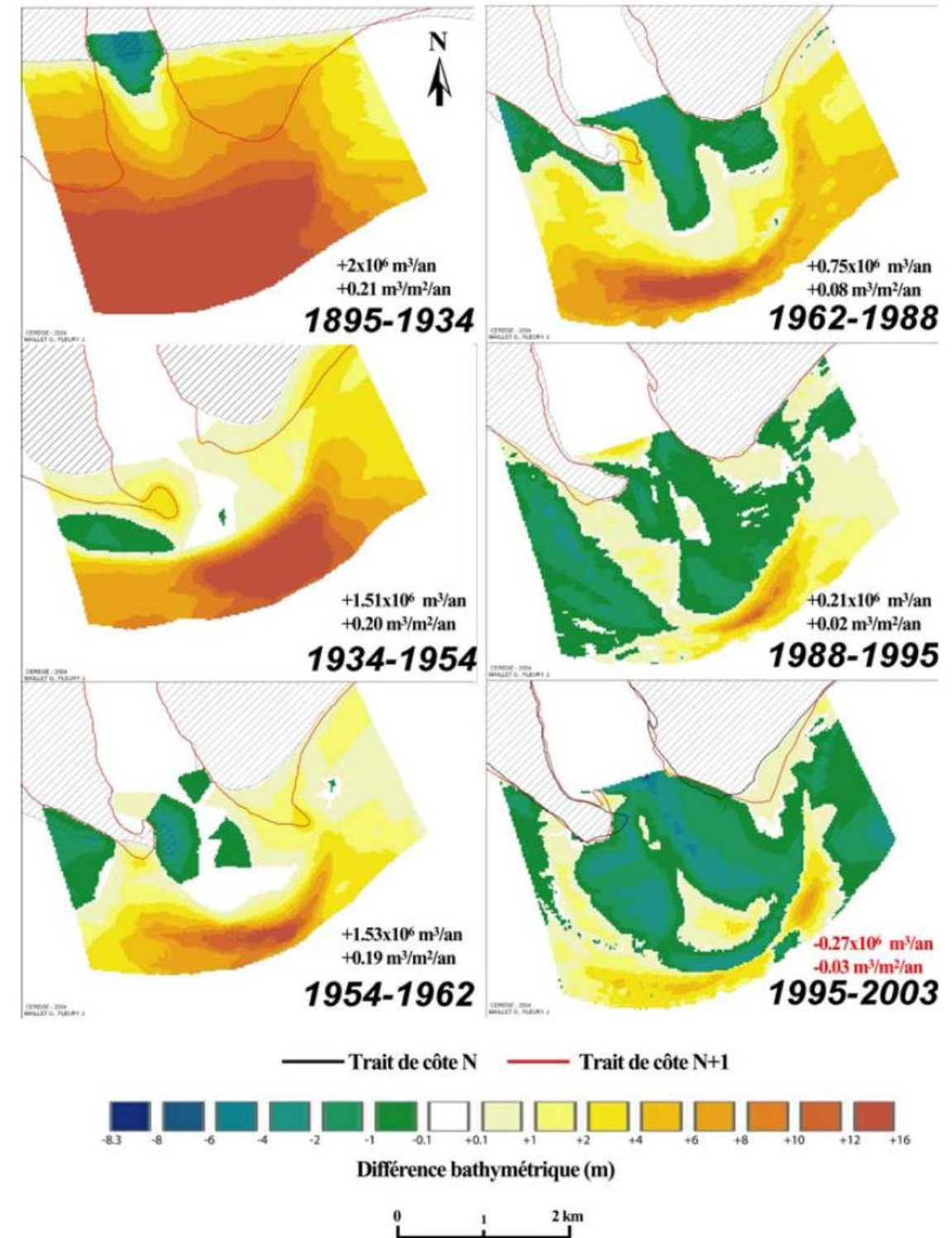
La crue de 2003 a conduit à une accumulation sédimentaire de 7,81 hm³ à l'embouchure (d'après des bathymétries jusqu'à la profondeur -20 m), ce qui représente un dépôt moyen de 0,88 m³/m² (Maillet, 2005). L'érosion autour de l'embouchure étant de 1,22 hm³, le bilan global des apports est de l'ordre de 6,6 hm³. Le comportement de l'embouchure lors de la crue a été le même que le fonctionnement courant : l'apport de sable est canalisé et est actif exclusivement à l'est de l'embouchure, dans l'axe du passage principal de la barre d'embouchure, sous l'influence du développement d'un poulie (ou flèche) en rive droite, sous les vents de WSW ; la majeure partie des apports solides du fleuve pendant l'inondation se limite à la zone [0 à -20 m] (Maillet, 2005). Cela confirme la tendance à long terme dans laquelle le front de delta (sous l'embouchure) est la seule zone côtière en accumulation (Sabatier, 2001). Le prodelta (au-delà du front de delta, cf. Figure 24.6), particulièrement marqué sous l'embouchure du Grand Rhône par rapport à celui du Petit Rhône, ne reçoit que très peu de matériaux issus du Rhône.

Dans le même temps, les flux de MES totaux, mesurés à Arles lors de la crue de 2003, sont estimés entre 3,1 et 5,28 Mt/an. De telles valeurs sont inférieures aux volumes précédents et, si on tient compte de la densité des matériaux et de leur porosité, elles semblent ne pas représenter la totalité des flux, notamment en sables.

Un suivi de l'embouchure entre mars 2012 et février 2013 (OSR / Sabatier, 2015) montre un bilan positif de 0,15 m³ (pour des bathymétries jusqu'à -8 m) alors que le Rhône a connu pendant cette période 4 crues annuelles et 4 tempêtes annuelles. Ces apports sont plus faibles qu'une année moyenne dont les apports moyens sont estimés à 0,47 hm³ (Maillet, 2005). La crue de 2003 a donc apporté environ 14 fois plus de sédiments qu'une année moyenne.

Cette évolution de l'embouchure est significative, non pas d'une aggravation de l'énergie des houles – l'effet des marées étant par ailleurs négligeable, mais d'un déficit net en sables grossiers qui sont les seuls à se déposer dans cet environnement. Cela résulte d'une réduction très importante de la charge de fond qui est liée à l'historique local décrit en partie B – (endiguements, extractions), au ralentissement des flux dans les retenues amont, et plus globalement aux pressions historiques dans les bassins versants affluents qui ont diminué les apports sableux au Rhône.

Le comportement hydrosédimentaire du littoral est développé avec une vision globale dans le rapport de Mission 2.



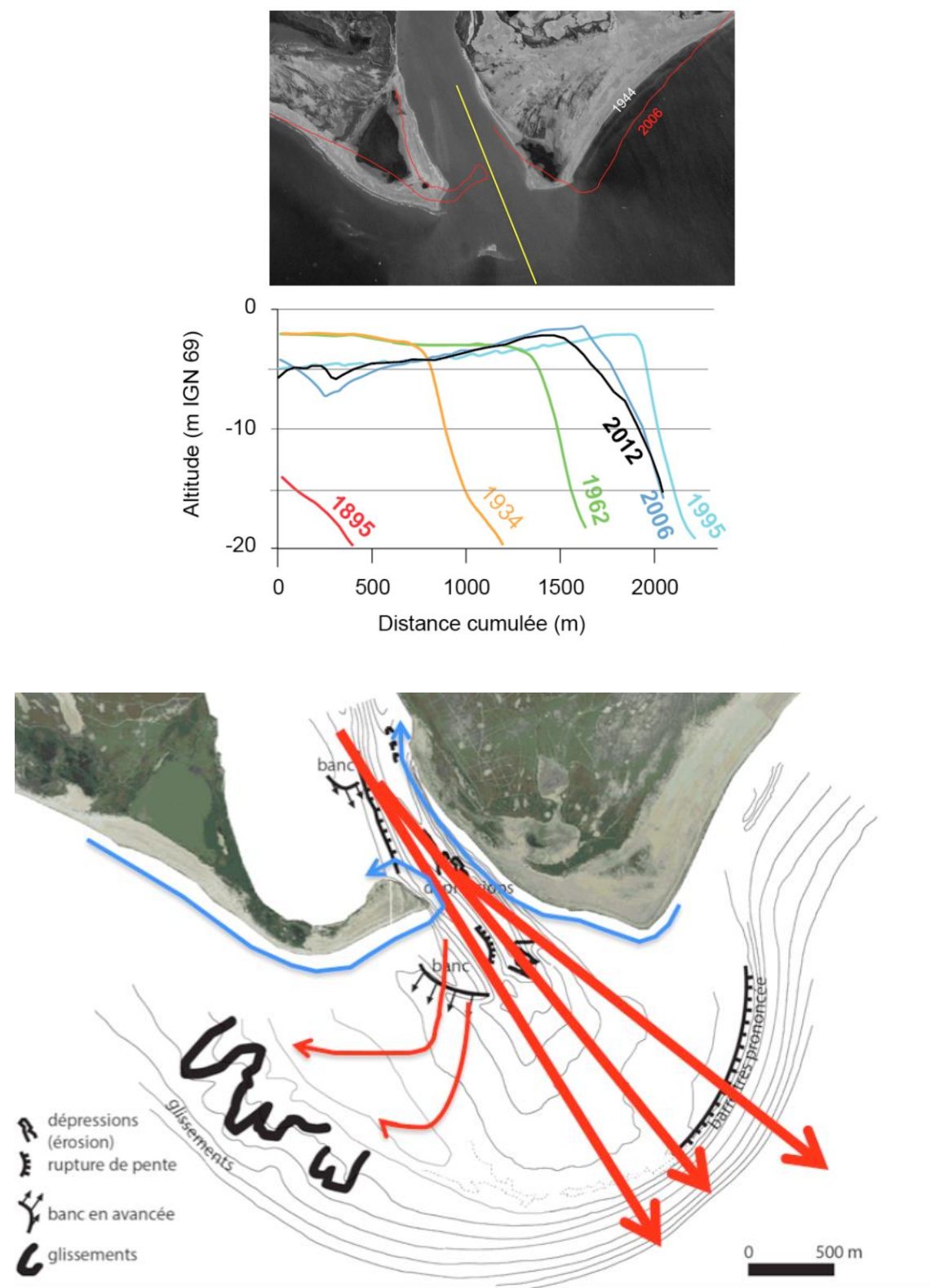


Figure 24.4 – Fonctionnement de l'embouchure et évolution en profil en long depuis la fin du 19ème siècle (OSR / Sabatier, 2015).

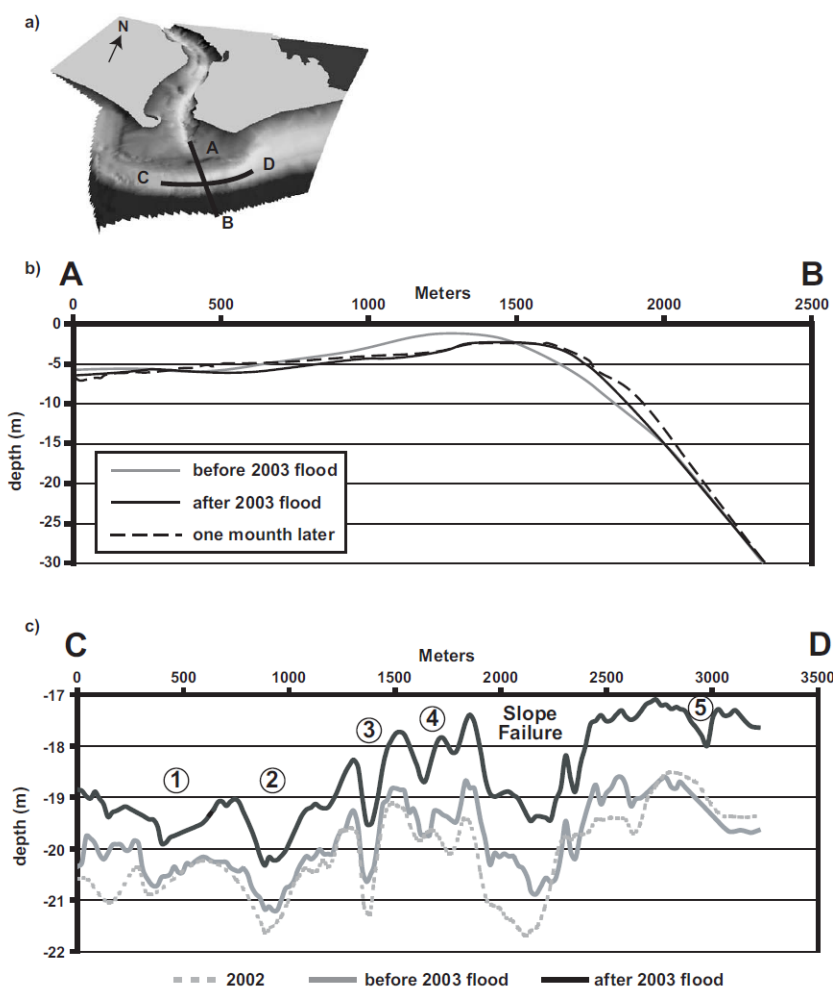


Figure 24.5 – Evolutions de l'embouchure suite à la crue de 2003 (Maillet, 2005).

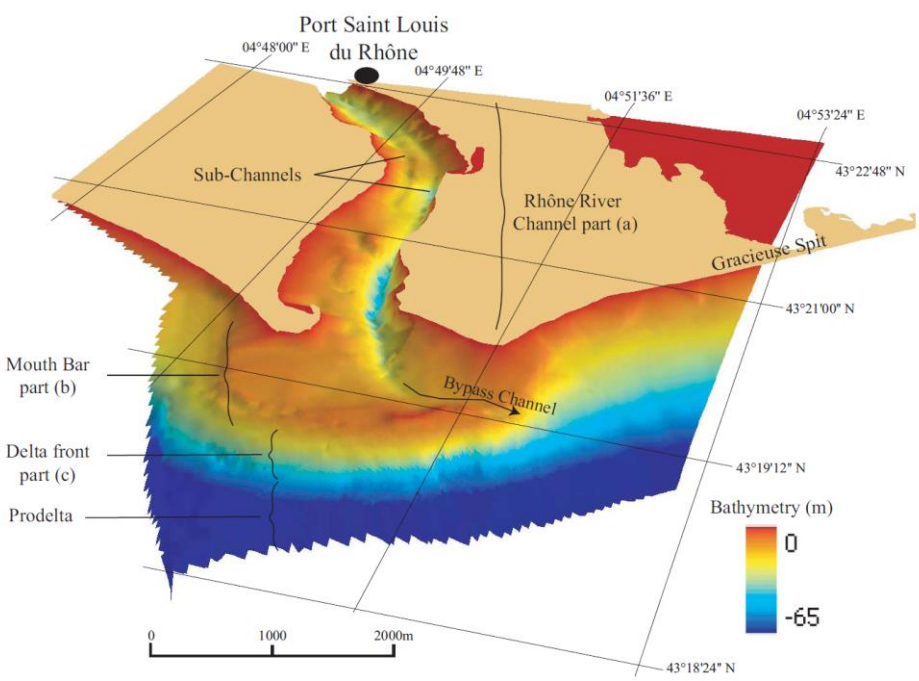


Figure 24.6 – Bathymétrie de l'embouchure du Grand Rhône avant la crue de 2003 (Maillet, 2005).

C4 – DYNAMIQUE DES SEDIMENTS GROSSIERS

Avant aménagement, la capacité de transport par charriage du Rhône total dans le palier d'Arles était de l'ordre de 200 000 m³/an (EGR, 2000) à 70 000 m³/an (Vázquez-Tarrio, 2018). Compte tenu des fortes tendances de dépôt propres au fonctionnement deltaïque, ces capacités étaient très probablement en décroissance au droit de la diffluence Petit Rhône / Grand Rhône, puis au sein du Grand Rhône qui devait transiter 80% de la charge solide (Raccasi, 2008), notamment au passage de chaque défluviation historique. Ainsi, avant les endiguements, les matériaux transportés engraisaient le delta par l'intérieur et au niveau des graus des différents bras.

Après aménagement, la capacité de transport en amont de la diffluence Petit Rhône / Grand Rhône (ARL1) reste relativement élevée, de l'ordre de 46 000 m³/an (EGR, 2000) à 20 000 m³/an (Vázquez-Tarrio, 2018). Les thèses de Mailet (2005) ou Boudet (2017) permettent également de recenser de nombreuses estimations de charge de fond réalisées à partir de mesures sur différents transects. Globalement, les estimations varient dans un panel relativement large de 0,07 à 10,7 Mt/an depuis la 2nde moitié du 19^{ème} siècle à la période actuelle.

En aval dans le Grand Rhône, les calculs de capacité n'ont pas été menés par Vázquez-Tarrio comme pour le reste du Rhône. Un ordre de grandeur minimal de 20 000 m³/an, comme dans l'unité amont (ARL1) semblerait cohérent, la réduction de la pente étant compensée par la diminution de la granulométrie.

Par contre, le calcul du diamètre remobilisable (D_{max}) est disponible jusqu'au PK306 (11 km en amont de Barcarin). Le profil en long de la Figure 24.10 montre que les graviers moyens à grossiers (20 mm) sont remobilisables au droit d'Arles et que cette mobilité diminue nettement à l'approche du seuil de Terrin (5 à 10 mm au PK291). Ceci indique que depuis 2012, les matériaux grossiers dragués à la diffluence et au port d'Arles-Nord, et restitués au Rhône, ont tendance à se stocker en amont du seuil de Terrin. En aval du seuil de Terrin, les matériaux grossiers (20 mm) pourraient continuer à transiter, probablement jusqu'au sur-élargissement de Barcarin, mais cela se ferait probablement avec un exhaussement du lit et des risques majorés pour les inondations.

Ces estimations théoriques sont confirmées par plusieurs observations (Arnaud-Fassetta, 1998 ; Raccasi, 2008) qui attestent que la charge grossière (graviers et galets) ne dépasse pas le seuil de Terrin (PK294) : quelques bancs de galets pléistocènes remaniés sont visibles (D₅₀ = 62 à 67 mm) mais non mobiles au droit du seuil de Mas Thibert (PK299 à 303) et seule la fraction sablo-limoneuse parvient à la mer (cf. granulométries sur Carte 24.C ; granulométrie de G. Brousse, 2011, sur Figure 24.7). Les carottages du sous-sol du delta, décrits par Arnaud-Fassetta (1998) montrent par ailleurs qu'en dehors du fond pléistocène, le Rhône n'a pas apporté dans le delta des matériaux plus grossiers que des sables grossiers. Aussi, avant aménagement, les matériaux grossiers du Rhône, alimenté notamment par le Gardon et la Durance, s'accumulaient dans les zones en tresses en amont d'Arles et participaient aux défluviations en entrée du delta.

Actuellement, l'endiguement du Rhône, pour la totalité du linéaire avec des digues en lit majeur et 48% avec des aménagements anciens de type Girardon (Raccasi, 2008), empêche toute divagation importante de l'hydrosystème et diminue le potentiel de recharge sédimentaire. Toutefois, on note au sein de ce système corseté des zones d'accumulation et d'érosion, notamment en aval du seuil de Terrin, ce qui atteste d'un système relativement dynamique (Antonelli, 2002).

Ainsi, globalement et en dehors de l'effet des opérations de dragages, la chenalisation et l'endiguement actuel du Rhône et du Grand Rhône favorisent le transit des sédiments grossiers vers l'aval, plus loin que dans la situation avant aménagement où les graviers se déposaient majoritairement entre Beaucaire et Arles. Malgré ce processus, et malgré l'incision par érosion progressive qui a libéré des volumes supplémentaires, les accumulations à l'embouchure ont été divisées par 4 depuis le milieu du 19^{ème} siècle (OSR, 2013), ce qui suggère, comme pour le transport en suspension, une réduction drastique de la charge de fond provenant de l'amont (Boudet, 2017).

C5 – DYNAMIQUE DES SEDIMENTS FINS ET SABLES

Fines

D'après Boudet (2017), qui synthétise les travaux existants généralement basés sur des mesures en amont de la diffluence, la charge solide a diminué depuis le 19^{ème} siècle, passant de 22-30 Mt/an, dont 17 Mt/an pour le Grand Rhône (Surell, 1847), à 7-12 Mt/an au début du 20^{ème} siècle (Antonelli, 2002 ; Pont et al., 2002). Pour la période 1987-1996 (Sempéré et al., 2000), les flux de MES moyens ont été estimés 9,9 ± 6,4 Mt/an. Ollivier et al. (2010) ont mesuré un transport en suspension de 7,3 ± 0,6 Mt/an pour la période 2000-2003, l'année 2003 correspondant à la crue centennale avec un transport total annuel de 10,9 Mt. Dumas et al. (2015) ont estimé un transport de 4,1 Mt/an entre 2006 et 2011, décrite comme une période particulièrement sèche.

Enfin, les études récentes de l'OSR ont obtenu des flux de MES en Arles pour les années 2011 à 2015, respectivement de 2,7 ; 5,6 ; 7,6 ; 5,8 et 5,6 Mt/an ; 2011 était l'année la plus sèche depuis 1925 et 2012 une année au débit annuel au-dessus du débit moyen décennal (OSR, 2016). Le flux moyen sur la période 2011-2016 s'établit à 6,0 Mt/an. Sur cette valeur moyenne qui est retenue par la suite, si on fait l'hypothèse d'une répartition à la diffluence proportionnelle aux débits, les flux de MES se répartissent en 5,4 Mt/an pour le Grand Rhône et 0,6 Mt/an pour le Petit Rhône. Les principaux contributeurs sont la Durance (34% en moyenne soit 2,03 Mt/an), l'Isère (30%), le Haut-Rhône (11%) et la Saône (6%) (Rapport OSR III.3, 2018). D'après Pont (1996), cité par Arnaud-Fassetta (1998), 80% des MES transitent lors des crues supérieures à 3 000 m³/s.

L'ensemble de ces données montre que le flux annuel en suspension actuel varie globalement entre 2-3 et 14-15 Mt/an depuis la 2nde moitié du 20^{ème} siècle. Le Rhône a ainsi enregistré une perte de la charge en suspension de l'ordre de 12 hm³/an sur les 130 dernières années (Provansal et al., 2014). En considérant une densité variant de 1,6 à 2,6 g/cm³ pour les particules (densité des argiles et quartz-calcite respectivement), cette valeur correspond à une masse de 19 à 31 Mt.

Raccasi (2008) synthétise les causes possibles de cette baisse des flux : transformations de l'occupation du sol, remontée forestière et travaux RTM qui affectent le bassin-versant à partir des années 1850, puis densification des ripisylves qui accroissent le piégeage des fines au début de la seconde moitié du 20^{ème} siècle. Le Rhône aval subit également, à partir des années 1950, la somme des effets des aménagements des bassins versants d'affluents, particulièrement les effets des endiguements, des extractions, des barrages hydro-électriques et des prélèvements d'eau, qui réduisent la charge solide et la capacité du fleuve à la faire transiter vers l'aval. On peut en complément mentionner la baisse de la fréquence des fortes crues, depuis la fin du Petit Age Glaciaire. En effet, à partir du début du 20^{ème} siècle, le régime hydrologique redevient plus calme, avec une diminution considérable des crues exceptionnelles. Ainsi, avant les années 1990, seulement cinq années ont connu une crue exceptionnelle (1907, 1910, 1935, 1951, 1976), alors que sur la période 1840-1900, plus courte, huit années présentant des crues exceptionnelles (>Q15) sont recensées (1840, 1843, 1846, 1856, 1872, 1886, 1889, 1896, 1900). Avec le début des années 1990, la recrudescence d'événements exceptionnels (1993, 1994, 1996, 2002, 2003) ne s'est pas prolongée dans les années 2010 mais reste sous-tendue aux effets du changement climatique.

Sables

En aval de la diffluence Petit Rhône / Grand Rhône (UHC#23-ARL), les flux de sable n'ont pas été étudiés par Vázquez-Tarrio (2020) via le modèle GTM de Recking (2016). Toutefois, le comportement des sables est déjà abordé en partie C4 – pour les granulométries transitant par charriage.

En complément, il peut être mentionné les mesures expérimentales qui ont permis d'établir un profil en long granulométrique en 1999 et 2010 entre Arles et l'embouchure en Méditerranée (Figure 24.7) ; ce profil en long montre que la taille des alluvions diminue sur le linéaire (Brousse, 2011). A partir du PK304, la taille des dépôts de fond du Grand Rhône diminue sans pour autant changer de texture. Ainsi, le grain médian évolue en moyenne de 490 µm (1999) à 350 µm (2010), avec un minimum qui augmente de 18 µm (1999) à 23 µm (2010) et un maximum qui diminue de 630 µm (1999) à 490 µm (2010). En 2010, moins de fonds graveleux sont observés qu'en 1999, ce qui semble dû à une couverture de ce substrat par une charge sableuse et pourrait être un phénomène cyclique dépendant l'hydrologie.

Boudet (2017) mentionne également des données OSR (2013) : la granulométrie dans le chenal du Rhône évolue tout au long de son cours. Dans sa partie la plus aval, les sables fins (63-200 µm) et les sables moyens (200-500 µm) représentent en moyenne 49 % et 43 % (respectivement) en masse de la charge de fond et les sables grossiers (500-2000 µm) peuvent représenter jusqu'à 20 % du charriage (Antonelli, 2002). Ces valeurs sont cohérentes avec des données de 1962 mentionnées par l'EGR (2000) : 300 à 400 µm.

Arnaud-Fassetta confirme le rôle des affluents amont tels que la Durance dans les apports au Rhône. Il évalue que les sables duranciens parviennent dans le delta avec un décalage d'une quarantaine d'années.

Enfin, les travaux de l'OSR4 (Henry, 2016), ont permis, à l'aide d'un aDcp (Acoustic Doppler Current Profiler), de réaliser en 2012 les premières mesures de concentration en sables dans la section au droit du bac de Barcarin (PK317) et d'établir une courbe de tarage des flux sableux (cf. Figure 24.8). Le diamètre médian caractéristique de la granulométrie sableuse vaut D₅₀=110 µm. En 2014 et 2016 (Launay, 2017), des mesures couplent MES et sables pour mettre en évidence la suspension graduée en sables qui apparaît en crue à des profondeurs de 4 à 6,50 m.

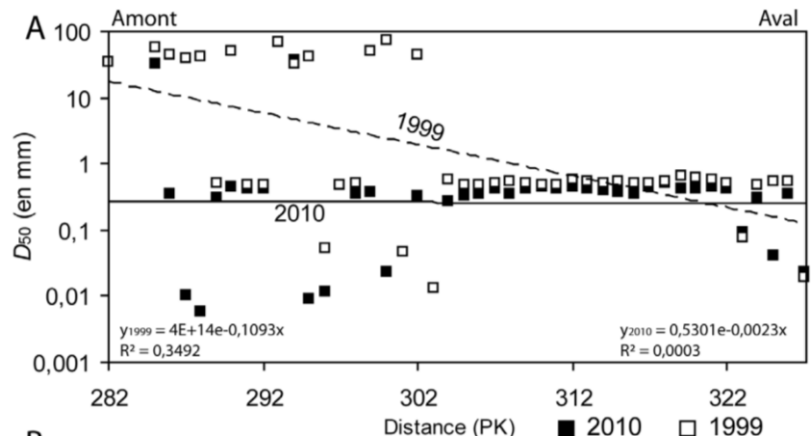


Figure 24.7 – Évolution du gradient granulométrique longitudinal du Grand Rhône entre 1999 et 2010 (Brousse, 2011)

Tronçons homogènes (TH)	Pente actuelle (Q10)	D90 fond (mm)	D50 fond (mm)	D90/D50 banc (mm)	Capacité charriage caractéristique (m³/an)	Flux de MES (Mt/an)
GRH1 – Gd Rhône amont Terrin (PK283,1-294)	0,2-0,3	0,5-86	0,3-69	-	20 000	5,4
GRH1 – Gd Rhône aval Terrin (PK294-323)	0,3-0,5	≈0,5-85	0,3-67	-		

≈0,5 : valeur estimée

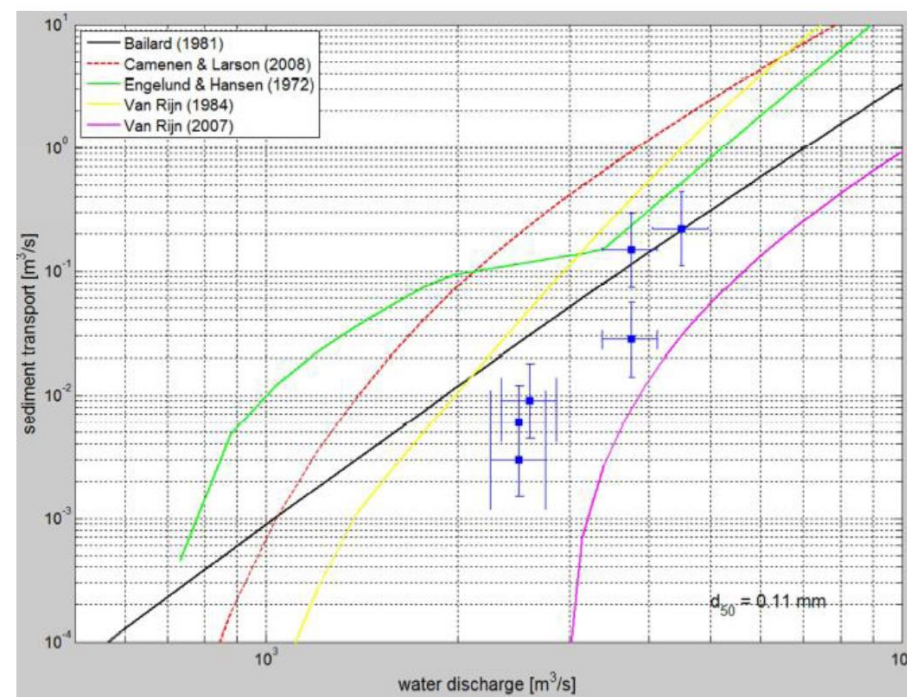


Figure 24.8 – Courbe de tarage sédimentaire de Barcarin et mesures sur site (crue 29/11/2012) (Henry, 2016)

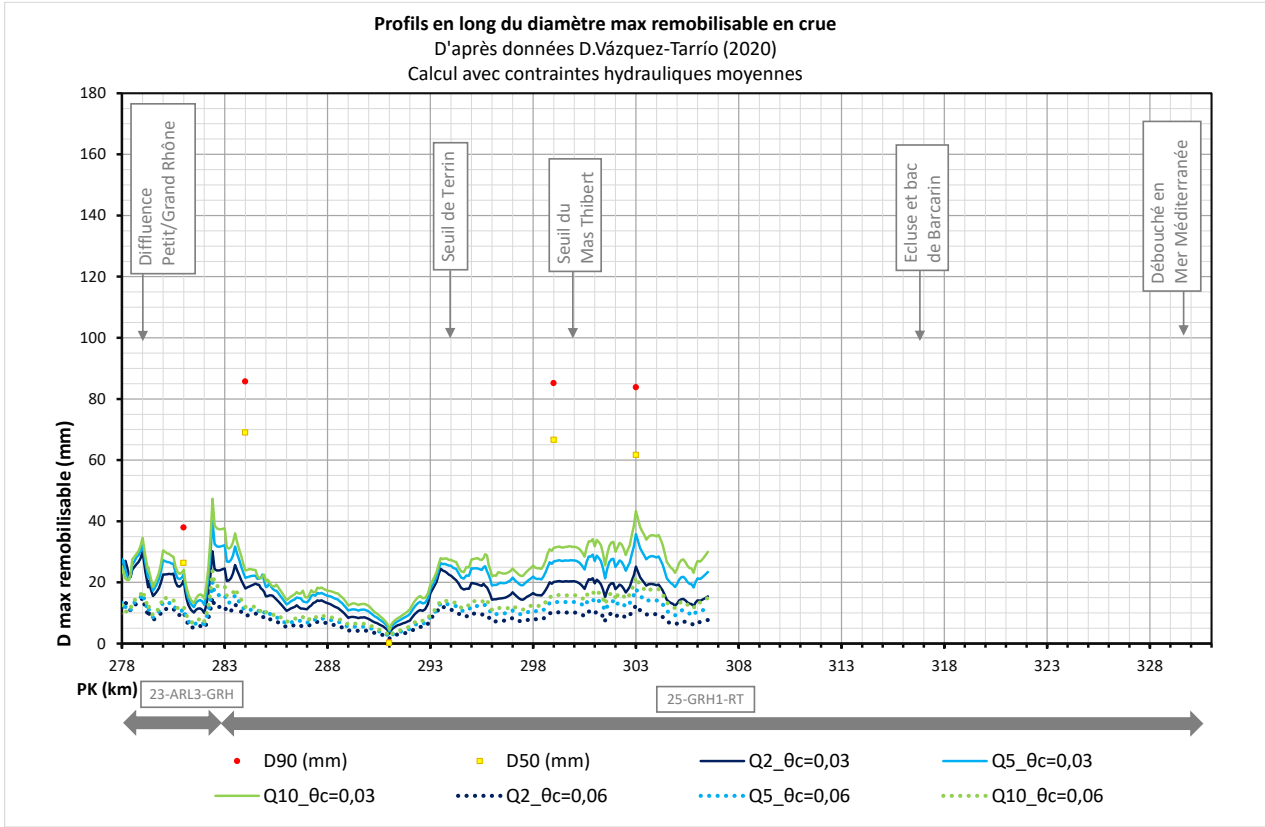


Figure 24.10 – Profil en long du diamètre maximal remobilisable (Q2, Q5, Q10)

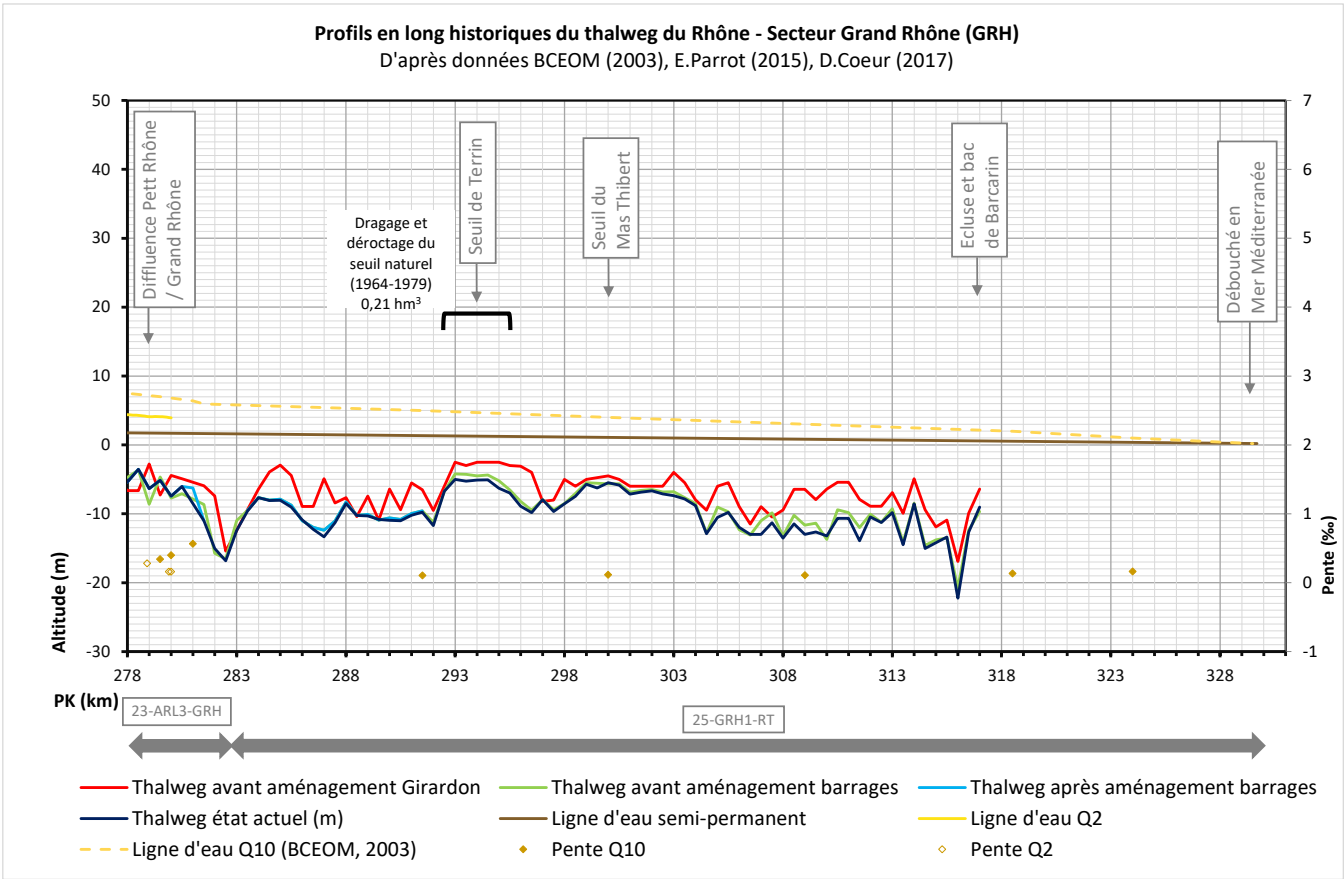


Figure 24.9 – Evolution historique du thalweg du fond du lit et pressions anthropiques

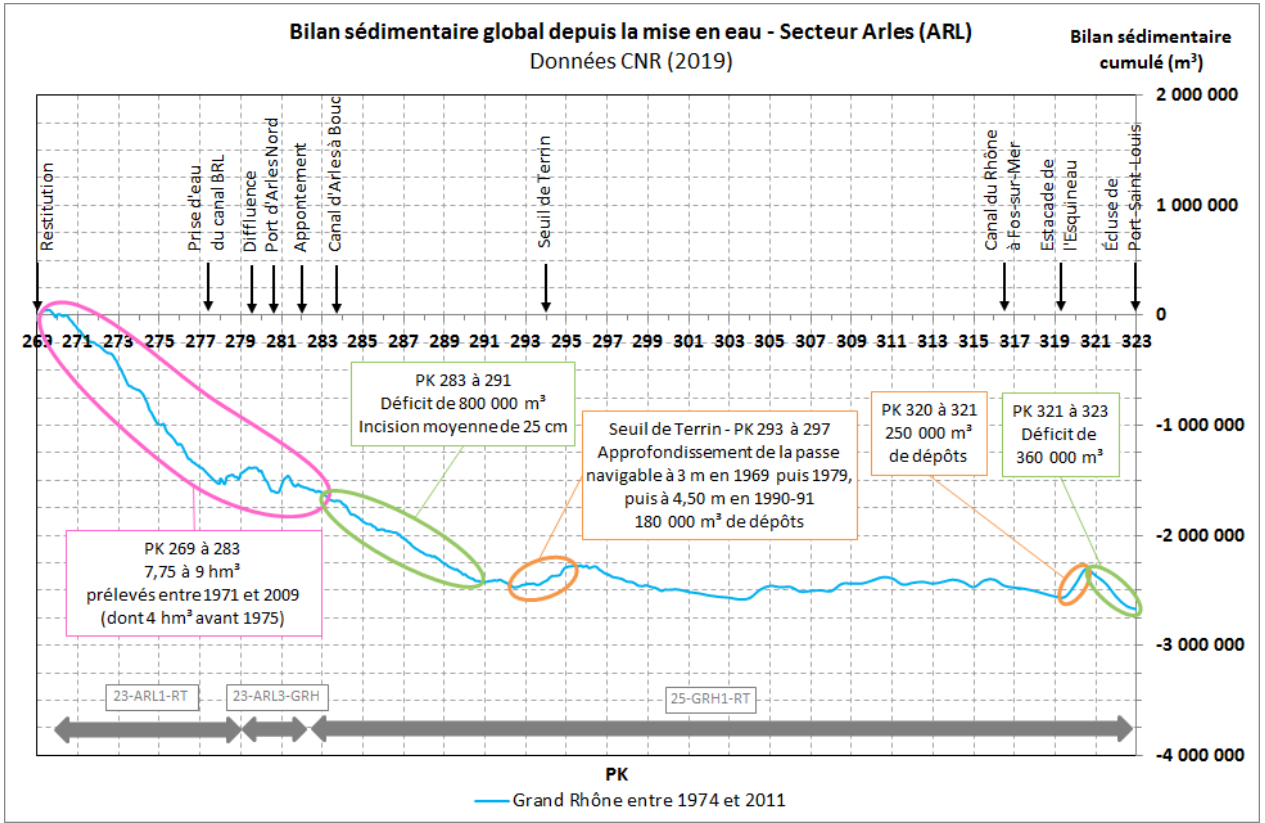
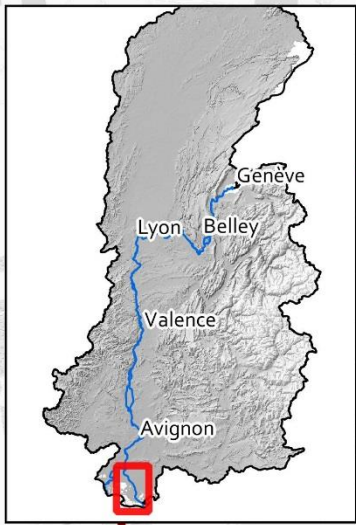


Figure 24.11 – Bilan sédimentaire sur l'UHC du Grand Rhône de 1974 à 2011 (CNR, 2019)

24C - GRH - Grand Rhône - Fonctionnement morphologique



#24-GRH1-RT
Qm = 1 530 m³/s
Q2 = 5 414 m³/s
Q10 = 7 568 m³/s
Q100 = 9 591 m³/s
pente = 0,12 ‰
charriage = 20 000 m³/an
fines = 5,4 Mt/an

Légende

Zone d'étude :

- Limite d'Unité Hydrographique Cohérente (UHC)
- Limite de la zone d'étude
- Limite de Tronçon Homogène
- Point kilométrique

Éléments hydrographiques:

- Affluents majeurs
- Affluents principaux
- Affluents secondaires
- Affluents mineurs
- Lones
- Canaux
- Contres canaux

Ouvrages et aménagements :

- Usine Hydroélectrique
- Petite Centrale Hydroélectrique (PCH)
- Ecluse
- Barrage
- Seuil
- Centrale Nucléaire
- Pont

Granulométrie (E.PARROT, 2015)

- Banc de galets (OSR)
- Granulométrie de masse (dragage du fond) - D50-D90 (mm)
- Granulométrie de type Wolman (banc)
- Galet (>64mm)
- Gravier très grossier (32-64 mm)
- Gravier grossier (16-32 mm)
- Gravier moyen (8-16 mm)
- Sable grossier (0,5-1 mm)
- Sable moyen (0,25-0,5 mm)
- Sable fin (0,125-0,25 mm)
- Sable très fin (0,063-0,125 mm)
- Limon grossier (0,016-0,031 mm)
- Limon moyen (0,008-0,016 mm)
- Argile (<0,002 mm)

Tendance d'évolution du lit mineur et du chenal de navigation (DynamiqueHydro, 2018)

- Exhaussement global du lit
- Stabilité ou exhaussement limité du lit
- Stabilité du lit
- Enfoncement ou stabilité du lit
- Enfoncement global du lit
- Absence de donnée

0 2 4 6 8 km

D – ENJEUX EN ECOLOGIE AQUATIQUE (CARTE 24D)

D1 – DIAGNOSTIC DE LA QUALITE DES EAUX ET DES SEDIMENTS

Qualité physico-chimique et hydrobiologique de l'eau

A notre connaissance, il n'existe aucune station de mesure pérenne de la qualité de l'eau et/ou des sédiments au sein de l'UHC#24 du Grand Rhône. Il convient de préciser que le Grand Rhône, du moins le linéaire compris entre le seuil de Terrin et la Méditerranée, est classé au titre des masses d'eau de transition (FRDT20).

Nous présentons donc ci-dessous les résultats relatifs à la qualité de la station la plus aval sur le Rhône, à savoir celle d'Arles 2 (située en limite aval de l'UHC#23-ARL), qui fait l'objet d'un suivi régulier dans le cadre du programme de surveillance au titre de la DCE porté par différents maîtres d'ouvrage (AERMC, DREAL de bassin, AFB).

Cours d'eau	Masse d'eau	Code Masse d'eau	Station	Code station	UHC
Rhône	Le Rhône de Beaucaire au seuil de Terrin et au pont de Sylvéréal	FRDR2009	Rhône à Arles 2	06131550	23-ARL

Les résultats obtenus ces dernières années sur les différents compartiments sont synthétisés dans le tableau suivant. Les résultats sont présentés conformément à l'arrêté du 27 juillet 2015.

Cours d'eau	Station	Année	Bilan de l'oxygène	Température	Nutriments N	Nutriments P	Acidification	Polluants spécifiques	Invertébrés benthiques	Diatomées	Macrophytes	Poissons	Pressions hydromorphologiques	Potentiel écologique	Etat chimique
Rhône	Arles 2	2017	TBE	Ind	TBE	BE	TBE	BE	11 (5-22)	13,9	6,6		Moy	MOY	BE
		2016	TBE	Ind	TBE	BE	BE	BE	6 (2-16)	12,1			Moy	MOY	MAUV
		2015	TBE	Ind	TBE	BE	BE	BE	8 (4-15)	12,8	8,7	17,2	Moy	MOY	MAUV
		2014	BE	Ind	TBE	BE	BE	BE	8 (2-23)	12,8		18,9	Moy	MOY	BE
		2013	BE	Ind	BE	BE	BE	BE	5 (2-10)	15,1	8,6	19,8	Moy	MOY	MAUV
		2012	BE	Ind	BE	BE	BE	BE	12 (5-28)	12,1		16,8	Moy	MOY	BE

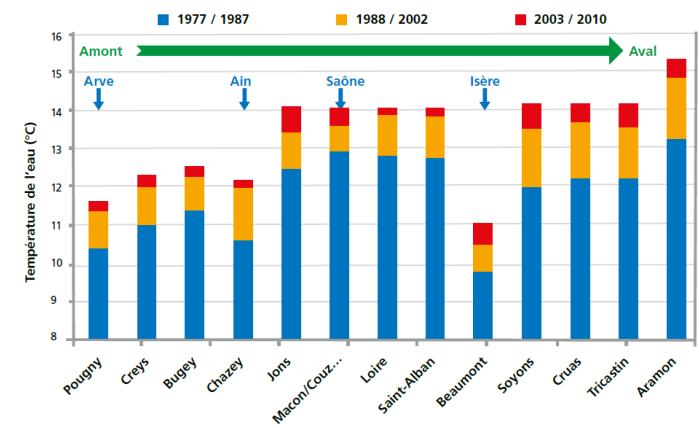
Classes d'état
Très bon Bon Moyen Médiocre Mauvais

Sur le Rhône, la qualité des eaux est mesurée au centre d'Arles, au droit du pont de Trinquetaille. A ce niveau, la qualité est globalement bonne, voire très bonne, y compris pour ce qui est des polluants spécifiques de l'état écologique (PSEE). Les éléments physicochimiques soutenant la biologie (bilan de l'oxygène, nutriments azotés, acidification) montrent même une tendance à l'amélioration, passant de l'état bon à très bon, exception faite des nutriments phosphorés, qui restent bon sur l'ensemble de la chronique, dénotant d'un enrichissement du milieu. A l'inverse, l'état chimique présente régulièrement des déclassements en état mauvais, conséquence de la présence en concentrations (trop) élevées de HAP (Benzo(b)fluoranthène, Benzo(g,h)pérylène) ainsi que de mercure.

Le potentiel écologique est jugé moyen, conséquence des actions qui peuvent encore être mises en œuvre afin d'améliorer le fonctionnement écologique du Rhône sur ce secteur aval. Les pressions hydromorphologiques sont également jugées « moyennes ». Les indices biologiques qui ont été mis en œuvre sont concordants avec ce diagnostic, la majorité d'entre eux étant le reflet d'une qualité biologique « moyenne » (poissons et macrophytes). Les invertébrés benthiques semblent cependant montrer des signes de perturbation plus importants (valeur de l'IBGN de 5/20 en 2013 et de 6/20 en 2016), en lien avec la rareté des taxons les plus polluo-sensibles (GFI compris entre 2 et 5), mais aussi une faible diversité taxonomique.

A noter que, outre la difficulté d'échantillonner un milieu aux dimensions aussi importantes que le Rhône au droit d'Arles, les indices biologiques « dulçaquicoles » sont ici en limite d'application du fait de la proximité de la mer, et donc de l'intrusion des espèces amphihalines et/ou supportant des niveaux de salinité de plus en plus élevés (euryhalines) au fur et à mesure que l'on se rapproche de la Méditerranée.

Thermie



La température moyenne du Rhône au niveau de l'UHC 23-ARL (localisée à l'aval de la station la plus aval, Aramon, sur la figure ci-contre) a connu, comme tous les autres secteurs du Rhône, une augmentation qui dépasse 2,1°C environ, l'essentiel de l'augmentation étant survenue entre 1988 et 2002. Au final, l'UHC 23-ARL se situe à l'aval de la large portion du Rhône (de Jons à Tricastin, Figure 24.12), homogène d'un point de vue thermique. Au niveau de cette extrémité aval du Rhône, les valeurs journalières les plus chaudes (q99%, i.e. valeur dépassée moins de 4j/an) dépassent les 24°C.

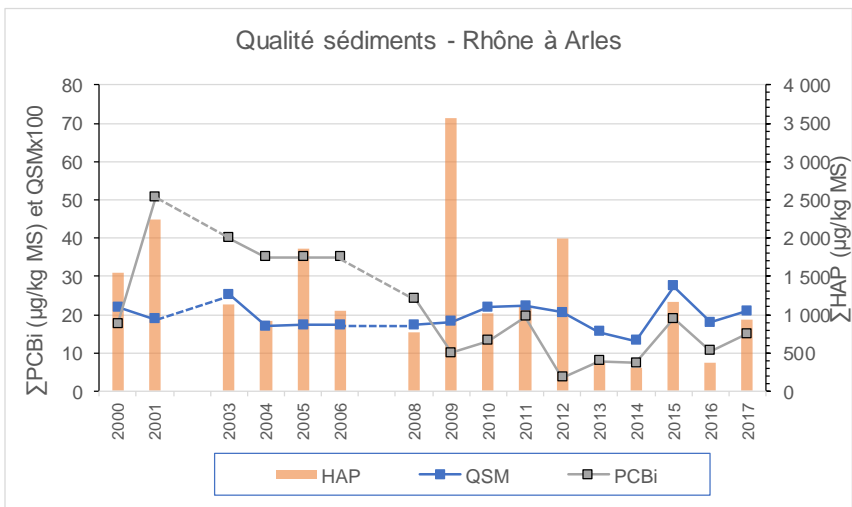
Figure 24.12 – Caractéristiques du régime thermique du Rhône

Source : EDF (2014) Etude Thermique Rhône – Phase 4 – Lot 5

Qualité des sédiments

Pour les sédiments, le constat est identique : absence de mesures régulières dans l'UHC.

Ce sont donc les données recueillies au niveau de la station Arles 2 (située en limite aval de l'UHC#23-ARL) qui sont présentées, ces dernières étant issues du réseau de mesures mis en place au titre du programme de surveillance dans le cadre de la DCE. Au niveau du Rhône (23-ARL1-RT), la qualité des sédiments apparaît globalement moyenne, même si la valeur du QSM flirte régulièrement avec la limite de la meilleure classe d'indice de ce paramètre. Parmi les huit micropolluants métalliques pris en compte dans le QSM, et sur l'ensemble de la chronique, aucun ne dépasse le seuil S1 de l'arrêté du 9 août 2006. Concernant les PCB_i, les concentrations sont bien orientées à la baisse, même si l'on note une certaine stabilité, voire une légère remontée des valeurs depuis 2012. Pour les HAP, les teneurs mesurées sont également globalement orientées à la baisse et les concentrations mesurées ces dernières années sont faibles.



Station	Paramètres	Année															
		2000	2001	2003	2004	2005	2006	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Rhône (Arles 2)	QSM (<0,1 / <0,5)	0,22	0,19	0,25	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	0,22	0,22	0,21	0,16	0,13	0,27	0,18	0,21
	Seuil HAP (22 800 µg/kg)	1 550	2 244	1 125	910	1 861	1 052	776	3 567	1 015	1 108	1 999	390	305	1 166	379	937
	Seuils PCB _i (10 et 60 µg/kg)	17,5	50,5	40,0	35,0	35,0	35,0	24,2	10,0	13,2	19,4	3,5	7,8	7,4	18,9	10,5	15,0

QSM
QSM < 0,1
0,1 < QSM < 0,5
0,5 < QSM

HAP
< 22 800 µg/kg
> 22 800 µg/kg

PCB_i
< 10 µg/kg
10 < [PCB_i] < 60
> 60 µg/kg

Figure 24.13 – Qualité des sédiments de la station du Rhône à Arles

D2 – ELEMENTS DE DIAGNOSTIC DE LA FAUNE AQUATIQUE

Peuplements piscicoles attendus/observés dans le chenal (ARL1)

Comme mentionné précédemment, il n'existe aucune station assurant un suivi régulier du peuplement de poissons au sein de cette UHC ; pour néanmoins en donner un aperçu, les données de la station d'Arles 2, située à l'amont immédiat de l'UHC sont présentées ci-après. Elles sont complétées par les résultats de campagnes d'échantillonnage menées par l'INRAE à l'aide de petits chaluts à perche, à proximité de l'embouchure du Rhône.

La station « Arles 2 » se développe sur un linéaire d'environ 2,7 km dont le pont de Trinquetaille constitue la limite aval (pK282.5), soit à l'aval immédiat de la difffluence du Petit-Rhône et en amont immédiat de l'UHC#24 du Grand Rhône.

L'IPR prévoit la présence d'un total de 15 espèces (± 2 espèces) ; les campagnes menées entre 2007 et 2015 font état de la capture de 25 espèces, y compris les sept espèces non prises en compte par l'IPR (encadrées sur la figure ci-après).

La richesse spécifique observée tombe à 17 unités en supprimant les espèces « rares » (< 7 individus soit 0,25% du total des captures) et en conservant cinq espèces non intégrées à l'IPR. De ce fait, cette diversité spécifique observée est relativement cohérente avec celle « attendue » par l'IPR. Néanmoins, à l'échelle spécifique, des distorsions apparaissent ; en effet, dans cet inventaire, on peut distinguer :

- les espèces attendues par l'IPR et bien capturées : anguille (qui profite sur ce secteur de la bonne continuité avec la mer Méditerranée), ablette, gardon, chevesne, brèmes, goujon, barbeau, carpe, hotu ;
- les espèces attendues et a priori en sous-effectif, voire absentes (en gras) : perche commune et perche-soleil (raisons ?), sandre et carpe commune (capture difficile), spirin (vitesse de courant trop faible), **vandoise** et **blageon** (probabilités de présence sur-estimées), **poisson-chat** (épizootie), **tanche** (absence de supports de ponte ?) ;
- les espèces peu ou non-attendues : rotengle, loche franche et, bouvière principalement qui profitent probablement du ralentissement des écoulements, voire de la présence des annexes hydrauliques tels que les casiers Girardon en eau (voir ci-après). A noter également dans cette catégorie, le bar commun, l'athérine et le(s) mullet(s), tout à fait à leur place dans ce peuplement, mais non pris en compte dans l'IPR ; il s'agit d'espèces euryhalines (*i.e.* qui supportent d'importantes variations de la salinité) et dont la présence est liée à la proximité de la mer Méditerranée (et de sa bonne connexion avec le Rhône, au moins jusqu'à ce niveau)
- les espèces allochtones potentiellement invasives : carassins (potentiellement deux espèces), pseudorasbora, gambusie et silure.

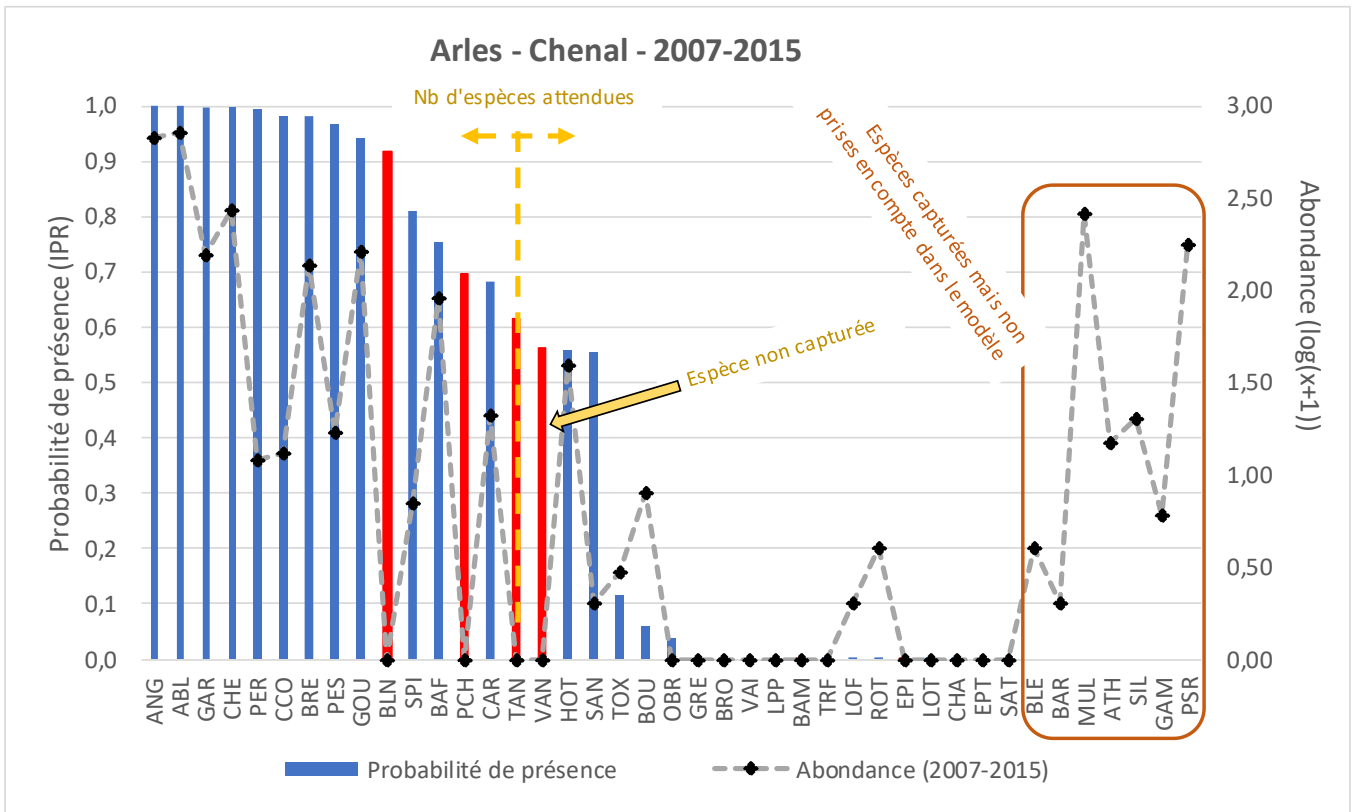


Figure 24.14 – Probabilité de présence et importance relative des espèces de poissons du Rhône
Station du chenal du Rhône à Arles (source : OFB)

Lien avec le fonctionnement sédimentaire

Les espèces qui utilisent (uniquement) les substrats minéraux comme support de ponte – espèces lithophiles (support de ponte graveleux) et espèces psammophiles (support de ponte sableux) – ont été analysées afin de mettre en évidence d'éventuelles relations avec le fonctionnement sédimentaire.

Au niveau du Rhône total au droit d'Arles, et à l'échelle de la chronique étudiée (2010-2017 sachant que les données de la station d'Arles correspondent aux années 2011 à 2015), les deux catégories présentent des situations contrastées. Les lithophiles représentent entre 9,5% et 16,5% du peuplement échantillonné, valeur relativement stable sur les cinq années de mesure, et (très) faible en regard des résultats obtenus sur les autres secteurs du Rhône (Figure 24.15). Ce résultat est cohérent cependant avec les caractéristiques du Rhône à ce niveau, relativement pauvre en éléments grossiers (fonctionnels) et la dominance des substrats fins (sables, limons) du fait des conditions favorables à la sédimentation.

Pour ce qui est des psammophiles, leur importance relative est également limitée, comprise entre 4,8 et 12,7%, valeur qui a connu une baisse importante entre 2011 et 2012 (divisé par 3), et semble s'être stabilisée depuis, voire amorce une légère remontée sur la dernière année disponible (2015). En regard des résultats obtenus au niveau des autres stations du Rhône l'abondance relative des psammophiles peut être qualifiée de moyenne à faible, plus faible cependant que sur les deux secteurs adjacents (Aramon et Petit Rhône à St Gilles).

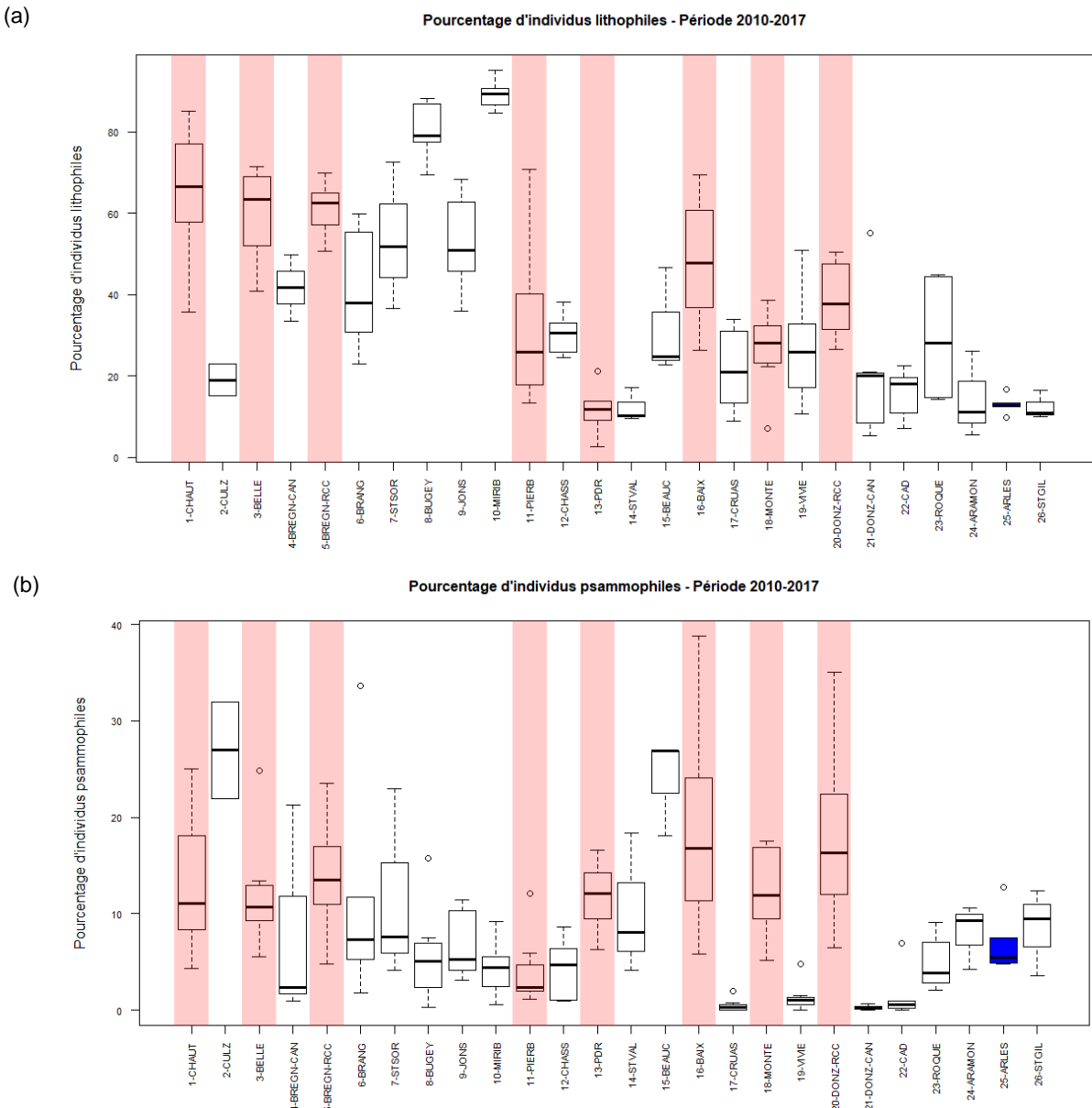


Figure 24.15 – Importance relative des espèces lithophiles (a) et psammophiles (b) à l'échelle du Rhône
(Sources : RhonEco, AFB et Irstea) – Surlignées en rose les stations situées au sein des RCC

Peuplements au niveau de l’embouchure du Rhône

Comme mentionné précédemment, nous avons pu obtenir les résultats de campagnes d’échantillonnages réalisées par l’INRAe sous forme de traits de chaluts associés à la mise en place de filets verveux, menés sur l’extrémité aval du Rhône. La localisation du secteur échantillonné est donnée à la .

Sur la base des trois campagnes disponibles (octobre 2006, octobre 2010 et juin 2011), le nombre de taxons capturé est relativement important (n=55) mais regroupe tout à la fois des « poissons », des crustacés (crevettes, crabes, ...) ainsi que des céphalopodes (e.g. seiches).

De ce fait, le peuplement est largement dominé par les espèces marines, même si on relève la présence d’espèces dulçaquicoles comme les deux espèces de brèmes, le barbeau, le goujon, ou encore le sandre.

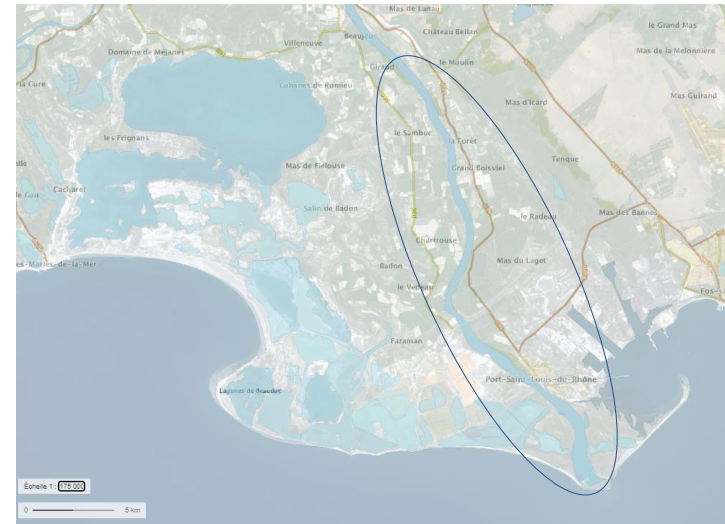
On note également la présence de plusieurs espèces amphihalines au caractère patrimonial marqué telles que l’anguille ou encore l’alose.

Les effectifs capturés restent globalement faibles, dénotant de la difficulté d’échantillonner un milieu aussi vaste.

Annexes

A notre connaissance, il n’existe pas de données concernant des annexes, notamment sur la principale îlone du linéaire qui est la îlone de l’île des Pilotes (PK309 à PK312).

Espèce		2006	2010	2011	Total espèce
Brème commune	<i>Abramis brama</i>	12			12
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>			1	1
Alose du Rhône	<i>Alosa fallax</i>	1			1
Anguille	<i>Anguilla anguilla</i>	17		1	18
Apogon	<i>Apogon imberbis</i>		1		1
Fausse limande	<i>Arnoglossus laterna</i>		12		12
Athérine, Joël	<i>Atherina boyeri</i>		3		2
Prêtre, Joël	<i>Atherina presbyter</i>	2	2		2
Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i>	4			4
Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i>	5			5
Rombou	<i>Bothus podas</i>		3		3
Crabe	<i>Brachyura</i>		1	5	6
Petite sole jaune	<i>Buglossidium luteum</i>	1	10		11
Dragonnet de Risso	<i>Callionymus risso</i>		11		11
Crabe vert (enragé)	<i>Carcinus maenas</i>	7	1		8
Grondin perlon	<i>Chelidonichthys lucernus</i>		1		1
Crevette grise	<i>Crangon crangon</i>	35	5	9	49
Bar commun	<i>Dicentrarchus labrax</i>	2			2
Sparillon	<i>Diplodus annularis</i>		1		1
Anchois commun	<i>Engraulis encrasicolus</i>	2	3		5
Bernard l'ermite	<i>Eupagurus bernhardus</i>		1		1
Motelle commune	<i>Gaidropsarus vulgaris</i>		1		1
Gobies	<i>Gobiidae</i>	30	1		31
Goujon	<i>Gobio gobio</i>	7			7
Gobie à joues poreuses	<i>Gobius geniporus</i>	1			1
Gobie noire	<i>Gobius niger</i>		4		4
Hippocampe à nez court	<i>Hippocampus hippocampus</i>		3		3
Etrille	<i>Liocarcinus</i>		3		3
Mulet porc	<i>Liza ramada</i>	1			1
Calmar	<i>Loligo</i>		6		6
Macropode à rostre	<i>Macropodia rostrata</i>		8		8
Rouget-barbet	<i>Mullus surmuletus</i>		10		10
Grapse marbré	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	1			1
Crevette	<i>Palaemon</i>		1		1
Crevette blanche	<i>Palaemon longirostris</i>		1		1
Crevette bouquet	<i>Palaemon serratus</i>		1		1
Crevette	<i>Palaemonidae</i>	17			17
Crevette japonaise	<i>Penaeus japonicus</i>	2			2
Crevette caramote	<i>Penaeus kerathurus</i>		3		3
Crabe	<i>Planes minutus</i>	1			1
Flet commun	<i>Platichthys flesus</i>	9		3	12
Gobie tacheté	<i>Pomatoschistus microps</i>			8	8
Gobie des sables	<i>Pomatoschistus minutus</i>	7	11	11	29
Raie bouclée	<i>Raja clavata</i>		2		2
Sandre	<i>Sander lucioperca</i>	4			4
Sardine	<i>Sardina pilchardus</i>		1		1
Sépiole (seiche)	<i>Sepiola</i>		4	1	5
Sépiole d'Atlantique	<i>Sepiola atlantica</i>		1		1
Serran hépate	<i>Serranus hepatus</i>		1		1
Sole commune	<i>Solea solea</i>	11	1	4	16
Dorade royale	<i>Sparus aurata</i>		2		2
Sole tachetée	<i>Synapturichthys kleinii</i>		4		4
Torpille ocelée	<i>Torpedo torpedo</i>		2		2
Chinchard	<i>Trachurus trachurus</i>	2	7		9
Capelan	<i>Trisopterus minutus</i>		1		1
Total Annuel		181	134	43	355



Secteur échantillonné par l’INRAe entre 2006 et 2011 pour les peuplements piscicoles dans le cadre de la mise en œuvre de la DCE sur les masses d’eau de transition (source : M. Lepage, INRAe, extrait de la base de données POMET)

D3 – CONTINUITE ECOLOGIQUE ET RESERVOIRS BIOLOGIQUES

Au sein de cette UHC, il n’existe aucun obstacle vis-à-vis de la continuité écologique et les conditions de déplacement sont préservées notamment vers l’aval, jusqu’à la Méditerranée. Ces conditions permettent d’expliquer notamment la présence de l’anguille et de l’alose (migrateurs amphihalins), et la présence d’espèces euryhalines (i.e. qui supportent de larges variations de la salinité).

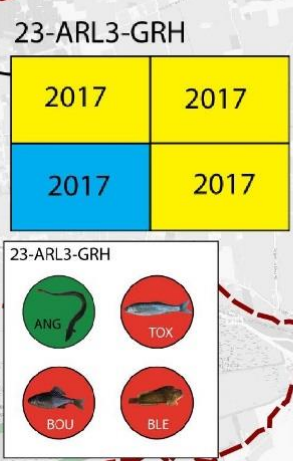
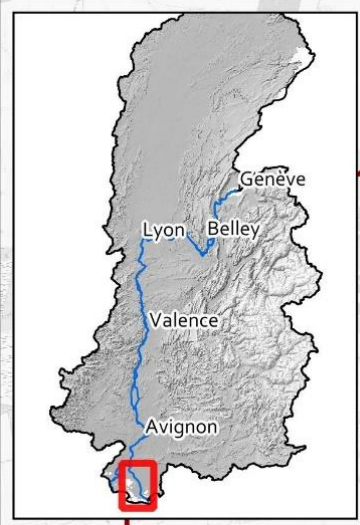
En progressant vers l’amont, les poissons rencontrent plusieurs obstacles dont les premiers ont été aménagés afin de faciliter le franchissement. C’est notamment le cas du premier d’entre eux, à savoir l’usine-écluse de Beaucaire, qui constituait un obstacle majeur vis-à-vis du déplacement des poissons du fait d’une hauteur de chute supérieure à 10m. Des manœuvres spécifiques de l’écluse, réalisées entre mars et juin, associées à celles réalisées lors du passage des bateaux, permettent en théorie le franchissement via le canal usinier. Des éclusées « poissons » sont également réalisées de nuit depuis 2011 afin de favoriser le passage des espèces aux mœurs plus nocturnes (anguille, lamproie marine). En 2005-2006, la CNR a fait installer deux passes-piège au niveau de cet aménagement et destinées à permettre la remontée des anguilles ; installations qui ont été modifiées en 2016-2017 afin notamment d’augmenter la capacité d’accueil des bacs de piégeage. Le suivi mis en place est considéré comme opérationnel et fiable depuis 2008 ; depuis cette date, environ 250 000 anguilles sont capturées en moyenne chaque année, les extrêmes allant de 3 600 individus (2009) à 416 000 (2015). Les variations étant globalement liées au recrutement en civelles l’année précédente, et l’hydrologie du Rhône l’année de la remontée. La majorité des captures est représentée par des individus de petite taille (< 15 cm).

Les poissons remontant par le RCC de Beaucaire sont bloqués par le barrage infranchissable de Vallabrègues, non équipé. Si l’hydrologie est favorable (débit soutenue du Gardon, surverse au barrage de Beaucaire), les poissons peuvent néanmoins s’engager dans le Gardon, suite à l’aménagement du seuil de Comps (2011), et sous réserve de franchir le seuil de Beaucaire, qui ferme l’extrémité aval du RCC

Aucun affluent important ne vient rejoindre le Rhône au sein de cette UHC qui recèle cependant un certain nombre de canaux, dont l’alimentation est contrôlée le plus souvent par un système de vannages.

De la même façon, il n’existe aucun **réservoir biologique** dans le périmètre de cette UHC.

24 D - GRH - Aménagement du Grand Rhône - Ecologie aquatique



Légende

Sectorisation étude

- Limite Unité Hydrographique Cohérente (UHC)
- - - Limite de zone d'étude

Ouvrages

- Petite Centrale Hydroélectrique
- Usine hydroélectrique
- ◆ Ecluse
- Barrage
- ▼ Site nucléaire

Hydrographie

- Chenal en eau du Rhône
- Aff. Majeur
- Aff. Principaux
- Aff. Secondaire
- Lônes
- ◆ Point kilométrique

Continuité écologique

- ROE
- Liste 1
- Liste 2

Espèces patrimoniales

(Expertise)

- Abondante
- Intermédiaire
- Rare

Ecologie aquatique

- Réservoirs biologiques
- Frayères

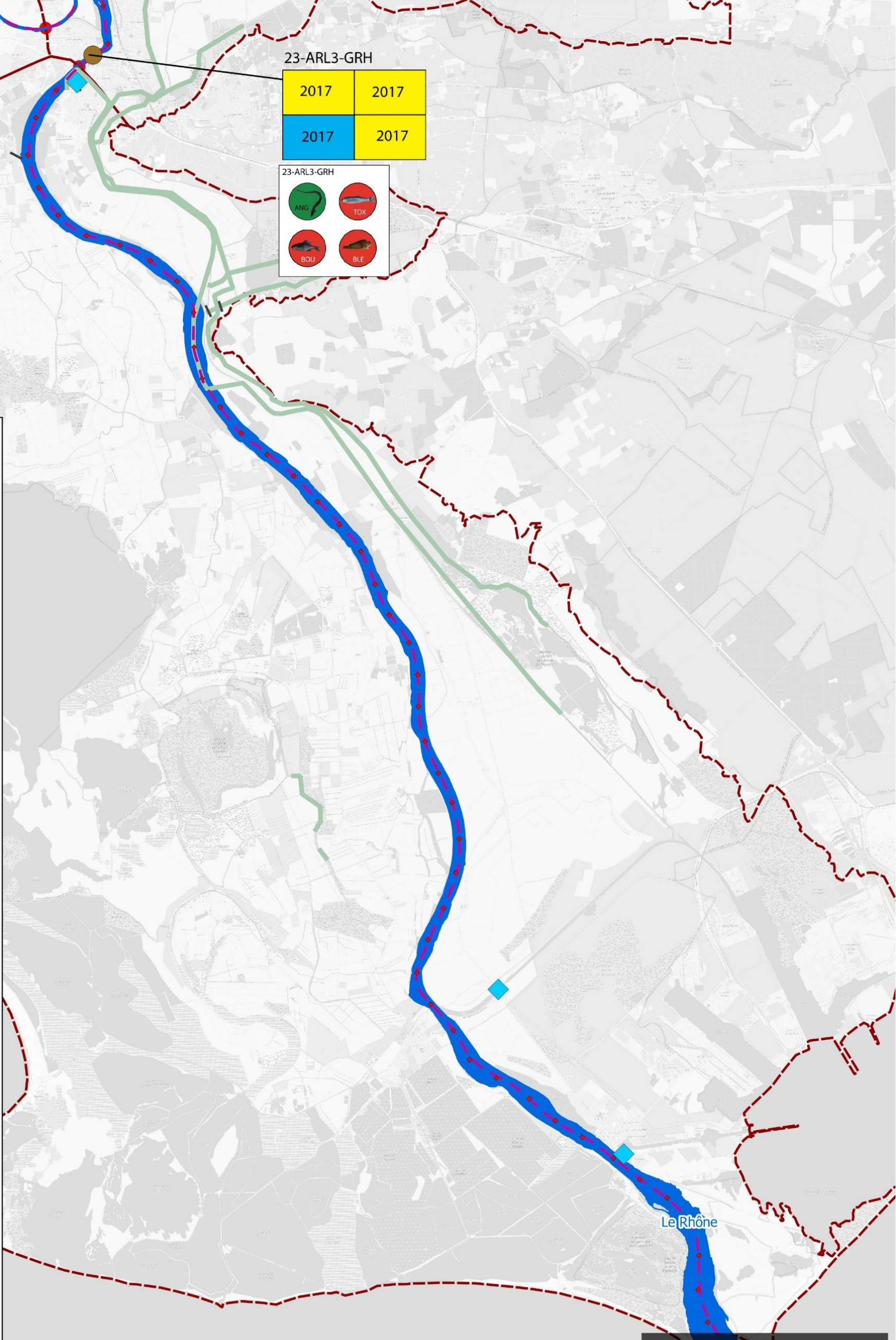
Stations AERMC

- Stations Rhône
- Stations affluents

Classes de qualité

- Très bonne
- Bonne
- Médiocre
- Moyenne
- Mauvaise
- Indéterminée

Etat/Pot Eco	IPR
Etat Chim	QSM



UHC#25 - GRH
Source : BD Alti/GeoFla/Carthage/OSR
Réalisation : Aralep (2021)
Echelle : 1/110000e
Projection : RGF - Lambert 93

ARALEP
Ecologie des Eaux Douces



E – ENJEUX EN ECOLOGIE DES MILIEUX HUMIDES ET TERRESTRES (CARTES 24E1 ET 24E2)

E1 – PRESENTATION GENERALE

Le Grand Rhône et ses abords présentent une grande richesse écologique, notamment plusieurs habitats naturels et espèces d'intérêt communautaire. Il s'inscrit dans le Delta du Rhône, soumis à l'influence marine à des degrés divers et d'autres facteurs déterminants (eau, topographie et pédologie). Aussi, bien que cette variabilité topographique et hydraulique ait nettement régressé depuis les aménagements du delta (endiguement du fleuve, digue à la mer, enrochements littoraux...), cette variabilité s'exprime encore à travers la micro-topographie et l'hydrographie souterraine à l'origine de la diversité des formations végétales et donc, des habitats d'intérêt communautaire.

Le delta de Camargue est une vaste plaine alluviale parsemée d'étangs et de lagunes. Elle s'est formée à l'issue de la dernière glaciation quaternaire (Würm). Le delta de Camargue constitue une zone humide d'importance internationale qui abrite une grande diversité d'habitats littoraux et d'espèces d'intérêt communautaire. Les groupements végétaux sont agencés en une mosaïque complexe, déterminée essentiellement par la présence et l'abondance de l'eau et du sel. Ils se déclinent en communautés halophiles et halonitrophiles, prés salés méditerranéens, steppes salées, dunes, étangs eutrophes, mattoraux à Genévrier de Phénicie. Certains habitats d'intérêt communautaire sont particulièrement bien représentés, tels que les sansouïres et les lagunes.

Grâce à la préservation de certains secteurs, de larges portions du fleuve sont utilisées par des espèces remarquables, notamment par le Castor d'Europe et diverses espèces de poissons. L'axe fluvial assure un rôle fonctionnel important pour la faune et la flore : fonction de corridor (déplacement des espèces telles que les poissons migrateurs), fonction de diversification (mélange d'espèces montagnardes et méditerranéennes) et fonction de refuge (milieux naturels relictuels permettant la survie de nombreuses espèces). Les berges sont caractérisées par des ripisylves en bon état de conservation, et localement très matures (présence du tilleul). La flore est illustrée par la présence d'espèces tempérées en limite d'aire, d'espèces méditerranéennes et d'espèces naturalisées. Les principales menaces du site sont d'une part le défrichement de la ripisylve, d'autre part l'eutrophisation des lînes et l'invasion d'espèces d'affinités tropicales : Jacinthe d'eau, Laitue ou salade d'eau, Jussies, et Amorphe faux-indigo au sein des ripisylves.

Le delta de Camargue revêt également une importance internationale pour la reproduction, l'hivernage et la migration de nombreuses espèces d'oiseaux. Près de 370 espèces fréquentent le site, dont plus de 80 espèces d'intérêt communautaire. Cette richesse exceptionnelle est liée à la position géographique du delta (zone côtière méditerranéenne, au carrefour d'axes migratoires) mais également à l'originalité de certains milieux naturels (lagunes, marais, roselières, sansouïres, dunes...) et à leur grande étendue spatiale et grande diversité (regroupant l'ensemble des grands habitats d'espèces présentés ci-avant). La Camargue accueille chaque hiver des milliers d'oiseaux d'eau, notamment des canards (100 000 à 150 000 individus) et des foulques (30 000 individus). C'est une zone très importante comme étape migratoire automnale et printanière.

Fragile paradis situé dans le cœur du Parc naturel régional de Camargue, la Réserve naturelle nationale du même nom fait partie des plus grandes réserves de zones humides d'Europe. Son originalité et son intérêt patrimonial international résident dans la diversité de ses habitats et des espèces qui forment l'un des plus grands centres migratoires d'Europe. Organisée autour du système de Vaccarès, elle est un refuge pour nombre d'animaux mais aussi pour la végétation qui peut évoluer à l'abri dans toute la partie nord du site. Elle est entièrement colonisée par un peuplement de Potamogeton qui tend à envahir les étangs au nord. La partie méridionale est formée d'étangs d'eau saumâtre, dont la salinité augmente dès qu'on s'approche de la mer, et de langues de terres sablonneuses constamment remodelées par les forts vents dominants (mistral et marin). La couverture végétale de ces terres émergées est composée d'une mosaïque d'associations psammophiles ou halophiles.

Au cœur de la Camargue, en symétrie des marais du Vigueirat par rapport au Grand Rhône, la réserve régionale de la Tour du Valat s'étend sur plus de 1 800 ha. Les milieux protégés comprennent les marais temporaires, les montilles mais aussi de grandes étendues de sansouïres. Le site est localisé dans la partie fluvio-lacustre de la moyenne Camargue. Elle a été formée par un ancien cordon littoral et par d'anciens méandres du Rhône encore visibles sur certains marais longilignes (comme le Rhône d'Ulmet qui n'est plus fonctionnel depuis le 15^{ème} siècle). L'endiguement successif du Rhône, ainsi que les extractions en amont, ont fortement modifié le fonctionnement hydromorphologique et ont favorisé la stabilisation des milieux, aux dépens des zones de divagation et de formations de milieux pionniers qui composaient l'espace alluvial jusqu'au milieu du 19^{ème} siècle. Les nombreuses infrastructures hydrauliques établies au fil du temps pour drainer et irriguer le delta (100 km de canaux sur le site) impactent le fonctionnement des écosystèmes mais remplacent aussi les anciennes divagations du fleuve en apportant de l'eau douce. Les milieux présents sont les marais temporaires, semi-permanents ou permanents, les sansouïres et prés salés, les montilles (pelouses sèches) et les boisements. Les habitats d'intérêt communautaire représentent 87 % de la superficie de la réserve.

A l'interface entre le delta de Camargue, la plaine de la Crau et la chaîne des Alpilles se trouve le Marais de la vallée des Baux. L'un de ses principaux intérêts réside dans la diversité et l'étendue des milieux aquatiques présents. Parmi ceux-ci, on relèvera les superficies remarquables de marais à marisques et de roselières. Plusieurs habitats présentent un intérêt particulier pour la faune invertébrée et la flore : les mares temporaires méditerranéennes, les sources oligotrophes basiques, les eaux oligo-mésotrophes calcaires. L'intérêt biologique du site réside également en la présence d'espèces animales devenues rares (ex. : Cistude d'Europe), la présence d'espèces végétales rares en région méditerranéenne (Gentiane des marais, Thélyptérisme des marais) et la seule station française d'une espèce de plante (Germandrée de Crau). Le site est d'autre part très important pour l'avifaune, avec la présence d'espèces menacées mondialement (Aigle criard, Faucon crécerellette) ou au niveau communautaire (Butor étoilé, Ibis falcinelle, Aigle de Bonelli, Vautour percnoptère, Ganga cata, Glaréole à collier, etc.).

Les marais entre Crau et Grand Rhône sont de vastes zones humides à l'interface entre la Camargue et la Crau, mosaïques de milieux allant des plus salés (sansouïre) aux plus doux (phragmites). Certains sont représentatifs des milieux de la Camargue fluvio-lacustre, d'autres sont caractéristiques de la zone charnière entre la Camargue et la plaine steppique de la Crau. On note de vastes superficies de roselières. Ce site présente, comme le reste de la Camargue, un fort intérêt pour l'avifaune, avec plus de 300 espèces recensées, dont 60 d'intérêt communautaire. On note plusieurs points de vulnérabilité de ces marais : une pollution des eaux et des sols (industries voisines, intrants agricoles, insecticides, plomb...) ; expansion d'espèces végétales introduites ; une surfréquentation de certains secteurs sensibles. Du fait du caractère industriel à fort développement de ses abords (zone industriel-portuaire de Fos), le site est concerné par divers aménagements existants ou en projet (canaux, voiries, lignes électriques, éoliennes, etc.), devant s'inscrire dans une logique de développement durable.

En quelques chiffres : Habitats et espèces remarquables et patrimoniaux en lien avec l'écosystème Rhône :

- Habitats naturels : 27
- Habitats d'intérêt communautaire : 34
- Chiroptères : 10
- Mammifères terrestres : 6
- Amphibiens : 9
- Oiseaux : 143
- Odonates : 19
- Lépidoptères : 4
- Coléoptères : 1
- Reptiles : 3
- Mollusques : 0
- Plantes : 150
- Superficie UHC : 72 883 ha

E2 – INVENTAIRE ET STATUT DE PROTECTION DES MILIEUX NATURELS

Les sites naturels recensés à un inventaire du patrimoine naturel ou disposant d'un statut de protection sur le secteur de l'UHC du Grand Rhône sont nombreux et détaillés ici. La patrimonialité des milieux de cette unité se traduit par une superposition des périmètres d'inventaire, de protection. Certains des secteurs les plus remarquables bénéficient d'un statut de protection, réserve régionale, réserve nationale ou réserve de biosphère. On note ainsi 4 sites avec statut de réserve, une labellisation RAMSAR, un parc régional, 3 arrêtés de protection de biotope, 5 sites Natura 2000 et 13 ZNIEFF de type I sur les milieux les plus intéressants. La majorité de ces périmètres mettent en valeur le lien fort entre les activités humaines traditionnelles pratiquées et la préservation des milieux naturels et des paysages de la Camargue gardoise, caractéristique majeure du territoire.

Zonages	Identifiant national	Nom du site
Réserve de Biosphère (RBIO)	FR6400003	Camargue
Réserve naturelle nationale (RNN)	FR3600022	Réserve Naturelle Nationale de Camargue
	FR3600175	Réserve Naturelle Nationale des marais du Vigueirat
Réserve naturelle régionale (RNR)	FR3700001	Tour du Valat
Site RAMSAR	FR7200006	Camargue
Arrêtés de Protection de Biotope	FR3800845	Pointe de Beauduc
	FR3800730	Grands Paluds-Gonon
	FR3800729	Poste de Feuillane
Sites Natura 2000	FR9310019	ZPS – Camargue
	FR9312001	ZPS – Marais entre Crau et Grand Rhône
	FR9301590	ZSC – Le Rhône aval
	FR9301592	ZSC – Camargue
	FR9301569	Marais de la vallée des Baux et Marais d'Arles
ZNIEFF de type I	930012410	Marais de Meyranne et des Chanoines
	930012412	Dépression du Vigueirat – marais des Costières de Crau
	930012418	Etangs des Salins – pointe de Beauduc
	930012420	They de la Palissade
	930012422	Marais de la Grand Mar, des Bruns et de la Sigoulette
	930012425	Système du Vaccarès
	930012431	Marais est du Vaccarès du Vieux Rhône au marais de Romieu

	930012432	They de la Gracieuse – They de Roustan
	930020168	Marais de l'Audience – les Grands Paluds
	930020208	Bois de Tourtoulou, de Beaujeu et d'Azegat
	930020202	Dune fluviatile de la Commanderie
	930020203	Pelouse de Beaujeu
	930020454	Crau Sèche
Parc Naturel Régional	FR8000011	Camargue

Inventaires	Surface concernée	% surface UHC
Inventaires départementaux des zones humides	56 742 ha	78%
Inventaires départementaux des pelouses sèches	347 ha	0,5%

L'UHC est bordée par plusieurs sites patrimoniaux : RNN des Coussouls de Crau, sites Natura 2000 FR9310064 « Crau » et FR9301595 « Crau centrale – Crau sèche », ZNIEFF 1 maritime : 93M000022 « Anse de Carteau ». Le fonctionnement hydrologique et écologique de ces sites étant peu lié à celui du Rhône et de sa gestion sédimentaire (ou ne concerne pas de milieux terrestres), ils n'ont pas été pris en compte dans l'analyse.

E3 – HABITATS D'INTERET ECOLOGIQUE LIES A LA GESTION SEDIMENTAIRE

La richesse exceptionnelle des habitats de cette UHC et leur répartition dépendent de quatre facteurs principaux : l'eau, le sel, la nature des sédiments et le vent. Les peuplements arborescents sont constitués de Peuplier blanc, d'orme, de Chêne pubescent, d'Alavert et de Tamaris. Cette flore souligne les venues d'eau douce en relation avec les anciens cours du Rhône. Plus près des zones salées, seuls les Alaverts et les tamaris subsistent dans la strate arborescente. Sous l'action du mistral et de l'eau, les dunes fossiles sont colonisées par un bois de Genévrier rouge (*Juniperus lycia*) et de *Phillyrea angustifolia*. Les formations caractéristiques des eaux plus ou moins saumâtres sont omniprésentes (*Salicornetum fruticosae*, *Salicornetum herbaceae*, *Juncion maritimi*).

Grand type d'habitat	Code Corine Biotopes	Code Natura 2000	Habitats patrimoniaux
Habitats littoraux	15.1 15.5 15.6 15.8 16.1 16.2 16.3 21 64.6	1310 1410 1420 1510 2110 2120 2190 2210 2230 2240 2250 2260 2270	<p>Les grands habitats littoraux sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les lagunes, eaux côtières saumâtres à salées, voire hypersalines, souvent issues d'anciens bras de mer envasés et isolés par un cordon de sable ou de vase. Elles intègrent les communautés végétales dominées par les Zostères et les groupements à Ruppia ; - Les salins, anciennes lagunes aménagées (étangs de pré-concentration), constituent des milieux humides artificiels de très grande superficie (10 000 ha). La gestion de l'eau pratiquée pour l'exploitation salinière est à l'origine de leur rôle écologique important. Ils forment de vastes zones d'alimentation, de repos et de reproduction pour l'avifaune, offrant en outre, un faible niveau de dérangement - Les sansouïres, étendues salées temporairement inondées (en général en hiver) sont des formations basses et broussailleuses à salicornes, soudes et pourpier marin qui recouvrent les zones exondées. Elles se subdivisent en fonction des espèces de salicornes dominantes (pérennes ou annuelles). Elles intègrent de grandes zones dépourvues de végétation (les baisses) qui s'assèchent plus ou moins tôt au printemps en fonction de leur profondeur et des précipitations et qui peuvent être considérées comme des lagunes temporaires. La dynamique naturelle des sansouïres est lente et beaucoup ont disparu depuis 50 ans. La plupart sont aujourd'hui protégées. - Les prés et steppes salés méditerranéens, formations plus sèches souvent situées en bordure des sansouïres (ou des dunes) sont dominées par les joncs mais aussi par des saladelles (on y trouve la Saladelle de Girard protégée).

Grand type d'habitat	Code Corine Biotopes	Code Natura 2000	Habitats patrimoniaux
			<p>- Sur le littoral, la large plage de sable, régulièrement recouverte par les eaux marines, est bordée par un système dunaire important, soumis aux vents violents (du nord en particulier) qui remodelent en permanence son profil. S'y succèdent plusieurs micro-habitats, allant des dunes embryonnaires côté mer qui jouent un rôle majeur dans les processus d'initiation de la dune aux dunes blanches stabilisés par les oyats, puis aux dunes fixées caractérisées par la Crucianelle maritime. En arrière-dune, une mosaïque de pelouses dunaires intègre de rares dépressions humides interdunales où affleure la lentille d'eau douce.</p> <p>- Les boisements sur dunes fossiles : ces formations se développent sur d'anciens cordons dunaires stabilisés et dont l'évolution pédologique permet l'installation progressive d'espèces arbustives puis arborées. Une nappe captive d'eau douce qui dégage la végétation de l'influence du sel favorise l'installation des espèces arborées dont le système racinaire peut être profond. On distingue deux types principaux de formations : les dunes fossiles à Genévrier de Phénicie (ex : Bois des Rièges) et les dunes fossiles à Pin Parasol (ex : Grand Radeau)</p>
Herbiers aquatiques	22.1 22.3 22.4 23.2	3260 3150 3140 3170	<p>Dans les dépressions, les roselières à Phragmites ou à Scirpes s'installent en bordure de marais doux et de mares temporaires.</p> <p>Les marais temporaires occupent des dépressions soumises à une submersion suffisamment longue pour y autoriser le développement d'une végétation aquatique ou conditionner la formation de sols hydromorphes. L'alimentation en eau se fait directement par les pluies et indirectement par les apports du bassin versant et de la nappe souterraine.</p> <p>Ces caractéristiques écologiques sont à l'origine de l'installation d'une flore spécifique composée de nombreuses espèces rares et protégées (<i>Cressa cretica</i>, <i>Lythrum tribracteatum</i>), et peuvent héberger des formations à characées et lemnacées.</p>
Bancs de graviers et grèves alluviales			Habitats qui ne sont plus représentés sur cette UHC depuis l'endiguement et la fixation du lit liés à l'incision, sauf au débouché du Grand Rhône en mer Méditerranée, et représenté par la barre d'embouchure partiellement émergée et limitée en superficie.
Pelouses sèches et alluviales	34.3 34.5	6210	<p>Les pelouses s'installent sur des terres hautes, marquées par une sécheresse estivale très accentuée pouvant s'accompagner d'une remontée de sel. Il existe pour ce type d'habitat de grandes variabilités dans les conditions écologiques (eau/salinité). Il en résulte une diversité des types de pelouses présentes en Camargue. On distingue globalement les pelouses halophiles, correspondant à des zones relativement basses et à un stade quasi climacique ; et les pelouses hautes, moins typiques des zones littorales, et qui évoluent naturellement des vers des formations plus boisées. La végétation qui compose les pelouses est essentiellement herbacée.</p> <p>Ces milieux accueillent une flore très diversifiée composée d'annuelles qui bouclent rapidement leur cycle avant les chaleurs de l'été. Les trèfles, lotus, chiendents, vesces dominent sur les pelouses hautes tandis que les saladelles, les carex et les plantains composent le cortège moins diversifié des pelouses halophiles.</p>
Prairies humides et mégaphorbiaies	37.4	6420 6510	Les prairies humides sont peu présentes sur cette UHC. Elles se rapprochent des pelouses hautes décrites précédemment, on trouve notamment quelques prairies humides méditerranéennes à grandes herbes de Molinio-Holoschoenion (6420) et pelouses maigres de fauche de basse altitude (6510).
Forêts alluviales	44.6 44.8	91F0 92D0 92A0	Les ripisylves sont des formations arborées qui se développent le long des cours d'eau et sur les terrasses alluviales associées. Il en existe actuellement des fragments en bordure du Rhône, ainsi que des vestiges correspondant aux anciens tracés du Rhône, généralement aménagés en canaux d'irrigation. 4 espèces dominent la strate haute : le peuplier blanc, l'orme champêtre, le frêne à feuilles étroites, le saule blanc. Dans les parties basses du cours du Rhône, où l'influence du sel est plus forte, des

Grand type d'habitat	Code Corine Biotopes	Code Natura 2000	Habitats patrimoniaux
			ripisylves composées de Tamaris de manière monospécifique peuvent se développer et jouer le même rôle. Les ripisylves ont fortement régressé avec la construction des digues du Rhône. Ce sont des formations qui prennent toute leur valeur écologique si elles peuvent constituer des grands ensembles en continuité, ce qui est exceptionnellement le cas aujourd'hui.
Végétations de ceinture des eaux	53.1 53.2 53.3 53.6		Les marais doux et roselières sont des formations à végétation émergente des zones semi-aquatiques et temporairement inondées. Leur niveau de salinité reste généralement faible à modéré. La submersion peut être permanente ou périodique avec une période d'assèchement plus ou moins longue. Les formations végétales sont composées d'hélophytes (phragmites, joncs, scirpes) souvent peu diversifiées et fortement dépendantes de la gestion de l'eau. Ces milieux présentent des intérêts cynégétiques et ornithologiques.

E4 – FLORE ET FAUNE REMARQUABLE

Les très nombreux sites protégés de la Camargue sont suivis régulièrement depuis longtemps et l'on dispose aujourd'hui d'une bonne connaissance des espèces de faune et de flore patrimoniales du site.

Pour la flore, rien que sur le site de la Tour du Valat, 590 espèces de plantes ont été inventoriées dont 5 sont protégées au niveau national et 13 au niveau régional. Une espèce est considérée comme vulnérable au niveau mondial, l'Etoile d'eau à nombreuses graines (*Damasonium polyspermum*). La Tour du Valat abrite également les plus fortes stations de France continentale pour la Cresse de Crête et les seules stations camarguaises de Salicaire à trois bractées.

On trouve en Camargue plusieurs plantes rares et menacées de grand intérêt botanique : *Kickxia cirrhosa*, *Doronicum plantagineum ssp. plantagineum*, *Ruppia maritima*, *Zostera noltii*, *Vincetoxicum nigrum*, *Rumex roseus*... ainsi que des plantes aquatiques très rares en France : selon étude CBN Med 2012-2013, présence avérée de *Riella helicophylla*, *Riella notarisii*, *Riella cossoniana* (première mention pour la France), *Althenia filiformis*, *Tolypella salina*...

Parmi la faune d'intérêt communautaire, l'UHC présente un intérêt particulier pour la conservation de la Cistude d'Europe (le plus important noyau de population régional), du Grand Rhinolophe (importantes colonies de reproduction) et de quelques autres espèces de chauves-souris. Le Castor d'Europe et la Loutre d'Europe sont également présents.

Mais la richesse et la responsabilité de la Camargue sont surtout en lien avec l'avifaune. Ainsi, la Camargue abrite l'unique zone de nidification française du Flamant rose, avec une colonie estimée entre 8 000 à 22 000 couples ; d'importantes colonies de laro-limicoles et de hérons arboricoles / paludicoles, souvent en effectifs d'importance nationale ; et des espèces nicheuses rarissimes ou très localisées à l'échelon national : Crabier chevelu, Grande Aigrette, Ibis falcinelle, Spatule blanche, Talève sultane, Glaréole à collier, Sterne hansel, Mouette mélanocéphale, Goéland railleur, etc. L'importance du site comme halte migratoire et site d'hivernage revêt à la Camargue un enjeu européen.

Parmi les 1 600 espèces d'invertébrés inventoriées, plusieurs présentent un intérêt patrimonial fort, une espèce d'odonate est vulnérable au niveau européen : le Leste à grands stigmas ; et une autre est inscrite en annexe II de la directive habitat, la Cordulie à corps fins. Neuf espèces d'amphibiens sont présentes dont le Pélobate cultripède. Quatorze espèces de reptiles ont été identifiées dont la Cistude d'Europe.

Grand type d'habitat	Faune remarquable	Flore remarquable
Habitats littoraux	Oiseaux : plans d'eau peu profonds, salins : site d'alimentation de nombreux échassiers, hérons, limicoles Reproduction Echasse blanche, Avocette élégante, colonie de Flamand rose Amphibiens : Pélobate cultripède	<i>Elytrigia elongata</i> , <i>Iris spuria maritima</i> , <i>Artemisia caerulescens</i> , <i>Juncus littoralis</i> , <i>Scorzonera parviflora</i> , <i>Crypsis aculeata</i> , <i>Eryngium maritimum</i> , <i>Asparagus maritimus</i> , <i>Limonium densissimum</i> , <i>Euphorbia peplis</i> , <i>Limonium girardianum</i> , <i>Crucianella maritima</i> , <i>Cynanchum acutum</i> , <i>Echinospira spinosa</i> , <i>Pseudorlaya pumila</i> , <i>Calystegia soldanella</i> , <i>Limonium bellidifolium</i> , <i>Limonium virgatum</i> , <i>Polygonum arenarium</i> , <i>Crypsis schoenoides</i> , <i>Hainardia cylindrica</i> , <i>Limonium duriusculum</i> , <i>Suaeda splendens</i> , <i>Triglochin maritimum</i> , <i>Cutandia maritima</i> , <i>Zostera marina</i> , <i>Zostera noltei</i> , <i>Cerastium siculum</i> , <i>Limonium cuspidatum</i> , <i>Parentucellia latifolia</i> , <i>Parietaria lusitanica</i> , <i>Ruta angustifolia</i> , <i>Teucrium dunense</i> , <i>Catapodium hemipoa</i> , <i>Asplenium petrarchae</i>

Grand type d'habitat	Faune remarquable	Flore remarquable
Eaux libres (plans d'eau camarguais)	Oiseaux (site d'alimentation et d'hivernage) : très nombreux anatidés et laridés en migration et hivernage ; rapaces (Balbuzard pêcheur, Pygargue à queue blanche),	
Herbiers aquatiques	Amphibiens : Grenouille agile, Triton palmé, Triton crêté Oiseaux (site d'alimentation) : Anatidés (Canards chipeau, souchet, pile, siffleur, Fuligules milouin et morillon...) Reptiles : Cistude d'Europe Odonates : Sympetrum déprimé, Cordulie à corps fin, Gomphe à pattes jaunes, Leste à grands stigmas, Agrion de mercure, Aeshne printanière	<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> , <i>Utricularia australis</i> , <i>Utricularia vulgaris</i> , <i>Vallisneria spiralis</i> , <i>Zannichellia obtusifolia</i> , <i>Zannichellia palustris</i> , <i>Zannichellia peltata</i> , <i>Littorella uniflora</i> , <i>Riella helicophylla</i> , <i>Riella notarisii</i> , <i>Tolypella salina</i>
Bancs de graviers	Habitats peu représentés sur l'UHC	<i>Cyperus glomeratus</i> , <i>Phleum arenarium</i> , <i>Visnaga daucoïdes</i> , <i>Lythrum tribracteatum</i> , <i>Imperata cylindrica</i> , <i>Pulicaria vulgaris</i> , <i>Chenopodium chenopodioides</i> , <i>Isolepis cernua</i> , <i>Lepidium latifolium</i> , <i>Phalaris paradoxa</i> , <i>Pseudognaphalium luteo-album</i> , <i>Scirpus mucronata</i> , <i>Anagallis minima</i> , <i>Damasonium polyspermum</i> , <i>Alisma gramineum</i>
Pelouses sèches et alluviales	Oiseaux (alimentation) : Guépier d'Europe, Rollier d'Europe reproduction : Ganga cata, Glaréole à collier Chiroptères (chasse) : Barbastelle, Murins, Rhinolophes	<i>Gladiolus dubius</i> , <i>Heliotropium supinum</i> , <i>Kickxia cirrhosa</i> , <i>Orchis coriophora ssp fragrans</i> , <i>Ephedra distachya</i> , <i>Onosma arenaria</i> , <i>Cerinthe major</i> , <i>Epipactis microphylla</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> , <i>Bupleurum semicompositum</i> , <i>Kickxia commutata</i> , <i>Nepeta cataria</i> , <i>Thymelaea passerina</i> , <i>Allium chamaemoly</i> , <i>Myosotis pusilla</i> , <i>Thymelaea hirsuta</i> , <i>Helianthemum marifolium</i> , <i>Ophrys bertolonii</i> , <i>Orobanche artemisii-campestris</i> , <i>Orobanche cernua</i> , <i>Phelipanche arenaria</i> , <i>Romulea columnae</i>
Prairies humides et mégaphorbiaies	Chiroptères (chasse) : Barbastelle, Murins, Rhinolophes Oiseaux (reproduction) : Canard chipeau, Nette rousse, Barge à queue noire, Courlis...	<i>Orchis laxiflora</i> , <i>Symphytum officinale</i> , <i>Juncus subulatus</i> , <i>Myosurus minimus</i> , <i>Oenanthe fistulosa</i> , <i>Ophioglossum vulgatum</i> , <i>Pulicaria sicula</i> , <i>Gratiola officinalis</i>
Forêts alluviales et saulaies basses	Mammifères : Castor d'Europe (alimentation) Chiroptères (gîte) : Barbastelle, certains murins... Oiseaux (reproduction) : Cigogne blanche, Ardéidés (Héron cendré, Spatule blanche, Grande Aigrette, Aigrette garzette, Crabier chevelu...), Rollier d'Europe, Faucon hobereau, Bouscarle de Cetti Insectes : Lucane cerf-volant, Diane Amphibiens : Rainette méridionale	<i>Vitis vinifera ssp sylvestris</i> , <i>Leucojum aestivum</i> , <i>Epipactis rhodanensis</i> , <i>Doronicum plantagineum</i>
Végétations de ceinture des eaux et bas-marais	Oiseaux (reproduction) : Blongios nain, Butor étoilé, Héron pourpré, passereaux paludicoles (Panure à moustaches, Cisticole des joncs, Rémiz penduline, Rousserolles, Locustelles...), Marouettes, Talève sultane, Busard des roseaux Oiseaux (alimentation) : anatidés, ardéidés, limicoles (Chevaliers, Bécasseaux, Bécassine des marais...)	<i>Pancratium maritimum</i> , <i>Baldellia ranunculoides</i> , <i>Orchis palustris</i> , <i>Epipactis palustris</i> , <i>Stachys palustris</i> , <i>Glyceria maxima</i> , <i>Rumex hydrolapathum</i> , <i>Schoenoplectus litoralis</i> , <i>Butomus umbellatus</i> , <i>Cladium mariscus</i> , <i>Juncellus serotinus</i> , <i>Spiranthes aestivalis</i> , <i>Dactylorhiza occitanica</i>

Grand type d'habitat	Faune remarquable	Flore remarquable
Berges	Oiseaux (nidification) : Martin-pêcheur, Guêpier d'Europe, Hirondelle de rivage Mammifères : Castor d'Europe (hutte), Loutre d'Europe	<i>Inula britannica</i>

E5 – ETAT DES CORRIDORS ECOLOGIQUES

L'UHC du Grand Rhône est très peu contrainte par l'urbanisation et les axes routiers, si ce n'est dans la partie extrême sud-ouest au niveau des zones portuaires de Fos-sur-Mer et de Port-Saint-Louis-du-Rhône. La majeure partie de cette UHC est en effet classée réservoir de biodiversité (tous les étangs, marais et milieux naturels de Camargue). Les autres milieux sont relativement perméables et assez peu fréquentés : salins, zones agricoles plus ou moins intensives.

Le Rhône n'est plus ici, comme il l'est sur presque tout son linéaire, accompagné des infrastructures autoroutières et ferroviaires. Les ripisylves restent toutefois assez limitées en largeur, les milieux agricoles s'étendant au plus près de ses berges.

L'enjeu principal lié aux continuités écologiques sur cette UHC est la préservation des zones de tranquillité, notamment de l'avifaune, aussi bien en période de reproduction qu'en période de repos migratoire ou hivernal.

Réservoirs de biodiversité	Corridors écologiques	Obstacles au déplacement des espèces
Dans l'UHC : - Le Rhône et ses abords jusqu'à la mer - RNN de Camargue et RNN des marais du Vigueirat - RNR de la Tour du Valat, - Etangs des Salins, Pointe de Beauduc ; Marais de la grand mar, des bruns et de la sigoulette, Marais de Meyranne et des Chanoines... Autour de l'UHC : - Plaine de la Crau à l'est	Peu de corridors sont identifiés par le SRCE : en dehors des secteurs identifiés en réservoirs, les milieux sont perméables et permettent des échanges multidirectionnels de façon peu contrainte.	- sites industriels et portuaires ; - endiguements

E6 – PRESSIONS ENVIRONNEMENTALES

Plusieurs pressions et contraintes sont recensées dans la bibliographie (dont état des lieux du SDAGE) :

- Perturbation du fonctionnement hydrologique, morphologique et continuité (barrages, endiguement) (état des lieux du SDAGE, 2019),
- Pollution des eaux par rejets industriels, domestiques ou agricoles (état des lieux du SDAGE 2019),
- Fréquentation, loisirs,
- Colonisation par les espèces exotiques envahissantes (Jussie notamment),
- Agriculture intensive,
- Dragages dans les embouquements de canaux,
- Décharges sauvages.

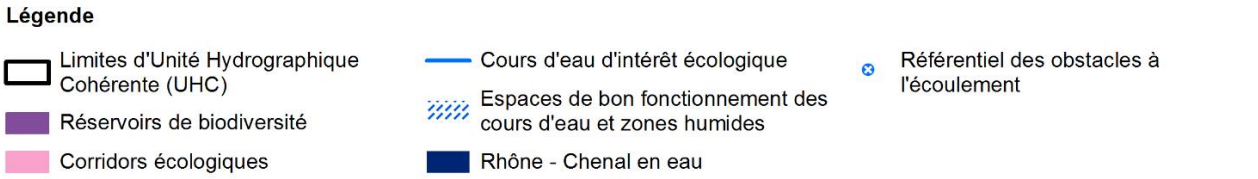
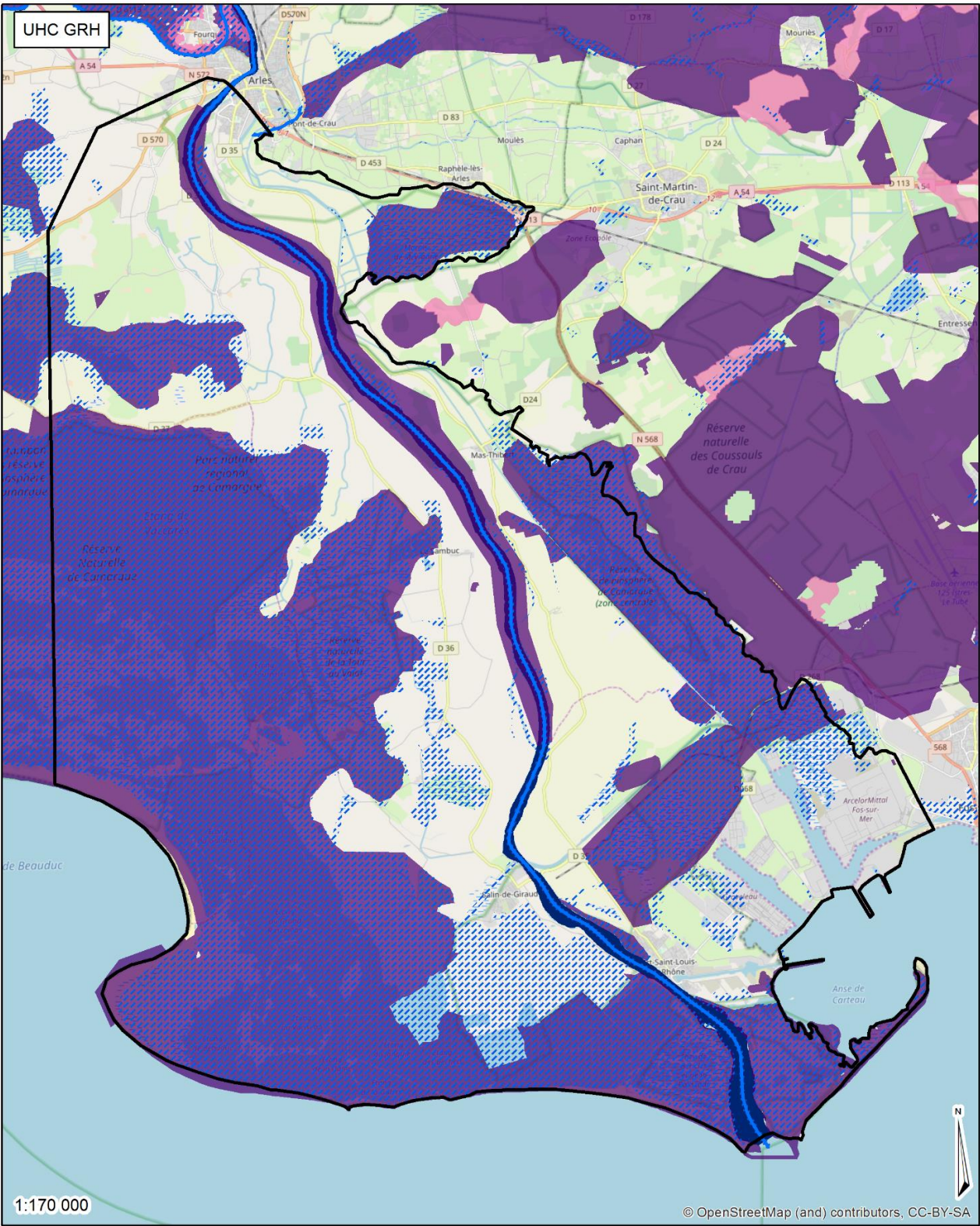
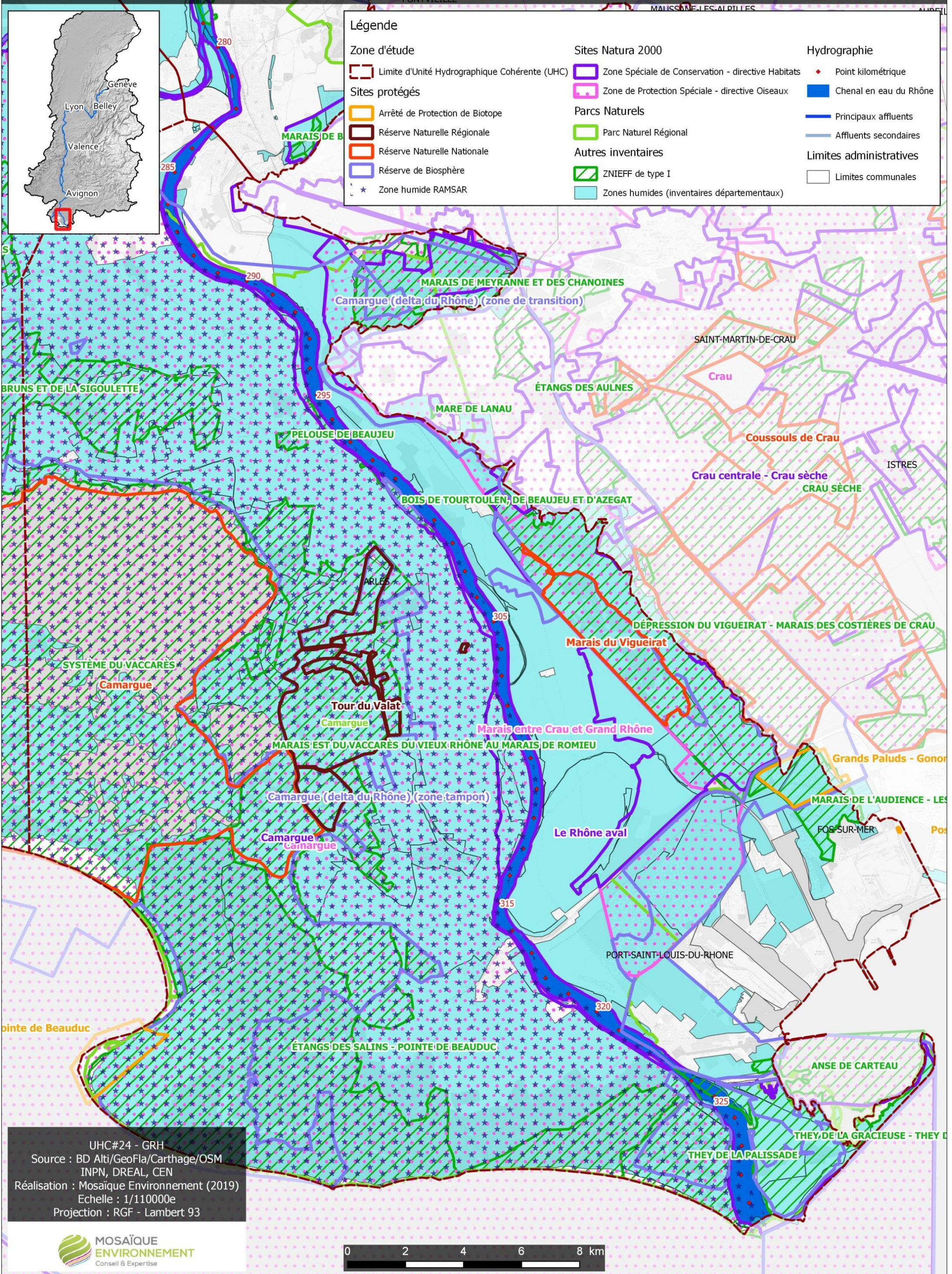
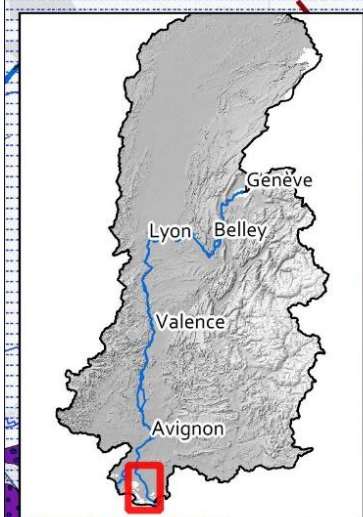


Figure 24.16 – SRCE Rhône-Alpes au niveau de l'UHC du Grand Rhône

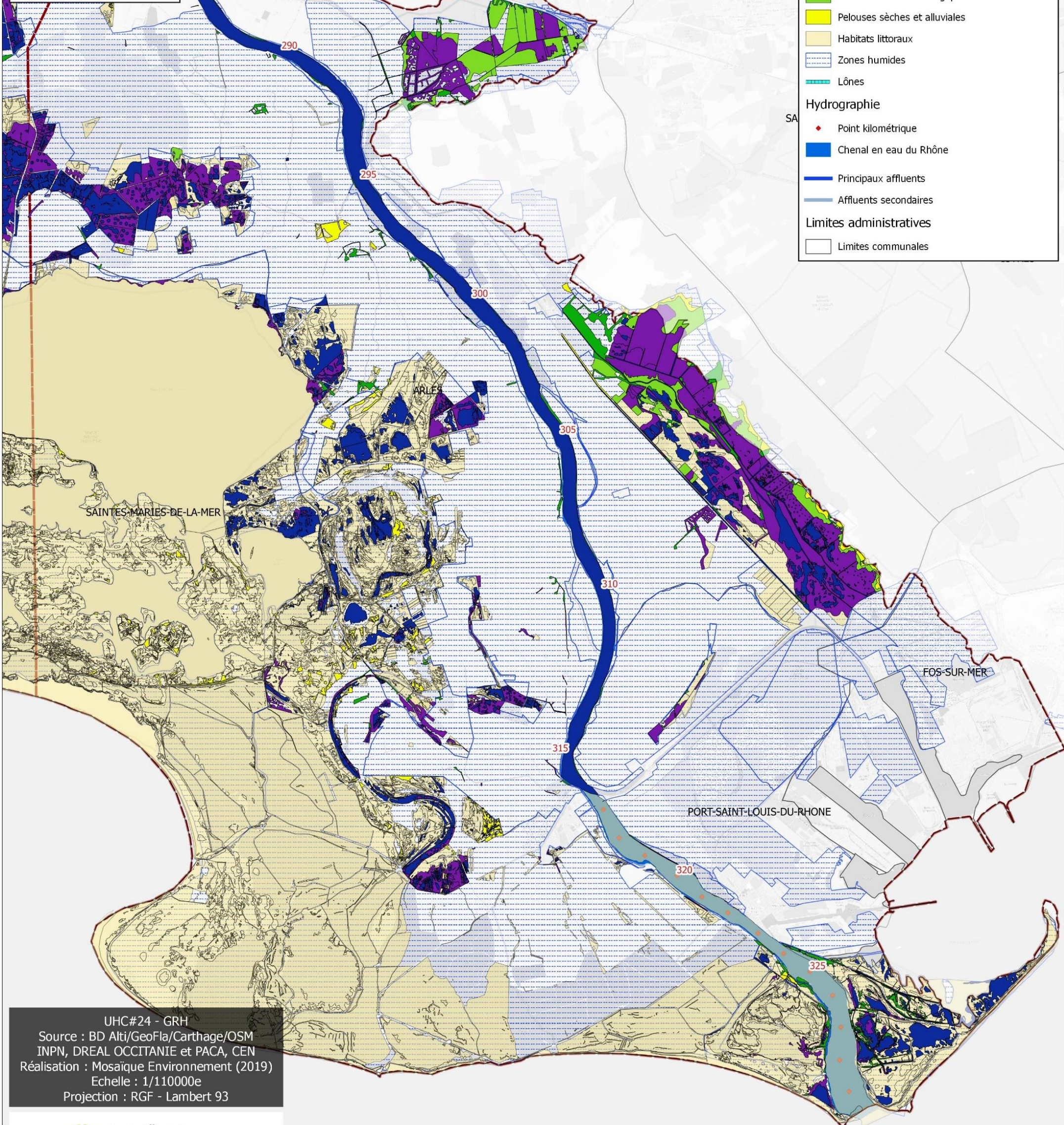
24E1 - GRH - Grand Rhône - Inventaires du patrimoine naturel



24E2 - GRH - Grand Rhône - Habitats d'intérêt écologique



- Légende**
- Zone d'étude**
- Limite d'Unité Hydrographique Cohérente (UHC)
- Habitats d'intérêt écologique**
- Bancs de graviers
 - Herbiers aquatiques
 - Bas-marais et sources
 - Végétations de ceinture des eaux
 - Saulaies basses
 - Forêts alluviales
 - Prairies humides et mégaphorbiaies
 - Pelouses sèches et alluviales
 - Habitats littoraux
 - Zones humides
 - Lônes
- Hydrographie**
- Point kilométrique
 - Chenal en eau du Rhône
 - Principaux affluents
 - Affluents secondaires
- Limites administratives**
- Limites communales



UHC#24 - GRH
Source : BD Alti/GeoFla/Carthage/OSM
INPN, DREAL OCCITANIE et PACA, CEN
Réalisation : Mosaique Environnement (2019)
Echelle : 1/110000e
Projection : RGF - Lambert 93

F – ENJEUX DE SURETE SECURITE (CARTE 24F)

F1 – OUVRAGES HYDRAULIQUES

Barrages

Le seul barrage de retenue présent et classé au titre du décret du 12 mai 2015 correspond aux portes de l'écluse du canal d'Arles (classe B). Parmi les endiguements, les digues de l'embouquement du canal du Rhône au Port de Fos-sur-Mer menant à l'écluse de Barcarin constituent un système d'endiguement et sont classées depuis 2014 (en référence au décret de 2007).

Ouvrages de protection contre les inondations

Plusieurs digues sont recensées sur le secteur :

- En rive droite du Grand-Rhône : digue des papeteries Etienne, quais d'Arles, grande digue de Camargue ou digue d'Emmaüs à Petit Monlong ; digue du Salin de Giraud ; digue de la Palissade ;
- En rive gauche du Grand-Rhône : digue de Barriol, digue de Plan du Bourg, digue de Port-Saint-Louis
- Le canal d'Arles à Bouc est également entièrement endigué ;
- La Digue à la Mer sur le front de mer, et les digues internes à la Camargue.

Les digues du Grand Rhône sont dites « millénales » et sont gérées par le SYMADREM. Les digues du canal d'Arles à Bouc situés en rive gauche du Grand Rhône sont gérées par VNF.

En dehors des alinéas qui suivent, aucune de ces digues n'a fait l'objet à ce jour d'un arrêté préfectoral de classement. Il appartient à l'autorité compétente en matière de GEMAPI de choisir si elle souhaite les intégrer à un système d'endiguement classable, au regard de l'article R.562-14 du Code de l'Environnement :

- L'arrêté préfectoral n°16-2010 PC du 22 mars 2010 de prescriptions complémentaires relatives à l'exploitation et à la surveillance des digues protégeant la Camargue insulaire, RD du Rhône et RG du Petit Rhône – Préfecture des Bouches-du-Rhône. Cet arrêté fixe en classe B les digues du Petit Rhône (RG) et du Grand Rhône (RD).
- L'arrêté préfectoral du 20 octobre 2011 de prescriptions complémentaires relatives à l'exploitation et à la surveillance des digues protégeant la rive gauche du Rhône de Tarascon à Arles - Préfecture des Bouches-du-Rhône. Cet arrêté fixe en classe A la digue de la Montagnette, les quais de Tarascon et les quais d'Arles en rive gauche du Rhône.

Gestion des ouvrages (cahier des charges spécial)

L'UHC#24 du Grand Rhône ne comporte pas d'ouvrage hydroélectrique ou de navigation. Toutefois, le linéaire de Beaucaire à Fos-sur-Mer est intégré dans la concession de la CNR et a fait l'objet d'un aménagement spécifique (cf. partie B –). Ce concessionnaire est tenu d'entretenir, éventuellement par dragages, les profondeurs nécessaires à l'évacuation des crues du Rhône dans la partie du Rhône comprise entre le barrage de Vallabrègues et le PK300 du Grand-Rhône pour que l'évacuation des crues puisse se faire sans surélévation par rapport au niveau atteint pour un même débit avant aménagement.

F2 – ALEAS INONDATION ET VULNERABILITE

Aléas

Les aléas du Grand Rhône sont dépendants de la géomorphologie du delta : lit à chenal unique et faible sinuosité, endiguement étroit et perché par rapport au lit majeur. Cette configuration est sensible à l'apparition de brèches lors des crues exceptionnelles. La débitance du Grand Rhône a également augmenté depuis 120 ans du fait de l'incision du chenal et malgré la sédimentation dans les ségonnaux – espace intra-digues (SLGRI, 2016). En effet, le déficit du lit entre 1907 et 1995 (-5,3 hm³) équivaut à une incision moyenne de 0,25 m (cf. C3 –). Par ailleurs, la montée séculaire du niveau marin et les surcotes, plus fréquentes et plus hautes du fait du changement climatique constituent une entrave importante au bon écoulement des eaux de crues, aggravant le risque d'inondation à proximité des embouchures (BCEOM, 2003 ; in Raccasi 2008).

L'endiguement et la réduction volontaire du nombre des embouchures a permis une meilleure évacuation de l'eau et des sédiments à partir de 1895. La propagation des inondations est dépendante de cette morphologie héritée et le delta correspond au champ d'inondation du Rhône, comme en témoignent les limites de la crue de 1856. Aussi, les modélisations hydrauliques dans le cadre du TRI du Delta du Rhône ont fait l'objet d'hypothèses adaptées. Les crues de scénario fréquent sont supposées contenues dans l'espace intra-digues. Le scénario moyen est basé sur l'hydrogramme de la crue de 1856, avec un modèle recalé sur la crue de 2003, et des scénarios de brèches par secteurs : inondation de la Camargue gardoise (secteur A), inondation de la Camargue insulaire (secteur B), inondation de la rive gauche du Rhône (secteur C). Le scénario extrême est basé sur la crue millénale, avec les mêmes scénarios de brèches que précédemment.

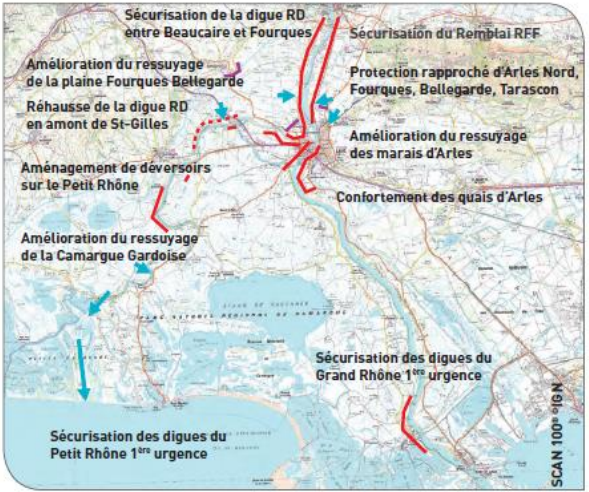
Compte tenu de ces hypothèses, les zones inondables en crue d'occurrence forte (Q10) correspondent à l'espace entre digues, de l'agglomération d'Arles jusqu'à la mer Méditerranée. Pour des occurrences de crues intermédiaires (Q100), les zones inondables s'étendent considérablement à l'est et à l'ouest, du fait de la configuration perchée de l'hydrosystème « intra-digues » et des scénarios de rupture de digues. La quasi-totalité de la Camargue située entre le Grand et le Petit Rhône est inondée. En aval d'Arles, les marais de Meyranne et des Chanoines sont aussi inondés depuis la rive gauche du Grand Rhône. Plus en aval, la rive gauche est inondée à hauteur de la réserve naturelle nationale des marais du Vigueirat.

Lors des crues historiques, la localisation des ruptures de digues a été en général assez aléatoire, générant le déversement de volumes importants dans le delta du Rhône : inondation généralisée du delta en 1856, inondation de la Camargue insulaire et

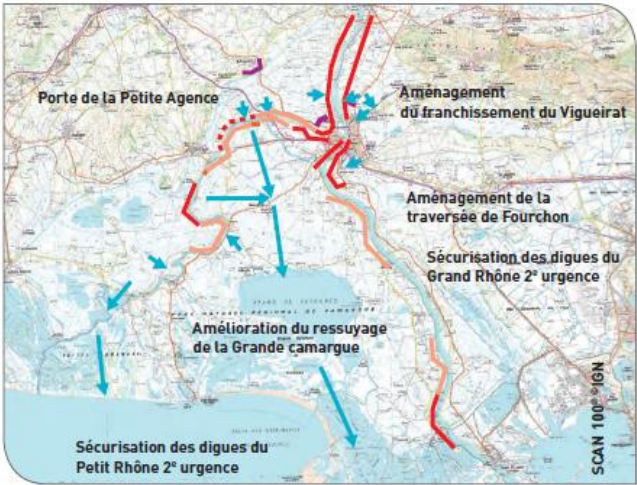
de la Grande Camargue en 1993, inondation de la Camargue insulaire et de la Camargue Gardoise en 1994, inondation de la plaine d'Aramon en 2002, inondation de la Camargue Gardoise et d'Arles en 2003 (TRI du Delta du Rhône).

La crue des 3 et 4 décembre 2003 (11 500 m³/s à Beaucaire) est la plus importante depuis celle du 31 mai 1856 (11 640 m³/s). Pour un débit équivalent, et compte tenu de l'évolution morphologique du lit (endiguement, alluvionnement des marges, etc.), la crue de 2003 a présenté une ligne d'eau de 0,30 à 0,60 m plus élevée que la crue de 1856 (Raccasi, 2008). Les débordements ont été favorisés en rive gauche entre Tarascon et Arles, et à travers 4 brèches dans les ouvrages de protection du Grand Delta du Rhône ; l'inondation a concerné plus de 12 000 personnes et entraîné 700 millions d'euros de dommages.

Cette situation a mis en évidence la nécessité de mettre en place un programme de sécurisation des ouvrages de protection contre les crues du Rhône depuis Beaucaire jusqu'à la mer. Le principal objectif du programme est d'éviter les brèches lors des grandes crues en construisant des ouvrages admettant des déversements et capables de résister à la rupture jusqu'à la crue millénale du Rhône. Ce programme a fait l'objet d'un contrat de projets Interrégional Plan Rhône 2007-2013, financé par l'Etat et les Régions PACA, AURA et Occitanie, dont le SYMADREM (SYndicat Mixte interrégional d'Aménagement des digues du Delta du Rhône Et de la Mer) en est le principal maître d'ouvrage. Le contrat a été prolongé sur la période 2015-2020, avec l'engagement des mêmes partenaires.



1^{re} tranche de travaux identifiés dans le schéma de gestion des inondations sur le Rhône Aval (DREAL Rhône-Alpes [33])



2^e tranche de travaux identifiés dans le schéma de gestion des inondations sur le Rhône Aval (DREAL Rhône-Alpes [33])

Travaux prévus dans le cadre du schéma de gestion des inondations sur le Rhône aval (SYMADREM)

L'UHC#24 du Grand Rhône est concernée par plusieurs tranches de travaux :

- Réparation du quai de la Gaballe en rive droite du Grand-Rhône à Arles, réalisé en 2003 ;
- Suppression des ouvrages traversants hors d'usage des digues du Grand-Rhône, réalisée en 2010 ;
- Renforcement de la digue du Gd Rhône rive gauche entre Prends-té-Garde et Grand Mollèges, réalisé en 2014-2016 ;
- Renforcement de la digue en rive droite au droit de Salin de Giraud et mise à la cote de la digue de Port-Saint-Louis-du-Rhône et la création d'une digue au Sud de Salin de Giraud prévu pour 2019 à 2022.

Enjeux et vulnérabilité

Pour une population totale de 63 595 habitants sur les communes de l'UHC#24-GRH (115 589 pour le TRI du Delta du Rhône), entre 250 et 45 600 sont situés en zone inondable selon la crue considérée et les emplois en zone inondable sont entre 160 et 21 900. Les communes les plus sensibles sont notamment Port-Saint-Louis et Arles.

Scénario de crue	Fréquent (Q30)	Moyen (Q100-200)	Extrême (Q1000)
Habitants permanents en zone inondable (TRI Delta) (estimation GRH)	640 (250)	65 975 (44 500)	68 953 (45 600)
Emplois en zone inondable (TRI Delta du Rhône) (estimation GRH)	320 à 480 (160 à 260)	21 200 à 31 300 (13 600 à 20 400)	22 900 à 34 000 (14 500 à 21 800)

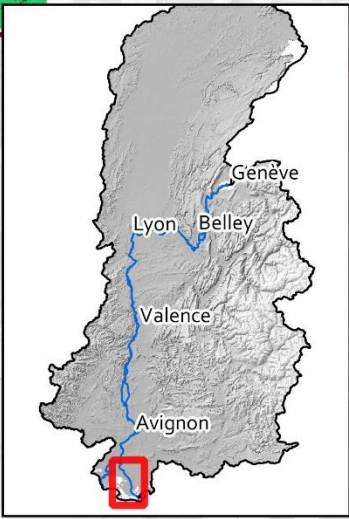
Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation

Le périmètre de l'UHC#24-GRH fait partie du Territoire à Risque d'Inondation (TRI) du Delta du Rhône. La Stratégie Locale de Gestion du Risque d'Inondation (SLGRI) du Delta du Rhône a été arrêtée par les préfets des Bouches-du-Rhône et du Gard le 2 mai 2017, après avis du préfet coordonnateur de bassin et consultation du public et des parties prenantes de septembre à décembre 2016.

F3 – SURETE NUCLEAIRE

L'UHC#24 du Grand Rhône ne comporte aucune installation nucléaire.

24F - GRH - Grand Rhône - Enjeux sûreté/sécurité



Légende

- Zone d'étude :**
- Limite d'Unité Hydrographique Cohérente (UHC)
 - Limite de la zone d'étude
 - Tronçons Homogènes (TH)
 - Point kilométrique
 - Périmètre des TRI
- Affluents**
- Rhône
 - Affluent majeur
 - Affluent principal
 - Affluent secondaire
 - Affluent mineur
 - Canal
 - Contre canal
- Sûreté nucléaire**
- Centrale Nucléaire
 - Limite Installation Nucléaire de Base (INB)
- Barrages de retenue de concession (DREAL)**
- Classe A
 - Classe B
 - Classe C
 - Classe D
 - Seuil non classé
- Barrages latéraux de concession (DREAL)**
- Classe A
 - Classe B
- Ouvrages de protection (DREAL)**
- Ouvrages susceptibles d'être intégrés dans un système d'endiguement
- Probabilité de crue (PGRI-SLGRI)**
- Scénario fréquent
 - Scénario moyen
 - Scénario extrême
 - Zone de sur-aléa (PGRI-SLGRI)
- Plan des surfaces submersibles du Rhône (PSS)**
- Zone A - grand débit
 - Zone B - complémentaire
 - Zone C - Crue de 1856
 - Repère de crue (DREAL)
- Enjeux en zone inondable (1856)**
- Surface d'activité économique (PGRI-SLGRI)
 - Etablissement classé IPPC (PGRI-SLGRI)
 - Patrimoine culturel (PGRI-SLGRI)
 - Autoroute, quasi autoroute (PGRI-SLGRI)
 - Route liaison principale (PGRI-SLGRI)
 - Voie ferrée principale (PGRI-SLGRI)
 - Pont
 - Bâti situé dans l'emprise de la crue historique



UHC#24 - GRH
Source : BD
Alti/GeoFla/Carthage/OSR/DREAL
Réalisation : BURGEAP (2019)
Echelle : 1/60000e
Projection : RGF - Lambert 93



G – ENJEUX SOCIO-ECONOMIQUES (CARTE 24G)

G1 – NAVIGATION

Navigation marchande

Le port de Fos-sur-Mer, fait partie intégrante du complexe du port Marseille-Fos. Le port Marseille-Fos est le premier port de France (en tonnages de marchandises) et le second de Méditerranée. Ce port est composé des Bassins Est, à Marseille, et des bassins Ouest, localisés à Fos-sur-Mer.

Les bassins Ouest représentent une large zone industrialo-portuaire qui s'étend sur 10 000 hectares et qui est destinée aux grands flux maritimes intercontinentaux. Hydrocarbures, gaz, pétrole, produits chimiques, minerais, céréales et marchandises diverses sont traités au sein de ce grand site portuaire, à raison de 81 millions de tonnes en 2017. Le port accueille des entrepôts sur deux zones logistiques à proximité des terminaux à conteneurs de Fos (Ikea, Maisons du Monde, Geodis / Mattel, etc.) ainsi que des industries (raffineries, sidérurgie, industrie chimique telles qu'ArcelorMittal, Elengy, Shell...). Le port de Marseille-Fos représente 41 500 emplois directs et indirects (hors intérimaires ou non-salariés).

Le port de Fos-sur-Mer donne accès au Grand Rhône par deux voies : l'écluse de Port-Saint-Louis-du-Rhône et le canal St-Louis ont été créés en 1873 au moment du développement de la navigation sur le Rhône et pour éviter l'embouchure en Mer Méditerranée très mobile et risquée pour les navires ; il s'agit d'une écluse de largeur 19 m, de longueur 160 m, de tirant d'eau 7,5 m, adaptée aux navires à gros tonnages. En 1983, en complément de l'aménagement du Palier d'Arles et pour raccourcir le temps de trajet depuis le port, le Service de la navigation a mis en service l'écluse de Barcarin (192 m de longueur, 12 m de large) et le canal du Rhône au Port de Fos-sur-Mer. Ce « canal du Rhône au Port de Fos-sur-Mer » intercepte le « canal d'Arles à Bouc » et rompt sa continuité historique jusqu'à Port-de-Bouc en empruntant les darses du port de Fos-sur-Mer.

Le canal du Rhône au Port de Fos-sur-Mer est interdit aux bateaux plaisanciers ; il est emprunté par les bateaux fluviaux. A contrario, l'écluse de Port-Saint-Louis du Rhône est empruntée par les bateaux de plaisance et les navires fluvio-maritimes.

La voie fluviale entre Port-Saint-Louis et Arles a bénéficié de l'aménagement du Palier d'Arles, en grande partie mené entre 1971 et 1979, et qui permet de garantir un mouillage de 4,25 m jusqu'au port d'Arles-Nord.

Des opérations de dragage ont lieu dans les annexes du Grand Rhône pour garantir les profondeurs de mouillage, notamment au niveau de l'écluse de Port-Saint-Louis et dans l'embouquement de l'écluse de Barcarin (cf. partie H1 –), et pour de moindres volumes dans le chenal navigable (Port-Saint-Louis, quai Esquineau, Fosse Grand Mar, Arles sud).

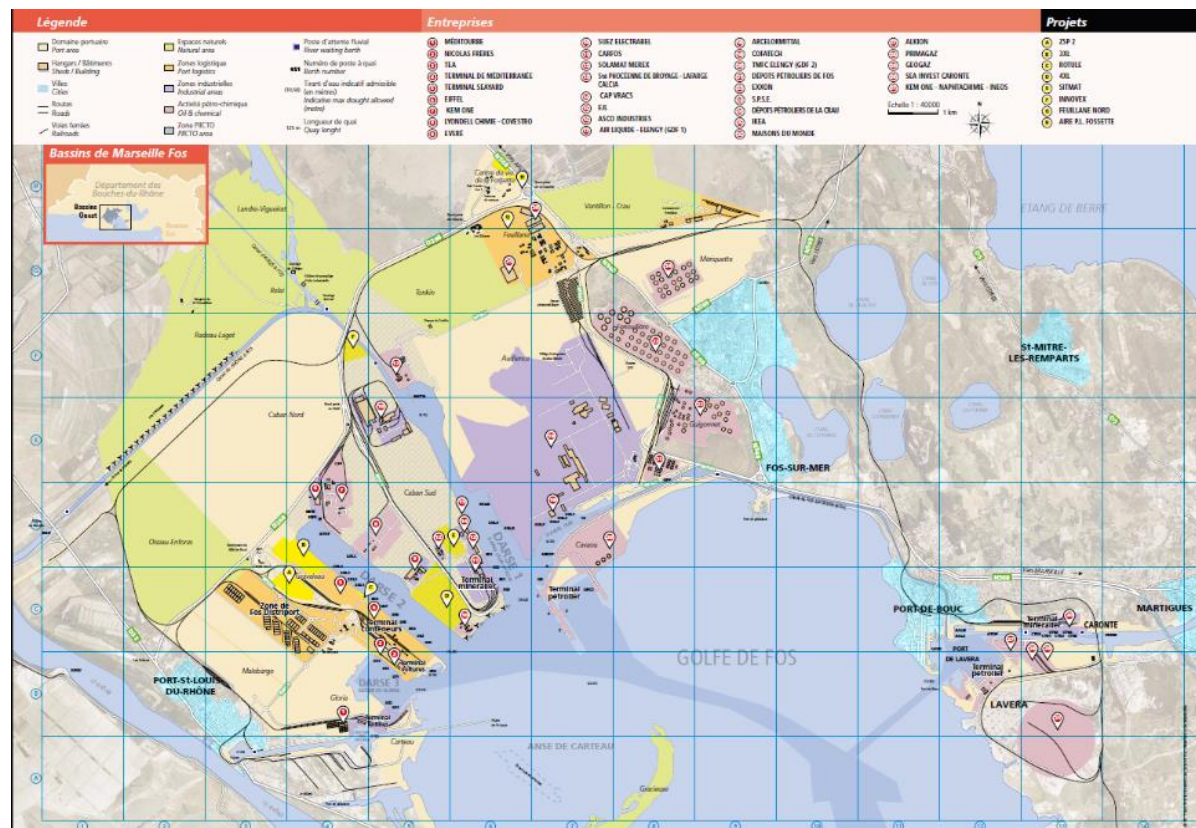


Figure 24.17 – Plan du bassin Ouest du port de Marseille Fos

(Source : <http://www.marseille-port.fr/fr/Page/14736/fixed>)

Navigation de plaisance

D'Arles jusqu'à la mer Méditerranée, le Rhône est navigable. Pas moins de 6 ports de plaisance sont situés à Port-Saint-Louis-du-Rhône :

- Le Port de Plaisance compte 25 places annuelles et 291 anneaux répartis sur 10 pannes flottantes ;
- Le Port Napoléon, d'une superficie de 13 hectares, compte 2000 places à sec (dépendamment de la taille des bateaux), 350 anneaux et 40 places de passages.
- Le Port Navy Service : il s'agit d'un port à sec de 1 200 places et de 20 places à flot ;
- Le Port de Plaisance de Carteau compte une place de passage et 90 places à flot ;
- Le Port de Plaisance d'Olga compte 140 places à flot et une place réservée aux visiteurs ;
- Le Port Abri du Rhône « Antoine Jover » comprend 180 places à flot et 3 places réservés aux visiteurs.

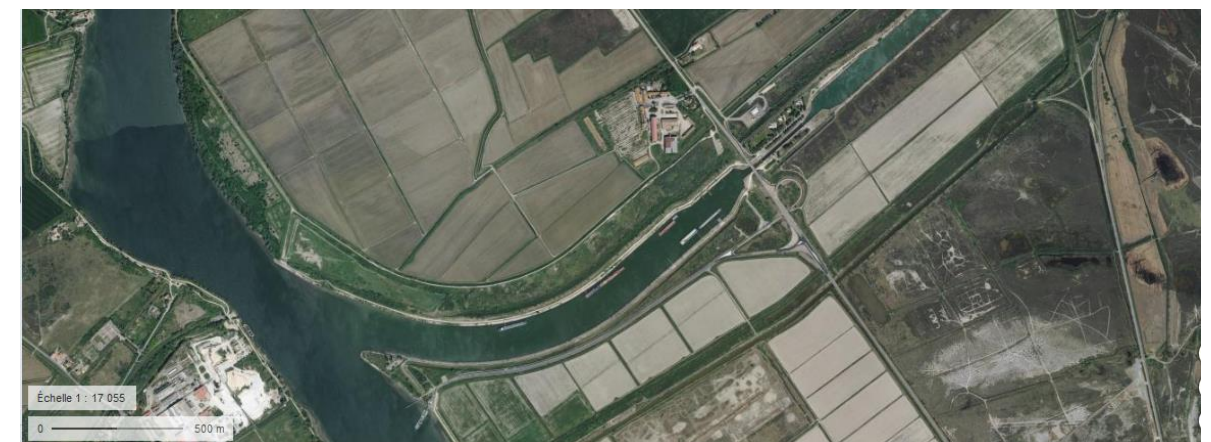
Le port de Saint-Louis-du-Rhône est également un site d'escale de paquebots fluviaux. Le port de Marseille-Fos est le premier port français en termes de croisières, avec 2,7 millions de plaisanciers (fluviaux et maritimes) par an qui transitent par ce port.

Le canal d'Arles à Bouc est accessible depuis le Grand Rhône en aval immédiat d'Arles ; son embouquement nécessite des opérations régulières de dragage. Le canal d'Arles à Bouc, destiné à la plaisance, a été interrompu en 1983 avec la création du canal du Rhône à Fos-sur-Mer (cf. § navigation marchande) ; la continuité est assurée vers Bouc en empruntant les darses du port de Fos.

Perspectives d'évolution

Dans le cadre de la prolongation de la concession du Rhône, il est envisagé d'intégrer certains linéaires à la concession du Rhône, tels que la liaison entre le Rhône et le bassin portuaire de Port-Saint-Louis, y compris l'écluse, et le Grand Rhône de Barcarin à l'aval de Port Saint-Louis-du-Rhône (embouchure).

Le port de Marseille-Fos axe actuellement son développement sur les activités à fort potentiel de croissance : le conteneur et leur desserte sur les deux bassins, la croisière et la réparation navale, le roulier et la transition énergétique (implantations, GNL, vracs solides). Dans le même temps, le port a préservé l'accompagnement de ses activités traditionnelles et poursuivi ainsi son effort d'investissements avec son projet stratégique 2014-2018 comprenant un budget de 360 millions d'euros.



Vues aériennes du site de Port-Saint-Louis (écluse, canal Saint-Louis) (en haut) et de l'écluse de Barcarin (en bas)
(Géoportail, 2017)

G2 – ENERGIE

Hydroélectricité

Aucun aménagement hydroélectrique n'est présent sur cette UHC qui n'était probablement pas favorable en termes de production et de génie civil.

Photovoltaïque

A Salin-de-Giraud, sur la commune d'Arles, un projet de centrale photovoltaïque est en cours de réalisation par Urbasolar sur une friche industrielle de l'usine Imerys Carbonates. Les particularités de la centrale sont les panneaux photovoltaïques et les postes de transformation électrique qui seront installés sur des supports surélevés (pilotis) afin de prévenir tout risque d'inondation. D'une surface totale de 6,4 hectares, elle sera composée de 16 368 panneaux photovoltaïques (d'une puissance totale de 4,99 MWc) qui produiront annuellement 7 600 MWh et couvriront les besoins énergétique de l'équivalent de 1 629 foyers. La mise en service était envisagée pour 2019.

Eoliennes

La CNR a mis en service en 2006, au niveau du port autonome de Marseille à Fos-sur-Mer, 4 éoliennes d'une puissance de 2 500 kW chacune. Un projet pilote de trois éoliennes flottantes est en cours, au large de Fos-sur-Mer, pour une puissance de 8 MW.

G3 – PRELEVEMENTS ET REJETS D'EAU

Irrigation, AEP et industrie

- **Eaux superficielles** : Les eaux superficielles sont ici utilisées pour les usages industriels, l'AEP, les canaux ainsi que l'irrigation gravitaire. Les principaux usages économiques des prélèvements d'eaux souterraines sont présentés dans le Tableau 24.1. Le volume total prélevé est de 73 422 100 m³ d'eau où les prélèvements pour les usages industriels sont les plus importants avec 85 % des prélèvements (soit 62 248 900 m³). Les prélèvements pour les canaux représentent 11% des prélèvements (soit 8 109 700 m³) et l'irrigation gravitaire, 3 % (soit 2 384 900 m³). Enfin, les prélèvements pour l'AEP représentent 1% et l'eau est prélevée à Saintes-Maries-de-la-Mer (678 600 m³). Ces eaux superficielles sont prélevées dans le canal d'Arles à Bouc, le Rhône, le canal de Langlade, le canal de Saint-Louis, en mer Méditerranée et dans le petit Rhône.
- **Eaux souterraines** : en plus de leur utilisation pour l'AEP et l'irrigation gravitaire et non-gravitaire, les eaux souterraines des forages, des puits et des champs captants sont également utilisées dans cette zone pour plusieurs industries, tel que pour une conserverie de produits de la mer et la raffinerie de Fos-sur-Mer.

Les principaux usages économiques des prélèvements d'eaux souterraines sont présentés dans le Tableau 24.2 ci-dessous. Le volume prélevé par l'ensemble de ces usages est de 23 329 100 m³ d'eau où les prélèvements pour l'AEP représentent 59 % des prélèvements (soit 13 794 600 m³) et les prélèvements pour les usages industriels représentent 23 % (soit 5 249 400 m³). Les prélèvements pour l'irrigation non-gravitaire représentent 13 % (soit 3 145 100 m³) prélevé à Saint-Martin-de-Crau. L'irrigation gravitaire représente 5 % des prélèvements (soit 1 140 000 m³), essentiellement prélevés à Arles (800 000 m³).

Station d'épuration

L'UHC comprend 11 stations d'épuration dont les principales se trouvent sur les communes d'Arles (85 600 EH), Fos-sur-Mer (22 000 EH) et Saintes-Maries-de-la-Mer (18 000 EH). Pour l'essentiel, le milieu récepteur est le Rhône et la mer Méditerranée.

Tableau 24.1 – Principaux usages économiques des prélèvements d'eau superficielle

Commune	Types d'usages	Quantité d'eau (m³/an)	Nom de l'ouvrage
Arles	Irrigation gravitaire	530 000	Prise d'eau dans canal Arles à Bouc
		264 900	Prise canal d'assainissement la Chapelette
Saint Martin de Crau	Irrigation gravitaire	1 590 000	Prise sur canal de Langlade
Arles	Canaux	3 884 600	Canal de navigation d'Arles à Bouc
		3 525 100	Prise dans le Rhône lieu-dit Salin de Giraud
Arles	Port de Fos-sur-Mer	21 232 300	Prise canal Arles à Bouc - port autonome de Fos-sur-M.
	Usine chimique minérale	1 016 600	Prise Rhône - usine chimique minérale
Saintes-Maries-de-la-Mer	Salines	40 000 000	Prise d'eau en mer - Salines

Source : <http://sierm.eaurmc.fr/l-eau-pres-de-chez-vous/index.php>

Tableau 24.2 – Principaux usages de prélèvement d'eau souterraine

Commune	Types d'usages	Quantité d'eau (m³/an)	Nom de l'ouvrage
Saint Martin de Crau	Prélèvements AEP	1 368 600	Forages de Val Boise 1 et 2
Arles	Prélèvements AEP	4 059 300	Forage en nappe Saint Hippolyte
		925 800	Station de pompage de la Pissarotte a Port Saint Louis
Fos-sur-Mer	Prélèvements AEP	2 894 800	Puits nappe Crau Ventillon - port autonome de Fos-sur-M.
		2 471 800	Puits dans nappe de la Crau - Fanfarigoules
		2 074 300	Champs captant de Fanfarigoule - base aérienne
Port-Saint-Louis-du-Rhône	Conserverie de produits de la mer - Ferrigno	9 000	Forage - conserverie de produits de la pêche
Fos-sur-Mer	La raffinerie de Fos sur Mer	5 236 500	Puits dans nappe de la Durance - raffinerie de Fos sur Mer
	Autres usages économiques*	3 900	Prélèvement dans la nappe BFSE

* Ce terme est celui employé par l'AERMC lorsque la nature des activités n'est pas précisée. Source : <http://sierm.eaurmc.fr/l-eau-pres-de-chez-vous/index.php>

G4 – TOURISME

Base de loisirs

Aucune base de loisirs n'est recensée sur l'UHC.

Autres activités

D'Arles jusqu'à la mer Méditerranée, le Grand Rhône est très apprécié pour la pratique d'activités nautiques. En effet, plusieurs clubs de kite surf sont recensés à Port-Saint-Louis-du-Rhône : Delta Mistral Camargue, Mistral Kite Passion ou encore Booster-Kite.

Le Cercle Nautique Mer et Passion est un club de voile, également basé à Port-Saint-Louis-du-Rhône. Les locaux ou touristiques peuvent également y pratiquer du catamaran, laser, caravelle, optimiste et kite surf.

Sur la plage du Cavaou, au niveau de Fos-sur-Mer se trouve GlissExpérience, proposant du paddle, de la bouée tractée, location de bateau ou encore du FlyRide.

Pêche de loisirs

Le Rhône est classé en 2^{de} catégorie piscicole. La pêche y est ouverte toute l'année, avec toutefois des limitations pour certaines espèces.

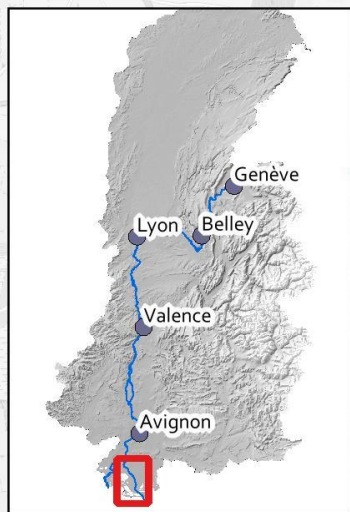
La Fédération Départementale de la Pêche des Bouches-du-Rhône recense, sur cette UHC, deux parcours de pêche à la carpe de nuit. De plus, chaque année au mois d'août, Port-Saint-Louis du Rhône accueille la compétition nationale de pêche au gros.

G5 – PRODUCTION DE GRANULATS

Les matériaux alluvionnaires du Grand Rhône n'ont pas été exploités à but commercial, y compris pour les matériaux de dragage qui sont remis au Rhône depuis 2001 (donnée non renseignée auparavant). Les extractions ayant alimenté le bassin de vie étaient issues du linéaire entre Beaucaire et Arles.

Actuellement, dans cette UHC, il n'existe pas de carrière active dans le lit majeur, ni de plateforme de gestion de granulats.

24G - GRH - Grand Rhône - Enjeux socio-économiques



Légende

Zone d'étude

- Limite Unité Hydrographique Cohérente (UHC)
- - - Limite de zone d'étude

Eléments hydrographiques

- ◆ Point kilométrique
- Chenal en eau du Rhône
- Affluent majeur
- Autre affluent

Navigation (CNR, 2018)

- ◆ Ecluse
- Port, quai, appontement
- ◇ Rampe à bateau
- Chenal de navigation

Hydroélectricité

- Petite centrale hydraulique (PCH)
- Usine Hydroélectrique
- Barrage

Nucléaire (EDF, 2018)

- ▼ Centrale nucléaire
- Limite Installation Nucléaire de Base (INB)
- Cloture CNPE

Prélèvements/Station d'épuration

- ★ Captage industriel et agricole (CNR, 2018)
- Ressource stratégique majeure (FCEN, 2016)
- Patrimoine naturel (CNR, 2018)
- Station d'épuration (FCEN, 2016)

Activités économiques

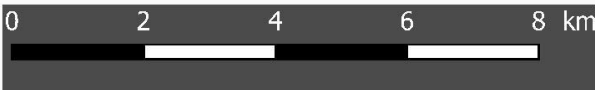
- Site industriel et entreprise portuaire (CNR, 2018)
- Zone industrielle et commerciale (CLC, 2012)
- Autre activité économique (BDEnjeux, 2010)

Activités touristiques

- ViaRhona (FCEN, 2016)
- ◆ Haltes fluviales (PGPOD, 2009)
- ◆ Bases nautiques (PGPOD, 2009)

Infrastructures

- Pont



UHC#24 - GRH
Source : BD Alti/GeoFla/Carthage/OSR/
DREAL/CLC
Réalisation : GeoPeka, ACTeon (2020)
Echelle : 1/110000e
Projection : RGF - Lambert 93

H – INVENTAIRE DES ACTIONS DE RESTAURATION ET DE GESTION (CARTE 24H)

H1 – GESTION ET ENTRETIEN SEDIMENTAIRE

Actions CNR

Sur la période 1995-2018, les actions de la CNR (hors restauration de milieux) ont conduit à réaliser 28 opérations pour 484 222 m³ (1% / 5 102 m³ en sédiments grossiers ; 99% / 479 640 m³ en fins). Ces volumes (20 176 m³/an) sont supérieurs aux volumes d'extractions réalisés avant 1995 et limités à 0,21 hm³. Le coût total des opérations est de 1 956 000 €HT (82 443 €HT/an en moyenne ; 4 €/m³ en moyenne).

Les opérations sont réparties comme suit :

- 9 opérations entretien des garages d'écluse (124 266 m³) ;
- 18 dragages du chenal navigable (359 856 m³), en particulier à hauteur de l'embouquement Barcarin (PK317), soit en moyenne environ 15 000 m³/an. Cette donnée est cohérente avec le volume affiché dans l'EGR (2000) : « 25 à 35 000 m³ de sables et limons tous les 2 à 3 ans, réinjectés en aval du débouquement ».
- 1 opération de dragage d'autre ouvrage : délimonage d'échelles limnimétriques pour 100 m³ de fines.

Les matériaux sont remis au Rhône pour 98 % des volumes concernés lorsque l'information est renseignée. L'autre filière est une valorisation à terre.

Les volumes de sédiments fins gérés (479 640 m³, soit 19 985m³/an) représentent environ 0,5 % des flux de MES transportés par le Rhône (5,4 Mt/an).

Actions VNF

VNF est gestionnaire du canal d'Arles à Bouc et à ce titre entretient l'embouquement sur le Rhône, localisé au sud d'Arles. Une opération de dragage a été réalisée en novembre 2018 pour un volume de 6 232 m³ de sédiments fins, en totalité restitués au Rhône par clapage au niveau d'une fosse (PK284). Des opérations plus anciennes ont été réalisées en 2015 (6 600 m³), en 2013-2014 (4 700 m³), en 2010 (1 200 m³), 2009 (3 700 m³), 2006 (volume non connu). Ces opérations représentent en moyenne 2 240 m³/an depuis 2009.

VNF gère par ailleurs plusieurs quais le long du Grand Rhône, potentiellement concernés par des actions de dragages inscrites dans le PGPOD (2019) :

- Ecluse d'Arles (PK 283,8) (500 m³) ;
- Quai Bonnardel à Port Saint Louis du Rhône (PK323) (4 000 m³) ;
- Quai d'attente plaisance de l'écluse Port Saint Louis du Rhône (PK323) (500 m³) ;

Il n'existe pas d'historique de dragages sur ces actions. Les volumes prévisionnels inscrits au PGPOD sont mentionnés entre parenthèses.

L'ensemble de ces actions, dont l'information a été transmise début 2020, n'a pas été intégré dans la base de données (Tableau 24.3 ; Figure 24.18 ; Figure 24.19), ni dans la Carte 24.H.

Actions par d'autres maîtres d'ouvrage

Le Groupe SALINS, dont la principale composante est la Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est, a effectué 4 opérations de dragage à hauteur du quai Esquineau de 1997 à 2016 pour un volume total de 4 652 m³ de matériaux fins.

H2 – RESTAURATION DES MILIEUX ALLUVIAUX ET HUMIDES

En raison des nombreux aménagements dont a fait l'objet le Grand Rhône, cette UHC compte aujourd'hui 2 îlons localisées au niveau du Grand Plan du Bourg. Aucune action de restauration des milieux aquatiques et humides au sein de l'emprise intra-digues du Grand Rhône n'a été recensée sur l'UHC#24. Malgré le fait que le linéaire ait fait l'objet d'aménagement de type Girardon, cette UHC n'a pas été étudiée dans le cadre du Schéma Directeur de réactivation des marges alluviales (OSR, 2013).

Dans le cadre des travaux menés par le SYMADREM, il est toutefois envisagé des reculs de digues qui permettent de restaurer la fonctionnalité du lit entre les digues.

H3 – RESTAURATION ET GESTION DES MILIEUX TERRESTRES

Les actions de restauration des milieux terrestres et humides sont réalisées dans l'ensemble du périmètre de la Camargue, par les différents acteurs gérant les nombreux milieux remarquables listés en partie E2 – .

La mise en œuvre de mesures compensatoires dans le cadre de projets d'aménagements peut être consultée sur le Géoportail de l'IGN : <https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/mesures-compensatoires-des-atteintes-a-la-biodiversite>.

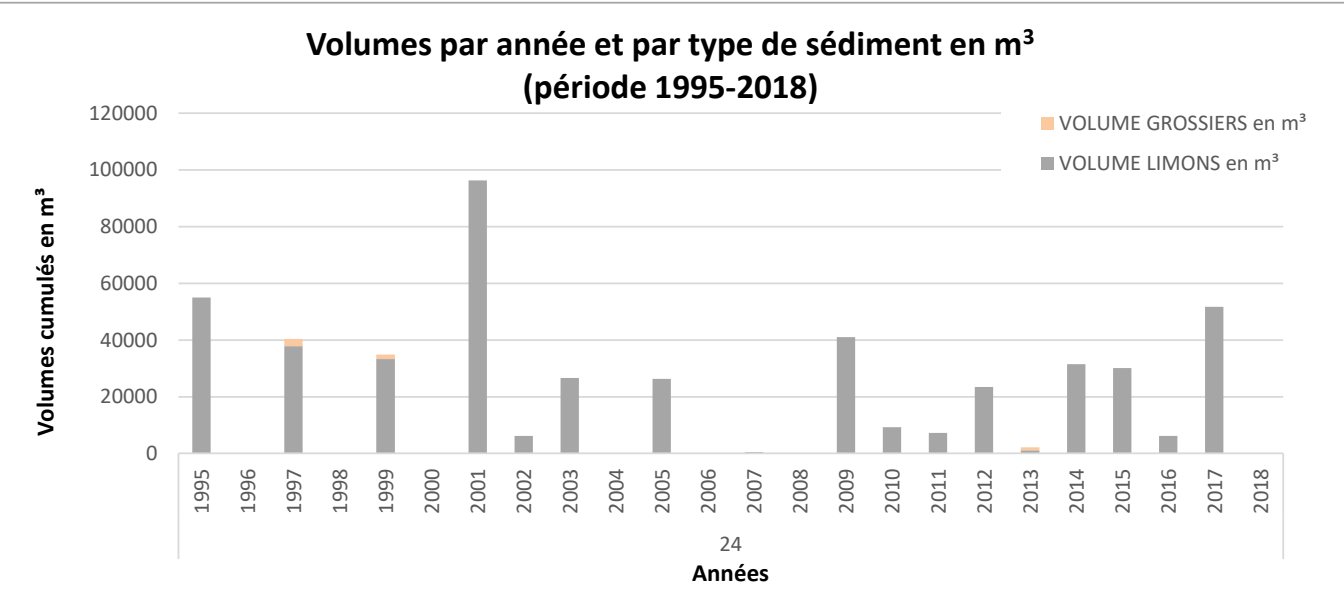
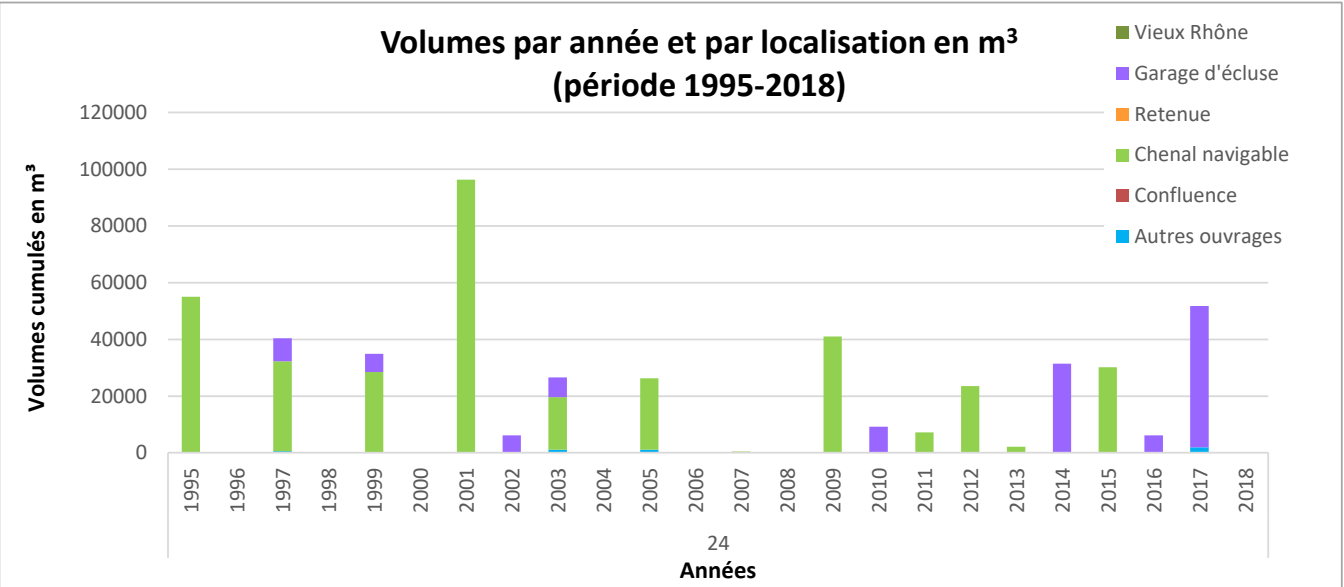


Figure 24.18 – Bilan chronologique des opérations de gestion sédimentaire – section H1 (1995-2018)

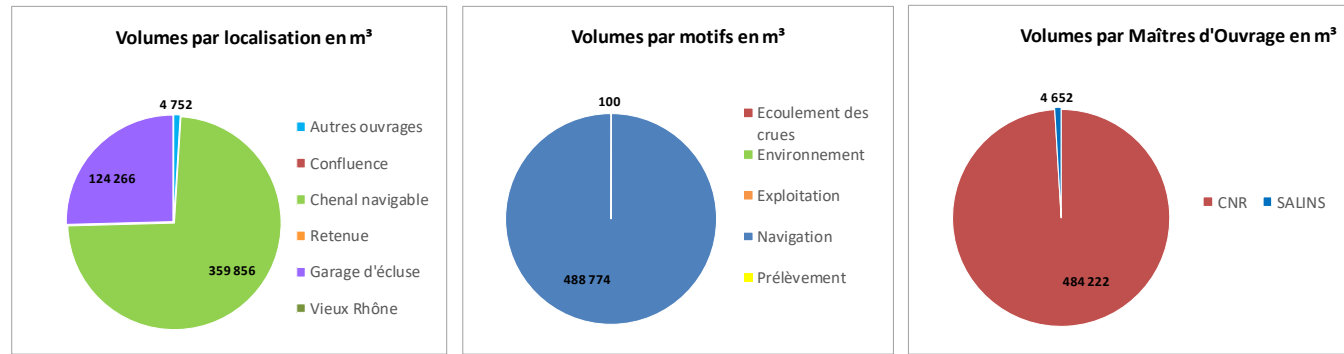


Figure 24.19 – Bilan thématique des opérations de gestion sédimentaire – section H1 (1995-2018)

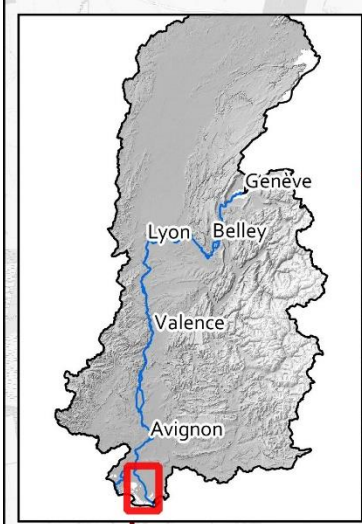
Tableau 24.3 – Opérations de gestion sédimentaire tous maîtres d’ouvrage de1995 à 2018 (volet H1)

N° Amén agem ent	ID	ANNEE	UHC	DESIGNATION MAITRE D'OUVRAGE	DESIGNATION HOM OGENEISEE	DATE DEBUT	DATE FIN	Motif	Localisation	Mode	Devenir des matériaux	MOA	VOLUME GROSSIERS réalisé m³	VOLUME LIMONS réalisé m³	VOLUME TOTAL réalisé m³
24	24_EMOUQUEMENT_BARCARIN	1995	GRAND RHONE	DEBOUQUEMENT EMOUQUEMENTCANAL BAPK 31	EMBOUQUEMENT_BARCARIN			Navigation	Chenal navigable			CNR		55 000	55 000
24	24_EMOUQUEMENT_BARCARIN	1996	GRAND RHONE	DRAGAGES EMOUQUEMENT CANAL Pk 316.5 ET 317	EMBOUQUEMENT_BARCARIN		27/11/95	Navigation	Chenal navigable			CNR	NC	NC	NC
24	24_QUAI_ESQUINEAU	1997	GRAND RHONE	DRAGAGE DEVANT LE QUAI DE L'ESQUINEAU	QUAI_ESQUINEAU	01/02/97		Navigation	Autres ouvrages			SALINS	520		520
24	24_CHENAL_NAVIGABLE_SEUIL_T	1997	GRAND RHONE	CHENAL DE NAVIGATION - SEUIL TERRIN	CHENAL_NAVIGABLE_SEUIL_TERRIN	01/04/97	01/05/97	Navigation	Chenal navigable			CNR	2 000		2 000
24	24_EMOUQUEMENT_BARCARIN	1997	GRAND RHONE	DEBOUQUEMENT DU CANAL DE BARCARIN	EMBOUQUEMENT_BARCARIN	01/10/97	01/11/97	Navigation	Chenal navigable			CNR		29 740	29 740
24	24_ECLUSE_GARAGE_AMONT_PC	1997	GRAND RHONE	DRAGAGE DU GARAGE AMONT DE L'ECLUSE	ECLUSE_GARAGE_AMONT_PORT-SAINT-LOUI	01/12/96	01/02/97	Navigation	Garage d'écluse			CNR		8 100	8 100
24	24_ECHELLES_LIMNI	1998	GRAND RHONE	Délimonage Echelles Limnimétriques	ECHELLES_LIMNI	01/03/98		Exploitation	Autres ouvrages			CNR		100	100
24	24_CHENAL_NAVIGABLE_SEUIL_T	1999	GRAND RHONE	SEUIL DE TERRIN	CHENAL_NAVIGABLE_SEUIL_TERRIN			Navigation	Chenal navigable			CNR	1 532		1 532
24	24_EMOUQUEMENT_BARCARIN	1999	GRAND RHONE	DRA GAGE DU DEBOUQUEMENT CANAL DE BARCARIN	EMBOUQUEMENT_BARCARIN			Navigation	Chenal navigable			CNR		27 000	27 000
24	24_ECLUSE_GARAGE_AMONT_PC	1999	GRAND RHONE	DRA GAGE GARAGE AMONT	ECLUSE_GARAGE_AMONT_PORT-SAINT-LOUIS			Navigation	Garage d'écluse			CNR		6 340	6 340
24	24_FOSSE_GRAND_MAR	2001	GRAND RHONE	Grand-Rhône-Beaujeu-Fossé de la Grand-Mar. Appontement	FOSSE_GRAND_MAR	02/07/01	05/07/01	Navigation	Chenal navigable	DA	RH	CNR		1 500	1 500
24	24_EMOUQUEMENT_BARCARIN	2001	GRAND RHONE	Embouquement du canal	EMBOUQUEMENT_BARCARIN	14/05/01	14/01/02	Navigation	Chenal navigable	DA+PCL	RH	CNR		94 800	94 800
24	24_ECLUSE_GARAGE_AMONT_PC	2002	GRAND RHONE	Garage amont écluse de Port St Louis	ECLUSE_GARAGE_AMONT_PORT-SAINT-LOUI	21/01/02	11/02/02	Navigation	Garage d'écluse	DA	RH	CNR		6 160	6 160
24	24_EMOUQUEMENT_BARCARIN	2003	GRAND RHONE	Embouquement	EMBOUQUEMENT_BARCARIN	14/04/03	16/06/03	Navigation	Chenal navigable	DA	RH	CNR		18 500	18 500
24	24_ECLUSE_GARAGE_AMONT_PC	2003	GRAND RHONE	Garage Amont Ecluse	ECLUSE_GARAGE_AMONT_PORT-SAINT-LOUI	23/12/02	22/01/03	Navigation	Garage d'écluse	DA	RH	CNR		7 000	7 000
24	24_QUAI_ESQUINEAU	2003	GRAND RHONE	Quai de l'Esquineau (Ouvrage des Salins du Midi)	QUAI_ESQUINEAU	03/04/03	05/04/03	Navigation	Autres ouvrages	DA	RH	SALINS		1 140	1 140
24	24_CHENAL_NAVIGABLE_PORT-S	2005	GRAND RHONE	CHENAL NAVIGABLE Pk 320.5 AU Pk 321	CHENAL_NAVIGABLE_PORT-SAINT-LOUIS	02/11/05	03/11/05	Navigation	Chenal navigable	DA	RH	CNR		1 074	1 074
24	24_QUAI_ESQUINEAU	2005	GRAND RHONE	QUAI DES ESQUINAUX	QUAI_ESQUINEAU	27/10/05	29/10/05	Navigation	Autres ouvrages	DA	RH	SALINS		1 070	1 070
24	24_EMOUQUEMENT_BARCARIN	2005	GRAND RHONE	LIAISON FLUVIALE RHONE-FOSEMOUQUEMENT DU CANAL	EMBOUQUEMENT_BARCARIN	02/07/05	19/08/05	Navigation	Chenal navigable	DA	RH	CNR		24 150	24 150
24	24_FOSSE_GRAND_MAR	2007	GRAND RHONE	FOSSE DE LA GRAN MAR (appontement CNR)	FOSSE_GRAND_MAR	13/11/07	14/11/07	Navigation	Chenal navigable	DA	RH	CNR		490	490
24	24_EMOUQUEMENT_BARCARIN	2009	GRAND RHONE	LIAISON FLUVIALE RHONE-FOSEMOUQUEMENT DU CANAL	EMBOUQUEMENT_BARCARIN	17/03/09	08/04/09	Navigation	Chenal navigable	DA	RH	CNR	0	41 050	41 050
24	24_ECLUSE_GARAGE_AMONT_PC	2010	GRAND RHONE	GARAGE AMONT ECLUSE PORT ST LOUIS	ECLUSE_GARAGE_AMONT_PORT-SAINT-LOUIS			Navigation	Garage d'écluse	DA	RH	CNR		9 228	9 228
24	24_CHENAL_NAVIGABLE_ARLES	2011	GRAND RHONE	Chenal : Pk 286.000 RG	CHENAL_NAVIGABLE_ARLES_SUD			Navigation	Chenal navigable	DA	RH	CNR		7 200	7 200
24	24_EMOUQUEMENT_BARCARIN	2012	GRAND RHONE	Liaison Fluviale Rhône-Fos, Embouquement du canal de barcar	EMBOUQUEMENT_BARCARIN			Navigation	Chenal navigable	DA	RH	CNR		23 500	23 500
24	24_FOSSE_GRAND_MAR	2013	GRAND RHONE	Fossé Grand Mar	FOSSE_GRAND_MAR			Navigation	Chenal navigable	PCL	RH	CNR		1 120	1 120
24	24_CHENAL_NAVIGABLE_ARLES	2013	GRAND RHONE	Points Hauts : Pk 283.550 à 321.750	CHENAL_NAVIGABLE_ARLES_SUD			Navigation	Chenal navigable	PCL	RH	CNR	1 050	0	1 050
24	24_EMOUQUEMENT_BARCARIN	2014	GRAND RHONE	Embouquement de Barcarin	EMBOUQUEMENT_BARCARIN	05/06/14	03/07/14	Navigation	Garage d'écluse	DA	RH	CNR	0	25 450	25 450
24	24_ECLUSE_GARAGE_AMONT_PC	2014	GRAND RHONE	Garage amont de Port Saint Louis	ECLUSE_GARAGE_AMONT_PORT-SAINT-LOUI	07/07/14	17/07/14	Navigation	Garage d'écluse	DA	RH	CNR	0	6 000	6 000
24	24_EMOUQUEMENT_BARCARIN	2015	GRAND RHONE	Embouquement de Barcarin	EMBOUQUEMENT_BARCARIN	23/11/15	04/12/15	Navigation	Chenal navigable	DA	RH	CNR	0	30 150	30 150
24	24_ECLUSE_GARAGE_AMONT_PC	2016	GRAND RHONE	Garage amont de l'écluse Port-Saint-Louis	ECLUSE_GARAGE_AMONT_PORT-SAINT-LOUI	04/10/16	20/10/16	Navigation	Garage d'écluse	DA	RH	CNR	0	6 188	6 188
24	24_EMOUQUEMENT_BARCARIN	2017	GRAND RHONE	Embouquement de Barcarin	EMBOUQUEMENT_BARCARIN	01/02/17	01/03/17	Navigation	Garage d'écluse	DA	RH	CNR	0	49 800	49 800
24	24_QUAI_ESQUINEAU	2017	GRAND RHONE	QUAI DES ESQUINAUX	QUAI_ESQUINEAU			Navigation	Autres ouvrages	DA	RH	SALINS		1 922	1 922

DA : Drague Aspiratrice
PCA : Pelle Chargement cAmion
PCL : Pelle Chargement cLapet
PMS : Pelle Mécanique Seule
AM : Autres Méthodes

RH : Restitution au Rhône
DE : Valorisé à terre
RE : REutilisation

24H - GRH - Grand Rhône - Mesures de Gestion et de Restauration



24_CHENAL_NAVIGABLE_ARLES_SUD
Maître Ouvrage : CNR
Période : de 2011 à 2013
Nombre opérations : 2
Volume total (m3) : 8250
Volume annuel (m3/an) : 359

23_QUAI_LAMARTINE
Maître Ouvrage : CNR
Période : de à
Nombre opérations : -
Volume total (m3) :
Volume annuel (m3/an) :

24_CHENAL_NAVIGABLE_SEUIL_TERRIN
Maître Ouvrage : CNR
Période : de 1997 à 1999
Nombre opérations : 2
Volume total (m3) : 3532
Volume annuel (m3/an) : 154

24_FOSSE_GRAND_MAR
Maître Ouvrage : CNR
Période : de 2001 à 2013
Nombre opérations : 3
Volume total (m3) : 3110
Volume annuel (m3/an) : 135

24_ECHELLES_LIMNI
Maître Ouvrage : CNR
Période : de 1998 à 1998
Nombre opérations : 1
Volume total (m3) : 100
Volume annuel (m3/an) : 4

24_EMBOUQUEMENT_BARCARIN
Maître Ouvrage : CNR
Période : de 1995 à 2017
Nombre opérations : 12
Volume total (m3) : 419140
Volume annuel (m3/an) : 18223

24_ECLUSE_GARAGE_BARCARIN
Maître Ouvrage : CNR
Période : de à
Nombre opérations : -
Volume total (m3) :
Volume annuel (m3/an) :

24_ECLUSE_GARAGE_AMONT_PORT-SAINT-LOUIS
Maître Ouvrage : CNR
Période : de 1997 à 2016
Nombre opérations : 7
Volume total (m3) : 49016
Volume annuel (m3/an) : 2131

24_QUAI_ESQUINEAU
Maître Ouvrage : SALINS
Période : de 1997 à 2016
Nombre opérations : 4
Volume total (m3) : 4652
Volume annuel (m3/an) : 202

24_CHENAL_NAVIGABLE_PORT-SAINT-LOUIS
Maître Ouvrage : CNR
Période : de 2005 à 2005
Nombre opérations : 1
Volume total (m3) : 1074
Volume annuel (m3/an) : 47

Légende

Zone d'étude :

— Limite d'Unité Hydrographique Cohérente (UHC)

- - - Limite de la zone d'étude

□ Limite communale

Éléments hydrographiques :

Affluents :

■ Chenal en eau du Rhône

■ Affluents majeurs

■ Affluents principaux

■ Affluents secondaires

■ Affluents mineurs

■ Canaux

■ Contres canaux

◆ Point kilométrique

Ouvrages et aménagements :

● Usine Hydroélectrique

● Petite Centrale Hydroélectrique (PCH)

◆ Ecluse

■ Barrage

▼ Centrale Nucléaire

— Pont

Actions d'entretien - Volumes (1995-2018)

○ < 1 000 m3

○ De 1 000 à 10 000 m3

○ De 10 000 à 100 000 m3

○ à 100 000 à 1 000 000 m3

○ > 1 000 000 m3

Actions d'entretien - % grossiers (1995-2018)

● De 0 à 20%

● De 20 à 40%

● De 40 à 60%

● De 60 à 80%

● De 80 à 100%

● Non renseigné ou réalisé avant 1995 (CNR, 2009)

Actions de restauration

■ Lônes (CNR, 2018)

■ Lônes restaurées

--- Lônes non restaurées

■ Démantelements de casiers Girardon

■ Réinjections sédimentaires

UHC#24 - GRH
Source : BD Alti/GeoFla/Carthage/OSR
Réalisation : BURGEAP/GeoPeka (2019)
Echelle : 1/110000e
Projection : RGF - Lambert 93

GINGER BURGEAP GeoPeka

0 2 4 6 8 km

I – SYNTHÈSE

I1 – CONTEXTE GENERAL

L'UHC#24 du Grand Rhône porte sur un linéaire de 47,5 km entre les PK283,1 (Pont de la RN113 à Arles) et PK329,7 au débouché du Grand Rhône en Méditerranée. Un seul tronçon homogène a été défini pour cette UHC, pour le même linéaire (GRH1 ; 47,5 km).

Le Rhône est concerné par 2 masses d'eau : FRDR2009 (Le Rhône de Beaucaire au seuil de Terrin et au port de Sylveréal) et FRDT20 (Rhône maritime). Le Grand Rhône ne bénéficie d'aucun affluent significatif sur son parcours dans le delta.

I2 – FONCTIONNEMENT HYDROMORPHOLOGIQUE

Evolution du milieu alluvial

L'UHC#24 du Grand Rhône compose la partie orientale du delta de la Camargue dont la géomorphologie résulte de la remontée du niveau marin au cours de l'Holocène (depuis 10 000 BP) et de dépôts progressifs de sédiments sableux et limoneux sur une nappe caillouteuse du Pléistocène dont le seuil de Terrin est l'un des éléments apparents. Le style fluvial du Grand Rhône, tributaire de dépôts grossiers privilégiés en entrée de delta entre Beaucaire et Arles, est passé successivement d'un lit en tresses au sortir de l'Antiquité, à un lit méandrique au Moyen Âge, avant un retour à un lit en tresses au Petit Âge Glaciaire.

Les premiers aménagements de la Camargue ont visé dès le 11^{ème} siècle la protection contre les crues et la maîtrise de l'encombrement sédimentaire des graus (estuaires en mer d'un bras du Rhône). Progressivement, le tracé le plus oriental du Rhône a été privilégié lors des endiguements successifs et des fermetures de défluviations : Rhône de St-Ferréol au 13^{ème} siècle, Rhône d'Ulmét au 15^{ème} siècle, Rhône du Grand Passon (Moyen-Âge), Rhône de Bras de Fer (fonctionnel de 1586 à 1711), pour aboutir au Grand Rhône actuel en 1711, et à son embouchure par le grau de Roustan en 1892. L'endiguement du Grand Rhône, laissant des ségonnaux étroits entre les digues, est finalisé en 1869 ; il est complété par la Digue à la Mer créée pour supprimer les incursions des eaux de tempêtes marines dans le delta inférieur ; ces processus ont transformé les lagunes de Basse-Camargue en étangs côtiers et ont nécessité des travaux de drainage et d'irrigation pour pallier aux remontées salines.

À la fin du 19^{ème} siècle, la priorité est donnée à la navigation : écluse de Port-Saint-Louis-du-Rhône en 1873, aménagements Girardon (fixation et approfondissement du chenal), puis premier déroctage du seuil de Terrin en 1969 et enfin aménagement fluvial du Palier d'Arles, à partir de 1971, pour assurer notamment un mouillage de 4,25 m entre Fos-sur-Mer et Arles-Nord : extractions en amont d'Arles (UHC#23-ARL), poursuite du déroctage du Seuil de Terrin en 1979 et 1990-91, mise en service en 1983 de l'écluse de Barcarin (192 m de longueur, 12 m de large) du canal du Rhône au port de Fos-sur-Mer, destinée à compléter le trafic fluvio-maritime de l'écluse de Port-Saint-Louis-du-Rhône (160 m de longueur, 22 m de large). Les débits liquides du Grand Rhône sont actuellement de l'ordre de 90% du débit total du Rhône alors qu'ils étaient de l'ordre de 80% au 19^{ème} siècle.

Fonctionnement hydrosédimentaire

Avant aménagement, la réduction de pente à l'entrée du delta (environ 0,12 ‰ en crue dans le Grand Rhône) favorisait 1) les dépôts grossiers, apportés par le Gardon et la Durance notamment, en amont d'Arles, et 2) les dépôts sableux-limoneux dans le Grand Rhône et ses bourrelets de berges, engendrant ainsi un style fluvial divagant et des défluviations. Avec l'endiguement progressif, composé des aménagements Girardon en lit mineur et des digues terrestres en lit majeur, la capacité de charriage en crue au sein du lit a augmenté, ce qui a favorisé par érosion progressive l'incision et le transit des sables jusqu'au littoral. Plus tard, avec l'aménagement fluvial du Palier d'Arles, les dragages avec export des matériaux à la diffuence et devant le port d'Arles-Nord, ont accentué le déficit du Grand Rhône en aval : -5,3 hm³ entre 1907 et 1991, dont -3,7 hm³ après 1967. Sur 1974-2011, le déficit ne s'élève plus qu'à 1,05 hm³, ce qui confirme l'impact prépondérant de la période 1967-1974, et il se concentre entre Arles et le seuil de Terrin. Inversement, depuis 2012, les matériaux grossiers dragués sont restitués au Rhône et semblent se stocker en totalité en amont du seuil de Terrin, imperméable pour l'instant aux graviers. La capacité de charriage, estimée à de l'ordre de 20 000 m³/an, est très dépendante de l'occurrence des crues, car leur pente de ligne d'eau augmente avec leur intensité.

En dehors des seuils grossiers de Terrin et de Mas Thibert, la granulométrie du fond est constituée de sables fins à moyens (63-500 µm), avec un D50 oscillant entre 350-400 µm. Cette donnée est relativement stable depuis 1962, et tend à s'affiner en aval du Mas Thibert (PK304), notamment à la station de mesure aDcp de Barcarin (110 µm). La continuité des sables entre la Durance et le Grand Rhône a été mise en évidence, avec une inertie d'environ 40 ans.

L'ensemble des données sur les MES dans le Palier d'Arles montre que le flux actuel varie globalement entre 2-3 et 14-15 Mt/an depuis la 2^{nde} moitié du 20^{ème} siècle, et qu'il est en forte décroissance par rapport à la fin du 19^{ème} siècle. Les flux moyens annuels retenus ressortent des travaux de l'OSR : 6 Mt/an à Beaucaire, qui donnent, en supposant une répartition des fines similaire à la répartition des débits, environ 5,4 Mt/an dans le Grand Rhône.

Au niveau du littoral, la barre d'embouchure a beaucoup progressé au 19^{ème} siècle (80 m/an), a maintenu une avance régulière au cours du 20^{ème} siècle. Depuis 1988, elle présente une tendance à l'érosion qui se généralise dans le levé de 2003, à l'ensemble des zones littorales (ouest et est) ; les accumulations à l'embouchure ont été divisées par 4 depuis le milieu du 19^{ème} siècle. Cette évolution est significative, non pas d'une aggravation de l'énergie des houles – l'effet des marées étant par ailleurs négligeable, mais d'un déficit net en sables moyens et grossiers qui sont les seuls à se déposer dans cet environnement. Cela résulte d'une réduction très importante de la charge de fond qui est liée à l'histoire locale (endiguements, extractions), au

ralentissement des flux dans les retenues amont, et plus globalement aux pressions historiques dans les bassins versants affluents qui ont diminué les apports sableux au Rhône.

I3 – ENJEUX ÉCOLOGIQUES

Écologie aquatique

Le peuplement de poissons du Grand Rhône ne peut être qualifié qu'à partir de la station d'Arles (UHC#23-ARL) ; il présente une diversité spécifique élevée (25 espèces sur 2007-2015), dont certaines représentées par quelques rares individus, ce qui tendrait à montrer une altération de leur cycle de développement. La diversité « moyenne », comprise entre 12 et 16 espèces, reste assez faible par rapport à d'autres secteurs du Rhône. Le chenal unique du Rhône, la rareté des milieux annexes et l'absence d'affluent majeur, sont à la base de ce résultat. Ce peuplement de poissons comprend des espèces euryhalines (*i.e.* qui supportent une large gamme de salinité) : bar commun (ou loup), athérine, le(s) mulot(s) qui profitent de la bonne connexion avec la mer. L'anguille, espèce migratrice amphihaline phare du Rhône, profite de cette bonne continuité. Deux autres espèces migratrices non capturées fréquentent également de ce secteur : alose feinte (passages très ponctuels) et la lamproie marine (densités très faibles). Au final, seul l'esturgeon européen a définitivement disparu de ce secteur du Rhône.

Outre l'anguille et les mulets, le peuplement est dominé par les espèces ubiquistes et/ou résistantes telles que l'ablette, le gardon, le chevesne, les brèmes, le goujon, ou encore le pseudorasbora, espèce bien implantée et « indésirable ». Idem pour la gambusie, introduite initialement pour lutter contre les moustiques. Les carnassiers indigènes sont assez peu représentés (absence du brochet, rareté de la perche), de même que le sandre, toujours difficile à capturer. Ce rôle semble essentiellement assuré par le silure, voire par le bar, même si les effectifs de ce dernier restent faibles.

En regard des résultats obtenus au niveau des autres secteurs du Rhône, et à l'échelle de la chronique étudiée (2010-2017) les lithophiles et les psammophiles présentent des effectifs relativement faibles. Pour les lithophiles, ce résultat est surprenant compte tenu des fonds relativement grossiers du Rhône à ce niveau mais probablement colmatés par des fines et sables du fait des conditions favorables (faible pente). Quant aux psammophiles, leur importance relative est inférieure à celle observée en amont (Aramon) et sur le Petit Rhône à St Gilles, ce qui pourrait traduire une altération des habitats sableux.

Au niveau de l'extrémité aval du Rhône, des campagnes d'échantillonnages ont été réalisées par l'INRAe . Le nombre de taxons est important (n=55) mais regroupe tout à la fois poissons, crustacés et céphalopodes (sèches). De ce fait, le peuplement est largement dominé par les espèces marines, même si on relève la présence d'espèces dulçaquicoles (brèmes, barbeau, goujon, sandre). On note également les espèces amphihalines au caractère patrimonial marqué telles que l'anguille ou encore l'alose. Les effectifs capturés restent faibles, dénotant de la difficulté d'échantillonner un milieu aussi vaste.

Enfin, la continuité écologique est préservée vers l'aval (Méditerranée) et jusqu'aux barrages amont (Vallabrègues).

Écologie des milieux humides et terrestres

Cette UHC est caractérisée par plusieurs ensembles d'une biodiversité remarquable, tant par les étendues d'habitats que par leur spécificité liée à l'influence marine : le Rhône aval, le delta de Camargue, les marais entre Camargue et Crau (marais du Vigueirat, marais de Meyranne et des Chanoines, marais de l'Audience...). La patrimonialité des milieux se traduit par une superposition de périmètres de protection : différentes réserves, arrêtés de protection de biotope, sites Natura 2000, etc.

Le Grand Rhône est le bras principal du delta du Rhône, soumis à l'influence du sel et d'autres facteurs déterminants (eau, topographie et pédologie). La variabilité, bien que diminuée depuis les aménagements (endiguements, etc.), s'exprime encore à travers la micro-topographie et l'hydrographie souterraine sources de diversité des formations végétales et des habitats d'intérêt communautaire. De plus, de nombreuses zones humides de ce type sont encore inondées par les crues du Rhône.

Grâce à la préservation de certains secteurs, de larges portions du fleuve sont utilisées par des espèces remarquables, notamment par le Castor d'Europe et diverses espèces de poissons. L'axe fluvial assure plusieurs fonctions : corridor (déplacement des espèces telles que les poissons migrateurs), fonction de diversification (mélange d'espèces montagnardes et méditerranéennes) et refuge (survie de nombreuses espèces). Les berges sont caractérisées par des ripisylves en bon état de conservation, et localement très matures. Les principales menaces qui pèsent sur le Rhône aval sont d'une part le défrichement de la ripisylve, d'autre part l'eutrophisation des lînes et le développement d'espèces exotiques envahissantes.

Le delta de Camargue constitue une zone humide d'importance internationale qui abrite une grande diversité d'habitats littoraux et d'espèces d'intérêt communautaire. Les groupements végétaux sont agencés en une mosaïque complexe, déterminée essentiellement par la présence et l'abondance de l'eau et du sel. Ils se déclinent en communautés halophiles et halonitrophiles, près salés méditerranéens, steppes salées, dunes, étangs eutrophes, matorrals, etc. Le delta de Camargue revêt également une importance internationale pour la reproduction, l'hivernage et la migration de nombreuses espèces d'oiseaux. Près de 370 espèces fréquentent le site, dont plus de 80 espèces d'intérêt communautaire. Cette richesse exceptionnelle est liée à la position géographique du delta (zone côtière méditerranéenne, au carrefour d'axes migratoires) mais également à l'originalité de certains milieux naturels et à leur grande étendue spatiale et grande diversité. La Camargue accueille chaque hiver des milliers d'oiseaux d'eau, notamment des canards et des foulques.

Les marais entre Crau et Grand Rhône sont de vastes zones humides à l'interface entre la Camargue et la Crau, mosaïques de milieux allant des plus salés (sansouïre) aux plus doux (phragmites). Certains sont représentatifs des milieux de la Camargue fluvio-lacustre, d'autres de la zone charnière entre la Camargue et la plaine steppique de la Crau.

Le site porte une responsabilité nationale pour de nombreuses espèces dont les populations sont très localisées à l'échelle nationale : Flamant rose (unique site de nidification française), Crabier chevelu, Grande Aigrette, Ibis Falcinelle, Spatule blanche, Talève sultane, mais aussi la Cistude d'Europe.

L'endiguement du Rhône a fortement modifié le fonctionnement hydrologique en stabilisant les milieux. Les nombreuses infrastructures hydrauliques établies au fil du temps (100 km de canaux sur le site) impactent le fonctionnement des écosystèmes mais remplacent aussi les anciennes divagations du fleuve en apportant de l'eau douce. On note également plusieurs points de vulnérabilité des systèmes de marais : une pollution des eaux et des sols (industries voisines, intrants agricoles, insecticides, plomb...) ; une expansion d'espèces végétales introduites ; une sur-fréquentation de certains secteurs sensibles en période estivale. Le site est concerné par divers aménagements existants ou en projet (canaux, voiries, lignes électriques, éoliennes, etc.), devant s'inscrire dans une logique de développement durable.

I4 – ENJEUX DE SURETE ET SECURITE

Enjeux sûreté hydraulique

L'entretien de l'aménagement fluvial du Palier d'Arles, prévu par le cahier de charges général de la concession, relève de la sûreté et peut déclencher des actions de gestion sédimentaire en cas d'aggravation des lignes d'eau par rapport à la situation initiale. Ce motif n'a pas été déclenché à ce jour sur le linéaire du Grand Rhône, le motif principal étant lié à la navigation (chenal, embouquement, écluses) ; ainsi, sur la période 1995-2018, les actions ont conduit à réaliser 32 opérations pour 488 874 m³, soit 20 370 m³/an en moyenne.

Seul le barrage-retenue de la porte de l'écluse d'Arles a fait l'objet d'un arrêté de classement, ainsi que les barrages latéraux de l'embouquement de Barcarin. Les digues locales hors concession CNR sont en cours de classement. Ces ouvrages font l'objet de mesures de surveillance et d'entretien, et sont par ailleurs intégrés dans le programme de sécurisation des ouvrages de protection contre les crues du Rhône depuis Beaucaire jusqu'à la mer porté par le SYMADREM.

Enjeux sécurité en cas d'inondation

Les zones inondables concernent principalement l'espace des ségonnaux entre les digues du Grand Rhône dès le scénario de crue fréquent (Q30) ; sont concernés des lieux habités (750 pers.) et des activités économiques (160 à 260 emplois). Pour les crues plus fortes pouvant déclencher des brèches, tout le delta du Rhône est mobilisé.

I5 – ENJEUX LIES AUX USAGES SOCIO-ECONOMIQUES

Cette UHC ne comporte aucun aménagement hydro-électrique. Un projet de centrale photovoltaïque est en cours de réalisation sur la commune d'Arles : 16 000 panneaux photovoltaïques produisant annuellement 7 673 MWh. Au niveau du port autonome de Marseille à Fos sur Mer, 4 éoliennes d'une puissance de 2 500 kW chacune sont gérées par la CNR.

Le port Marseille-Fos est le premier port de France (en tonnages de marchandises). Les bassins Ouest de Fos-sur-Mer représentent une large zone industrialo-portuaire (de 10 000 hectares) destinée aux grands flux maritimes intercontinentaux, soit 81 millions de tonnes de marchandises qui ont transité en 2017. Ce port représente au total 41 500 emplois directs et indirects (hors intérimaires ou non-salariés). Deux voies donnent accès au Grand Rhône : 1) l'écluse de Port-Saint-Louis-du-Rhône et le canal St-Louis (1873), empruntés par les bateaux plaisanciers et les navires fluvio-maritimes ; 2) l'écluse de Barcarin et le canal du Rhône au Port de Fos-sur-Mer, empruntés par les navires fluviaux.

Pour la plaisance, le port de Marseille-Fos est le premier port français en termes de croisières, avec 2,7 millions de plaisanciers par an. De plus, 6 ports sont recensés à Port-Saint-Louis qui compte des centaines de places et anneaux.

L'UHC comprend des ouvrages de prélèvement d'eau superficielle destinés aux usages industriels, l'AEP, aux canaux et à l'irrigation gravitaire, avec au total 73 422 100 m³ prélevés, dont 85 % pour les usages industriels. Les prélèvements des eaux souterraines sont destinés à l'AEP, l'irrigation (gravitaire et non-gravitaire) et trois industries (dont une conserverie de produits de la mer et la raffinerie de Fos-sur-Mer) avec au total 23 329 100 m³ prélevés, dont 59 % pour l'AEP et 23 % pour les usages industriels. Le tronçon étudié comprend 11 stations d'épuration et les rejets se font dans le Rhône et la mer Méditerranée.

Concernant les activités touristiques sur cette zone, plusieurs opérateurs proposent des activités nautiques ainsi que des locations de bateaux. Deux zones de pêche de nuit de la carpe sont recensées et une compétition nationale de pêche au gros est également organisé sur cette zone.

I6 – BILAN DES ENJEUX DE CONNAISSANCE

La Camargue qui fait l'objet de nombreuses études et suivis. Toutefois, la connaissance du fonctionnement sédimentaire du Grand Rhône hors embouchure reste limitée, ainsi que sur le plan de l'écologie aquatique. Le Tableau 24.4 indique les connaissances qui pourraient être améliorées :

- Enjeu fort :
 - C3) les capacités de charriage et Dmax remobilisables ne sont pas connus sur la totalité du linéaire. Un lien pourrait être fait avec la dynamique hydrosédimentaire de l'embouchure. Notamment, les profils en long historiques du thalweg pourraient être assemblés entre le linéaire fluvial et l'embouchure.
- Enjeu moyen :
 - C4) les flux de sédiments sableux et grossiers entrants dans le Grand Rhône sont une donnée d'entrée importante dans une optique d'équilibre sédimentaire. Une meilleure connaissance basée par exemple sur des mesures d'hydrophone ou aDcp permettrait de développer cette connaissance ;
 - D2) Connaissance des peuplements piscicoles sur le Grand Rhône.

Section	Thématique	Donnée non disponible	Enjeu de connaissance
C3	Dynamique des sédiments	Profils en long de thalweg jusqu'à l'embouchure Estimation des capacités de charriage et de Dmax remobilisables en lien avec l'embouchure	Fort
C4	Sédiments grossiers	Flux de sédiments sableux et grossiers alimentant le Grand Rhône en aval d'Arles	Moyen
D2	Ecologie aquatique	Connaissance des peuplements piscicoles	Moyen

Tableau 24.4 – Bilan des enjeux de connaissance

I7 – BILAN DES ENJEUX LIES A LA GESTION SEDIMENTAIRE

Enjeux écologiques justifiant des mesures en faveur de la biodiversité et de l'atteinte du bon état/potentiel

- Fonctionnalités morphologiques :
 - répartition de débits à la diffuence à maintenir Petit Rhône (10 à 13%) / Grand Rhône (87 à 90%) ;
 - habitats aquatiques et humides dans le Grand Rhône du fait des dragages situés en amont, de la faiblesse des apports sédimentaires grossiers : faciès d'écoulement, habitats aquatiques, colmatage ;
 - connectivité latérale des berges du Grand Rhône limitée du fait des aménagements Girardon ;
 - remontée du biseau salé qui peut s'accroître en cas de remontée du niveau marin ;
- Continuité biologique effective, à conserver (Liste 2) ;
- Biodiversité :
 - dans le lit du Grand Rhône : peuplements psammophiles et lithophiles, habitats et zones de reproduction ;
 - dans les îlots et annexes peu présentes ;
 - dans les zones humides et boisements humides des ségonnaux et de Camargue ;
- Bon état / bon potentiel écologique :
 - Les tableaux ci-dessous récapitulent l'ensemble des pressions pour les masses d'eau superficielles et souterraines intégrant l'UHC établies dans le cadre de l'état des lieux 2019 du futur SDAGE 2022-2027.

Enjeux sûreté-sécurité justifiant les opérations de gestion sédimentaire

- pour l'instant, absence d'entretien du chenal du Petit Rhône pour des objectifs d'inondation, mais quid des impacts de la remontée du niveau marin dans le cadre du changement climatique ? ;

Enjeux socio-économiques justifiant les opérations de gestion sédimentaire

- navigation fluviale et fluvio-maritime dans le Grand Rhône entre l'écluse de Port-Saint-Louis et le port d'Arles-Nord ;
- entretien d'embouquement et des écluses de Port-Saint-Louis, Barcarin et Arles (canal d'Arles à Bouc).

Tableau 24.5 – Pressions sur les masses d'eau superficielles et risque NAOE (Etat des lieux SDAGE, 2019)

Code masse d'eau superficielle	Libellé masse d'eau superficielle	naoe 2027												
		01_Pol_nutri_urb_ind	02_Pol_nutagri	03_Pol_pesticides	04_Pol_toxiques	05_Prélèvements_eau	06_Hydrologie	07_Morphologie	08_Continuité écologique	09_Pol_nut_urb_ind_canaux	10_Pol_diff_nut	11_Hydromorphologie	15_Autres pressions	
FRDR2009	Le Rhône de Beaucaire au seuil de Terrin et au pont de Sylveréal	X	2	1	2	3	2	2	3	1	0	0	0	0
FRDT20	Grand Rhône du seuil de Terrin à la Méditerranée	X	0	0	2	3	0	0	0	0	1	1	3	1

Tableau 24.6 – Pressions sur les masses d'eau souterraines et risque NAOE (Etat des lieux SDAGE, 2019)

Code masse d'eau souterraine	Libellé masse d'eau souterraine	naoe 2027				
		02_PoI_nutagri	03_PoI_pesticides	04_PoI_toxiques	05_Prélèvements_eau	
FRDG504	Limons et alluvions quaternaires du Bas Rhône et de la Camargue	X	1	1	2	1