



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# 21
AVI
AVIGNON

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_expliante)

SOMMAIRE

A – Présentation générale (carte 21A)	4
A1 – Unité hydrographique cohérente (UHC).....	4
A2 – Tronçons homogènes du Rhône (TH)	4
B – Synthèse historique (carte 21B).....	4
C – Fonctionnement hydrosédimentaire (carte 21C).....	6
C1 – Hydrologie - hydraulique	6
C2 – Contribution des affluents	6
C3 – Bilan sédimentaire.....	7
C4 – Dynamique des sédiments grossiers	8
C5 – Dynamique des sédiments fins et sables	8
D – Enjeux en écologie aquatique (carte 21D)	11
D1 – Diagnostic de la qualité des eaux et des sédiments.....	11
D2 – Eléments de diagnostic de la faune aquatique	12
D3 – Continuité écologique et réservoirs biologiques.....	13
E – Enjeux en écologie des milieux humides et terrestres (cartes 21E1 et 21E2)	15
E1 – Présentation générale	15
E2 – Inventaire et statut de protection des milieux naturels	15
E3 – Habitats d'intérêt écologique liés à la gestion sédimentaire	15
E4 – Flore et faune remarquable.....	16
E5 – Etat des corridors écologiques	16
E6 – Pressions environnementales	17
F – Enjeux de sûreté sécurité (carte 21F)	20
F1 – Ouvrages hydrauliques	20
F2 – Aléas inondation et vulnérabilité.....	20
F3 – Sûreté nucléaire	20
G – Enjeux socio-économiques (carte 21G)	22
G1 – Navigation	22
G2 – Energie	22
G3 – Prélèvements et rejets d'eau	22
G4 – Tourisme	23
G5 – Production de granulats	23
H – Inventaire des actions de restauration et de gestion (carte 21H)	25
H1 – Gestion et entretien sédimentaire.....	25
H2 – Restauration des milieux alluviaux et humides	25
H3 – Restauration et gestion des milieux terrestres	25
I – Synthèse.....	28
I1 – Contexte général	28
I2 – Fonctionnement hydromorphologique	28
I3 – Enjeux écologiques	28
I4 – Enjeux de sûreté et sécurité	28
I5 – Enjeux liés aux usages socio-économiques	29
I6 – Bilan des enjeux de connaissance.....	29
I7 – Bilan des enjeux liés à la gestion sédimentaire.....	29

FIGURES

Figure 21.1 – Courbe des débits classés d'Avignon	6
Figure 21.2 – Confluences avec des affluents de l'UHC	6
Figure 21.3 – Evolution historique du thalweg du fond du lit et pressions anthropiques	9
Figure 21.4 – Profil en long du diamètre maximal remobilisable (Q2, Q5, Q10)	9
Figure 21.5 – Profil en long de la capacité de chargement moyenne annuelle	9
Figure 21.6 – Bilan sédimentaire sur l'UHC d'Avignon de 1977 à 2009 (CNR, 2019)	9
Figure 21.7 – Qualité physico-chimique et hydrobiologique des stations de 21-AVI	11
Figure 21.8 – Evolution amont-aval des températures de l'eau du Rhône	11
Figure 21.9 – Qualité des sédiments des stations de 21-AVI	11
Figure 21.10 – Probabilité de présence et importance relative des espèces de poissons du Rhône	12
Figure 21.11 – Importance relative des espèces lithophiles (a) et psammophiles (b) à l'échelle du Rhône	13
Figure 21.12 – Extrait des SRCE PACA et Occitanie au niveau de l'UHC AVI	17
Figure 21.13 – Digues insubmersibles en rive gauche et lignes d'eau en crue (EGR, CNR, 2002)	20
Figure 21.14 – Zone d'implantation du parc d'activités Avignon-Courtine.	22
Figure 21.15 – Bilan chronologique des opérations de gestion sédimentaire – section H1 (1995-2018)	25
Figure 21.16 – Bilan thématique des opérations de gestion sédimentaire – section H1 (1995-2018)	25

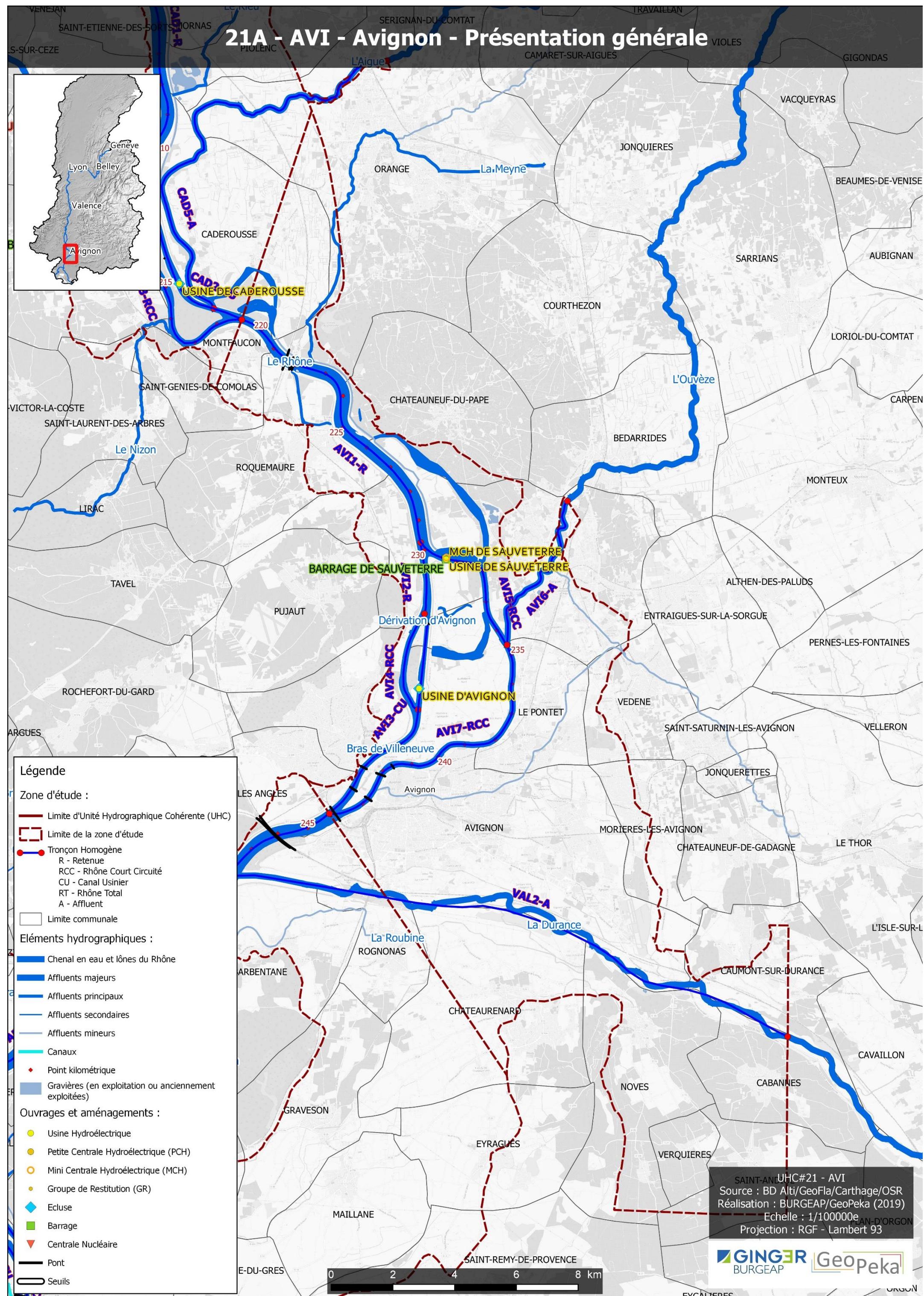
TABLEAUX

Tableau 21.1 – Principaux usages de prélèvements d'eau superficielle	23
Tableau 21.2 – Principaux usages de prélèvements d'eau souterraine	23
Tableau 21.3 – Opérations de gestion sédimentaire tous maîtres d'ouvrage de 1995 à 2018 (volet H1)	26
Tableau 21.4 – Bilan des enjeux de connaissance	29
Tableau 21.5 – Pressions sur les masses d'eau superficielles et risque NAOE	29
Tableau 21.6 – Pressions sur les masses d'eau souterraines et risque NAOE	29

CARTES

Carte 21.A – Présentation générale de l'UHC	3
Carte 21.B – Aménagements et évolutions historiques	5
Carte 21.C – Fonctionnement morphologique	10
Carte 21.D – Ecologie aquatique	14
Carte 21.E1 – Inventaires du patrimoine naturel	18
Carte 21.E2 – Habitats d'intérêt écologique	19
Carte 21.F – Enjeux sûreté / sécurité	21
Carte 21.G – Enjeux socio-économiques	24
Carte 21.H – Mesures de gestion et de restauration	27

21A - AVI - Avignon - Présentation générale



UHC#21-AVI-AVIGNON

A – PRESENTATION GENERALE (CARTE 21A)

A1 – UNITE HYDROGRAPHIQUE COHERENTE (UHC)

Département(s) :	30, 84
PK et limite amont :	PK 218,9 - Montfaucon
PK et limite aval :	PK 244,2 - Avignon
Pente avant aménagement :	0,4 à 0,5 %
Longueur axe :	24,5 km
Longueur RCC :	13,5 km (bras d'Avignon)
Barrage de retenue :	Barrages de Sauveterre et Villeneuve (CNR)
Usines hydroélectriques :	Centrale d'Avignon (CNR) (h=9,50 m) (1973)
Concessionnaire principal :	CNR
Autres ouvrages :	
Masses d'eau Rhône :	FRDR2007 (Isère-Avignon), FRDR2007F (Bras des Arméniers), (FRDR2008 (Avignon - Beaucaire), FRDR2008A (RCC)
Masses d'eau affluents :	FRDR1251 (La Meyne) ; FRDR383 (L'Ouvèze)
Masse d'eau sout. alluviale :	FRDG382 (Alluvions du Rhône du défilé de Donzère au confluent de la Durance et alluvions de la basse vallée Ardèche)



A2 – TRONÇONS HOMOGENES DU RHÔNE (TH)

Tronçons homogènes (TH)	Amont						Aval
	21-AVI1-R	21-AVI2-R	21-AVI3-CU	21-AVI4-RCC	21-AVI5-RCC	21-AVI7-RCC	
Dénomination	Retenue du barrage de Sauveterre	Retenue du barrage Villeneuve	Canal d'Avignon	Bras de Villeneuve	Vieux Rhône d'Avignon (amont Ouvèze)	Vieux Rhône d'Avignon (aval Ouvèze)	Retenue du barrage de Vallabregues
PK et limite amont (km)	PK 218,9 Restitution de Caderousse	PK 229,7 Diffluence Retenues Sauveterre et Villeneuve	PK 232 Diffluence bras de Villeneuve	PK 232,3 Barrage de Villeneuve	PK 230,7 Barrage de Sauveterre	PK 234,6 Confluence avec l'Ouvèze	PK 244,2 Restitution d'Avignon
Longueur (km)	10,9	2,6	7,8	3,1	3,9	9,6	18,1
Pente semi-permanente (%)	0,19	0,03	ND	ND	0,01	0,01	0,01
Largeur moyenne en eau	195 à 440 m	200 à 350 m	140 à 220 m	140 à 250 m	130 à 160 m	150 à 220 m	400 à 500 m
Ouvrages hydrauliques	Barrage-usine de Sauveterre	Barrage de retenue de Villeneuve	Usine-usine-écluse d'Avignon				Barrage de retenue de Vallabregues

B – SYNTHESE HISTORIQUE (CARTE 21B)

Situé entre les défilés de Roquemaure en amont et d'Avignon-Villeneuve-Lès-Avignon en aval, l'UHC#21 d'Avignon présentait au début du 19^{ème} siècle, de nombreux bras secondaires et un lit mineur d'une largeur de 250 m à 300 m bordé à l'est par le massif du Ventoux et à l'ouest par les contreforts des Cévennes (EGR, 2000, rapport V2D1A18). Le défilé aval, formant un barrage naturel, favorisait les dépôts de la charge de fond, les migrations latérales et les défluviations.

Plusieurs bras enserraient donc de nombreuses îles qui, couplées à de fortes sinuosités, étaient incommodes pour la navigation. C'est ainsi que, dès le milieu du 19^{ème} siècle, les aménagements dits Girardon ont privilégié un bras principal et fixé le lit mineur du fleuve par des systèmes de digues basses, d'épis et de casiers. Au niveau de l'île de Barthelasse, c'est le bras d'Avignon longeant les remparts de la cité des Papes qui a été aménagé pour la navigation. Le bras de Villeneuve séparait les îles de la Motte et de la Barthelasse et était alimenté par un déversoir en enrochements gérant la répartition des débits entre ces deux bras. En amont, les autres bras secondaires étaient isolés par des digues submersibles installées au niveau de leur connexion amont. Au milieu du 19^{ème} siècle, les digues paysannes, construites afin de protéger la plaine, l'île de Barthelasse et les agglomérations des submersions, ont également contribué aux changements morphologiques du fleuve.

Le site d'Avignon présentait une configuration particulière qui a conduit à un schéma d'aménagement différent des autres complexes hydroélectriques du Rhône en aval de Lyon. En effet, le fleuve présentait de nombreux bras et celui d'Avignon ne

se prêtait guère à la réalisation d'une longue dérivation comme sur les autres aménagements et à la mise en place d'une voie navigable pour les grands gabarits (faibles hauteurs d'eau du fait de la faible profondeur du substratum rocheux, présence des vestiges du pont historique de Saint-Bénezet). En outre et afin de conserver l'aspect traditionnel du Rhône dans la traversée d'Avignon, le débit dans le bras d'Avignon aurait dû être nettement supérieur au débit réservé habituellement admis pour les autres RCC du Rhône en aval de Lyon. Enfin, le maintien des deux bras était nécessaire pour la répartition des débits et l'évacuation des crues. Le partage du fleuve en deux bras a donc été conservé et les ouvrages principaux ont été dédoublés entre le bras d'Avignon et le bras de Villeneuve, en privilégiant ce dernier pour la navigation. La répartition naturelle des débits entre les deux bras a donc été modifiée : le débit dans le bras d'Avignon a été diminué dans une proportion variant de 64 % pour un débit total du Rhône de 4 000 m³/s à 17 % pour un débit de 10 000 m³/s ; celui du bras de Villeneuve a été augmenté dans une proportion variant de 21% pour un débit total de 4 000 m³/s et de 78% pour un débit total de 10 000 m³/s.

Lors de l'aménagement hydroélectrique, le tracé du fleuve a fait l'objet de deux rescindements de méandres :

- Dans la retenue (PK219), au niveau du méandre du Revestidou, engendrant une réduction de la longueur du fleuve de près d'1 km et une augmentation des vitesses d'écoulement (l'aménagement de Caderousse en 1975 a permis de réduire de 3 à 2 m/s les vitesses pour des débits supérieurs à 3 000 m³/s ; EGR, 2000) ;
- Dans la partie amont du bras d'Avignon (PK230,5 et 231,5), le Rhône a été court-circuité entre les PK230,5 et 231,5. L'ancien lit du fleuve est alors nommé île du Châtelet d'Oiselet.

Dans la retenue (AVI1), deux seuils déversoirs (calés aux cotes 27,75 et 27,60 mNGF) ont été réalisés en amont et en aval du pont de Roquemaure (PK221,9) afin de maintenir les capacités d'écrêtement de la plaine de Caderousse pour les fortes crues.. En outre, cet aménagement a eu pour conséquence la déconnexion amont du Bras des Arméniers par la construction de la digue ; ce bras reçoit les apports du contre-canal de rive gauche alimenté par la Meyne. La connexion aval du Bras des Arméniers avec le bras d'Avignon est maintenue avec un seuil réglable, réalisé pour éviter une érosion régressive (qui serait provoquée par les importantes extractions dans le bras d'Avignon) et donc l'abaissement de la nappe.

L'entrée du canal d'amenée de l'usine d'Avignon (AVI3) a été équipée d'un seuil sous-fluvial de 195 m de large et calé à la cote 16 mNGF afin de limiter l'entrée du débit solide dans cette dérivation. La partie amont de l'ancien bras de Villeneuve, court-circuitée sur 2,4 km depuis l'aménagement du complexe, est alimentée par un ouvrage vanné assurant un débit de salubrité qui est ensuite restitué dans le contre-canal en rive gauche du canal d'amenée.

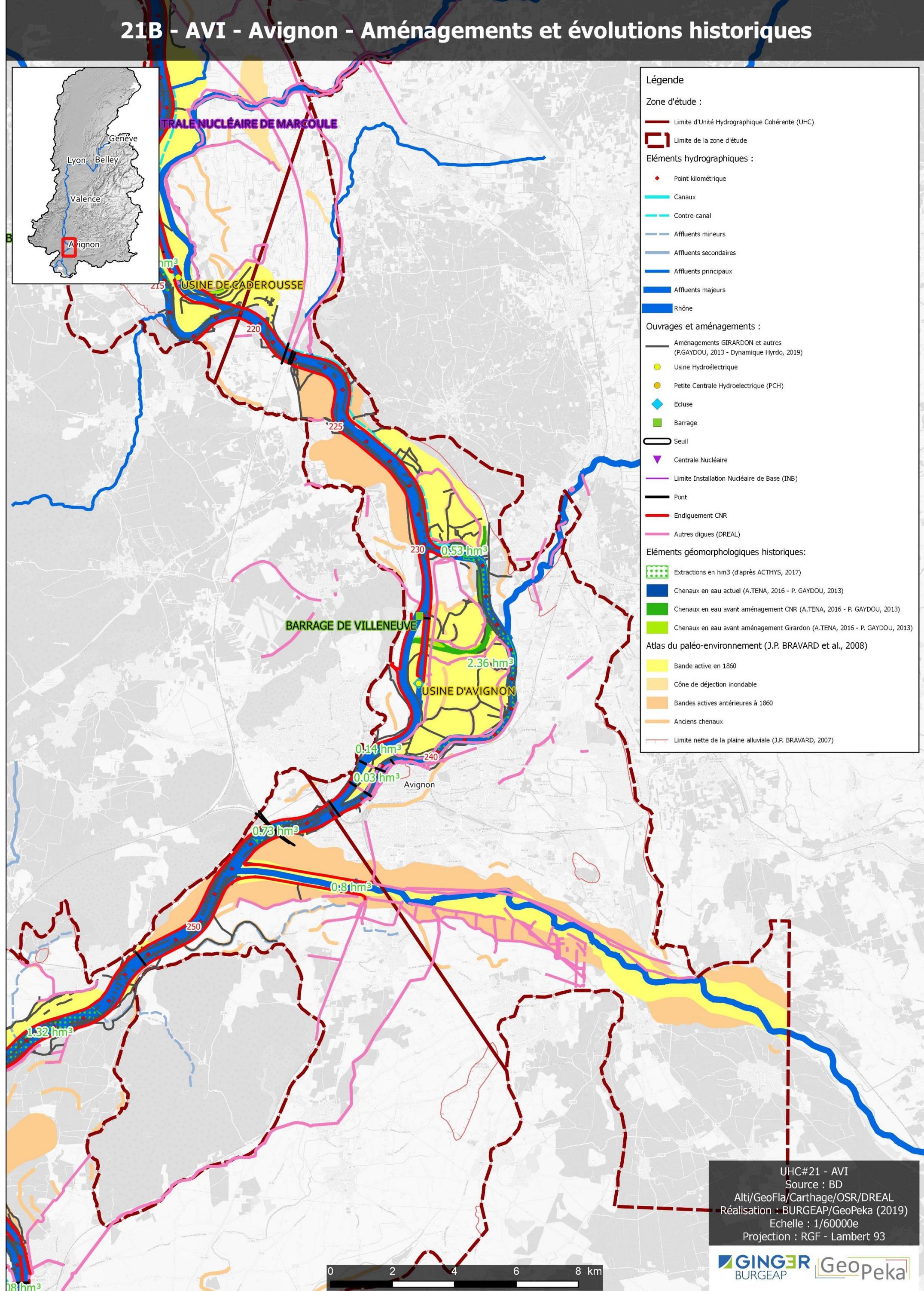
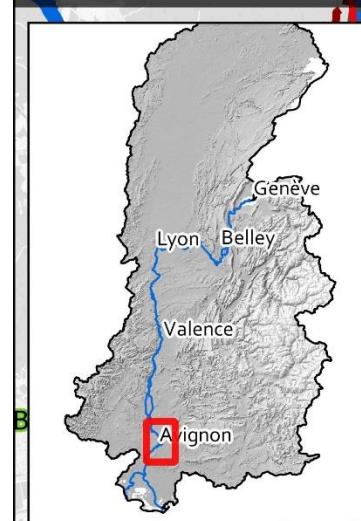
Entre 1860 et 1953, la superficie en eau a été maintenue entre 23 et 24% de l'occupation du sol sur cette UHC. Post aménagements hydroélectriques, réalisés en 1973, elle est de 10 % (N. André-Poyaud, 2010 dans OSR 2013).

De nombreuses extractions ont eu lieu avant 1999 (EGR, 2000 ; ACTHYS, 2017) :

- PK230,7 à 239 (avant 1975) : dragages dans le bras d'Avignon réalisés au cours des travaux du complexe de Sauveterre afin de palier à la diminution des débits qui aurait limité l'accès au port d'Avignon-Le Pontet. Ces extractions ont également servi à la réalisation du bassin de virement du Pontet, à l'extrémité amont de la voie navigable (PK234) pour permettre aux bateaux de faire demi-tour. Au total 1,15 à 2,36 hm³ (quantification incertaine) ont été extraits. Ces matériaux ont été pour la plupart déposés dans les casiers Girardon en rive droite du bras d'Avignon, dans lesquels les entreprises de TP de la région venaient s'approvisionner ;
- On notera par ailleurs que l'aménagement hydroélectrique a conduit à laisser localement des remblais importants en lit majeur, aujourd'hui boisés : en amont rive gauche de l'usine d'Avignon, en aval rive droite du barrage de Sauveterre ; de part et d'autre de la retenue, notamment en bordure du contre-canal de rive droite, etc. ;
- PK237,5-244,1 (1973-1978) : dragage dans le Bras de Villeneuve également réalisés à la suite des travaux d'aménagement hydroélectriques en réponse à l'augmentation des débits dans le bras de Villeneuve pour améliorer les conditions de navigation (vitesses d'écoulement) et l'écoulement des crues. Environ 140 000 m³ ont été extraits. Ces matériaux ont permis d'aménager les berges du bras et ont été déposés dans les casiers de Villeneuve. Ils étaient composés à la fois de sédiments fins et grossiers (OSR, 2013) ;
- PK230,7 et 231,6 (1984-1986) : dragage à vocation énergétique dans le bras d'Avignon sous le barrage-usine de Sauveterre (527 000 m³, quantification incertaine) ;
- PK232,5 à 233,3 (1992-1995) : dragage de 27 000 m³ dans le bras d'Avignon en amont de l'Ouvèze ;
- Retenue d'Avignon (1994-1995) : dragage de sédiments fins dans la retenue pour 155 780 m³ ;
- PK220 (1996 - 1999) : dragage en compensation du viaduc TGV d'Avignon (20 000 m³) ;
- Retenue de Villeneuve : dragage de 5 600 m³ (1989), de 12 000 m³ (1993) puis de 121 500 m³ (1997) et 26 000 m³ (1998), soit 165 000 m³ au total ;
- Au niveau de l'usine d'Avignon (PK239) entre 1987 et 1997 : dragage de 151 000 m³ pour la navigation (écluse) ; dragage de 55 466 m³ (dont 32 416 m³ de graviers) au niveau du Port Vedette CNR (PK239,2) entre 1997-1999 (les 0,03 hm³ de la Carte 21.B correspondent au volume de 33 000 m³ donné par ACTHYS pour ce site).

Soit au total de 2,3 à 3,6 hm³ entre 1970 et 1999 (0,12 hm³/an en moyenne) dans l'UHC d'Avignon. A noter également des extractions massives dans la retenue de Vallabregues (22-VAL1-R) effectuées en 1974 pour un total de 2,05 hm³. Des dragages liés à la construction du viaduc TGV d'Avignon pour un total de 0,46 hm³ ont également été réalisés ainsi qu'en aval de la confluence des bras de Villeneuve et d'Avignon (0,73 hm³ en 1996-1997) et à l'aval de la confluence avec la Durance (0,37 hm³ entre 1990-1997). Ainsi, 3,3 hm³ au minimum ont été extraits dans la retenue de Vallabregues.

21B - AVI - Avignon - Aménagements et évolutions historiques



C – FONCTIONNEMENT HYDROSEDIMENTAIRE (CARTE 21C)

C1 – HYDROLOGIE - HYDRAULIQUE

Le barrage de Sauveterre assure la répartition des débits entre l'usine de Sauveterre (AVI5) et la retenue de Villeneuve (AVI2) avec un niveau normal de 26 mNGF au PK 221,8 (Pont de Roquemaure) qui ne peut augmenter de plus de 10 cm. Ainsi à l'entrée de la dérivation du bras de Villeneuve (PK230), la cote de la retenue varie entre 26 et 24 mNGF en exploitation normale et peut être abaissé à 23 mNGF lors des chasses ou lorsque la navigation est interrompue. Le barrage de Sauveterre comporte 4 passes de 20 m permettant d'évacuer un débit de 5 500 m³/s sous la côte de retenue (25,80 mNGF).

Le barrage de Villeneuve, quant à lui, répartit les débits entre l'usine d'Avignon (AVI3) et le bras ou Vieux Rhône de Villeneuve (AVI4) avec un niveau dans la retenue qui varie de 26 mNGF à 24 mNGF. Ce barrage comporte 5 passes de 20 m permettant d'évacuer un débit de 7 000 m³/s sous la côte de retenue (24,70 mNGF).

Le débit maximal turbiné est de 2 310 m³/s, réparti au mieux entre les deux usines avec un débit maximal de 800 m³/s à l'usine de Sauveterre (2 groupes) et de 1 600 m³/s à l'usine d'Avignon (6 groupes). Le débit réservé dans le bras d'Avignon en aval de Sauveterre est toujours au moins égal à 400 m³/s ; dans le bras de Villeneuve, le débit réservé est un débit de salubrité de 17,5 m³/s.

Tronçons homogènes (TH)	Débits d'exploitation (m ³ /s)		Débits caractéristiques (m ³ /s) (Hydroconsultant-IRSTEA, 2018)							Crue de référence (m ³ /s) (année)
	Semi-permanent	Qéquip.	Etiage	Qm	Q2	Q5	Q10	Q100	Q1000	
AVI1 – Retenue d'Avignon	1360	-	565	1600	5250	6541	7202	9347	11175	10120 (1856)
AVI1 – Retenue de Sauveterre	-	800	-	-	1750	2641	3102	4247	5175	
AVI2 – Retenue de Villeneuve	-	-	-	-	3500	3900	4100	5100	6000	
AVI3 – Canal d'Avignon (canal usinier)	-	1600	-	-	1600	1500	1400	900	700	
AVI3 – Canal d'Avignon (aval restitut.)	-	-	-	-	3500	3900	4100	5100	6000	
AVI4 – RCC Villeneuve	-	-	17,5	-	1900	2400	2700	4200	5300	
AVI5 – Bras Avignon amont Ouvèze	400	-	400	-	1748	2461	3016	4495	6064	
AVI7 – Bras Avignon aval Ouvèze	400	-	400	-	1828	2584	3166	4716	6338	
VAL1 – Retenue de Vallabrégnes	1360	-	565	1700	5928	7504	8480	11229	13524	12230 (1856)

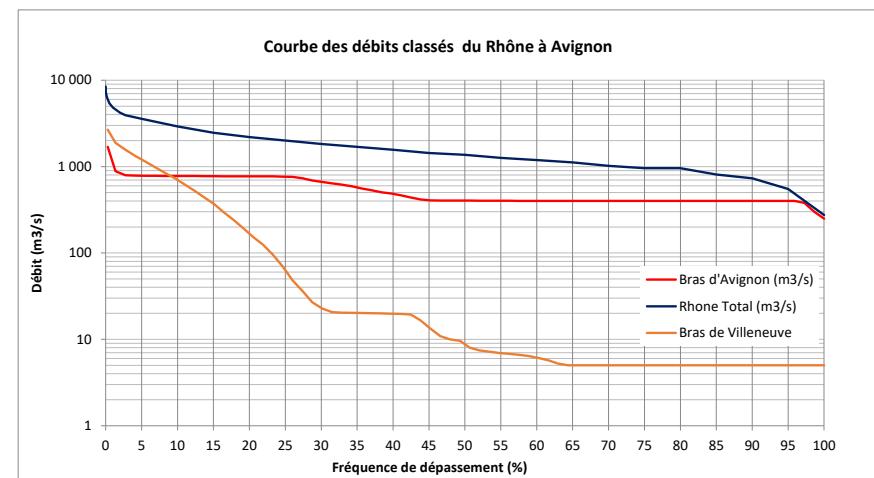


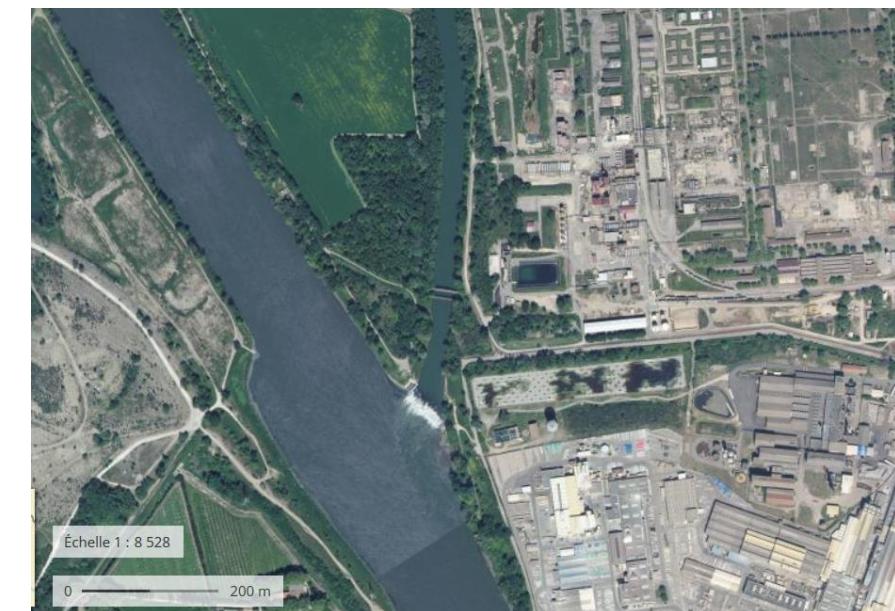
Figure 21.1 – Courbe des débits classés d'Avignon

La Meyne débouche dans le contre-canal en rive gauche de la retenue d'Avignon (AVI1) qui alimente ensuite le Bras des Arméniers. Cet affluent draine toute la partie sud de la plaine alluviale de l'Aigues en aval de Camaret. Elle traverse des terrains majoritairement limoneux où l'activité agricole et les zones urbanisées prédominent. A l'aval d'Orange, le tracé de la Meyne a été détourné, modifiant son exutoire dans le contre-canal de rive gauche qui se jette dans le Bras des Arméniers. Les apports au Rhône de cet affluent en sédiments grossiers sont a priori négligeables.

L'Ouvèze (AVI6) conflue avec le Rhône en rive droite du Vieux Rhône d'Avignon (AVI7) où un seuil de 2 m de hauteur environ a été installé suite à l'aménagement hydroélectrique d'Avignon et aux extractions associées qui ont incisé le lit du Rhône (cf. partie B –). De Vaison-la-Romaine à Bédarrides, des extractions massives (2,4 hm³) ont été opérées entre 1974 et 1991, soit 145 000 m³/an ce qui représente 5 à 10 fois les apports naturels moyens (d'après l'EGR). Cela a conduit à un abaissement du lit (1 à 2 m sur 40 km d'après EGR), avec des incisions dans le substratum en aval de Vaison-la-Romaine, stabilisées par des seuils. L'incision est estimée à 3,2 m en moyenne entre Bédarrides et le Rhône. La capacité de chargement entre Vaison-la-Romaine et Bédarrides augmente de 4 700 et 15 600 m³/an, puis se réduit à l'aval du coude de Bédarrides où les capacités de transport atteignent 470 m³/an de Bédarrides à Sorgues et 115 m³/an de Sorgues au Rhône (SMOP, 2015 ; d'après SIEE-ETRM, 2001). Naturellement, la partie aval de l'Ouvèze traversant la plaine alluviale du Rhône constitue une zone de dépôt. Ainsi, les apports au Rhône n'ont jamais dépassé quelques milliers de m³, mis à part de petits graviers dont les quantités sont aujourd'hui très limitées en raison du déficit induit par les extractions (EGR, 2001, rapport V3D1A5). Toutefois, les apports en limons semblent importants, comme en témoignent les curages récurrents du bassin de retournement du Pontet et de la passe à poissons de la confluence, en lien avec les apports du Rhône lui-même.



Confluence de la Meyne dans le contre-canal rive gauche



Confluence de l'Ouvèze

Figure 21.2 – Confluences avec des affluents de l'UHC

C3 – BILAN SEDIMENTAIRE

Tronçons homogènes (TH)	Pente initiale	Pente actuelle (Q2)	Avant 2000 (m ³ /an) (1976-2001)	Depuis 2000 (m ³ /an) (2001-2016)	Commentaires sur évolution après 2000
AVI1 – R. Avignon amont Arméniers (PK218,9 - 226)	0,5 %	0,10-0,20‰	↗ +2 000	↘ -11 000	Déstockage de 338 600 m ³ /an entre 2001 et 2004 (effet crues 2002 et 2003)
AVI1 - R. Avignon aval Arméniers (PK226 - 229,7)		0,07-0,10‰	↘ -19 000	↘ -17 000	
AVI1 - R. Sauveterre aval diff. AVI2 (PK229,7 - 230,7)		-	- ND	- ND	
AVI2 – Retenue Villeneuve (PK229,7 - 232,3)	-	0,02-0,18 ‰	↘ -15 000	↘ -4 000	Dépôts (crues de 2002 et 2003) puis déstockage progressif
AVI3 – Canal d'amenée Avignon (PK232 - 238,8)	-	-	- ND	↘ -8 000	
AVI3 – Canal Avignon amont restit. (PK238,8 - 239,4)		-	- ND	- ND	
AVI3 – Canal Avignon aval restit. (PK239,4 - 244,2)		-	↗ -1 000	↘ -5 000	Dépôts (crues de 2002 et 2003) puis déstockage progressif
AVI4 – RCC Villeneuve (PK232,3 - 239,4)	-	0,03-0,40‰	↗ +6 000	↘ -5 000	Incision progressive à l'aval du barrage
AVI5 – Bras Avignon, amont Ouvèze (PK230,7 - 234,6)	0,4 %	0,02-0,20‰	↗ +3 000	↘ -3 000	Déstockage induit par les crues de 2002 et 2003 et dragages de 2000 à 2011
AVI7 – Bras Avignon, aval Ouvèze (PK234,6 - 241)		0,06-0,40‰	↗ +1 000	↘ -9 000	
AVI7 – Bras Avignon, aval Ouvèze (PK241 - 244,2)		0,03-0,30‰	↗ +5 000	↗ -1 000	
VAL1 – Retenue amont (PK244,2-246,6)	0,4 %	0,07-0,20‰	↘ -17 000	↗ +2 000	Extractions 1996-97 ponts SNCF
VAL1 – Retenue médiane (PK246,6-258,2)		0,05-0,19‰	↗ +8 000	↘ -46 000	Déstockage crues 2002/2003 (+64 000 m ³ /an depuis 2005)
VAL1 – Retenue aval (PK258,2-262,5)		0,07 ‰	↗ +111 000	↗ -8 000	Déstockage crues 2002/2003 (+58 000 m ³ /an depuis 2005)

Evolution des pentes

Les lignes d'eau en crue dans la retenue d'Avignon (AVI1) présentent une pente de 0,1-0,2 ‰ en amont qui diminue à 0,07 ‰ à l'approche de la confluence avec le bras de Villeneuve (PK229,7) (soit 7 fois inférieure à la pente avant aménagement de 0,5 ‰). Dans le Vieux Rhône d'Avignon (AVI5 et 7), les pentes résiduelles de l'ordre de 0,02 à 0,4‰ sont 2,5 fois inférieures à la pente avant aménagement avec une valeur maximale à l'aval immédiat de la confluence avec l'Ouvèze (AVI6). Dans le Vieux Rhône de Villeneuve (AVI4), la valeur maximale de la pente des lignes d'eau en crue est localisée en aval de la restitution de l'usine d'Avignon.

Dans la retenue du barrage de Vallabregues (VAL1), les pentes de ligne d'eau varient entre 0,05 et 0,2 ‰ (soit jusqu'à 8 fois inférieures à la pente avant aménagement). Elles présentent leurs valeurs maximales à l'aval de la restitution de l'usine de Sauveterre et à l'aval de la confluence avec la Durance (VAL2), puis elles diminuent progressivement dans la retenue pour réaugmenter légèrement à l'approche du barrage (de 0,06 à 0,08 ‰ en Q2 et de 0,10 à 0,16 ‰ en Q10).

Bilan sédimentaire avant 2000 (N. André-Poyaud ; 2010 ; EKIUM, 2017 ; Dynamique Hydro, 2018)

Dans la partie amont de la retenue d'Avignon (AVI1), entre les PK 218,9 et 222,1, l'adaptation de ce tronçon artificiel aux nouvelles conditions hydrologiques induites par l'aménagement CNR s'est traduite par des déblais relativement importants entre 1977 et 1996 (-4 000 m³/an). Sur la période 1996-2001, le bilan sédimentaire de ce tronçon est globalement excédentaire (+9 000 m³/an) en raison des apports sédimentaires en provenance du Vieux Rhône de Caderousse (CAD3) et probablement de la Cèze, lors des crues de 1996 et de 2001. Notons également que 20 000 m³ ont été extraits au PK 220 entre 1996 et 1999 traduisant ainsi l'importance de ces apports. Entre les PK 222,1 et 226, l'élargissement du lit mineur pour compenser la réduction du champ d'inondation en rive droite lors de l'aménagement du complexe hydroélectrique d'Avignon ainsi que l'inflexion donnée au chenal pour le contournement du massif de Lampourdier, se sont traduits par des dépôts sur l'ensemble de la période entre 1977 et 2001 (+10 000 m³/an), d'où un bilan global relativement équilibré à +2 000 m³/an entre les PK218,9 et PK226.

Le tronçon compris entre l'ancienne confluence du chenal principal du Rhône et du bras des Arméniers (PK226) et l'actuelle confluence entre la retenue du barrage de Sauveterre et le bras de Villeneuve (AVI2) a subi une incision généralisée en raison de l'installation des endiguements CNR qui ont concentré les écoulements. Ce tronçon a également fait l'objet d'exactions en 1994 et 1995 (0,15 hm³), augmentant le déficit sédimentaire à -19 000 m³/an sur la période 1997-2001.

Quant à la retenue du barrage de Villeneuve (AVI2), constituée d'un canal artificiel (déviation de la Motte), les bilans sédimentaires traduisent un déstockage (-15 000 m³/an) qui semble correspondre aux extractions réalisées dans cette retenue entre 1989 et 1998 et qui représentent 18 000 m³/an.

Dans le bras sous l'usine d'Avignon (AVI3), entre la restitution et la confluence avec le bras d'Avignon (AVI7) (PK239,5 à PK244,2), la tendance est à l'exhaussement entre 1977 et 1993, puis au déstockage entre 1993 et 2001 (Dynamique Hydro, 2018) engendrant un bilan relativement équilibré sur l'ensemble de la période (-1 000 m³/an). L'ajustement du lit de ce tronçon aux nouvelles conditions hydrauliques à la suite des aménagements CNR et les apports des crues de 1977, 1978 et 1982 ont engendré des dépôts, notamment au droit des ponts Daladier (PK 242,3) et de l'Europe (PK 243,1). Puis, ce tronçon enregistre un déficit de 21 250 m³/an entre 1993 et 2001. Compte tenu du fait que la création du Port Vedette en 1997 a engendré le remaniement de 55 466 m³ entre 1997 et 1999, les crues de 1993 et de 1994 ont probablement également dû apporter des sédiments au tronçon.

Le Vieux Rhône de Villeneuve (AVI4) est en exhaussement entre 1988 et 1993 (+46 000 m³/an), puis en déficit entre 1993 et 2001, probablement avec la remobilisation des stocks lors des crues de 1994-1995 (-42 000 m³/an), avec un bilan final sur 1988-2011 qui reste positif : +6 000 m³/an.

Dans le Vieux Rhône d'Avignon (AVI5 et AVI7), la comparaison des volumes cumulés entre 1976 et 1999 montre une relative stabilité sur ce RCC (ordre de grandeur des bilans sédimentaires relativement faibles). Toutefois, cette stabilité globale sur la période de 1976 à 1999 masque des évolutions plus contrastées. Ces dernières sont mises en évidence par une étude de l'évolution du différentiel bathymétrique (N. André-Poyaud, 2010) qui distingue plusieurs périodes :

- Entre 1902 et 1976 (avant aménagements) : à l'amont du Vieux Rhône (PK232 à 239), le plancher alluvial s'abaisse probablement en raison des importantes extractions réalisées avant 1975 (2,4 hm³ entre les PK231 et 240). A partir du PK 239, la tendance est plutôt à l'exhaussement induit par le remous du barrage de Vallabregues (1970) dont l'influence se fait ressentir jusqu'au barrage de Sauveterre ;
- Entre 1976 et 1988 (après aménagements) : les tendances précédentes se poursuivent en s'atténuant. Sur l'amont l'effet d'eau claire du barrage de Sauveterre et le court-circuitage d'une partie du cours du fleuve (augmentation de la pente par réduction de la longueur du tracé) ont probablement contribué à l'abaissement du plancher alluvial ;
- Entre 1988 et 1993 : le profil tend à s'équilibrer, les secteurs en incision sur la période précédente s'exhaussent et les secteurs en exhaussement, s'incisent. Le bilan sédimentaire global du Vieux Rhône reste négatif ;
- Entre 1993 et 1999 : le bilan global est excédentaire probablement du fait des apports des crues de 1993 et 1994 notamment en provenance de la retenue du barrage de Sauveterre. Les plus forts exhaussements sont localisés sur l'amont (PK230,7 à PK233) et sur l'aval du bras d'Avignon (PK241 à PK244,2) sous l'influence de la retenue de Vallabregues. Notons également que 24 000 m³ ont été extraits en 1996 et 1997 au niveau du bassin de virement du Pontet (AVI5).

Dans la queue de retenue (VAL1), le bilan sédimentaire avant 2000 est influencé par les extractions liées à la construction du double viaduc TGV d'Avignon de 1996 à 1999 (PK245,7 à PK246,0) pour un volume de 0,73 hm³ (-17 000 m³/an). Dans la partie amont de la retenue (jusqu'au PK 258,2), les mouvements de matériaux, déblais comme remblais, sont particulièrement importants. En effet, en amont du méandre de Vallabregues (PK255 à 259) environ 1,32 hm³ de matériaux ont été extraits en 1974 et ont été compensés par des dépôts importants jusqu'en 2001 (+8 000 m³/an). La mise en place du barrage de Vallabregues a entraîné un stockage important des matériaux sur les 4 derniers km de la retenue (+111 000 m³/an), celle-ci piégeant notamment les apports de la Durance et de l'Ouvèze (E. Parrot, 2015) ainsi que les matériaux remobilisés par les ajustements du Rhône en amont ou dans la retenue.

Bilan sédimentaire depuis 2000 (EKIUM, 2017 ; Dynamique Hydro, 2018)

Entre 2001 et 2004, les déblais sont très majoritaires dans la retenue d'Avignon (AVI1). Les crues majeures de 2002 et 2003, au cours desquelles le barrage de Sauveterre était ouvert, ont engendré un déstockage de 98 600 m³ entre les PK218,9 et PK226 et de 240 000 m³ entre les PK226 et PK229,7 (soit 338 600 m³ au total). Entre 2004 et 2015, l'hydrologie sur le bief d'Avignon est particulièrement calme. La retenue du barrage de Sauveterre (AVI1) enregistre alors un bilan sédimentaire faiblement déficitaire entre les PK 218,9 et PK226 (-5 000 m³/an) et stable entre les PK226 et PK229,7. Notons que très peu de dragages de sédiments ont eu lieu sur la période considérée (6 360 m³ en 2007 dans la retenue d'Avignon au droit du chenal navigable de Miemar). Le bilan de la période 2011-2015 sur ces tronçons est donc de -11 000 m³/an sur les PK218,9-PK226 et de -17 000 m³/an sur les PK226-PK229,7.

Concernant la retenue du barrage de Villeneuve (AVI2), malgré l'ouverture du barrage lors des crues de 2002 et 2003, les bilans sédimentaires traduisent un exhaussement de 30 000 m³ entre 2001 et 2004, qui semble être lié à l'importance des volumes de sédiments remobilisés au cours de ces crues sur le tronçon amont (AVI1 - PK226-229,7) qui seraient difficilement évacués dans le bras de Villeneuve. Entre 2004 et 2015, cette retenue enregistre des déblais de l'ordre de -8 000 m³/an qui sembleraient être induits par une reprise progressive des importants dépôts ayant eu lieu sur la période précédente (EKIUM, 2017). En effet, la répartition des débits entre les bras de Villeneuve et d'Avignon favorise celui de Villeneuve en crue, augmentant ainsi ses capacités de charriage et de remobilisation des sédiments stockés lors des périodes plus calmes. En outre, très peu de dragages de sédiments ont été réalisés sur cette période (300 m³ en 2004). Le bilan global de la période 2001-2015 sur ce tronçon est de -4 000 m³/an.

Cette répartition des débits peut également expliquer l'incision progressive du Vieux Rhône de Villeneuve (AVI4) à l'aval du barrage de Villeneuve depuis la construction de ce dernier. Entre 2001 et 2004, ce déstockage atteint - 11 000 m³/an malgré l'ouverture du barrage de Villeneuve pendant les crues de 2002 et 2003. Entre 2004 et 2016, il s'atténue du fait d'une hydrologie moins soutenue (-4 000 m³/an), d'où un bilan de -5 000 m³/an sur la période 2001-2016.

Concernant le canal d'aménée d'Avignon (AVI3 - PK232-238,8), l'historique des levés bathymétriques (2000 à 2009) est relativement court par rapport à la durée de vie de l'aménagement. L'analyse de leur évolution traduit toutefois une tendance globale au déstockage (EKIUM, 2017) qui est similaire à celle des autres retenues sur la même période (-8 000 m³/an).

Sur le canal d'Avignon à l'aval de la restitution (AVI3 - PK 239,4-244,2), entre 2001 et 2004, le bilan sédimentaire est globalement équilibré (+6 000 m³/an) malgré le dragage de 37 827 m³ au niveau du Port Vedette entre 2001 et 2004 ; ceci laisse supposer que les crues, notamment de 2002 et 2003, ont fait transiter les apports sédimentaires en provenance de l'amont sur ce tronçon (déstockage sur AVI4). Ces dépôts se font préférentiellement à l'aval immédiat de la restitution (PK239,4 à PK239,8) en raison de l'élargissement du lit mineur (Dynamique Hydro, 2018). Entre 2004 et 2016, la tendance est au déstockage (-8 000 m³/an) en l'absence de fortes crues au cours de cette période, ce qui donne un déficit moyen de 5 000 m³/an sur 2011-2016. Les apports en provenance de l'amont (AVI4) s'amenuisent au cours de cette période et 31 506 m³ ont été remaniés au niveau du Port Vedette entre 2008 et 2015.

Dans le Vieux Rhône d'Avignon (AVI5 et 7), la tendance globale est également au déstockage entre 2000 et 2016 (-13 000 m³/an en cumulé sur AVI5 et AVI7), mais c'est une tendance contraire à la période antérieure (+9 000 m³/an avant 2000). Ce déstockage pourrait provenir, d'une part, de l'effet de la crue de 2003 (avec éventuellement déstructuration de la couche de pavage) et, d'autre part, de l'interruption des apports sédimentaires depuis la retenue du barrage de Sauveterre en raison de l'absence de fortes crues sur la période 2004-2016 (Dynamique Hydro, 2018). En outre, 19 260 m³ ont été dragués au droit du bassin de virement du Pontet (AVI5) entre 2000 et 2011 et 35 268 m³ ont dragués dans le chenal navigable d'Avignon (AVI7) entre 2004 et 2010. Ces dragages ont également participé au déstockage du bras d'Avignon entre 2000 et 2016.

Bilan sédimentaire global depuis la mise en eau des barrages (CNR, 2019 ; 1977-2009)

Depuis la mise en service de l'aménagement d'Avignon, les retenues des barrages de Sauveterre et de Villeneuve présentent une tendance globale au déficit sédimentaire (-1,1 hm³ soit -34 000 m³/an sur 1977-2009) principalement lié aux événements hydrologiques (crues de 2002 et 2003 qui ont favorisé la reprise des dépôts) (cf. Figure 21.6).

Toutefois, deux secteurs présentent une tendance inverse. En effet, en aval de la restitution de Caderousse, entre les PK218,9 et PK220,6, 90 000 m³ se sont déposés (soit 2 800 m³/an) du fait notamment des apports du Vieux Rhône de Caderousse (CAD3) lors des crues ; le Rhône ne semble pas en mesure de remobiliser la totalité de ces apports, malgré une bonne capacité de charriage (cf. partie C4 –). Un dépôt de 330 000 m³ (soit +9 000 m³/an) est également enregistré entre les PK222,5 et 223,8. L'infexion du cours du Rhône pour contourner le massif de Lampourdier constitue une zone de dépôt préférentiel (EKIUM, 2017). Le déficit sédimentaire se concentre sur l'aval des retenues des barrages de Sauveterre et de Villeneuve. La retenue du bief d'Avignon (AVI1 et 2) ne favorise pas les dépôts et permet le transit des matériaux en période de forte hydrologie.

Le Vieux Rhône de Villeneuve (AVI4) enregistre un bilan sédimentaire équilibré entre 1988 et 2009 hormis sur les 3 kilomètres à l'aval du barrage de Villeneuve qui présentent une incision progressive et un déficit de -100 000 m³ (soit -5 000 m³/an). Le Vieux Rhône d'Avignon (AVI5 et 7) est, quant à lui excédentaire, entre 1988 et 2009 (+315 000 m³ soit +15 000 m³/an). On notera que l'année de démarrage de ces bilans sédimentaire (1988) n'est toutefois pas représentative de l'état des Vieux Rhône avant les aménagements hydroélectriques et de navigation.

En aval d'Avignon, le bilan sédimentaire entre 1970 et 2015 de la retenue du barrage de Vallabregues est marqué par d'importantes extractions, des phénomènes d'érosion régressive, la remobilisation des sédiments lors des crues mais également de fortes accumulations dues à l'effet de la retenue. Globalement, son bilan sédimentaire sur l'ensemble de cette période est positif (+0,6 hm³ soit 130 000 m³/an).

C4 – DYNAMIQUE DES SEDIMENTS GROSSIERS

Avant aménagement, les capacités de transport ont été estimées entre 130 000-350 000 m³/an sur l'ensemble de l'UHC (EGR, 2000 ; le débit de début d'entrainement n'étant pas donné) et 19 000 m³/an entre le barrage de Caderousse et celui de Sauveterre (Vázquez-Tarrío, 2018).

Après aménagement, la capacité de transport dans la retenue du barrage de Sauveterre (AVI1) évolue de 15 000 m³/an à moins de 2 000 m³/an en amont du barrage. Les flux de graviers (> 2 mm) semblent limités à 3 000 m³/an en queue de retenue et moins de 1 000 m³/an en amont du barrage. En outre, la mobilité des sédiments est faible dans l'ensemble de la retenue. En queue de retenue, les Dmax remobilisables en crues correspondent à la classe des graviers (20-30 mm). Depuis le bras des Arméniers (PK226) jusqu'au barrage de Sauveterre, les Dmax diminuent progressivement vers des tailles de 10-20 mm, pour tomber à quelques millimètres (sables grossiers) au barrage de Sauveterre. La granulométrie en place est pavée avec des tailles deux fois supérieures à ces Dmax mobilisables (D50 = 70-80 mm) (cf. Figure 21.4).

Dans le Vieux Rhône d'Avignon, les capacités de transport restent faibles, de l'ordre de 1 000 m³/an en amont de la confluence avec l'Ouvèze (AVI5) à 2 500 m³/an à l'aval de cette confluence (AVI7). Les flux de graviers (> 16 mm) sont interrompus sur l'ensemble du tronçon et les flux de graviers fins et moyens (2 à 16mm) sont négligeables. Concernant les calculs de mobilités, les Dmax remobilisables sont faibles jusqu'à la restitution : ils ne dépassent pas les graviers fins (4-8 mm) sur AVI5 et les graviers (8-16 mm) sur AVI7, quel que soit le débit de crue considéré. Ces calculs de mobilité dans AVI7 montrent également que les débits d'occurrence Q2 à Q10 ne peuvent pas mobiliser la granulométrie en place (D50 = 20-25 mm) qui se trouve donc figée et pavée.

Dans la retenue de Vallabregues (VAL1), les capacités de transport évoluent de 5 000 m³/an à moins de 2 000 m³/an entre l'amont et l'aval. Les flux de graviers (>16mm) sont toujours interrompus et ceux de graviers fins (2 à 16 mm) restent limités à quelques centaines de m³/an jusqu'à s'annuler à partir du PK 254. Les calculs de mobilité montrent que seul le transit de la fraction de gravier de taille 10-20 mm au maximum est théoriquement possible en période de crue (Q2, Q5 et Q10) sur l'ensemble de la retenue, le reste des éléments grossiers étant piégé dans la retenue.

C5 – DYNAMIQUE DES SEDIMENTS FINS ET SABLES

Fines

Sur le secteur d'AVI, les flux sont connus en première approche par le suivi de la station OSR de Beaucaire (en moyenne 6,0 Mt/an). Les principaux contributeurs sont la Durance (34% en moyenne), l'Isère (30%), le Haut-Rhône (11%) et la Saône (6%) (Rapport OSR III.3, 2018). Toutefois, environ 19% (soit 1,2 Mt) du flux de MES mesuré à Beaucaire sur la période 2011-2016 ne provient pas de ces cours d'eau. Après prise en compte des contributions intermédiaires de la Durance et du Gardon, le flux en MES est estimé à 3,81 Mt/an en entrée de l'UHC, 3,86 Mt/an en aval de l'Ouvèze et 5,90 Mt/an en aval de la Durance (UHC#22-VAL). Les apports peuvent également être liés à des déstockages de sédiments au sein du réseau hydrographique.

Sables

Les flux de sables ont été étudiés de façon théorique à partir des calculs de capacité de charriage (Vázquez-Tarrío, 2018) et de leur répartition granulométrique (modèle GTM ; Recking, 2016). D'après ces calculs, les flux de sables semblent constituer la majorité des sédiments transportés par charriage. En effet, ils participent aux capacités de charriage à hauteur de 70% dans la retenue d'Avignon et 95% dans le Vieux Rhône d'Avignon (AVI5 et 7). Hormis en amont de la restitution de l'usine de Sauveterre où les capacités de charriage diminuent à quelques centaines de m³/an, les flux de sables semblent continus sur l'ensemble de l'UHC. En aval de la confluence de la Durance, les sables composent 100 % des flux de charriage.

Tronçons homogènes (TH)	Pente actuelle (Q2)	D90 fond (mm)	D50 fond (mm)	D90/D50 banc (mm)	Capacité charriage caractéristique (m ³ /an)	Flux de MES (Mt/an)
AVI1 – Retenue Sauveterre amont (PK218,9 - 224)	0,10 - 0,20 %	112 - 134	75 - 89	-	15 000	3,81
AVI1 – Retenue Sauveterre aval (PK224 - 230,7)	0,10 - 0,13 %	110	73	-	2 000	
AVI2 – Retenue Villeneuve (229,7 - 232,3)	0,07 - 0,13 %	-	-	-	2 000	
AVI3 – Canal Avignon (PK 232,3 - 239,4.)	0,02 - 0,18 %	-	-	-	ND	
AVI3 – Canal Avignon aval restitution (PK239,4 - 244,2)	ND	-	-	-	ND	
AVI4 – RCC Villeneuve (PK232,3 - 244,2)	0,03 - 0,41 %	-	-	-	≈ 2 000	
AVI5 – Bras Avignon, amont Ouvèze (PK 230,7 - 234,6)	0,02 - 0,20 %	-	-	-	1 000	
AVI7 – Bras Avignon, aval Ouvèze (PK 234,6 - 241)	0,06 - 0,40 %	61	22	-	2 500	3,86
AVI7 – Bras Avignon, aval Ouvèze (PK 241 - 244,2)	0,03 - 0,30 %	53	26	-	5 000	
VAL1 – Retenue de VAL (PK 244,2 – 248,2)	0,07 - 0,20 %	56	26	-	2 000	
VAL1 – Retenue de VAL (PK 248,2 – 262,5)	0,05 - 0,19 %	0,3 - 73	0,2 - 40	-	2 000	5,90

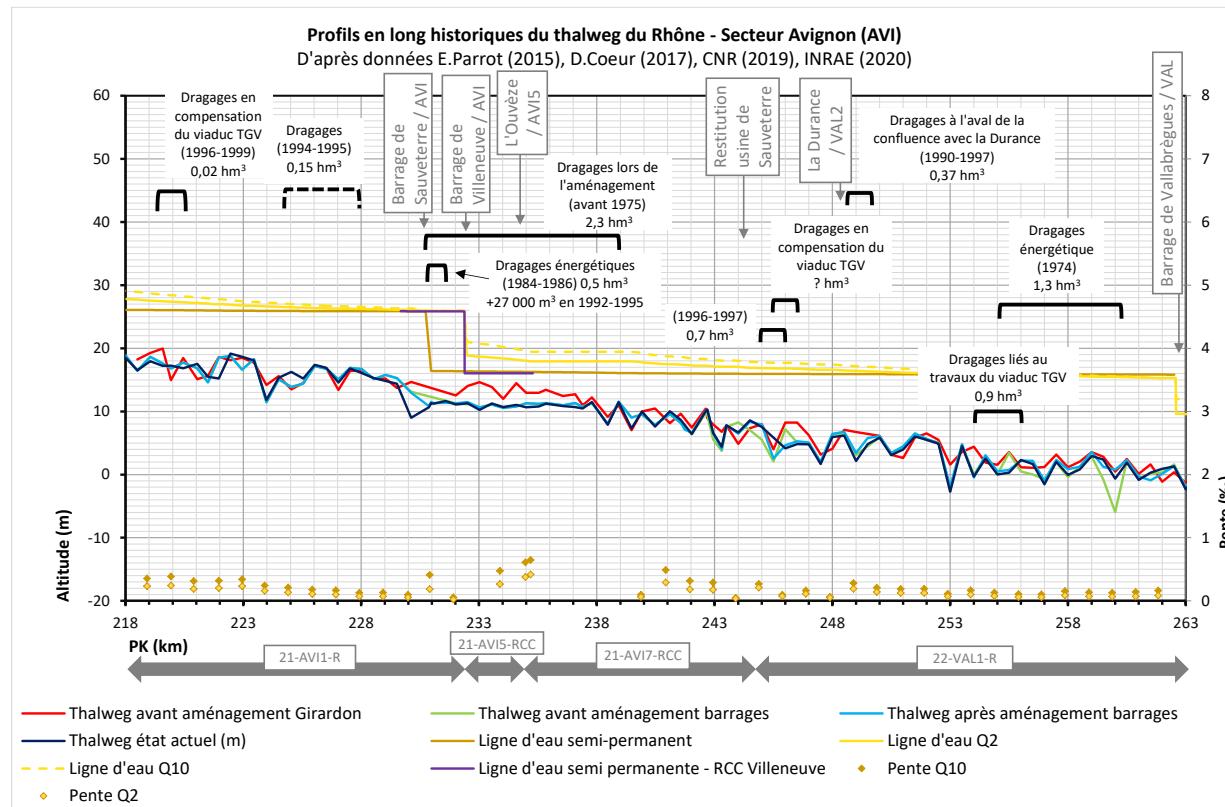


Figure 21.3 – Evolution historique du thalweg du fond du lit et pressions anthropiques (retenue d'Avignon-Sauveterre et bras d'Avignon)

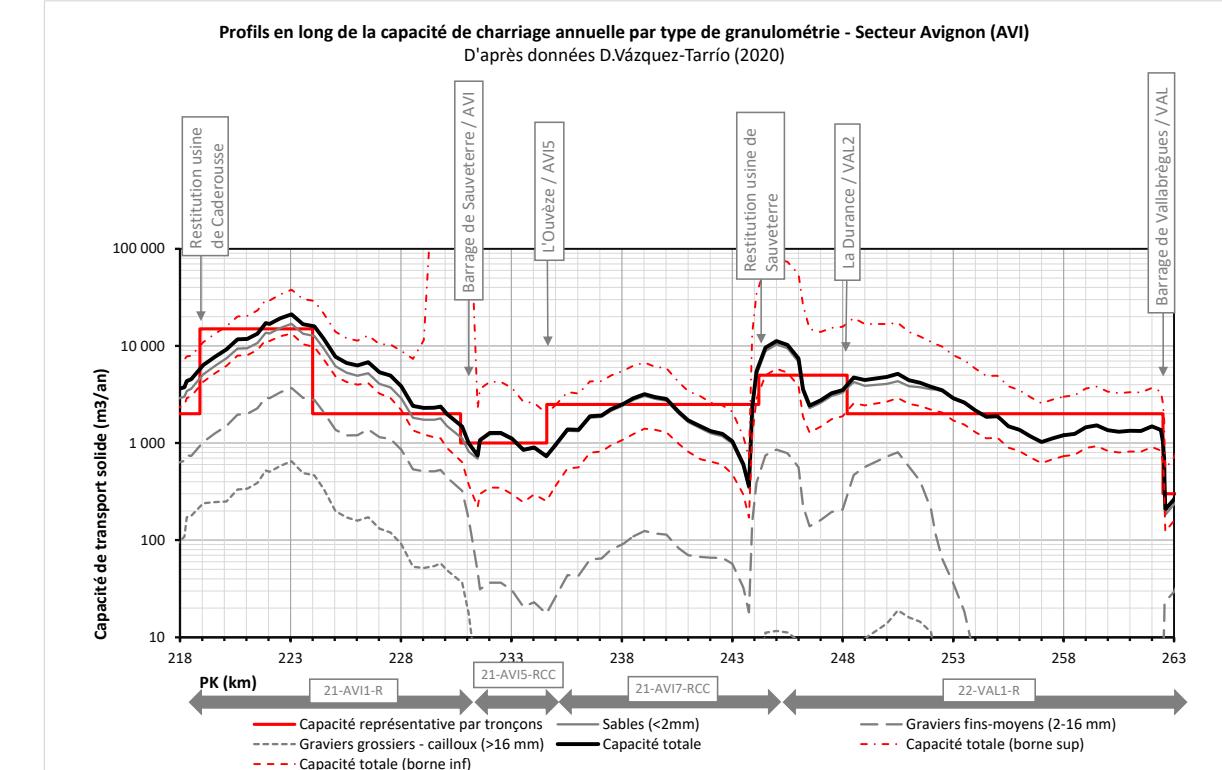


Figure 21.5 – Profil en long de la capacité de chargement moyenne annuelle (retenue d'Avignon-Sauveterre et bras d'Avignon)

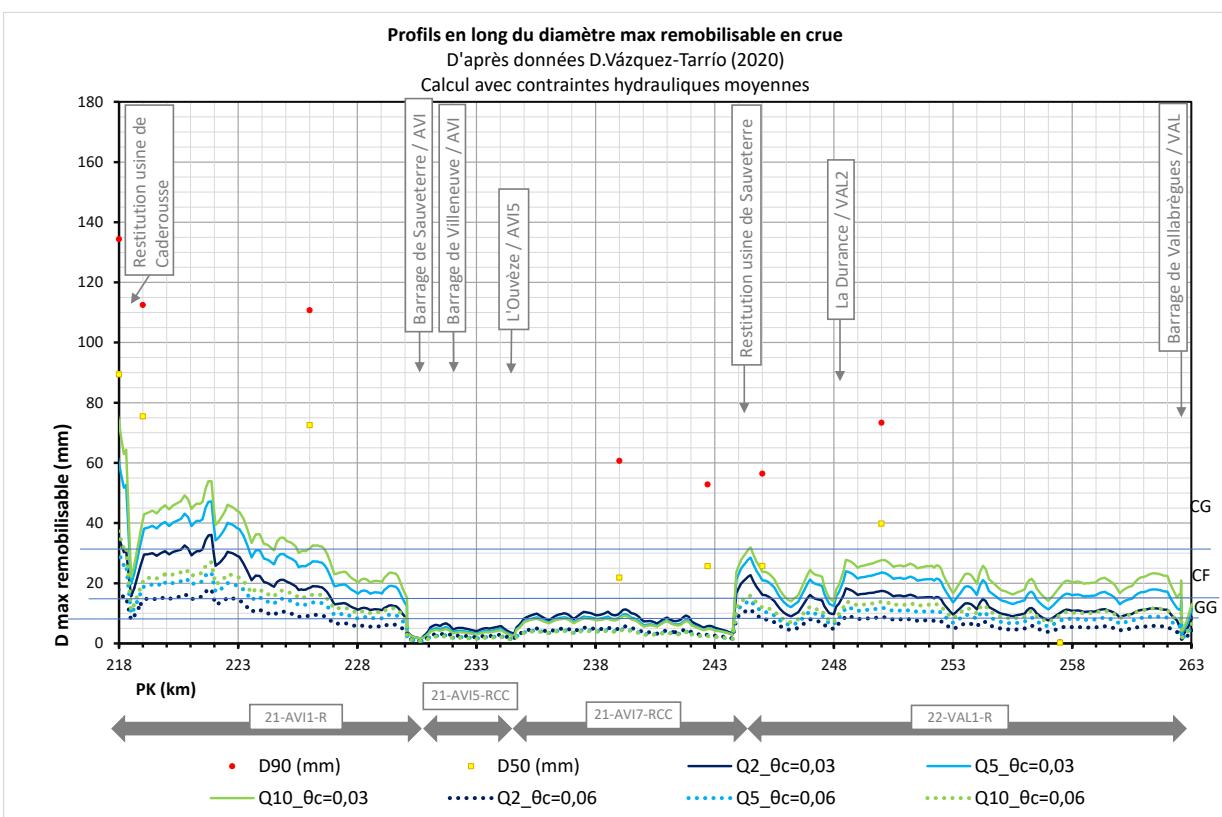


Figure 21.4 – Profil en long du diamètre maximal remobilisable (Q2, Q5, Q10) (retenue d'Avignon-Sauveterre et bras d'Avignon)

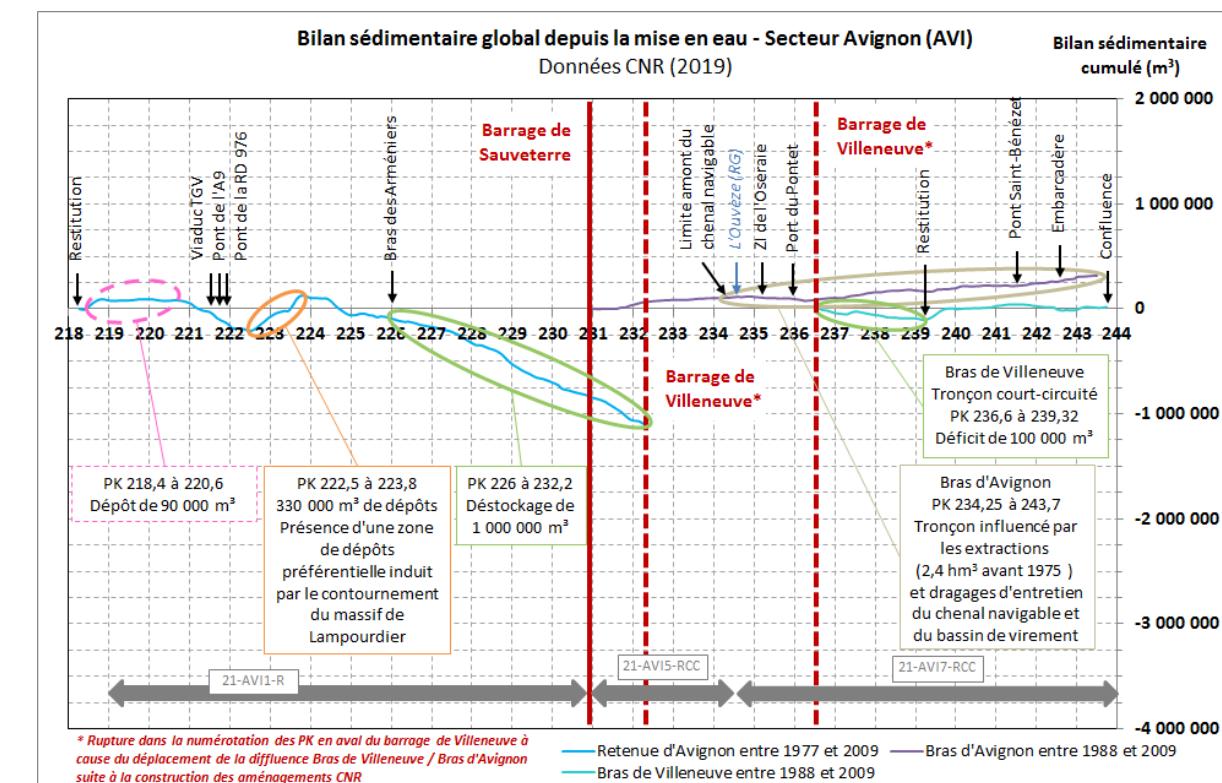
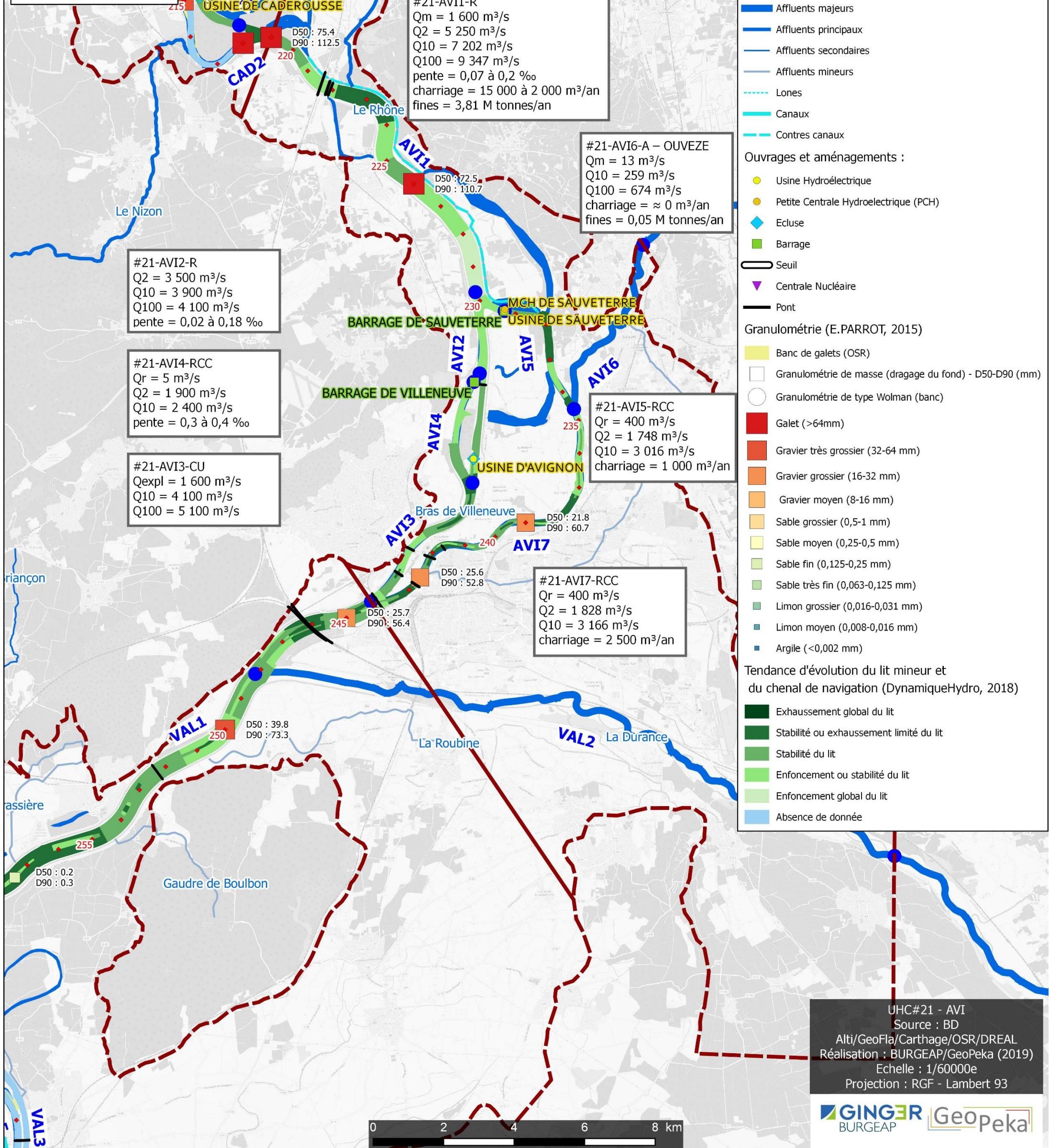
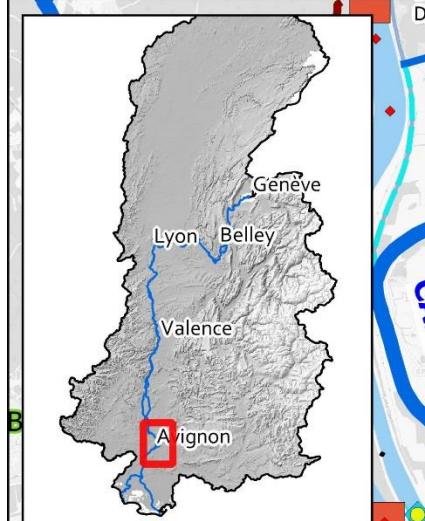


Figure 21.6 – Bilan sédimentaire sur l'UHC d'Avignon de 1977 à 2009 (CNR, 2019)

21C - AVI - Avignon - Fonctionnement morphologique



D – ENJEUX EN ECOLOGIE AQUATIQUE (CARTE 21D)

D1 – DIAGNOSTIC DE LA QUALITE DES EAUX ET DES SEDIMENTS

Qualité physico-chimique et hydrobiologique de l'eau

Au sein de cette UHC, ce sont quatre stations (deux sur le Rhône, une sur un ancien bras secondaire (Bras des Arméniers) et une sur l'Ouvèze, affluent rive gauche) qui font 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 d'Avignon à Beaucaire	FRDR2008	Rhône à Roquemaure	06121500	21-AVI
Rhône	Lône de Caderousse et bras des Arméniers	FRDR2007f	Bras des Arméniers à Sorgues	06710043	21-AVI
Ouvèze	L'Ouvèze de la Sorgue de Velleron à la confluence avec le Rhône	FRDR383	Ouvèze à Sorgues 1	06123500	21-AVI
Rhône	Bras d'Avignon et ses annexes	FRDR2008a	Rhône à Avignon 2	06125500	21-AVI

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
			TBE	BE	TBE	BE	TBE	BE	8 (5-10)	12,8	7,2	7,2	Moy	MOY	MAUV
Rhône	Roquemaure (Retenue)	2017	TBE	Ind	TBE	BE	TBE	BE					Moy	MOY	MAUV
		2016	TBE	Ind	TBE	BE	BE	BE	8 (5-10)	12,8	7,2	7,2	Moy	MOY	MAUV
		2015	TBE	Ind	TBE	BE	BE	BE	12 (6-22)	14,4		10,2	Moy	MOY	MAUV
		2014	TBE	Ind	TBE	BE	BE	BE	11 (5-22)	15,2	7,3	14,2	Moy	MOY	MAUV
		2013	TBE	Ind	TBE	BE	BE	BE	9 (5-15)	14,1		18,7	Moy	MOY	MAUV
		2012	TBE	Ind	BE	BE	BE	BE	11 (4-28)	15,1	7,6	9,4	Moy	MOY	BE
	Bras des Arméniers à Sorgues	2017	MOY	Ind	TBE	BE	TBE	BE					Moy	MOY	BE
		2016	BE	Ind	BE	BE	BE	BE	13 (5-31)	15,2	7,4	10,0	Moy	MOY	BE
		2015	BE	Ind	BE	BE	BE	BE	13 (5-29)	15,2			Moy	MOY	BE
		2014	MOY	Ind	BE	BE	BE	BE	11 (4-28)	16,1	7,1	14,2	Moy	MOY	BE
	Avignon 2 (RCC)	2013	MOY	Ind	BE	BE	BE	BE	6 (2-13)	16,6			Moy	MOY	BE
		2012	BE	Ind	BE	BE	BE	BE	13 (6-25)	15,8	7,0	22,5	Moy	MOY	BE
		2017	TBE	Ind	TBE	BE	TBE	BE					Moy	MOY	MAUV
		2016	BE	Ind	TBE	BE	BE	BE	6 (2-13)	13,5			Moy	MOY	BE
		2015	TBE	Ind	TBE	BE	BE	BE	11 (6-20)	13,9			Moy	MOY	
		2014	TBE	Ind	TBE	BE	BE	BE	13 (5-30)	14,4			Moy	MOY	
		2013	TBE	Ind	BE	BE	BE	BE	11 (6-17)	13,4			Moy	MOY	
		2012	TBE	Ind	BE	BE	TBE	BE	13 (6-27)	14,4			Moy	MOY	
Ouvèze (RG)	Sorgues 1	2017	TBE	Ind	TBE	BE	BE	BE					MOY		BE
Ouvèze (RG)	Sorgues 1	2016	TBE	Ind	TBE	BE	BE	BE	11 (5-24)	MOY			Moy	MOY	BE

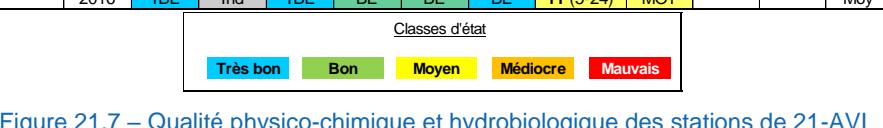


Figure 21.7 – Qualité physico-chimique et hydrobiologique des stations de 21-AVI

Sur le Rhône, au niveau de la queue de la retenue de Villeneuve (AVI1), la station de Roquemaure présente une qualité de l'eau globalement dégradée, en particulier pour ce qui est de l'état chimique, à cause des HAP. Les éléments physicochimiques soutenant la biologie sont bons voire très bons, traduisant cependant un léger enrichissement en composés phosphorés. Les polluants spécifiques sont également le reflet d'un très bon état. Au niveau biologique, les peuplements de poissons et de macrophytes oscillent entre les états « bons » et « moyens », ce qui est cohérent avec le potentiel écologique « moyen » évalué sur la base des actions qu'il reste à mettre en œuvre. L'absence de référentiel, sur le Rhône, pour les diatomées et les macroinvertébrés, ne permet pas de leur attribuer une classe d'état. Les valeurs des différents indices calculés montrent cependant des signes évidents d'altération, tant au niveau de la qualité de l'eau (valeurs moyennes de l'IBD et du GFI des macroinvertébrés), que de la diversité/fonctionnalité des habitats (très faible diversité taxonomique en macroinvertébrés). De plus, la forte variabilité des indices est le reflet d'un peuplement déstructuré.

Les résultats sont très comparables dans le RCC d'Avignon (AVI7) : l'état chimique est mauvais (en 2017), les polluants spécifiques ne montrent pas d'altération de la qualité (bon état), ni les éléments physicochimiques soutenant la biologie, malgré, là aussi, un enrichissement en composés phosphorés. Le potentiel écologique est toujours estimé « moyen », mais aucun compartiment ne permet d'évaluer l'état écologique. Les diatomées et les macroinvertébrés traduisent là aussi un état altéré, avec une variabilité marquée des résultats pour les macroinvertébrés associée à des valeurs globalement plus faibles que dans la retenue, notamment sur les deux dernières années. Ce résultat traduit assez bien le fait que le RCC d'Avignon (bras de Sauveterre) est très chenalisé, anciennement dragué en amont, et donc peu diversifié en habitats aquatiques.

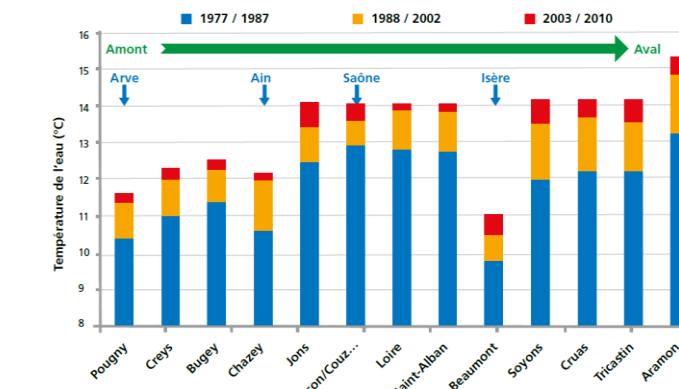
Dans le Bras des Arméniers, ancien bras actif du Rhône, maintenant déconnecté du fleuve mais alimenté par le contre-canal rive gauche, la Meyne et différentes prises d'eau, l'état chimique est bon, alors que les caractéristiques physicochimiques sont majoritairement (seulement) en bon état. Des déclassements en état moyen sont même relevés régulièrement au niveau du

bilan oxygène, conséquence des dimensions du milieu, plus restreintes, et d'écoulements moins lotiques. Malgré cela, les peuplements aquatiques (macrophytes et poissons) restent dans une gamme « moyenne à bonne », avec une (légère) tendance à l'amélioration sur les derniers relevés. Les indices diatomiques et macroinvertébrés sont également légèrement meilleurs que sur le cours principal du Rhône. Le potentiel écologique est là aussi « moyen », montrant que des actions peuvent encore être mises en œuvre afin d'améliorer le fonctionnement écologique de la masse d'eau qui a pourtant déjà fait l'objet de travaux de restauration (voir ci-après les actions menées sur la Jussie et la continuité biologique).

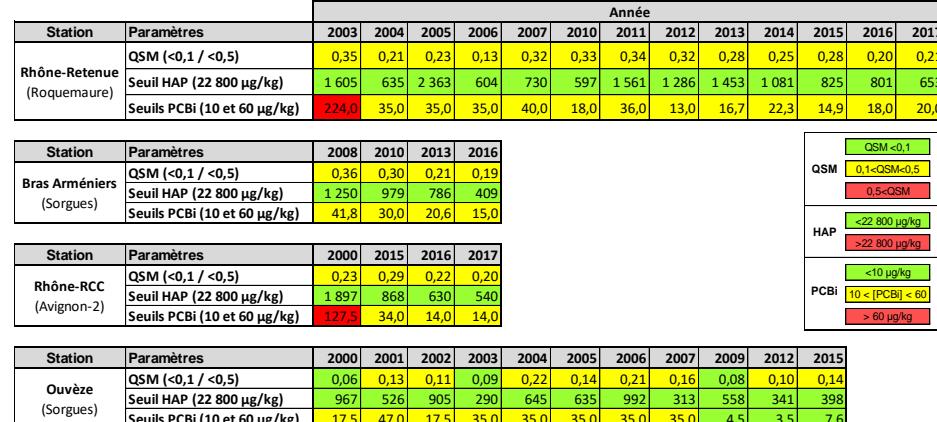
Sur l'Ouvèze (AVI6), la station de mesure est localisée un peu moins de 4 km en amont de sa confluence avec le Rhône. L'état chimique est bon, de même que les polluants spécifiques, et les éléments soutenant la biologie. Un léger enrichissement par les composés phosphorés est cependant à noter. L'état écologique vu à travers les peuplements de macroinvertébrés et de diatomées reste moyen, conséquence de l'homogénéité des écoulements dans un contexte fortement anthropisé (urbanisation et grandes cultures). Le potentiel écologique est là encore estimé en moyen.

Thermie

La température moyenne du Rhône au niveau de l'UHC #21-AVI (compris entre les stations de Tricastin et Aramon sur la figure ci-après) a connu, comme tous les autres secteurs du Rhône, une augmentation qui atteint 2°C environ, l'essentiel de l'augmentation étant survenue entre 1988 et 2002. Au final, l'UHC#21-AVI se situe au niveau de la limite aval de la large portion du Rhône (de Jons à Tricastin, Figure 21.8), homogène d'un point de vue thermique, et au niveau de laquelle, les valeurs journalières les plus chaudes (q99%, i.e. valeur dépassée moins de 4/j/an) est proche de 24°C.

Figure 21.8 – Evolution amont-aval des températures de l'eau du Rhône
(Source : EDF (2014) Etude Thermique Rhône – Phase 4 – Lot 5)Qualité des sédiments

Les données relatives à la qualité des sédiments sont issues du réseau de mesures mis en place au titre du programme de surveillance dans le cadre de la DCE.



Au niveau du Rhône (21-AVI1-R et 21-AVI7-RCC), la qualité des sédiments apparaît relativement homogène et globalement moyenne en regard de la valeur du QSM. On relève cependant des concentrations importantes en PCB dans la retenue en 2003 et en 2000 dans le RCC, altérations non retrouvées par la suite, et qui tendraient à mettre en avant une pollution ancienne (fin des années 90 – début des années 2000) qui aurait affecté tout le secteur.

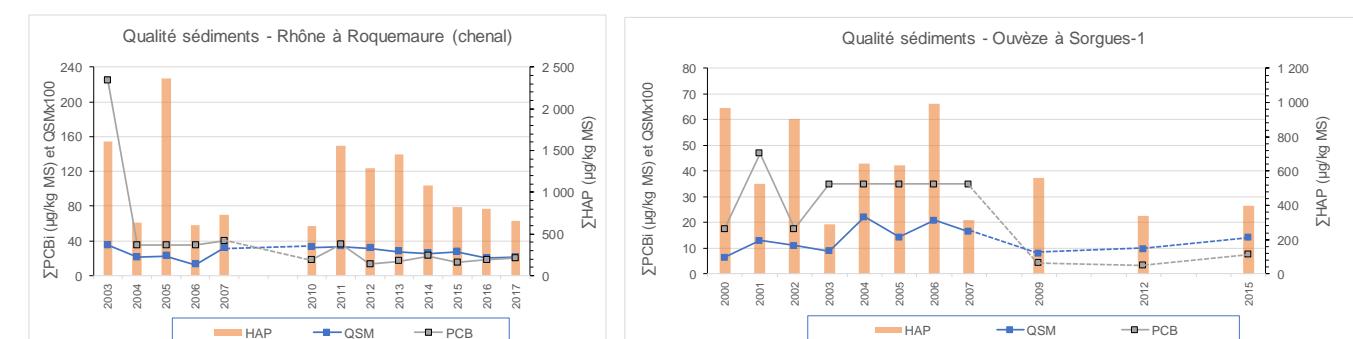


Figure 21.9 – Qualité des sédiments des stations de 21-AVI

Aucun des huit micropolluants métalliques pris en compte dans le QSM ne dépasse le seuil S1 de l'arrêté du 9 août 2006. Concernant les PCB, exception faite des valeurs mentionnées précédemment, les concentrations sont faibles sur l'ensemble de la chronique, et le plus souvent inférieures à la limite de quantification (LQ). Pour les HAP, les teneurs mesurées sont également

faibles, variables d'une campagne à l'autre (entre 500 et 2 000 µg/kg) et avec une tendance à la baisse sur les dernières années au niveau des deux stations.

Dans le **Bras des Arméniers**, les résultats sont aussi le reflet de sédiments d'une qualité moyenne d'après le QSM, les concentrations des différents polluants (HAP, PCBi et métaux lourds) étant cependant également orientées à la baisse.

Sur l'**Ouvèze**, les teneurs en PCBi comme en HAP sont (très) faibles, le QSM oscillant autour de la limite de classe (0,1). Concernant les PCBi, la variabilité est plus liée aux modifications des limites de quantification des méthodes analytiques. Pour les HAP, la tendance est là aussi assez nettement orientée à la baisse. A noter qu'aucun des huit métaux lourds analysés ne dépasse le seuil S1 de l'arrêté du 9 août 2006.

D2 – ELEMENTS DE DIAGNOSTIC DE LA FAUNE AQUATIQUE

Dans le chenal principal (retenue)

Les données présentées ci-après correspondent à celles de la station RCS de Roquemaure localisée dans la retenue d'Avignon (AVI1). Cette station est échantillonnée chaque année suivant le protocole de la pêche par point le long des rives.

Sur la période récente (2007-2015), le peuplement se compose de 27 espèces dont une majorité de cyprinidés (16 soit environ 60%). Les effectifs sont faibles (3 955 captures), ce qui classe cette station du Rhône parmi les plus faiblement « peuplées » (440 individus/100 points). La diversité tombe à 19 unités en ne retenant que les espèces présentant au moins 10 individus sur la période. A l'échelle annuelle (i.e. d'une campagne d'échantillonnage), la richesse spécifique varie du simple au double, de 10 (2008) à 20 espèces (2012).

Le peuplement est dominé par les espèces résistantes et ubiquistes telles que l'ablette (31% des captures), le chevesne (20%), le gardon (10%), les brèmes commune (8%) et bordelière (2%), ainsi que le goujon (5%). L'anguille est bien représentée (490 captures soit un peu plus de 12% du total), profitant de la proximité avec la mer, et des améliorations apportées au franchissement des obstacles situés en aval (barrages de Beaucaire-Vallabregues, d'Avignon, de Sauveterre, voir ci-après). On retrouve également les grands cyprinidés d'eaux vives, mais en effectifs très limités dans cette portion lenticque : le barbeau (3% des captures) et le hotu (1%).

Outre l'anguille, ce peuplement comprend d'autres espèces patrimoniales telles que la bouvière (0,5% soit seulement 20 individus) ou encore le toxostome (0,4%), plutôt (bien) présent sur les affluents. A noter également la présence d'une autre espèce euryhaline (i.e. capable de vivre aussi bien en eau douce qu'en eau salée), le mullet proc *Liza ramada*, coutumier de migrations importantes, et qui profite des aménagements mis en place notamment pour l'aloé feinte, pour remonter de plus en plus haut sur le Rhône.

Le RCC d'Avignon présente un faciès lenticque sur la totalité de son linéaire (13,5 km), sous l'influence de la retenue de Vallabregues.

L'inventaire réalisé en 2008 au sein du RCC d'Avignon (AVI7) montre un peuplement comparable (14 espèces dont 10 représentées par plus d'un individu), dominé par le chevesne (31% des captures), mais suivi par les deux migrateurs amphihalins que sont l'anguille (16%) et le mullet porc (13%), dénotant, à l'époque, le caractère bloquant du barrage de Sauveterre. La faible différence entre les peuplements de la retenue et celle du RCC peut s'expliquer par le fait que ce dernier est très chenalé et incisé sur sa partie amont, contraignant fortement la diversité des habitats aquatiques.

Suivi de la migration des amphihalins

Depuis le début des années 2000 et la mise en place d'ouvrages de franchissement au droit des premiers obstacles rencontrés par les poissons remontant depuis la mer Méditerranée, des suivis sont menés afin d'évaluer les contingents de migrateurs. Au sein de l'UHC#21-AVI, cela concerne :

- les deux passes-pièges à anguille mises en place au niveau du barrage d'Avignon, une au niveau de chaque rive. En 2018, le système a permis la capture et le transport vers l'amont de 100 000 anguilles, alors que dans le même temps, il en était recensé plus de 362 000 au niveau de celles de Beaucaire. Ces résultats sont rassurants en regard de ceux obtenus en 2017, les plus faibles de toute la chronique (44 anguilles capturées à Avignon, voir Figure 21.10). A noter que ces aménagements ne permettent de contrôler qu'une partie du contingent des anguilles migratrices, une autre fraction pouvant emprunter les écluses dont le fonctionnement est adapté, à certaines périodes de l'année, pour faciliter le passage des poissons (aloës notamment mais aussi anguille plus récemment, avec des manœuvres spécifiques réalisées de nuit) ;
- la station de vidéo-contrôle, installée en rive droite du barrage de Sauveterre, au sein de la passe à bassins mise en eau en septembre 2017. Sur les trois derniers mois de l'année 2017, un total de 12 espèces a pu être identifié pour un total de 9 595 individus, l'espèce majoritaire étant l'ablette. Parmi les grands migrateurs amphihalins, seule l'anguille a été observée en 2017 au niveau de la chambre de visualisation : 11 individus en montaison (anguille jaune) et 7 individus en dévalaison (anguille argentée). Concernant 2018, le comptage arrêté au 26 septembre, dénombre 14 espèces différentes, pour un total de plus de 510 000 individus ! Parmi ceux-ci, on recense près de 51 000 anguilles, dont seulement 31 en dévalaison, chiffre relativement bas mais qui pourrait en partie s'expliquer par la date de fin du dénombrement (fin septembre), soit juste avant la période de dévalaison de l'anguille. Viennent également s'ajouter un peu moins de 3 200 aloës feintes du Rhône, ainsi que plus de 84 000 mullets. L'espèce majoritaire restant l'ablette (plus de 60% des individus comptabilisés).

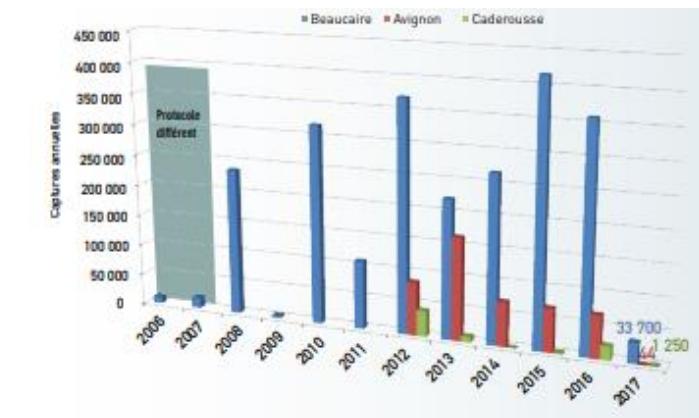


Figure 21.10 – Evolution inter-annuelle des effectifs d'anguilles en montaison

(D'après captures dans les passes piéges installées sur les 3 premiers obstacles localisés sur le Rhône aval - Source : MRM)

Peuplements piscicoles attendus/observés dans la retenue (21-AVI1)

Il aurait été préférable de réaliser cette analyse à partir de données obtenues dans le RCC, secteur du Rhône le moins artificialisé, mais le peuplement de poissons n'a été échantillonné qu'une seule fois, en 2008 (station Avignon-2).

Dans la retenue, l'IPR prévoit une richesse spécifique comprise entre 13 et 19 espèces ; les campagnes menées entre 2010 et 2015 font état de la capture de 27 espèces, y compris les quatre non prises en compte par l'IPR (gambusie, mullet porc, pseudorasbora et silure), chiffre qui tombe à 19 en supprimant les espèces « rares » (< 10 individus) et en conservant trois espèces non intégrées à l'IPR. De ce fait, la 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 et bien capturées : chevesne, ablette, gardon, brème, anguille, goujon, barbeau ;
- les espèces attendues et a priori en sous-effectif : sandre et carpe commune (capture difficile), perche commune, vandoise et blageon (probabilités de présence sur-estimées), poisson-chat (épizootie), brochet (mauvaises conditions de reproduction ?) ;
- les espèces peu ou non-attendue : rotengle et, bouvière principalement qui profitent probablement du ralentissement des écoulements au sein de la retenue. A noter également le mullet dans cette catégorie, tout à fait à sa place dans ce peuplement, mais non pris en compte dans l'IPR ;
- les espèces allochtones potentiellement invasives : carassins (au moins deux espèces), pseudorasbora, gambusie et silure.

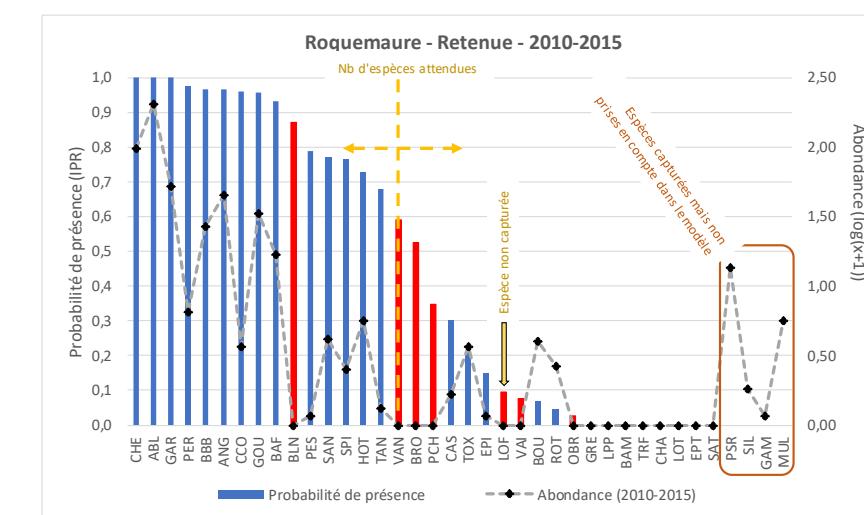


Figure 21.11 – Probabilité de présence et importance relative des espèces de poissons du Rhône

Station de la retenue d'Avignon – (Source : AFB)

Dans les annexes fluviales (Bras des Arméniers)

Le Bras des Arméniers fait également l'objet d'un suivi de son peuplement de poissons dans le cadre du RCS, mais n'est échantillonné que tous les deux ans (années paires). La diversité observée est comparable à celle du Rhône (28 espèces dont 20 « non rares »), mais les effectifs sont doubles (870 individus / 100 points), et surtout la composition spécifique est très différente. Ce milieu est dominé par les espèces d'eaux calmes, au premier rang desquelles on trouve la bouvière (22% des

captures) espèce patrimoniale, suivie par des espèces plus ubiquistes voire franchement indésirables telles que le pseudorasbora (20%), le gardon (13%), le rotengle (9,5%), la perche-soleil (3,5%), les carassins (près de 4%), les brèmes commune et bordelière (4% également), la gambusie (2%), la carpe et la tanche (autour de 0,5%) ou encore le black-bass (0,3%). Les dimensions restreintes de ce milieu, associé à son caractère très lentique expliquent ces résultats. On retrouve cependant les autres espèces ubiquistes telles que le goujon (9%), le chevesne (6%) ou encore l'ablette (3,5%). L'anguille est peu présente (0,6% des captures), de même que les autres poissons carnassiers tels que la perche commune et le silure (0,6% chacun) ou encore le sandre et le brochet (respectivement 2 et 1 individus capturés). Exception faite de la bouvière, les espèces patrimoniales sont donc rares sur ce secteur (faibles effectifs d'anguille et de brochet).

La partie aval de cet ancien bras mort a fait l'objet de travaux de restauration visant à réduire la biomasse végétale, en particulier la Jussie, espèce considérée comme envahissante (arrachage et talutage des berges afin de limiter son développement), réduire la contribution des sédiments endogènes à l'enrichissement du milieu en nutriments, et à créer de nouveaux milieux plus biogènes (CNR, 2014). Un projet d'augmentation du débit d'alimentation de cette lône existe car le débit d'alors, compris entre 2 et 5 m³/s suivant la période de l'année, était trop faible pour assurer un renouvellement d'eau suffisant et ainsi limiter l'eutrophisation. Enfin, il convient de signaler la présence d'une passe à poissons (passe à bassins) au niveau de sa confluence aval, facilitant les déplacements de poissons entre ce bras et le Rhône. Le fonctionnement de la lône s'apparentant plus à un plan d'eau qu'à un bras courant. Dans ce cadre, une synthèse des données de la bibliographie a été réalisée. Les données disponibles (période 1999-2004) montrent un peuplement largement dominé par les cyprinidés d'eaux calmes (ablettes, gardon) et les cyprinidés ubiquistes (chevaine, goujon) qui représentent à eux seuls plus de 60 % du peuplement. Des espèces rhéophiles sont également présentes (barbeau, blageon, hotu, spirlin), avec une abondance plus forte pour les pêches de 2003 et 2004 (pêches réalisées dans des faciès faiblement courants à courants).

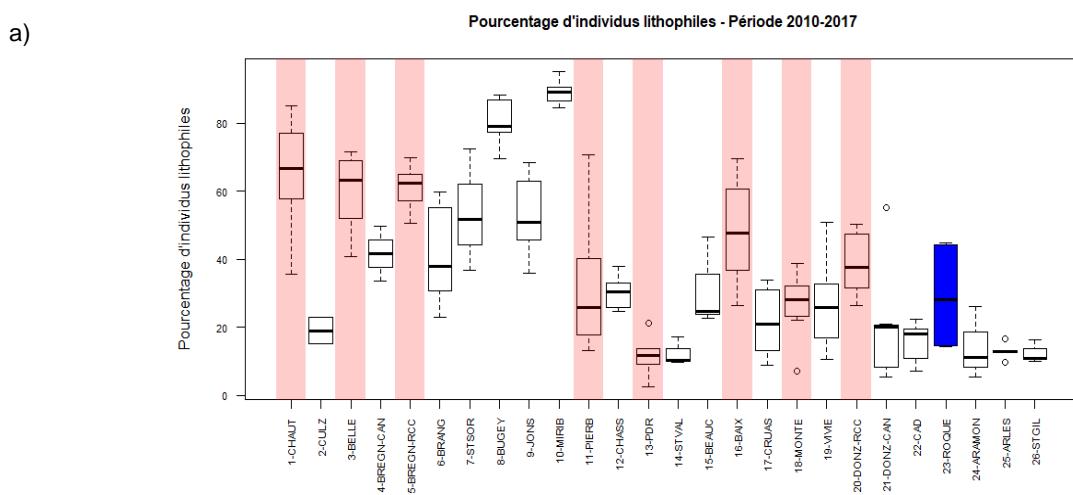
Plusieurs espèces patrimoniales ont été recensées, mais exception faite de l'anguille, toutes les autres sont rares à très rares. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus plus récemment au droit de la station RCS, exception faite des effectifs de la bouvière qui semblent avoir fortement augmenté. Ils confirment donc la rareté du brochet qui ne trouve pas a priori les conditions favorables à son développement.

Peuplement poissons Ouvèze

Au niveau de la station de Sorgues, le peuplement de poissons de l'Ouvèze se compose de 18 espèces dont 4 sont rares (< 5 captures entre 2007 et 2015). Ce peuplement est dominé par le chevesne (près d'1/4 des captures) mais riche en espèces patrimoniales au premier rang desquelles on retrouve l'anguille (9%), dénotant de la bonne connexion avec le Rhône, du blageon (8%) et du toxostome (6%). Les grands cyprinidés d'eaux vives sont présents avec le barbeau (5%) et le hotu (2%) mais certainement en deçà de la capacité d'accueil du milieu.

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 de la retenue d'Avignon (AVI1), et à l'échelle de la chronique étudiée (2007-2015), les deux catégories présentent des situations très contrastées : les lithophiles représentent près d'un tiers des captures en moyenne, avec cependant des variations importantes d'une année sur l'autre, et une (légère) tendance à la baisse sur la période. A l'inverse, l'importance relative des psammophiles est anecdotique (un peu moins de 4%), en lien avec le fait que cette catégorie ne regroupe que deux espèces (le goujon et la loche franche), malgré une légère tendance à l'augmentation. Comme souvent, les variations inter-annuelles d'effectifs capturés au sein de ces deux catégories sont relativement fortes, mettant en avant l'influence des conditions hydroclimatiques sur la reproduction annuelle (e.g. très bonnes conditions de reproduction en 2012).



En regard des résultats obtenus au niveau des autres stations du Rhône (Figure 21.12), l'abondance relative des lithophiles peut être qualifiée de moyenne à faible au sein de la retenue d'Avignon, avec des valeurs cependant assez nettement plus élevées que celles des autres stations situées sur cette partie aval du Rhône. Celle des psammophiles est « faible », mais semble traduire une augmentation progressive vers l'aval de l'importance de cette guild.

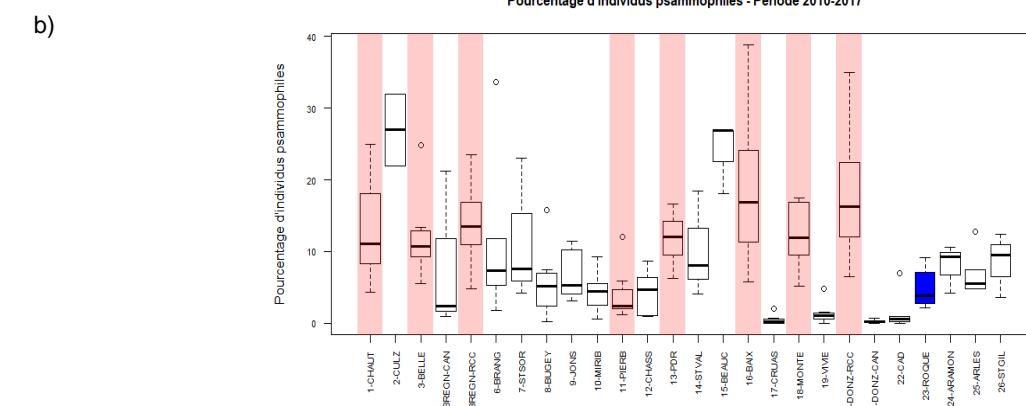


Figure 21.12 – Importance relative des espèces lithophiles (a) et psammophiles (b) à l'échelle du Rhône

(Sources : RhonEco, AFB et Irstea) – Surlignées en rose les stations situées au sein des RCC

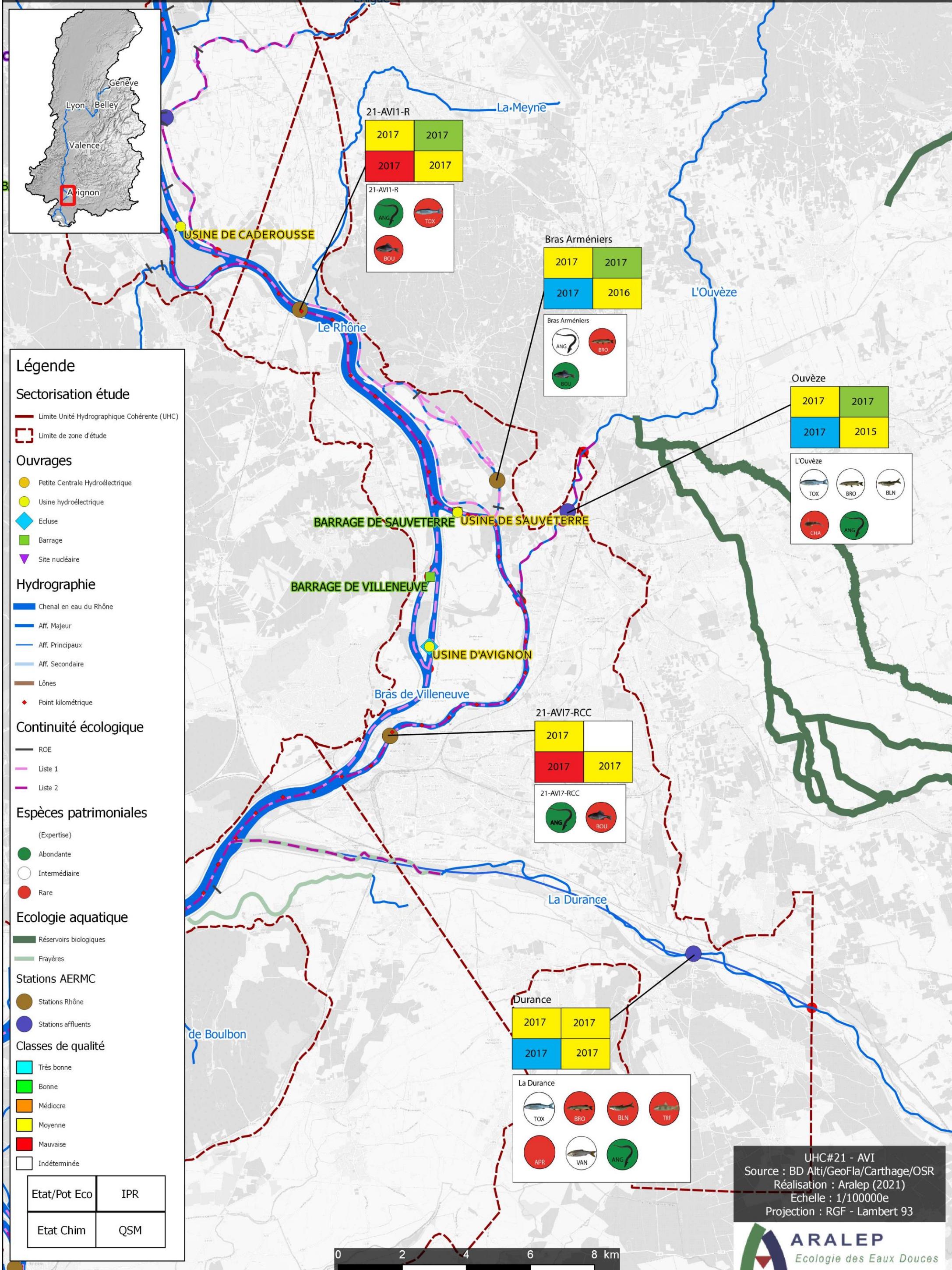
D3 – CONTINUITÉ ECOLOGIQUE ET RESERVOIRS BIOLOGIQUES

Au sein de cette UHC, les nombreux obstacles à la continuité écologique ont fait, pour la plupart, l'objet d'aménagements de rétablissement de la continuité, notamment pour les migrateurs amphihalins (anguille, alose feinte, lampreys) :

- **Sur le Rhône :**
 - Au sein de l'UHC, les trois ouvrages d'Avignon (Liste 1), Villeneuve (Liste 1) et Sauveterre (Listes 1 et 2) constituent des obstacles vis-à-vis du déplacement des poissons du fait de hauteurs de chutes comprises entre 9 et 10 m. Des manœuvres spécifiques de l'écluse de l'usine d'Avignon, associées à celles réalisées lors du passage des bateaux, permettent en théorie le franchissement des aménagements du bras de Villeneuve (barrage de Villeneuve / AVI4 et usine-écluse d'Avignon / AVI3). Il est important de rappeler que les manœuvres spécifiques des écluses (débit d'attrait) améliorent cependant sensiblement les passages des poissons (facteur compris entre 4 et 5, CSP, 2007). A noter qu'au niveau de ce dernier ouvrage, deux passes-pièges destinées à capturer les anguilles en montaison sont fonctionnelles depuis septembre 2010 et font l'objet d'un suivi depuis 2012 de la part de MRM. En moyenne, 4 000 anguilles sont capturées chaque année ; un peu plus de 70% des individus ont une taille <15 cm, correspondant à des individus en phase de migration de colonisation amont (anguille jaune). Les poissons remontant par le RCC sont bloqués par le barrage de Villeneuve, qu'ils peuvent cependant potentiellement franchir grâce aux éclusées spécifiques. Sur le bras d'Avignon, le barrage de Sauveterre est équipé depuis septembre 2017, d'une passe à bassins permettant de franchir le dénivélé de plus de 9 m. Une chambre de visualisation associée à cette passe permet de contrôler les poissons en migration ;
 - En remontant vers l'amont, la progression des individus est entravée par la présence de deux ouvrages associés à l'aménagement de Caderousse, dont les hauteurs de chute sont importantes, comprises entre 9 et 10 m. Là aussi, des manœuvres spécifiques de l'écluse favorisent le passage des poissons via le canal usinier (20-CAD2-CU). A noter que cet ouvrage est également équipé de deux passes-pièges pour les anguilles en montaison, fonctionnelles depuis septembre 2010 et faisant l'objet d'un suivi depuis 2012 de la part de MRM. Les poissons remontant par le RCC sont bloqués par le barrage de Caderousse ; ils peuvent cependant s'engager dans la Cèze, lorsque les conditions hydrologiques sont favorables et permettent le franchissement du seuil situé au niveau de la confluence (projet de modification de la passe à poissons existante) ;
 - Plus en aval, la remontée depuis la mer a été nettement améliorée ces dernières années, conséquence de la modification de la gestion des écluses, associée à l'installation de passes-pièges pour l'anguille (Vallabregues, Beaucaire) ;
 - Au niveau de ces ouvrages, les conditions de dévalaison, généralement non renseignées, sont a priori relativement mauvaises en dehors des aménagements spécifiques (Rochemaure, Sauveterre), conséquence de l'absence d'exutoire de dévalaison pour les poissons (sauf en déversement en crue), et du turbinage d'une bonne partie des débits au niveau des centrales hydroélectriques. La mortalité liée au passage des poissons dans les turbines a fait l'objet d'expérimentation au niveau de l'usine de Beaucaire, avec l'anguille comme espèce cible, du fait de sa forte sensibilité liée à sa morphologie (longue importante). Le taux de survie (à 48 h) a été estimé à 92,3% et le taux de poissons présentant des blessures à 6,8% (Normandeau, 2011). Concernant l'anguille, cette phase du cycle migratoire fait l'objet d'une importante étude menée par la CNR, avec l'appui scientifique de l'INRAE, et opérationnel de l'AFB et de MRM sur le secteur compris entre l'aval de l'aménagement de Donzère et la mer.
- **Avec l'Ouvèze, principal affluent de l'UHC, et le Bras des Arméniers**, la continuité a été restaurée grâce à la mise en place d'aménagements : passe à bassins successifs au niveau de la confluence Rhône-Ouvèze (réalisée en 1994, elle fait l'objet d'un entretien régulier afin de retirer les sédiments, fins et grossiers, qui s'y accumulent) et rivière de contournement au niveau de l'extrémité aval du bras des Arméniers (mise en place en 1999). L'efficacité de ces dispositifs ne semble pas avoir fait l'objet d'étude spécifique. Des pêches réalisées dans la rivière de contournement du Bras des Arméniers a permis la capture de 23 espèces (Larinier et al., 2006).

A noter que cette UHC ne recense aucun réservoir biologique.

21 D - AVI - Aménagement d'Avignon - Ecologie aquatique



E – ENJEUX EN ECOLOGIE DES MILIEUX HUMIDES ET TERRESTRES (CARTES 21E1 ET 21E2)

E1 – PRESENTATION GENERALE

L'UHC#21 d'Avignon s'étire sur 30 km entre les communes de Caderousse et Avignon. Elle comprend plusieurs milieux remarquables identifiés par des ZNIEFF de type I, qui viennent préciser localement les enjeux du grand site Natura 2000 du « Rhône aval », comme le Vieux Rhône de la Piboulette et des Brotteaux, la lône des Arméniers et l'Islon de la Barthelasse.

Situé entre l'Ardoise et Caderousse, le Vieux Rhône de la Piboulette comprend l'île de la Piboulette à l'exclusion de sa partie centrale, la totalité de l'île des Brotteaux, la partie boisée de la Granette ainsi que le bras mort du Revestidou. Tout le secteur des Brotteaux et du Revestidou conserve un aspect naturel. La lône du Bras des Arméniers s'étire, sur plusieurs kilomètres de longueur et parfois 100 à 200 m de largeur, entre le château d'Hers et l'aval de l'usine de Sauveterre. Encombrée d'îles plus ou moins importantes (dont l'Islon Saint-Luc), elle longe la partie orientale de l'île de l'Oiselet. Des linéaires significatifs n'ont pas été aménagés avec des enrochements (au niveau de l'Islon Saint-Luc en particulier et au sud de l'île de l'Oiselet).

Sur ces secteurs, on rencontre encore de petites plages formées d'éléments fins, très favorables à des activités biologiques. Comme sur le cours amont du Rhône vauclusien, certaines espèces médio-européennes ou eurasiatiques arrivent à s'y maintenir, surtout à la faveur de la présence de milieux qui restent frais, même en période estivale. On y rencontre une grande partie des groupements des grands fleuves à l'exception notable des prairies naturelles : groupements à hydrophytes et hélophytes, ripisylves et mégaphorbiaies.

Enfin, la partie sud-est de l'UHC d'Avignon englobe une partie de la basse Durance (dont la confluence avec le Rhône se trouve dans l'UHC#22 de Vallabregues). Le lit mineur de la Durance est ici très large (près d'un kilomètre) et alterne chenaux et îles. Sur ces dernières, formées de vastes bancs de limons émergés et de galets, se sont installées des formations herbacées et arbustives pionnières (saussaies). C'est aussi le lieu de nidification de la Sterne pierregarin. Au-delà, la forêt riveraine est plus ou moins étoffée, elle accueille le Castor d'Europe et le Bihoreau gris. Malgré un espace durancien de plus en plus soumis aux influences du climat méditerranéen, on observe encore une forêt galerie méditerranéenne évoluée entre la Petite Castelette et la Croix d'Or, et ce, à la faveur de la présence d'un espace sans doute plus protégé des crues.

En quelques chiffres : Habitats et espèces remarquables et patrimoniaux :

- Habitats naturels : 5 (données partielles)
- Habitats d'intérêt communautaire : 29
- Chiroptères : 10
- Mammifères terrestres : 4
- Amphibiens : 4
- Oiseaux : 37
- Odonates : 6
- Lépidoptères : 7
- Coléoptères : 2
- Reptiles : 1
- Mollusques : 1
- Plantes : 85
- Superficie UHC : 20 963 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#21 d'Avignon sont détaillés ici :

Zonages	Identifiant national	Nom du site
Arrêté de protection de biotope	FR3800577	Islon de la Barthelasse
Sites Natura 2000	FR9301590	ZSC – Le Rhône aval
	FR9301589	ZSC – La Durance
	FR9312003	ZPS – La Durance
ZNIEFF de type I	930012355	Le Vieux Rhône des Arméniers
	930012387	Le Vieux Rhône de la Piboulette et des Brotteaux
	930012386 / 930020223	La basse Durance, des Alouettes à la confluence avec le Rhône
	930020329 / 930020224	La basse Durance, à la confluence avec l'Aiguillon
	930020328 / 930020225	La basse Durance, du barrage de Bonpas à la Petite Castelette
	930020481 / 930012397	La basse Durance, des îles du Temple aux îles du Loup

Inventaires	Surface concernée	% surface UHC
Inventaires départementaux des zones humides	3022 ha	14%
Inventaires départementaux des pelouses sèches	Donnée non communiquée	-

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

Dans un contexte fortement contraint par l'urbanisation de l'agglomération avignonnaise, les habitats d'intérêt écologique sont devenus rares. Malgré des surfaces réduites, on observe quelques lônes préservées et îlots présentant de belles forêts alluviales. La Durance et son caractère torrentiel offre de grandes étendues de bancs de graviers.

Grand type d'habitat	Code Corine Biotopes	Code Natura 2000	Habitats patrimoniaux
Herbiers aquatiques	22.1 22.3 22.4	3140 3260	Dans le site Natura 2000 du « Rhône aval », tout le cours du Rhône est cartographié en « Rivières des étages planitaire à montagnard avec végétation du <i>Ranunculion fluitantis</i> et du <i>Callitricho-Batrachion</i> », habitat d'intérêt communautaire 3260. Les herbiers aquatiques se développent au niveau des berges où la profondeur d'eau est faible, principalement dans le Vieux Rhône plutôt que dans le Rhône canalisé, mais des herbiers importants de potamots et ou de renoncules sont présents dans certains secteurs et s'étendent en surface depuis les rives. Les groupements à hydrophytes (potamots, renoncules aquatiques, etc.) se maintiennent très bien dans les lônes des Brotteaux et des Arméniers. A noter une forte sensibilité aux espèces envahissantes comme la Jussie.
Bancs de graviers et grèves alluviales	24.2 24.5	3230 3240 3250 3270 3280	Habitat naturel typique des lits en tresses méditerranéen, on le retrouve ici sur tout le cours de la basse Durance. Il est représenté par les communautés pionnières en colonisation sur les dépôts de galets, de graviers et de sables exondés après les crues. Les peuplements sont bas et ouverts, laissant une large place à l'affleurement des galets. On observe une forte concurrence des peuplements ligneux bas (saulaies) ou élevés (Peupleraies) en cas de fixation du lit (liée à la perte de dynamique alluviale). L'essartement régulier du lit mineur permet la conservation des cortèges floristiques dans les secteurs les moins mobiles.
Pelouses sèches et alluviales	34.8		On trouve des habitats de pelouses méditerranéennes subnitrophiles (formations dominées par des graminées, crucifères et légumineuses) sur les sols pionniers légèrement enrichis en nitrates sur les digues et berges canalisées du Rhône, où elles occupent de grandes surfaces. Ces pelouses sèches ne sont pas d'origine alluviale, mais ont été favorisées par la création des digues.
Prairies humides et mégaphorbiaies			Les prairies humides et mégaphorbiaies ne sont pas citées (absentes ?) des complexes alluviaux de cette UHC. Leur absence peut être expliquée par une intensification et mise en culture, ou à l'inverse, une déprise agricole ayant entraîné le boisement de ces milieux ouverts.
Forêts alluviales	44.1 44.4 44.6	91E0 92A0 91F0	Les forêts alluviales sont essentiellement représentées par des forêts galeries à Saule blanc et Peuplier blanc. Elles occupent le lit majeur des cours d'eau et présentent plusieurs formes selon un gradient hydrique décroissant : saulaies blanches à Aulne blanc sur les sols gorgés d'eau, peupleraies noires à Baldingère sur les alluvions récentes de la bordure du lit majeur, peupleraies noires sèches dans les situations de déconnexion de la nappe. Les ripisylves sont particulièrement bien représentées à l'Islon Saint-Luc presque entièrement boisé et aux Brotteaux, et en basse Durance. Ces boisements sont favorisés par la diminution de l'action des crues.
Saulaies basses	44.12	3230 3240 3280	La basse Durance présente plusieurs formations de saulaies arbustives : des fourrés bas et ouverts à Saule drapé, Saule à trois étamines et Argousier ; des saulaies méditerranéennes à Saule pourpre et Saponaire officinale ; des fourrés à Myricaire d'Allemagne, Argousier et Saule drapé...

Grand type d'habitat	Code Corine Biotopes	Code Natura 2000	Habitats patrimoniaux
			Ces formations sont dépendantes de la dynamique des crues et du rajeunissement périodique des berges.
Végétations de ceinture des eaux	53.1		Ces formations ne sont pas particulièrement identifiées dans l'UHC#21-AVI. Les roselières, n'étant pas d'intérêt communautaire, ne sont pas identifiées par les cartographies d'habitats. Elles se développent ponctuellement en bordure de lône ou de contre-canaux, comme sur la lône à l'est de l'île de la Motte, à Villeneuve-lès-Avignon.

E4 – FLORE ET FAUNE REMARQUABLE

Le très faible niveau d'artificialisation des lônes considérées est à l'origine du maintien d'un bel ensemble naturel qui offre une grande diversité d'espèces et d'habitats. C'est ainsi que des hydrophytes arrivent à se maintenir comme *Vallisneria spiralis* (Vallisnérie en spirale). Les formations à hélophytes présentent une diversité encore plus grande avec tout un cortège d'espèces médio-européennes comme *Carex pseudocyperus* (Laîche faux-souchet), *Ranunculus sceleratus* (Renoncule scélérate). Des ripisylves médio-européennes âgées existent sur l'ensemble des bras morts. Elles sont particulièrement bien représentées dans le secteur du Vieux Rhône de Piboulette et des Brotteaux (lône de Caderousse, lône de Cappelans) où, en sous-bois, on rencontre *Circaea lutetiana* (circée de Paris).

Ce secteur présente également un certain intérêt pour la faune : 16 espèces animales patrimoniales, dont 4 déterminantes, fréquentent les lieux. Les mammifères sont représentés par le Castor d'Europe présent marginalement dans cette zone (sans unité familiale fixée) et par la Loutre qui s'y reproduit très probablement (épreintes d'individus différents).

Le cortège d'oiseaux nicheurs comprend notamment l'Alouette lulu, le Pic épeichette et le Martin pêcheur, le Héron pourpré, l'Aigrette garzette, le Guêpier d'Europe, le Bihoreau gris, le Faucon hobereau, et le Gobemouche gris. Du côté des insectes signalons la présence de plusieurs espèces d'odonates : le Sympétrum déprimé, l'Agrion de Mercure, la Cordulie à corps fin et le Gomphé vulgaire.

Sur ce tronçon, l'espace durancien développe pleinement un ensemble important de milieux ouverts qui s'expriment tant au niveau des marges des chenaux qu'au niveau des îles. Mais en raison de l'endiguement de ses berges, la Durance est loin de présenter la biodiversité qui existait au 19^{ème} siècle, à une époque où M. Palun citait la présence d'un certain nombre d'espèces qui ont maintenant probablement disparu : *Polygala exilis* (Polygale grêle), *Centaurium favargeri* (Petite centaurée de Favarger), et *Typha minima* (Petite massette). Sur les îles, les dunes fluviatiles fossiles, bien que très dégradées, permettent encore à *Imperata cylindrica* (Impérata cylindrique) de se maintenir.

Grand type d'habitat	Faune remarquable	Flore remarquable
	Oiseaux (reproduction) : Alouette lulu	
Prairies humides et mégaphorbiaies	Chiroptères (chasse) : Barbastelle, Murins, Rhinolophes	<i>Inula britannica</i>
Forêts alluviales et saulaies basses	Mammifères : Castor d'Europe (alimentation) Oiseaux (reproduction) : Milan noir, Faucon hobereau, Bouscarle de Cetti, Ardéidés (Aigrette garzette, Héron cendré, Bihoreau gris...), Pigeon colombe, Pic épeichette, Loriot jaune, Rollier d'Europe... Chiroptères (chasse) : Barbastelle, Murins, Rhinolophes Coléoptères : Lucane cerf-volant, Pique-prune	<i>Vitis vinifera</i> ssp <i>sylvestris</i> , <i>Circaea lutetiana</i>
Végétations de ceinture des eaux	Oiseaux (reproduction) : passereaux paludicoles (Rousserolle turdoïde, Lusciniole à moustaches, Rémiz penduline) Oiseaux (alimentation) : anatidés, ardéidés, rallidés (Marouette ponctuée, Râle d'eau)	<i>Carex acuta</i> , <i>Carex pseudocyperus</i> , <i>Schoenoplectus litoralis</i> , <i>Schoenoplectus pungens</i> , <i>Schoenoplectus triquetus</i> , <i>Eleocharis multicaulis</i> , <i>Myosoton aquaticum</i> , <i>Scirpus sylvaticus</i> , <i>Scutellaria galericulata</i> , <i>Poa palustris</i> , <i>Stachys palustris</i> , <i>Juncellus serotinus</i> , <i>Typha laxmannii</i> , <i>Erianthus ravennae</i> , <i>Typha minima</i> , <i>Rorippa amphibia</i> , <i>Juncus compressus</i> , <i>Juncus compressus</i> , <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> , <i>Eleocharis quinqueflora</i> , <i>Butomus umbellatus</i> , <i>Sagittaria sagittifolia</i>
Berges	Oiseaux (nidification) : Martin-pêcheur d'Europe, Guêpier d'Europe, Hirondelle de rivage Mammifères : Castor d'Europe (hutte), Crossope de Miller, Loutre d'Europe Reptiles : Cistude d'Europe	

Grand type d'habitat	Faune remarquable	Flore remarquable
Eaux libres (retenue du Rhône)	Oiseaux (site d'alimentation et d'hivernage) : grèbes, canards, lariidés ...	
Herbiers aquatiques	Amphibiens : Triton crêté Odonates : Agrion de Mercure, Cordulie à corps fin, Gomphes à pattes jaune et de Graslin, Sympétrum déprimé ... Oiseaux (reproduction/Alimentation) : Grèbe huppé, Ardéidés Reptiles : Cistude d'Europe	<i>Potamogeton coloratus</i> , <i>Aldrovanda vesiculosa</i> , <i>Ranunculus circinatus</i> , <i>Vallisneria spiralis</i> , <i>Zannichellia palustris</i> , <i>Spirodela polyrhiza</i> , <i>Nuphar lutea</i>
Bancs de graviers	Oiseaux : Petit Gravelot, Sterne pierregarin Amphibiens : Pélodyte ponctué	<i>Pulicaria vulgaris</i> , <i>Pycreus flavescens</i> , <i>Ludwigia palustris</i> , <i>Cyperus michelianus</i> , <i>Bidens cernua</i> , <i>Chenopodium chenopodioides</i> , <i>Gnaphalium uliginosum</i> , <i>Leersia oryzoides</i> , <i>Mentha cervina</i> , <i>Pseudognaphalium luteo-album</i> , <i>Xanthium orientale</i> , <i>Sisymbrium polyceratum</i> , <i>Centaurium spicatum</i> , <i>Astragalus cicer</i> , <i>Corispermum gallicum</i> , <i>Erianthus ravennae</i>
Pelouses sèches et alluviales	Oiseaux (alimentation) : Guêpier d'Europe, Hirondelle de rivage, Bondrée apivore, Rollier d'Europe	<i>Iberis amara</i> , <i>Senecio viscosus</i> , <i>Silene conica</i> , <i>Matthiola fruticulosa</i> , <i>Hymenolobus procumbens</i> , <i>Hormathophylla macrocarpa</i>

E5 – ETAT DES CORRIDORS ECOLOGIQUES

L'UHC d'Avignon présente deux entités paysagères au fonctionnement écologique différent :

- la partie nord : à partir des Brotteaux au nord, toute la plaine entre le Rhône et la lône des Arméniers et jusqu'à la pointe sud de l'île de la Barthelasse : on trouve un petit parcellaire agricole complexe composé de vergers, cultures, quelques prairies. Ces secteurs présentent une perméabilité moyenne, avec par secteurs un maillage de haies encore assez préservé. Ce secteur est en grande partie intégré comme réservoir de biodiversité.
- la partie sud et est : l'agglomération d'Avignon qui s'étend de façon linéaire le long de la Durance. Les connexions écologiques sont ici fortement réduites et limitées à l'axe est-ouest formé par la Durance et nord-sud formé par le Rhône.

Réservoirs de biodiversité	Corridors écologiques	Obstacles au déplacement des espèces
Dans l'UHC : - Le Rhône et Vieux-Rhône et les îles ainsi formées - La Durance - L'Ouvèze qui conflue avec le Rhône à Sorgues	Les réservoirs associés au Rhône et à la Durance jouent également le rôle de corridors écologiques.	- Ouvrages équipés sur le Rhône pour la faune aquatique (cf. partie D3 -) - Zones urbaines - l'A7 qui longe la Durance à l'extrémité sud-est de l'UHC

Source : SRCE RA, PACA et LR

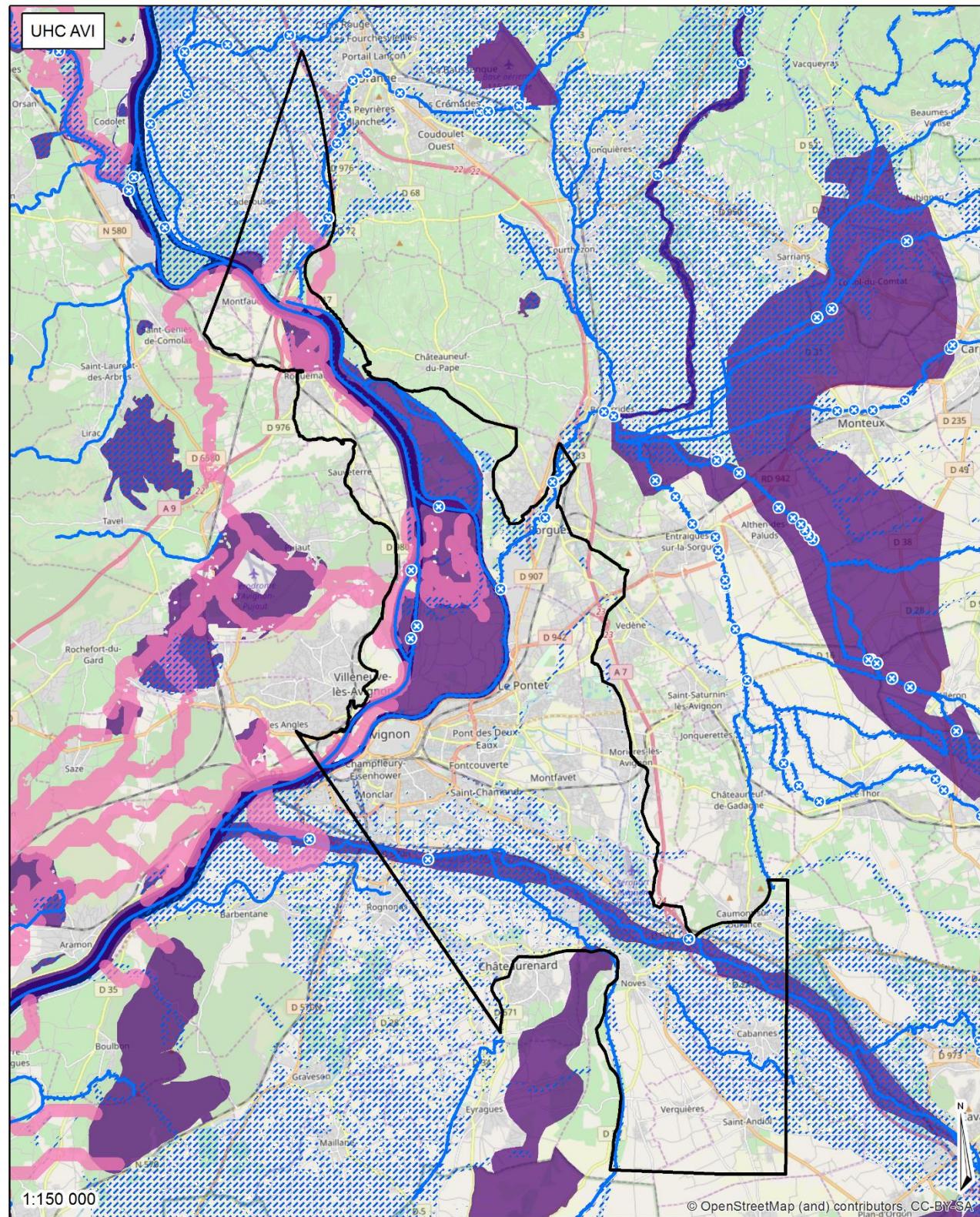


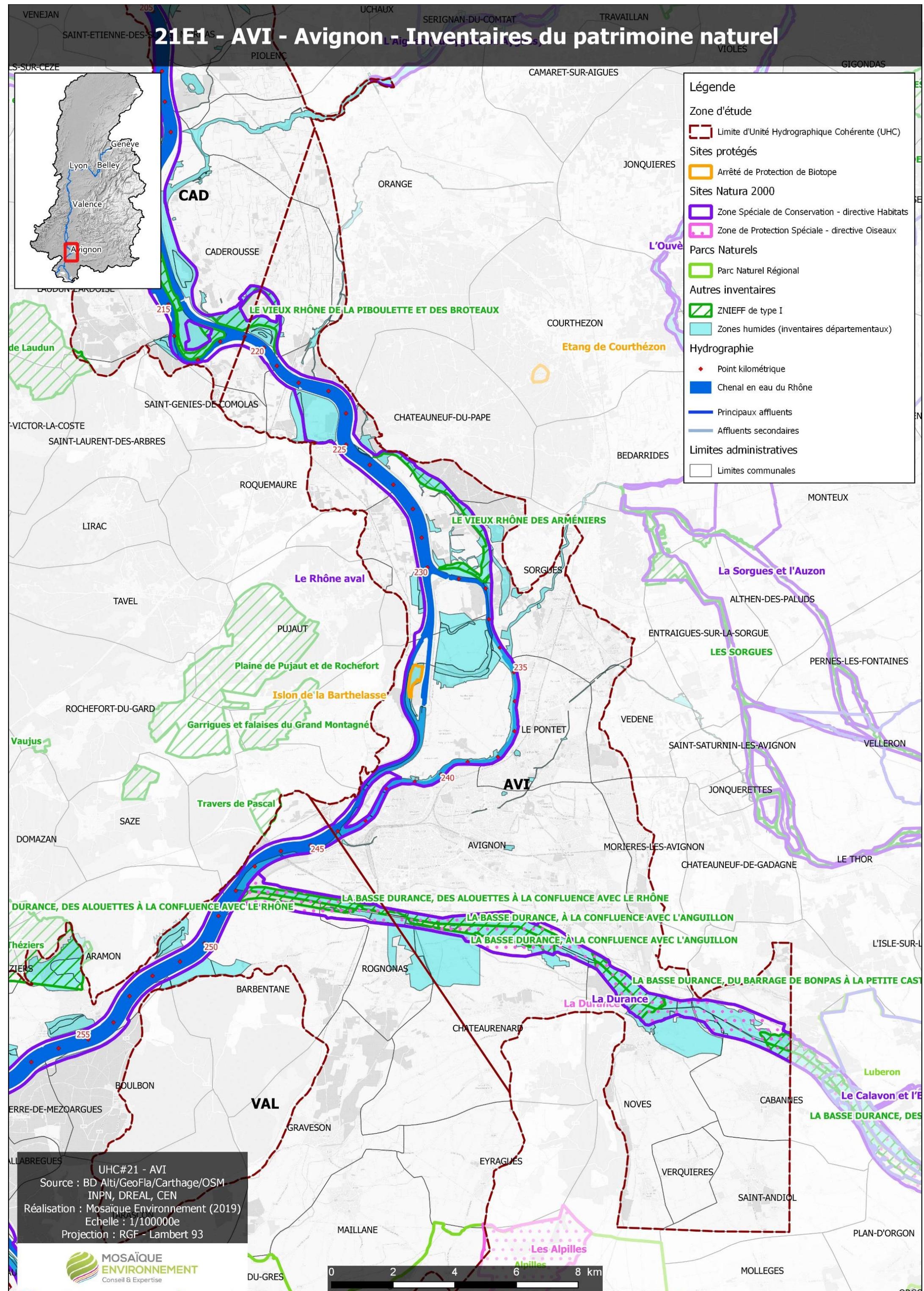
Figure 21.13 – Extrait des SRCE PACA et Occitanie au niveau de l'UHC AVI

E6 – PRESSIONS ENVIRONNEMENTALES

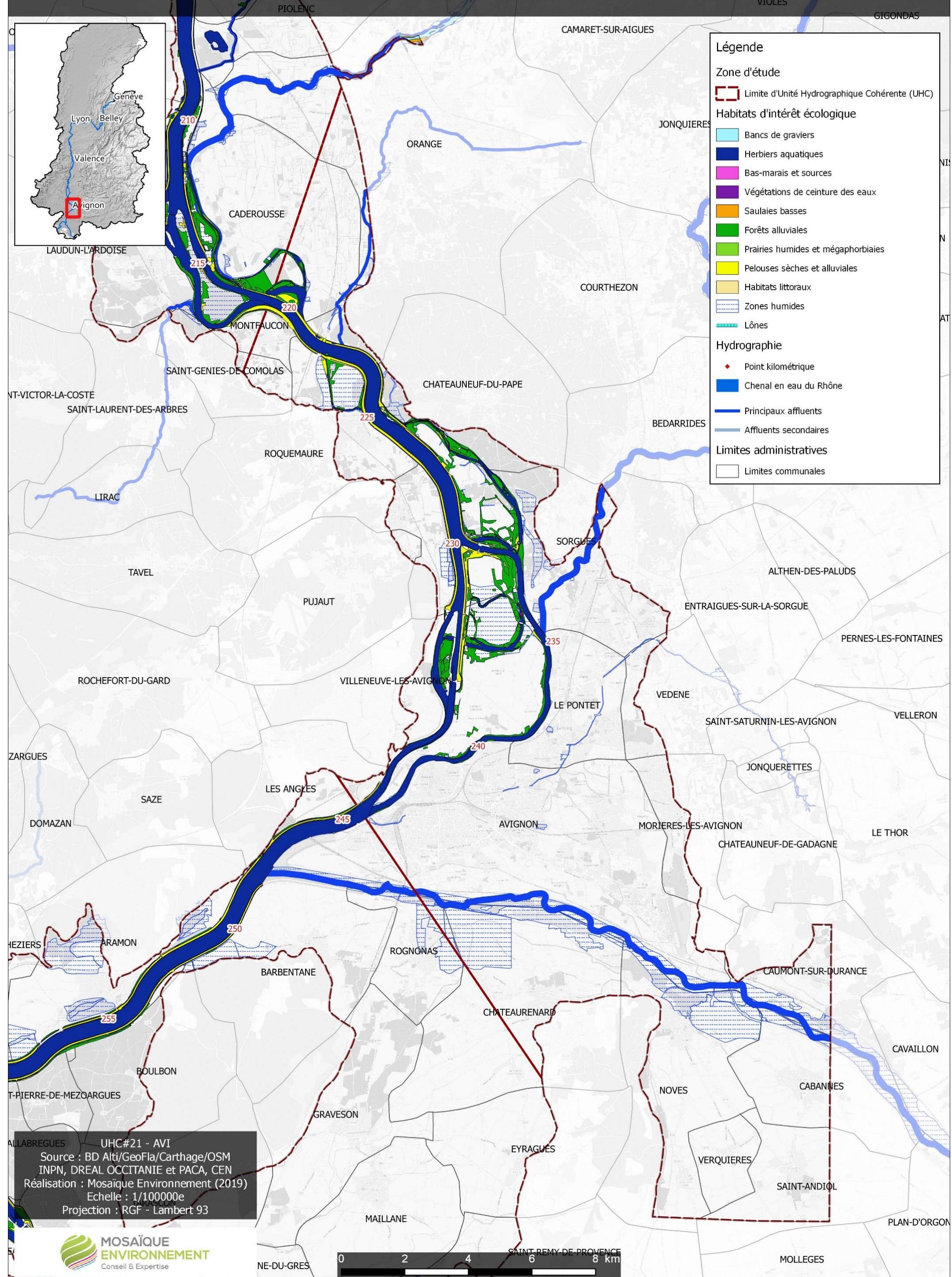
Plusieurs pressions et contraintes sont recensées dans la bibliographie :

- 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),
- Mise en culture intensive, artificialisation,
- Perturbation du fonctionnement hydraulique et hydrologique (barrages, endiguement),
- Extraction de granulats,
- Colonisation par les espèces exotiques envahissantes,
- Pollution des eaux, rejets agricoles ou domestiques,
- Décharges sauvages.

21E1 - AVI - Avignon Inventaires du patrimoine naturel



21E2 - AVI - Avignon - Habitats d'intérêt écologique



F – ENJEUX DE SURETE SECURITE (CARTE 21F)

F1 – OUVRAGES HYDRAULIQUES

Barrages

Les barrages classés au titre du décret du 12 mai 2015 sont le barrage de Sauveterre (classe A), le barrage de Villeneuve (classe A), le barrage-usine d'Avignon (classe A) et les barrages latéraux en remblais du canal de dérivation d'Avignon (classe B) ouvrages constitutifs de l'aménagement hydroélectrique d'Avignon concédé à la CNR.

Les endiguements insubmersibles de la retenue présentent une revanche d'au moins 0,50 m par rapport à la ligne d'eau de la crue exceptionnelle endiguée de 12 500 m³/s. Cette revanche est portée à 1m au droit des agglomérations. De plus, la revanche est fixée à au moins 1m par rapport à la ligne d'eau correspondant au débit de l'étage conventionnel pour le niveau normal de la retenue. Les digues bordant la déviation de la Motte à l'amont du barrage de Villeneuve (retenue de Villeneuve) et celles du canal d'aménée de la dérivation de la Barthelasse (canal d'aménée à l'usine d'Avignon) présentent une revanche d'au moins 1,50 m par rapport à la plus haute des lignes d'eau correspondant au débit dérivé maximal.

Il est important de noter que les ouvrages latéraux insubmersibles de la retenue n'ont pas fait l'objet de classement.

Ouvrages de protection contre les inondations

De nombreuses digues sont recensées sur le secteur :

- La digue de la ligne TGV entre Orange et Caderousse ;
- Les endiguements de la Meyne ;
- Les endiguements de l'Ouvèze ;
- L'endiguement d'Avignon en rive gauche comprenant :
 - La digue du Pontet ;
 - La digue des Jardins Neufs ;
 - Le Rempart nord-est ;
 - Le Rempart nord-ouest ;
 - L'échangeur Pont de l'Europe ;
 - La digue RD de la Durance à Avignon.
- La digue de Montfaucon ;
- La digue de Roquemaure ;
- La digue de la Roubine de Four (Sauveterre) ;
- La digue de la Motte-Est ;
- La digue de l'île de la Motte ;
- La digue de la Motte sud.

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.

Gestion des ouvrages (cahier des charges spécial)

Le niveau normal de la retenue est fixé à la cote 26,00 mNGF au droit de l'échelle du PK221,8 située au Pont de Roquemaure. Ce niveau ne doit pas être dépassé en ce point pour les débits du Rhône au plus égaux à 3 400 m³/s. Pour les débits supérieurs, le niveau des eaux ne doit pas dépasser de plus de dix centimètres le niveau naturel des eaux avant l'aménagement. Dans ces conditions, le plan d'eau de la retenue au droit de l'entrée de la déviation de la Motte (P.K. 230) variera en exploitation normale de la cote 26,00 mNGF à la cote 24,00 mNGF environ et pourra être abaissé jusqu'à la cote 23,00 mNGF à l'occasion des chasses ou lorsque la navigation sera interrompue.

Le concessionnaire sera tenu d'entretenir, éventuellement par dragages, les profondeurs nécessaires à l'évacuation des crues du Rhône :

- Entre la limite aval de chute immédiatement supérieure (PK 220,80) et le PK 230,50 (Barrage de Sauveterre) ;
- Dans la partie amont de la déviation de la Motte (canal d'aménée de l'usine d'Avignon), jusqu'au barrage de Villeneuve ;
- Dans les parties du lit du fleuve situées en aval des barrages jusqu'au confluent des bras de Villeneuve et d'Avignon (PK 244,0).

F2 – ALEAS INONDATION ET VULNERABILITE

Aléas

Les zones inondables sont principalement :

- La partie aval de la plaine de Caderousse, constituée principalement de terres agricoles ;
- La plaine à la confluence entre l'Ouvèze (Sorgues) et le Vieux Rhône d'Avignon ;
- Le champ d'expansion de crue de l'île de la Barthelasse ;
- La plaine de Sauveterre sur le bras de Villeneuve, constituée principalement de terres agricoles.

Une grande partie de ces zones inondables est mobilisée dès le scénario de crue fréquent (Q30), notamment sur les communes de Caderousse, Sauveterre et Sorgues. Les scénarios moyen et extrême étendent les zones inondables notamment à hauteur de l'île de la Motte, de l'amont de la plaine de Sauveterre et de Sorgues et sauf dans des linéaires de digues insubmersibles. On note que la zone urbaine d'Avignon, à fort enjeu, est inondable à partir de l'occurrence de crue moyenne.

Enjeux et vulnérabilité

Pour une population totale de 193 576 habitants (609 658 au total pour le TRI d'Avignon) sur les communes de l'UHC#21-AVI, entre 1 800 et 81 000 sont situés en zone inondable selon la crue considérée. Quant aux emplois situés en zone inondable, ils sont entre 260 et 5 300 selon la crue considérée (cf. tableau ci-dessous). Les communes les plus sensibles sont notamment Avignon, Sauveterre, Sorgues et Villeneuve-lès-Avignon.

Scénario de crue	Fréquent (Q30)	Moyen (Q100-200)	Extrême (Q1000)
Habitants permanents en zone inondable (TRI Avignon) (estimation UHC#21-AVI)	7200 (1800)	126 000 (73 000)	152 000 (81 000)
Emplois en zone inondable (TRI Avignon) (estimation UHC#21-AVI)	900 à 1 300 (260 à 450)	44 000 à 67 000 (1 000 à 1 600)	49 000 à 75 000 (3 200 à 5 300)

Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation

Le périmètre de l'UHC#21-AVI fait partie du Territoire à Risque d'Inondation (TRI) d'Avignon. La Stratégie Locale de Gestion du Risque d'Inondation (SLGR) d'Avignon – Plaine du Tricastin – Basse vallée de la Durance a été arrêtée par les préfets de l'Ardèche, de la Drôme, du Vaucluse et du Gard le 5 juillet 2017, après avis du préfet coordonnateur de bassin et consultation du public et des parties prenantes de septembre à décembre 2016.

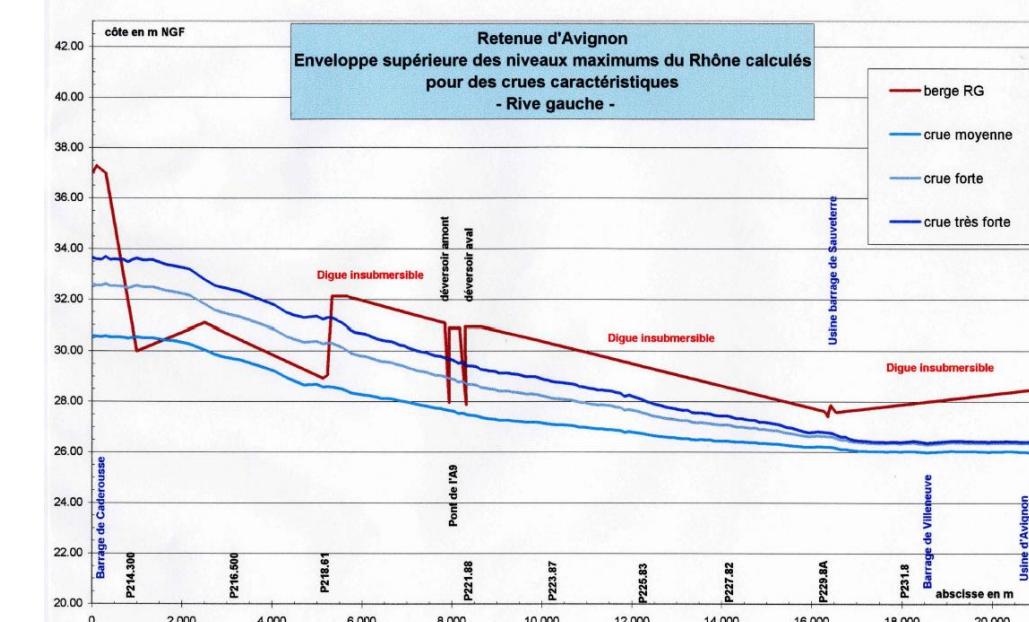
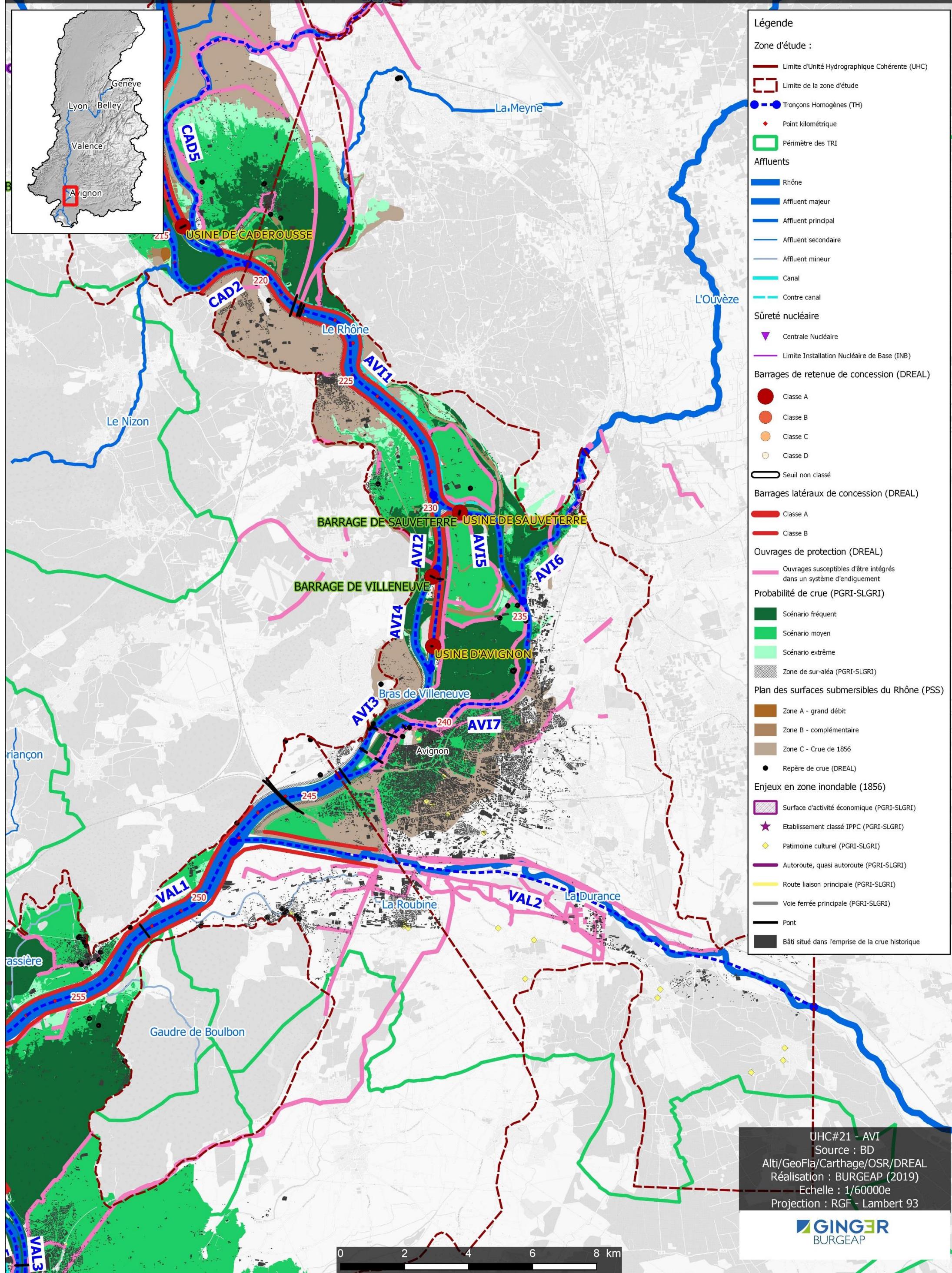


Figure 21.14 – Digues insubmersibles en rive gauche et lignes d'eau en crue (EGR, CNR, 2002)

F3 – SURETE NUCLEAIRE

L'UHC#21-AVI n'est pas concerné par les problématiques de sûreté nucléaire.

21F - AVI - Avignon - Enjeux sûreté/sécurité



G – ENJEUX SOCIO-ECONOMIQUES (CARTE 21G)

G1 – NAVIGATION

Navigation marchande

Deux sites industriels sont recensés sur l'UHC#21-AVI : le port du Pontet et le parc d'activités Avignon-Courtine. Situé sur une zone de 7 hectares, le port du Pontet comporte un port public hors domaine de la CNR. Le port est situé sur la RN7, à proximité de l'autoroute A7. Ses principales liaisons sont Fos, Lyon, Marseille, Nîmes et Valence. Le port dispose d'un appontement, qui continue de se développer, spécialisé dans le transport des hydrocarbures. Le port du Pontet comptait un trafic en voie d'eau en 2016, de 259 000 tonnes, dont plus de 95 % est représenté par le transport fluvial et un très faible pourcentage en transport fluviomaritime.

Le parc d'Activités Avignon-Courtine accueille plus de 350 entreprises et comptabilise 5 000 emplois. Le site industriel profite d'une bonne desserte routière et ferroviaire, par sa proximité avec l'échangeur A7/9 Avignon Nord et avec la gare (67 passages quotidiens du TGV). Le parc d'activité dispose également d'un quai public, essentiellement utilisé pour le déchargement de granulats et matériaux de travaux publics.

Des opérations de dragage ont lieu régulièrement dans cette zone pour assurer un tirant d'eau suffisant pour la navigation : garages d'écluse (amont et aval), chenal navigable, chenal et darse du port vedette CNR, appontement des allées de l'Oulle, bassin de virement du Pontet, haltes fluviales de Roquemaure et d'Avignon (cf. H1 –).

Navigation de plaisance

Trois appontements sont disponibles à Avignon pour les bateaux à passagers. En 2017, ces appontements ont accueilli plus de 760 accostages. La halte nautique d'Avignon, gérée par la Compagnie des grands bateaux de Provence, est ouverte 8 mois par an. Le tarif varie selon la longueur des bateaux, pour un minimum de 15€ par jour en basse saison (mois d'avril et de septembre).

Des haltes sont également présentes à Châteauneuf-du-Pape, Roquemaure et Villeneuve-lès-Avignon.

Perspectives d'évolution

Dans le cadre de la prolongation de la concession du Rhône, il est envisagé d'intégrer le port du Pontet et le bras d'Avignon dans le périmètre concédé.

Avec environ 60 ha disponibles, un projet de développement de la zone Avignon-Courtine vise à implanter une ferme photovoltaïque ainsi qu'une zone de transport multimodal ferroviaire/fluvial/routier. Le projet est au stade de la réflexion.



Figure 21.15 – Zone d'implantation du parc d'activités Avignon-Courtine.

(Source : <https://www.parcsdactivites.com/parcs-d-activites/parc-dactivites-avignon-courtine-provence>)

G2 – ENERGIE

Hydroélectricité

Le grand projet d'aménagement hydroélectrique et de navigation d'Avignon, déclaré d'utilité publique en 1970 et mis en service en 1973, répond à la nécessité de maintenir un débit suffisant au-devant de la ville d'Avignon tout en prévenant l'écoulement des crues en amont. A hauteur de Sorgues, le Rhône se divise en deux bras d'importance égale, ce qui a amené la CNR à doter chacun de ces bras d'un barrage (il s'agit du seul aménagement hydroélectrique comportant deux barrages-usines) :

- le barrage-usine de Sauveterre sur le bras d'Avignon, qui longe l'agglomération,
- le barrage de Villeneuve, qui alimente 3 km en aval l'usine-écluse d'Avignon.

L'aménagement a une longueur totale d'environ 23 km. La hauteur de chute de l'ensemble de l'aménagement est de 9,5 m. Le débit maximal turbinable est de 2 310 m³/s. La centrale d'Avignon est équipée de quatre groupes de type bulbe, d'une puissance de 30 MW chacun (soit une puissance installée de 126 MW). Celle de Sauveterre ne comporte que deux turbines, de puissance identique (soit une puissance installée de 52 MW). Enfin, une mini-centrale hydroélectrique d'une puissance de 0,7 MW est installée sur le barrage de Sauveterre. La productibilité annuelle moyenne pour l'ensemble de l'aménagement d'Avignon est de 857 GWh, ce qui représente 5,2 % de la capacité hydroélectrique de la CNR et place l'aménagement en 8^{ème} position en termes de production électrique parmi les ouvrages du Rhône gérés par la CNR. L'aménagement est géré par la direction régionale Rhône Méditerranée, direction territoriale d'Avignon, de la CNR.

En 2015, des travaux majeurs de rénovation ont été réalisés sur un groupe dans la centrale d'Avignon. En 2017, une passe à poissons est mise en service sur le barrage de Sauveterre ; c'est la première à prendre place sur le cours principal du fleuve.

G3 – PRELEVEMENTS ET REJETS D'EAU

Irrigation, AEP et industrie

• **Eaux superficielles** : Les principaux usages économiques des prélèvements d'eaux superficielles sont présentés dans le Tableau 21.1. Le volume prélevé par l'ensemble des usages est de 138 678 200 m³ d'eau avec les prélèvements pour les canaux qui représentent un total de 100 995 800 m³ (soit 73 % des prélèvements), en particulier sur les communes d'Avignon (57 404 600 m³) et de Nôves (54 549 700 m³). Ces canaux sont utilisés pour l'assainissement (transit des eaux pluviales) et l'irrigation (en majorité gravitaire) à différentes proportions selon les syndicats.

- **Le Syndicat intercommunal du canal des alpines septentrionales (SICAS)** : Le SICAS se situe sur 20 communes du territoire nord Alpilles (dont Châteaurenard, Nôves, Rognonas, Saint Andiol concernant l'UHC#21). Le canal est constitué de deux branches (nord et sud) et est destiné exclusivement à l'irrigation avec, en 2013, 4 500 ha sont irrigués pour l'arboriculture, le maraîchage, la riziculture, l'arrosage des prairies et des jardins privatifs. Ce canal à une dotation de 22 m³/s (avec dotation ASA du Béal et Œuvre Générale des 4 communes) dont l'eau provient de la Durance (via le canal EDF) avec 3 prises d'eau sur la Durance : la prise de Lamanon et la prise de Fontenelle (Lamanon) : 12 927 l/s et la prise de Nôves avec 6 740 l/s.

- **L'ASA (Associations Syndicales Autorisées) de la Durance** se situe à Châteaurenard : ce canal a une dotation de 4 m³/s et est destiné à l'irrigation et l'assainissement. En effet, sur ce périmètre, il y a 6 061 parcelles et 68% de ce périmètre est irrigué (arboriculture, arrosage des prairies et jardins privatifs). L'eau de ce canal provient de la Durance et de la Malautière ainsi que du canal d'assainissement de l'Anguillon avec 4 prises d'eau.

- **L'ASA de l'œuvre générale des quatre communes** : Cette ASA se situe sur les communes de Cabannes, Nôves, Saint Andiol et Verquières. Ce canal a une dotation de 2 201 l/s (convention EDF : eau délivrée gratuitement ; cf. SICAS) et est destiné exclusivement à l'irrigation (arboriculture, prairies, fourrages et terres labourables). L'eau provient de la Durance (canal des Alpines) avec une prise d'eau sur la commune d'Orgon.

Pour plus d'information sur ces deux ASA et le SICAS : www.contratcanal-comtat-nord-alpilles.fr/medias-infos/documentation-sur-le-contrat-de-canal/

- **L'ASA des Canaux de la Plaine d'Avignon** : qui comprend :

- La zone Puy : L'ASA du Canal Puy irrigue 110 ha, principalement en maraîchage, arboriculture et prairies. Le canal maître a une longueur de 7 km ;
- La zone Crillon : L'ASA a sa prise à Bonpas. Le canal principal a une longueur de 15,3 km. Le mode d'irrigation est pour l'essentiel gravitaire, seul un tout petit réseau d'irrigation basse pression a été installé sur la filiale (canal) de Saint-Martin. 550 ha sont irrigués essentiellement en foin, pour 2 600 ha de surface irrigable. Le périmètre traverse les villes d'Avignon, de Morières-lès-Avignon, du Pontet, de Sorgues et de Vedène.
- La zone Hôpital : Le périmètre de l'ASA se situe aujourd'hui sur une zone très urbanisée et l'irrigation des cultures diminue rapidement au détriment de l'évacuation du pluvial.

En plus de ces prélèvements, les eaux superficielles sont également utilisées directement pour l'irrigation gravitaire avec un prélèvement de total 35 834 300 m³ (soit 26 % des prélèvements des eaux superficielles). Des prélèvements sont effectués pour les activités économiques et l'irrigation non-gravitaire mais ils ne présentent que 1% des prélèvements totaux.

- **Eaux souterraines** : en plus de leur utilisation pour l'AEP et l'irrigation non-gravitaire, les eaux souterraines des forages, des puits et des pompes en nappe sont également utilisées dans cette zone pour plusieurs industries, dont une usine de laine de verre, une fabrique d'additifs de carburant, une zone industrielle, une fabrique de soupes, une fabrique de salade en sachet, un golf, un hôpital, etc.

Les principaux usages économiques des prélèvements d'eaux souterraines sont présentés dans le Tableau 21.2. Le volume prélevé par l'ensemble des usages est de 46 636 000 m³ d'eau où les prélèvements pour l'AEP représentent 74 % des volumes (soit 34 705 100 m³, dont les captages d'Avignon et de Sorgues pour plus de 10 000 000 m³ chacun) contre 19 % (soit 8 918 600 m³) pour les autres usages économiques.

Les captages de la ville de Sorgues (Syndicat des Eaux de la région Rhône-Ventoux) et d'industriels (SEPR, SMURFIT, EURENCO) (CNR, fiche d'incidences dragage du bassin de virement du Pontet, 2017) sont situés en bordure du Vieux Rhône d'Avignon et potentiellement sensibles à la gestion sédimentaire du bras du Rhône (bassin de virement du Pontet). Aucune incidence négative n'a cependant été observée sur les interventions réalisées ces dernières années (1996, 1997, 2000, 2006, 2011, 2017).

De faibles prélèvements sont également réalisés pour l'irrigation non-gravitaire (2 203 100 m³ soit 5 % des prélèvements) et gravitaire (809 200 m³ soit 2 % des prélèvements). La majorité des prélèvements pour l'irrigation non-gravitaire a lieu à Caumont-sur-Durance (552 800 m³) et à Cabannes (364 600 m³). Pour l'irrigation gravitaire, les principaux prélèvements ont lieu à Caumont-sur-Durance (289 100 m³) et à Saint Andiol (264 000 m³).

Station d'épuration

L'UHC comprend 19 stations d'épuration dont les principales se trouvent sur les communes d'Avignon (capacité de 178 000 EH récupérant au total les eaux usées de quatre communes de la zone étudiée), Sorgues (capacité de 63 000 EH récupérant au total les eaux usées de deux communes de la zone étudiée), Orange (45 000 EH), Châteaurenard (19 700 EH), et Morières-lès-Avignon (capacité de 12 000 EH récupérant au total les eaux usagées de deux communes de la zone étudiée). Pour plusieurs STEP de cette zone, le milieu récepteur est le Rhône ainsi que des rivières (La Meyne, l'Ouvèze, la Durance, Le Grand Vallat de l'Agoutadou) et des ruisseaux (la Roubine, le Terrenque).

Tableau 21.1 – Principaux usages de prélèvements d'eau superficielle

Commune	Types d'usages	Quantité d'eau	Nom de l'ouvrage
Châteauneuf-du-Pape	Irrigation gravitaire	2 490 000	Pompage sur le Rhône Grange-Neuve
	Canal	402 900	
Chateaurenard	Irrigation gravitaire	3740 000	Prise de l'Euze sur l'Anguillon
	Canal	3 035 600	
Saint-Andiol	Canal	11 467 000	Prise sur le canal des alpines - prise de Saint Véran
	Irrigation gravitaire	1 200 000	
Noves	Canal	27 002 300	Prise alpines septentrionales - branche 2 - Bonpas
		4 948 400	Prise EDF - bassin de partage de Noves - canal 2ème branche
		3 985 800	Prise dans le Grand Anguillon canal Real de Chateaurenard
		1 413 200	Prise de la Malautière
	Irrigation gravitaire	6 090 000	Prise EDF - bassin de partage de Noves - canal 2ème branche
		4 910 000	Prise dans le Grand Anguillon canal Real de Chateaurenard
		4 320 000	Prise alpines septentrionales - branche 2 - Bonpas
		1 740 000	Prise de la Malautière
		140 000	Pompage canal de l'Anguillon - chicard de Pommel
Avignon	Canal	26 285 800	Prise tronc commun Bonpas pour le canal Crillon
		15 403 100	Prise tronc commun Bonpas pour le canal hôpital Durançole
		6 265 700	Prise tronc commun Bonpas - EDF pour le canal Puy
	Irrigation gravitaire	5 000 000	Prise tronc commun Bonpas pour le canal Crillon
		2 950 000	Prise tronc commun Bonpas pour le canal hôpital Durançole
		1 500 000	Prise tronc commun Bonpas - EDF pour le canal Puy

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

Tableau 21.2 – Principaux usages de prélèvements d'eau souterraine

Commune	Types d'usages	Quantité d'eau (m ³ /an)	Nom de l'ouvrage
Les Angles	Prélèvements AEP	1 138 600	Puits dans la nappe les Reculades
Saint Andiol	Prélèvements AEP	1 159 600	Puits dans la nappe de la Durance-Saint Andiol
Villeneuve-lès-Avignon	Prélèvements AEP	2 630 500	Puits dans la nappe alluviale du Rhône Labadier
Orange	Prélèvements AEP	2 352 100	Pompage dans la nappe de l'Aygues, forage de Russamp
		314 800	Source de la Baussenque
Avignon	Prélèvements AEP	11 573 400	Champ captant de la Seignone
Sorgues	Prélèvements AEP	12 144 900	Puits du Rhône
Vedène	Golf du Grand Avignon	144 100	Prise dans lac, golf du grand Avignon (alim nappe du Rhône)
Cabannes	Fabrique de salade en sachet par l'entreprise Les Cruditées	150 000	Forage en nappe - fabrique de salades en sachets
Avignon	Refroidissement industriel du centre Hospitalier Montfavet	159 600	Forage dans la nappe - hôpital Montfavet

	Gare pour véhicules routiers frigorifique	52 900	Forage - gare pour véhicules routiers frigorifique
Orange	Usine laine de verre de Saint-Gobain Isover	599 300	Forages en nappe - fabrique de laine de verre
	Zone industrielle de l'Oseraie	1 410 100	Puits en nappe phréatique lieu-dit l'Oseraie nord
	Fabrication de soupes : usine Liebig Campbell	470 600	Pompage en nappe - fabrique de soupes du Paradou
Le Pontet	Autres activités économiques*	7 600	Forage
	Usine d'additif carburant : Bergerac NC (unité opérationnelle spécialités chimique du groupe SNPE)	5 900	Puits nappe alluviale du Rhône - fabrique additifs carburant
Sorgues	Autres activités économiques	13 800	Forage avenue des frères Lumière

* 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-dechez-vous/index.php>

G4 – TOURISME

Autres activités

La halte nautique d'Avignon propose diverses activités nautiques : dériveurs, multicoques, voile. Un bateau fait également office de navette pour les plaisanciers, de l'île de la Barthelasse au centre-ville d'Avignon. Le club nautique d'Avignon est ouvert toute l'année (démarrage de la saison en septembre). En Avignon se trouve également le club Jeune Canoë Kayak Avignonnais (canoë de randonnée, descente, kayak-polo, slalom, rodéo/freestyle).

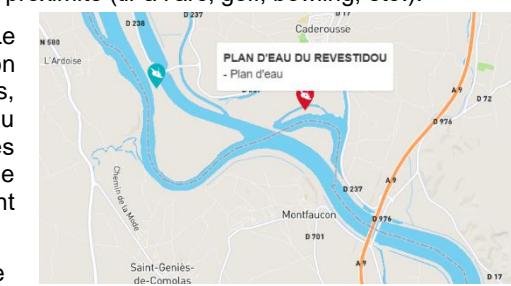
Le camping 4 étoiles du pont d'Avignon détient une capacité de 300 emplacements répartis sur presque 8 ha. Il est ouvert de mars à septembre, et propose un espace aquatique de 500 m² (à partir de mai). Une navette fluviale partant quotidiennement du camping est gratuite pour les vacanciers. Le camping offre de multiples activités sportives (tennis, volley-ball, pétanque, ping-pong, badminton, location de vélos, etc.) et d'autres activités sont accessibles à proximité (tir à l'arc, golf, bowling, etc.).

Un golf est présent sur la commune de Vedène : le Golf du Grand Avignon. Le parc fait 60 hectares et il entouré de 5 lacs. La commune Villeneuve-lès-Avignon abrite le complexe sportif de la Laune où de nombreuses activités sont proposées, dont la plongée subaquatique. De plus, un Urban Wake Park est implanté au Pontet. Cet endroit très convivial permet de s'adonner aux sports de glisses aquatiques (deux lignes téléski aménagées avec différents modules) et dispose d'une partie terrasse/restaurant. L'Urban Wake Park est accessible uniquement sur réservation pour certains jours de la semaine (en avril, le mardi et le jeudi).

En limite amont de l'UHC (carte ci-contre) au niveau de Caderousse se trouve le plan d'eau du Revestidou. Il s'agit d'un bras du Rhône fermé par une digue de la retenue des barrages de Sauveterre et Villeneuve. Le plan d'eau s'étend sur 20 hectares et est apprécié des plaisanciers. Aucune location de matériel n'est possible mais il s'agit néanmoins d'un lieu où sont pratiqués la planche à voile, barque, et autres activités nautiques.

Pêche de loisirs

Le Rhône est classé en 2^{nde} catégorie piscicole. La pêche y est ouverte toute l'année, avec toutefois des limitations pour certaines espèces. La consommation des poissons pêchés dans le Rhône est interdite par arrêté en raison de la pollution par les polychlorobiphényles (PCB) mais la situation est évolutive. Le plan d'eau du Revestidou est un lieu apprécié des pêcheurs pour le brochet, le sandre et le black-bass.



Localisation du plan d'eau du Revestidou.

(Source :
<https://petitfute.vizity.io/map/32836?cat=1171&etab=458958>)

G5 – PRODUCTION DE GRANULATS

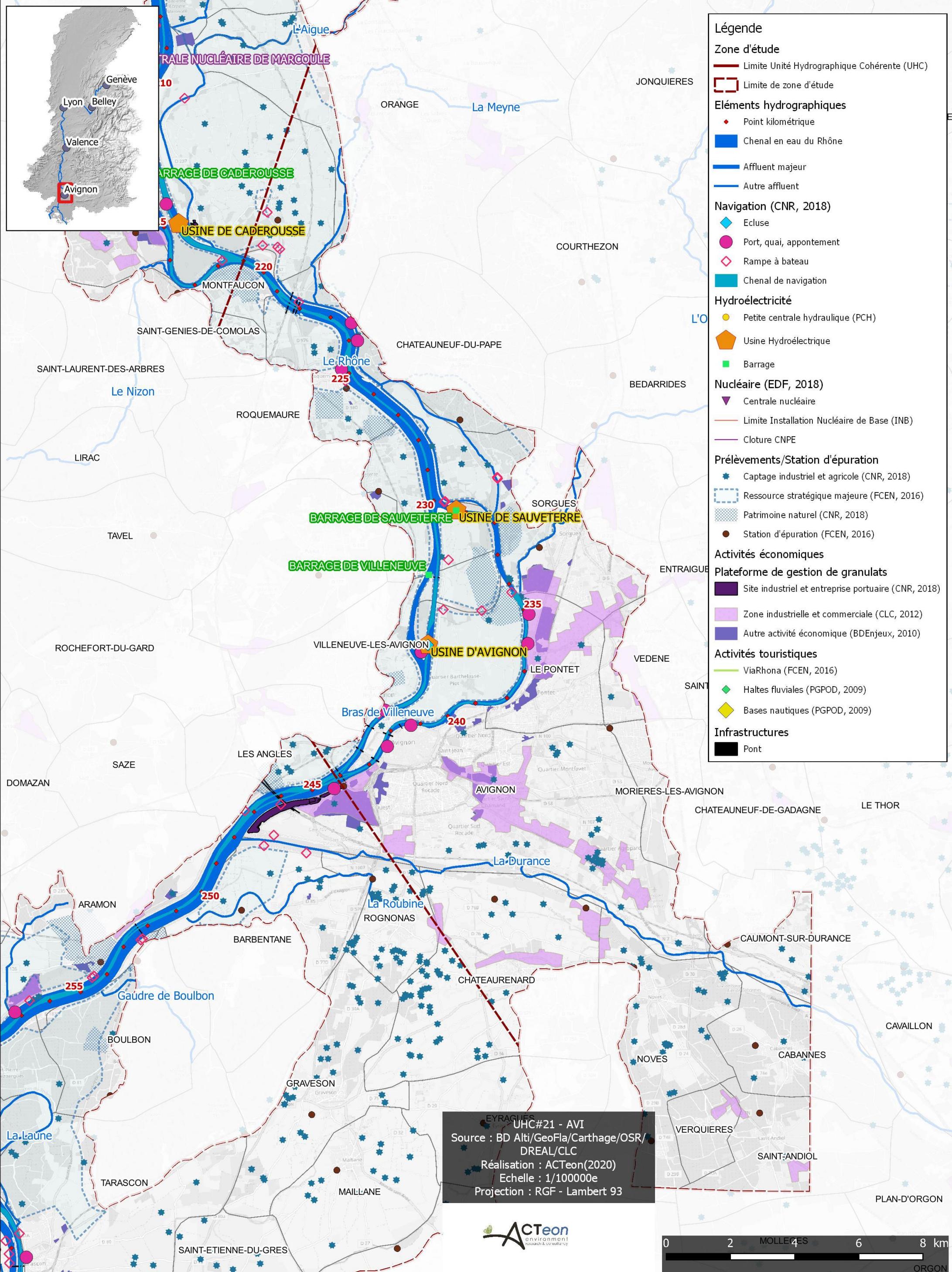
Des matériaux alluvionnaires ont été exploités par le passé dans le lit du Rhône (cf. partie B). Actuellement, il n'existe pas de carrière active dans l'UHC au sein du lit majeur. Des carrières anciennes ont laissé la place à des gravières : Lac de la Lienne à Sorgues en bordure du Bras des Arméniers.

On note cependant la présence de carrières actives en falaise : Société des carrières vauclusiennes à Châteauneuf du Pape ; Lafarge Granulats à Orange. Cette dernière carrière présente la particularité d'être équipée de tapis roulants et d'un accès au Rhône au PK223 pour le convoyage des granulats, directement de la falaise au transport fluvial. Par ailleurs, l'entreprise Lafarge Granulats Sud est une plateforme de gestion des granulats, sans extractions ; elle est implantée sur la rive gauche de la Durance sur la commune de Rognonas au sud d'Avignon. Enfin, on notera que les ports du Pontet et de la Courtine permettent le déchargement de granulats (cf. partie G1 –).

21G - AVI - Avignon - Enjeux socio-économiques

CAMARET-SUR-AIGUES

GIGONDAS



H – INVENTAIRE DES ACTIONS DE RESTAURATION ET DE GESTION (CARTE 21H)

H1 – GESTION ET ENTRETIEN SEDIMENTAIRE

Actions CNR

Avant 1995, 3,6 hm³ ont été extraits dans l'UHC, soit 0,12 hm³/an en moyenne.

Sur la période 1995-2018, les actions CNR (hors restauration de milieux) ont conduit à réaliser 64 opérations pour 802 499 m³ (17% / 138 139 m³ en sédiments grossiers ; 83% / 664 360 m³ en fins). Ces volumes (34 891 m³/an) sont en nette régression par rapport à la période antérieure à 1995. Une grande partie des volumes (57% des volumes) a été gérée avant 2000 ; le taux moyen annuel est de 19 809 m³/an depuis 2001. Le coût total des opérations est de 3 983 000 €HT (165 978 €HT/an en moyenne ; 5 €/m³ en moyenne).

Les opérations (u = unité d'opération) sont réparties comme suit :

- 12 opérations dans la retenue d'Avignon-Sauveterre dont 3 pour la navigation (16 582 m³), 4 pour l'écoulement des crues (22 646 m³) et 5 dragages pour l'exploitation (2 730 m³), soit un total de 41 958 m³ dont 27 560 m³ de graviers restitués au Rhône ;
- 4 opérations de dragages dans la retenue de Villeneuve (150 360 m³ de limons uniquement) dont une pour le point de réglage du barrage de Villeneuve (2 470 m³ en 2018) ;
- 12 opérations dans le chenal navigable (bassin virement du Pontet, bras d'Avignon, port vedette, pontons de la Barthelasse, etc.) pour un total de 261 585 m³ (dont 16 490 m³ de graviers restitués au Rhône lors d'une opération sur le bras d'Avignon) ;
- 1 opération dans le Vieux Rhône de Villeneuve pour le chenal et la darse du port vedette de la CNR (14 779 m³ dont 13 430 m³ de graviers restitués au Rhône) ;
- 14 opérations d'entretien des garages d'écluses (219 920 m³ dont 1 925 m³ de graviers restitués au Rhône) ;
- 21 opérations dans d'autres ouvrages (Port Vedette CNR, pontons Barthelasse, échelles limnimétriques, passe à poissons de l'Ouvèze) pour un total de 113 844 m³ dont 78 734 m³ de graviers dont une partie a été restituée au Rhône et l'autre a eu une destination non renseignée) ;

On notera qu'aucune opération n'a été nécessaire sur la période étudiée au niveau de confluence (uniquement l'entretien de la passe à poissons de l'Ouvèze pour un volume limité à 54 m³). Les matériaux sont remis au Rhône pour 100 % des volumes concernés. Les matériaux grossiers sont issus préférentiellement de quelques sites : déversoir de Roquemaure en 2017, chenal navigable d'Avignon en 2004, Port Vedette CNR sous le barrage d'Avignon à plusieurs reprises (2013, 2008, 2004, 2003, 2001, 1999, 1998, 1997).

Les volumes de sédiments fins gérés (664 360 m³, soit 27 681 m³/an) représentent environ 1,0 % des flux de MES transportés par le Rhône (3,86 Mt/an).

Actions VNF

Pour VNF, une action potentielle est recensée dans le PGPOD (2019) : quai de la Ligne en Avignon, pour 1 000 m³. Les interventions historiques ne sont pas connues ni intégrées dans la base de données.

Autres maîtres d'ouvrage

Deux actions mineures sont recensées pour d'autres maîtres d'ouvrage :

- Ville d'Avignon : dragage en 2017 de 1 800 m³ de limons au niveau de l'appontement de la Barthelasse et des accès nautiques utilisés par la Société Nautique d'Avignon (SNA) pour la pratique de l'aviron. L'intervention est localisée à l'intérieur de dépendances immobilières concédées par l'Etat à la CNR et qui font l'objet d'une Autorisation d'Occupation Temporaire du Domaine Concédé (AOTDC) pour le compte de la Ville d'Avignon ; en 1996, une première intervention avait eu lieu sur ce site sous la maîtrise d'ouvrage de la CNR (812 m³) ;
- CCI : dragage en 1996 de 6 400 m³ de limons au niveau de la halte fluviale d'Avignon.

H2 – RESTAURATION DES MILIEUX ALLUVIAUX ET HUMIDES

Au niveau de l'UHC#21 d'Avignon, la présence de quelques îônes et bras secondaires est à noter. Aucune îône n'a fait l'objet de travaux de restauration. En revanche, le bras des Arméniers a bénéficié de travaux restauration en 1999, 2006, 2010 et plus récemment en 2015. Inscrite dans le contrat de rivière de la Meyne et des annexes du Rhône porté par la Communauté de Communes des Pays de Rhône et Ouvèze (action B1-BA1), cette action avait pour objectif la réduction de la biomasse végétale et de la charge polluante. Les principaux travaux ont consisté en des opérations de débâlement et remblaiement de sédiments fins accumulés (8 000 m³ matériaux déblayés et 8 000 m³ de matériaux remblayés).

Cette UHC compte 4 casiers de sédimentation identifiés par le Schéma Directeur de réactivation des marges alluviales (OSR, 2013) : casier du Château, des Oiselets, des Tenons d'Avignon et de Villeneuve. Aucun d'entre eux n'a fait l'objet jusqu'à présent de travaux de démantèlement.

H3 – RESTAURATION ET GESTION DES MILIEUX TERRESTRES

Aucune action de gestion des milieux naturels terrestres ou humides n'a été recensée dans l'UHC#21 d'Avignon.

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>.

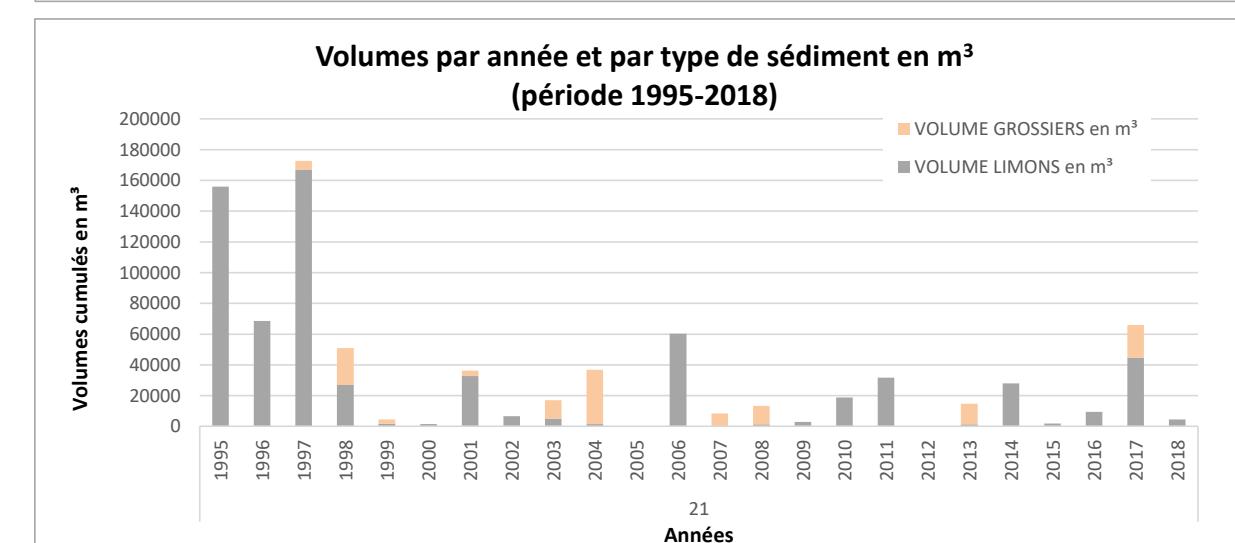
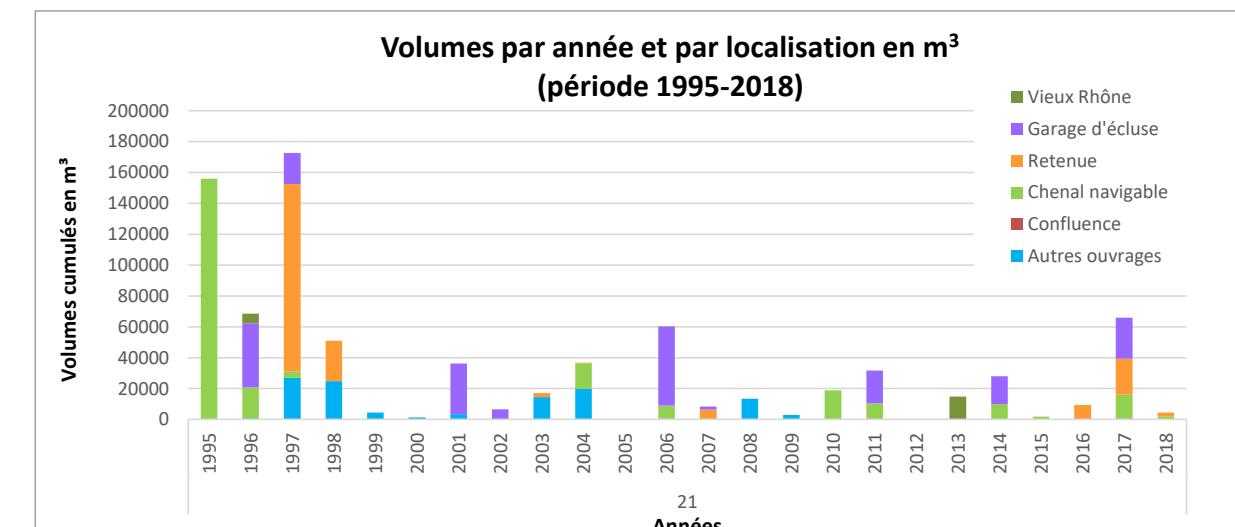


Figure 21.16 – Bilan chronologique des opérations de gestion sédimentaire – section H1 (1995-2018)

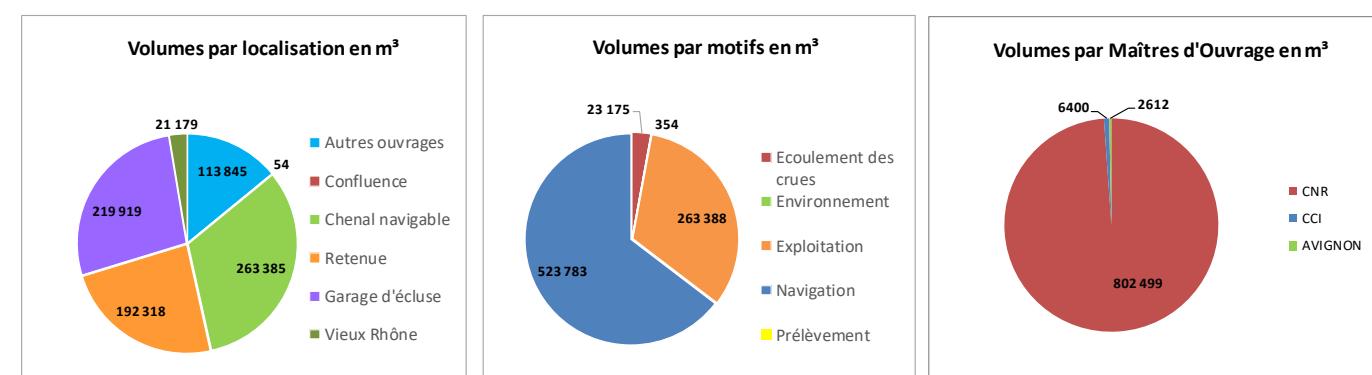
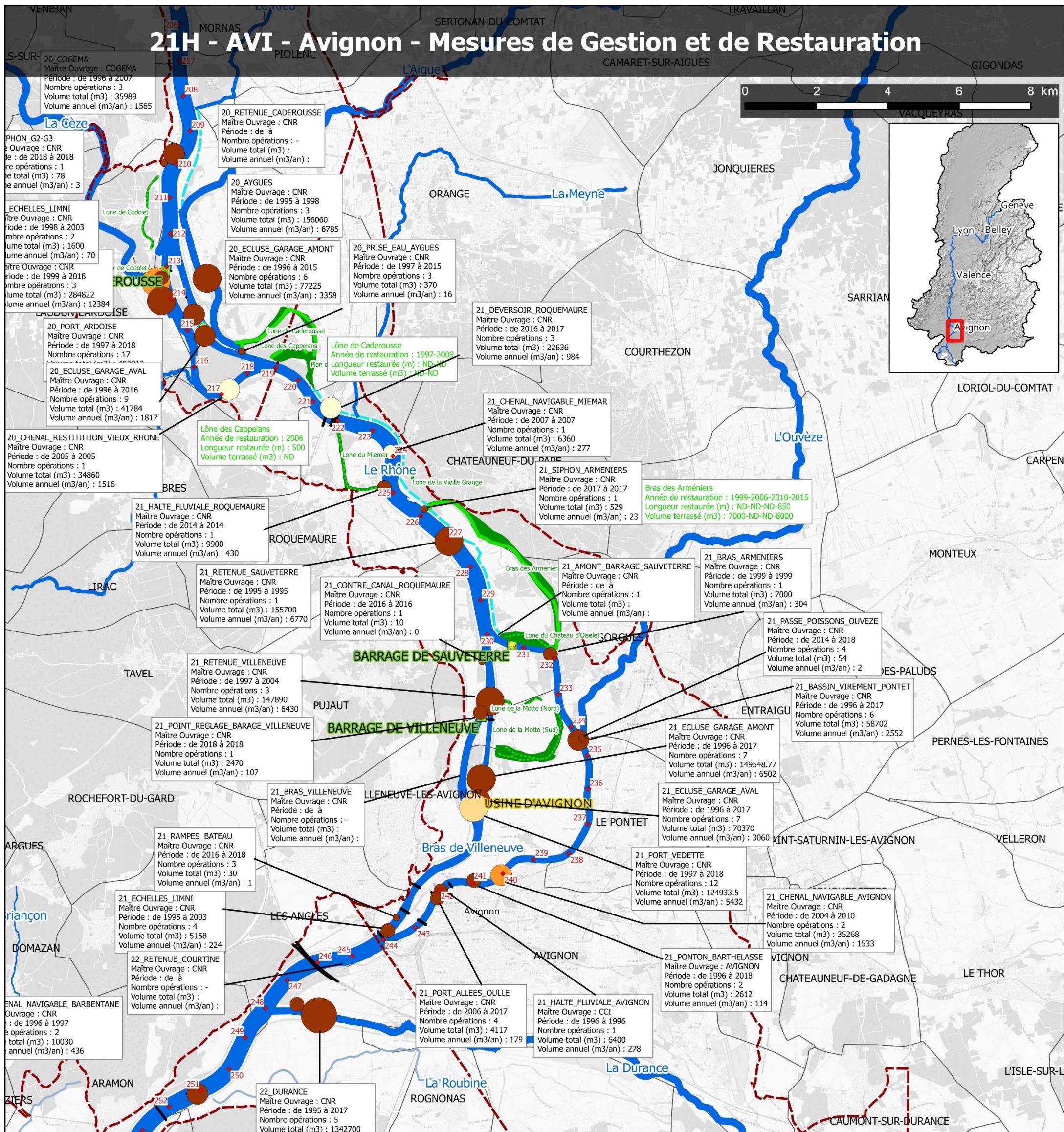


Figure 21.17 – Bilan thématique des opérations de gestion sédimentaire – section H1 (1995-2018)

Tableau 21.3 – Opérations de gestion sédimentaire tous maîtres d'ouvrage de 1995 à 2018 (volet H1)

N° Amén agem ent	ID	ANNEE	UHC	DESIGNATION MAÎTRE D'OUVRAGE	DESIGNATION HOMOGENEISEE	DATE DEBUT	DATE FIN	Motif	Localisation	Mode	Devenir des matériaux	MOA	VOLUME GROSSIERS réalisé m ³	VOLUME LIMONS réalisé m ³	VOLUME TOTAL réalisé m ³
21	21_RETENUE_SAUVETERRE	1995	AVIGNON	RETENUE AMONT SAUVETERRE	RETENUE_SAUVETERRE			Navigation	Chenal navigable			CNR	0	155 700	155 700
21	21_ECHELLES_LIMNI	1995	AVIGNON	LIMNIGRAPHIE AMONT BARRAGE	ECHELLES_LIMNI			Exploitation	Autres ouvrages			CNR	0	250	250
21	21_ECLUSE_GARAGE_AVAL	1996	AVIGNON	RETENUE ECLUSE GARAGE AVAL - DRAGAGE	ECLUSE_GARAGE_AVAL	26/02/96	18/03/96	Navigation	Garage d'écluse			CNR		15 714	15 714
21	21_ECLUSE_GARAGE_AMONT	1996	AVIGNON	RETENUE ECLUSE GARAGE AMONT	ECLUSE_GARAGE_AMONT	11/03/96	15/04/96	Navigation	Garage d'écluse			CNR		25 694	25 694
21	21_PORT_BARTHELASSE	1996	AVIGNON	PORT DE PLAISANCE DU TOURING CLUB SUISSE	PORT_BARTHELASSE	05/04/96		Navigation	Autres ouvrages			CNR		812	812
21	21_BASSIN_VIREMENT_PONTET	1996	AVIGNON	BASSIN DE VIREMENT DU PONTET	BASSIN_VIREMENT_PONTET	05/04/96		Navigation	Chenal navigable			CNR		20 000	20 000
21	21_HALTE_FLUVIALE_AVIGNON	1996	AVIGNON	VR HALTE NAUTIQUE D'AVIGNON	HALTE_FLUVIALE_AVIGNON	15/04/96	31/05/96	Navigation	Vieux Rhône			CCI		6 400	6 400
21	21_BASSIN_VIREMENT_PONTET	1997	AVIGNON	DRAGAGE BASSIN DE VIREMENT DU PONTET	BASSIN_VIREMENT_PONTET	01/12/96	01/01/97	Navigation	Chenal navigable			CNR		4 000	4 000
21	21_ECLUSE_GARAGE_AVAL	1997	AVIGNON	GARAGE AVAL DE L'ECLUSE	ECLUSE_GARAGE_AVAL	01/01/97	01/02/97	Navigation	Garage d'écluse			CNR		20 200	20 200
21	21_PORT_VEDETTE	1997	AVIGNON	Port vedette CNR	PORT_VEDETTE	01/08/97	01/09/97	Exploitation	Autres ouvrages			CNR	5 600	21 350	26 950
21	21_RETENUE_VILLENEUVE	1997	AVIGNON	AMONT BARRAGE DE VILLENEUVE	RETENUE_VILLENEUVE	01/10/97		Exploitation	Retenue			CNR		121 500	121 500
21	21_ECHELLES_LIMNI	1998	AVIGNON	Délimonage Echelles Limnimétriques	ECHELLES_LIMNI	février	mars	Exploitation	Autres ouvrages			CNR		900	900
21	21_RETENUE_VILLENEUVE	1998	AVIGNON	RETENUE - BARRAGE DE VILLENEUVE	RETENUE_VILLENEUVE			Exploitation	Retenue			CNR		26 090	26 090
21	21_PORT_VEDETTE	1998	AVIGNON	Port vedette CNR	PORT_VEDETTE			Exploitation	Autres ouvrages			CNR	24 000		24 000
21	21_PORT_VEDETTE	1999	AVIGNON	Port vedette CNR	PORT_VEDETTE			Exploitation	Autres ouvrages			CNR	2 816	1 700	4 516
21	21_ECHELLES_LIMNI	2000	AVIGNON	DRAGAGE LIMNIGRAPHIE AMONT BARRAGE DE VILLENEUVE	ECHELLES_LIMNI			Exploitation	Autres ouvrages			CNR		1 308	1 308
21	21_BASSIN_VIREMENT_PONTET	2000	AVIGNON	BASSIN DE VIREMENT DU PONTET	BASSIN_VIREMENT_PONTET			Navigation	Chenal navigable			CNR		100	100
21	21_PORT_VEDETTE	2001	AVIGNON	Port vedette CNR	PORT_VEDETTE	20/04/01	08/06/01	Exploitation	Autres ouvrages	DA	RH	CNR	3 483		3 483
21	21_ECLUSE_GARAGE_AMONT	2001	AVIGNON	Garage amont écluse	ECLUSE_GARAGE_AMONT	04/07/01	07/08/01	Navigation	Garage d'écluse	DA	RH	CNR		32 800	32 800
21	21_ECLUSE_GARAGE_AVAL	2002	AVIGNON	Garage aval écluse	ECLUSE_GARAGE_AVAL	29/07/02	14/08/02	Navigation	Garage d'écluse	DA	RH	CNR		6 571	6 571
21	21_PORT_VEDETTE	2003	AVIGNON	Port vedette CNR	PORT_VEDETTE	03/03/03	03/04/03	Exploitation	Autres ouvrages	PCL	RH	CNR	12 025	2 377	14 402
21	21_ECHELLES_LIMNI	2003	AVIGNON	Délimonage Echelles Limnimétriques	ECHELLES_LIMNI	01/04/03	09/04/03	Exploitation	Retenue	PCL	RH	CNR		2 700	2 700
21	21_RETENUE_VILLENEUVE	2004	AVIGNON	Retenue PK 231.700 RG - Prise d'eau ASA de la Motte	RETENUE_VILLENEUVE	29/07/04	29/07/04	Environnement	Retenue	PCL	RH	CNR		300	300
21	21_CHENAL_NAVIGABLE_AVIGNON	2004	AVIGNON	Bras d'Avignon - Dragage chenal navigable	CHENAL_NAVIGABLE_AVIGNON	29/06/04	28/07/04	Navigation	Chenal navigable	PCL	RH	CNR	16 490		16 490
21	21_PORT_VEDETTE	2004	AVIGNON	Port vedette CNR	PORT_VEDETTE	23/01/04	10/02/04	Exploitation	Autres ouvrages	PCL	RH	CNR	18 710	1 232	19 942
21	21_PORT_VEDETTE	2004	AVIGNON	Port vedette CNR	PORT_VEDETTE	03/02/04	05/02/04	Exploitation	Autres ouvrages	PCL	DE	CNR		20	20
21	21_PORT_ALLEES_OULLE	2006	AVIGNON	BRAS D'AVIGNON APPONTEMENT A PASSAGERS PK 242.250	PORT_ALLEES_OULLE	12/01/06	13/01/06	Navigation	Autres ouvrages	PCL	RH	CNR		420	420
21	21_ECLUSE_GARAGE_AMONT	2006	AVIGNON	ECLUSE_GARAGE_AMONT	ECLUSE_GARAGE_AMONT	02/08/07	20/10/06	Navigation	Garage d'écluse	DA	RH	CNR	39 055		39 055
21	21_ECLUSE_GARAGE_AVAL	2006	AVIGNON	ECLUSE_GARAGE_AVAL	ECLUSE_GARAGE_AVAL	24/10/07	17/11/06	Navigation	Garage d'écluse	DA	RH	CNR		12 190	12 190
21	21_BASSIN_VIREMENT_PONTET	2006	AVIGNON	BASSIN DE VIREMENT DU PONTET	BASSIN_VIREMENT_PONTET	20/11/07	13/12/06	Navigation	Chenal navigable	DA	RH	CNR		8 660	8 660
21	21_CHENAL_NAVIGABLE_MIEMAR	2007	AVIGNON	CHENAL NAVIGABLE PK 223.760 AU 223.920	CHENAL_NAVIGABLE_MIEMAR	28/06/07	10/07/07	Navigation	Retenue	PCL	RH	CNR	6 360		6 360
21	21_ECLUSE_GARAGE_AMONT	2007	AVIGNON	ECLUSE_GARAGE_AMONT	ECLUSE_GARAGE_AMONT	02/08/06	20/10/06	Navigation	Garage d'écluse	DA	RH	CNR		1 925	1 925
21	21_PORT_VEDETTE	2008	AVIGNON	PORT_VEDETTE	PORT_VEDETTE			Exploitation	Autres ouvrages	PCL	RH	CNR	12 100	1 261	13 361
21	21_PORT_VEDETTE	2009	AVIGNON	DARSE PORT_VEDETTE	PORT_VEDETTE			Exploitation	Autres ouvrages	PCL	RH	CNR	0	1 466	1 466
21	21_PORT_ALLEES_OULLE	2009	AVIGNON	BRAS D'AVIGNON APPONTEMENTS 1 et 2 ALLEES DE L'OULL	PORT_ALLEES_OULLE			Navigation	Autres ouvrages	PCL	RH	CNR	0	1 356	1 356
21	21_PORT_ALLEES_OULLE	2009	AVIGNON	BRAS D'AVIGNON APPONTEMENTS 2 ALLEES DE L'OULL	PORT_ALLEES_OULLE			Navigation	Autres ouvrages	P	RH	CNR	0	130	130
21	21_CHENAL_NAVIGABLE_AVIGNON	2010	AVIGNON	BRAS D'AVIGNON DRAGAGE CHENAL NAVIGABLE	CHENAL_NAVIGABLE_AVIGNON			Navigation	Chenal navigable	PCL	RH	CNR		18 778	18 778
21	21_ECLUSE_GARAGE_AMONT	2011	AVIGNON	Garage amont écluse d'Avignon : Pk 234.000 RD	ECLUSE_GARAGE_AMONT			Navigation	Garage d'écluse	DA	RH	CNR		16 500	16 500
21	21_ECLUSE_GARAGE_AVAL	2011	AVIGNON	Garage aval écluse d'Avignon : Pk 239.000 RD	ECLUSE_GARAGE_AVAL			Navigation	Garage d'écluse	DA	RH	CNR		4 600	4 600
21	21_BASSIN_VIREMENT_PONTET	2011	AVIGNON	Bassin de virement du pontet : Pk 234.400 RD et RG	BASSIN_VIREMENT_PONTET			Navigation	Chenal navigable	DA	RH	CNR		10 500	10 500
21	21_PORT_VEDETTE	2013	AVIGNON	Chenal et Darse du Port Vedette	PORT_VEDETTE			Navigation	Vieux Rhône	DA-PCL	RH	CNR	13 430	1 349	14 779
21	21_HALTE_FLUVIALE_ROQUEMAU	2014	AVIGNON	Halte fluviale de Roquemaure	HALTE_FLUVIALE_ROQUEMAURE	01/07/14	17/07/14	Navigation	Chenal navigable	PCL	RH	CNR	0	9 900	9 900
21	21_ECLUSE_GARAGE_AMONT	2014	AVIGNON	Garage amont Avignon	ECLUSE_GARAGE_AMONT	11/12/14	09/01/15	Navigation	Garage d'écluse	DA	RH	CNR	0	12 500	12 500
21	21_ECLUSE_GARAGE_AVAL	2014	AVIGNON	Garage aval Avignon	ECLUSE_GARAGE_AVAL	15/01/15	21/01/15	Navigation	Garage d'écluse	DA	RH	CNR	0	5 600	5 600
21	21_PASSE_POISONS_OUVEZE	2014	AVIGNON	PAP Ouvèze	PASSE_POISONS_OUVEZE	31/03/14	02/04/14	Environnement	Confluence	PMS	RH	CNR	0	5	5
21	21_PORT_VEDETTE	2015	AVIGNON	Port vedette CNR	PORT_VEDETTE	30/06/15	07/07/15	Navigation	Chenal navigable	DA	RH	CNR	0	1 900	1 900
21	21_DEVERSOIR_ROQUEMAURE	2016	AVIGNON	Déversoir de Roquemaure	DEVERSOIR_ROQUEMAURE	13/07/16	21/07/16	Ecoulement des crues	Retenue	DA	RH	CNR	0	1 436	1 436
21	21_HALTE_FLUVIALE_ROQUEMAURE	2016	AVIGNON	Halte fluviale de Roquemaure	HALTE_FLUVIALE_ROQUEMAURE	29/11/16	05/12/1								

21H - AVI - Avignon - Mesures de Gestion et de Restauration



Légende

Zone d'étude :

— Limite d'Unité Hydrographique Cohérente (UHC)

— Limite de la zone d'étude

— Limite communale

Eléments 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 - % 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 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 de restauration

● Lônes (CNR, 2018)

● Lônes restaurées

— Lônes non restaurées

● Démantelements de casiers Girardon

● Réinjections sédimentaires

Saint-André UHC#21 - AVI
Source : BD Alti/GeoFla/Carthage/OSR
Réalisation : BURGEAP/GeoPeka (2019)
Echelle : 1/100000e
Projection : RGF - Lambert 93

GINGER BURGEAP **GeoPeka**

I – SYNTHÈSE

I1 – CONTEXTE GENERAL

L'UHC#21 d'Avignon porte sur un linéaire de 24,5 km entre les PK218,9 (Confluence Canal / Vieux Rhône de Caderousse) et PK244,2 (Confluence bras de Villeneuve et bras d'Avignon).

Le Rhône comprend un premier tronçon correspondant à la retenue du barrage de Sauveterre (tronçon homogène AVI1 ; longueur 10,9 km). Compte tenu de la présence de 2 ouvrages barrages-usines, la retenue précédente se partage avec celle du barrage de Villeneuve (AVI2 ; 2,6 km). Depuis le barrage de Villeneuve, les débits sont conduits à l'usine d'Avignon (AVI3 ; 7,8 km) ; sous le barrage de Villeneuve, un petit Rhône court-circuité (AVI4 ; 3,1 km) vient confluer plus en aval avec le canal usinier (AVI3). En aval du barrage de Sauveterre, le Rhône est dénommé bras d'Avignon ou Vieux Rhône d'Avignon ; il comprend un premier tronçon (AVI5 ; 3,9 km) en amont de la confluence avec l'Ouvèze (affluent majeur ; AVI6), puis un second tronçon (AVI7 ; 9,6 km) jusqu'à la confluence avec le bras de Villeneuve. En aval de cette confluence, le Rhône reprend un lit unique dans la retenue du barrage de Vallabregues (VAL1 ; 18,1 km). Pour éviter toute confusion, on peut noter que l'usine d'Avignon n'est pas sur le bras d'Avignon du même nom (AVI5, AVI7) mais sur le bras de Villeneuve (AVI2, AVI3).

Le Rhône est concerné par 4 masses d'eau : FRDR2007 (Isère-Avignon), FRDR2007F (Bras des Arméniers), (FRDR2008 (Avignon-Beaucaire), FRDR2008A (RCC). Les affluents masses d'eau sont : FRDR1251 (La Meyne) ; FRDR383 (L'Ouvèze).

I2 – FONCTIONNEMENT HYDROMORPHOLOGIQUE

Evolution du milieu alluvial

Sur l'UHC#21 d'Avignon, le Rhône présentait, au début du 19^{ème} siècle, de nombreux bras secondaires enserrant de multiples îles. Le défilé d'Avignon / Villeneuve-lès-Avignon en aval, formant un barrage naturel, favorisait les dépôts de la charge de fond, les migrations latérales et les défluviations. Au cours du 19^{ème} siècle, les aménagements Girardon ont privilégié un bras principal et fixé le lit mineur du fleuve et c'est le bras d'Avignon qui a été aménagé pour la navigation. Au milieu du 19^{ème} siècle, la construction de digues paysannes a également contribué aux changements morphologiques du fleuve.

Lors de l'aménagement hydroélectrique d'Avignon, le bras d'Avignon ne pouvait être transformé totalement en Rhône court-circuité comme sur d'autres sites (accès au port du Pontet, débit dans la traversée d'Avignon). Les deux bras principaux (Avignon et Villeneuve) ont donc été chacun équipés d'une centrale hydroélectrique (ce qui est un cas unique sur le Rhône), et la retenue de Villeneuve a été créée sur un tracé court-circuitant l'île de la Motte au nord de l'île de Barthelasse. La répartition naturelle des débits entre les deux bras a donc été modifiée : elle profite au bras d'Avignon en régime courant et elle favorise le passage des crues dans le bras de Villeneuve. Au cours de cet aménagement, le tracé du fleuve a fait l'objet d'autres importants rescindements de méandres (méandre de Revestidou et du Châtelet d'Oiselet).

Des extractions importantes ont eu lieu sur cette UHC sur la période 1970-1999 avec un total de 2,3 à 3,6 hm³ (0,12 hm³/an en moyenne) dans la retenue et les bras d'Avignon et de Sauveterre. Ces extractions massives ont eu pour conséquence un abaissement marqué du lit notamment sur la partie amont du bras d'Avignon ; les matériaux extraits ont en partie servi à combler des casiers Girardon ou constituent des remblais en lit majeur aujourd'hui boisés. Notons que, sur cette même période, 2,05 hm³ ont été extraits en aval dans la retenue de Vallabregues.

Fonctionnement hydrosédimentaire

Les apports sédimentaires provenant de l'amont (UHC#20 - Caderousse) sont limités aux sédiments fins et probablement à des sables en crue (de l'ordre de 10 000 m³/an en moyenne). Les apports grossiers amont sont négligeables par le Rhône, ainsi que par les affluents (Meyne, Ouvèze) qui n'apportent que des sédiments fins ; cependant, des déstockages du Vieux Rhône combinés probablement des apports anciens de la Cèze ont constitué un stock aujourd'hui non remobilisé en aval de la restitution de Caderousse. Le flux de MES dans l'UHC#21 est estimé entre 3,81 et 3,86 Mt/an, ce qui représente les 2/3 des apports totaux à la mer Méditerranée (6 Mt en moyenne par an), avant les apports notamment de la Durance.

Avant aménagement, les capacités de chargement ont été estimées à environ 250 000 m³/an en moyenne, en décroissance sur l'ensemble de l'UHC (EGR, 2000) et à 19 000 m³/an entre le barrage de Caderousse et celui de Sauveterre (Vázquez-Tarrio, 2018). Après aménagement, la capacité de transport dans la retenue d'Avignon (AVI1) évolue de 15 000 m³/an à 2 000 m³/an entre l'amont et l'aval du fait d'une réduction de la pente (0,10 - 0,20 % puis 0,07 - 0,13 %).

Le fonctionnement hydrosédimentaire de cette UHC est très complexe compte tenu des ajustements liés aux interventions historiques et aux modifications des répartitions de débits entre les différents bras, le tout dans un contexte de déficit des apports grossiers amont. Le transit et la mobilité des particules sont possibles en théorie dans la retenue : graviers de 20-30 mm en queue de retenue, puis de 10-20 mm avant d'être limités aux sables grossiers à travers les barrages ; la granulométrie en place est pavée et ne laisse un transit effectif que pour le sable. Dans la retenue du barrage de Villeneuve (AVI2) puis dans le bras de Villeneuve (AVI3), la tendance est à l'abaissement du profil du fait de l'augmentation des débits dans ce bras suite aux aménagements CNR et à des dépôts dans la partie aval, gérés par des pratiques d'extraction de graviers. Un équilibre relatif, légèrement déficitaire, semble maintenant en place.

Dans le Vieux Rhône d'Avignon (AVI5 et 7), les capacités de transport sont réduites à 1 000 m³/an pour AVI5 et 2 500 pour AVI7 m³/an. Au cours du 20^{ème} siècle, ce Vieux Rhône a enregistré un enfoncement sur sa partie amont et une tendance à l'exhaussement à l'aval. Entre 1988 et 1993, le profil tend à l'équilibre puis il s'engraisse suite aux crues de 1993/1994 et 2002/2003. Aujourd'hui, les calculs de mobilité traduisent une incapacité de ce Vieux Rhône (AVI7) à mobiliser la granulométrie en place : 10 mm au maximum pour toutes crues, alors que le diamètre en place est D50=20-25 mm.

I3 – ENJEUX ECOLOGIQUES

Ecologie aquatique

Le peuplement de poissons du Rhône de l'UHC#21 d'Avignon est régulièrement échantillonner au niveau de la retenue et du Bras des Arméniers. Le RCC n'a fait l'objet que d'une seule campagne d'inventaire en 2008 dans le bras d'Avignon.

Au niveau de la retenue, le peuplement comprend 27 espèces (19 en retirant les espèces « rares », représentées par moins de 10 individus sur la période 2007-2015) et est dominé par les espèces de cyprinidés résistantes et/ou ubiquistes : ablette, chevesne, gardon, brème commune et bordelière, goujon. Parmi les espèces patrimoniales, l'anguille est bien représentée (12% des captures), profitant à la fois de la proximité de la mer, et des aménagements/actions mis en place afin de favoriser sa migration, alors que la bouvière et le toxostome sont en effectifs très limités (moins de 0,5% des captures). Au final, cette station présente des effectifs globaux faibles en regard des résultats obtenus sur les autres stations du Rhône.

Dans le Bras des Arméniers, la diversité observée est comparable à celle du Rhône (28 espèces dont 20 « non rares »), mais les effectifs capturés sont deux fois plus importants. La composition spécifique est différente, dominée par les espèces d'eaux calmes telles que la bouvière, le pseudorasbora (espèce indésirable), le gardon, le rotengle, la perche-soleil et les carassins. L'anguille est rare (0,6%), de même que les autres espèces carnassières (perche commune, brochet, silure). Le peuplement ne semble pas avoir été modifié par les travaux de restauration (lône, connexion aval via une rivière artificielle).

Sur l'Ouvèze, seul affluent d'importance de cette UHC#21, le peuplement est moins diversifié (18 espèces au total). Malgré la domination par un cyprinidé ubiquiste, le chevesne (25% des captures), le peuplement est riche en espèces patrimoniales telles que l'anguille, le blageon et le toxostome. La moindre abondance de certaines espèces (grands cyprinidés d'eaux vives comme le hotu et le barbeau) reflète les contraintes hydromorphologiques (habitats, sévérité des étiages).

Cette UHC constitue de plus une voie de passage obligée des grands migrateurs amphihalins dans leur migration entre leurs zones de reproduction et de grossissement. La multiplicité des voies de passage au niveau de l'UHC rend complexe le rétablissement de la continuité (attractivité des différents bras). Les études ayant montré que le bras de Sauveterre attirait une fraction importante du contingent d'aloise, le barrage a été équipé en 2017 d'une passe à bassins successifs associée à un système de vidéo-comptage. Les résultats obtenus en 2018 sont encourageants puisque plus de 500 000 individus ont emprunté l'aménagement, parmi lesquels 51 000 anguilles et 3 200 aloises. Les effectifs de ces deux espèces en 2019 et 2020 sont cependant plus faibles. Les suivis à venir permettront de déterminer l'évolution de ces contingents de migrants.

Ce dispositif a été précédé de la mise en place en 2010 de passes-pièges destinées à l'anguille uniquement, au niveau de l'usine-écluse d'Avignon (100 000 anguilles capturées et transportées vers l'amont en 2018). Des manœuvres de l'écluse permettent de faire transiter les espèces empruntant le bras de Villeneuve. Des dispositifs de gestion similaires ont été mis en place en aval (VAL, BEA) et en amont (CAD), permettant d'améliorer le comptage des contingents de poissons en migration.

Ecologie des milieux humides et terrestres

Cette grande UHC se trouve dans le contexte très urbanisé de l'agglomération avignonnaise, bien que la partie nord de l'UHC présente encore un contexte agricole et relativement peu urbanisé. Le Rhône, le Vieux Rhône, ses lônes et les abords des affluents (Ouvèze, Durance) concentrent les enjeux écologiques du territoire que ce soit dans leur diversité en habitats d'intérêt écologique (forêts alluviales, herbiers aquatiques, bancs de graviers, pelouses sèches) ou dans leur rôle de support de la trame verte et bleue au sein de ce vaste espace fortement anthropisé. Les lônes et îles du Rhône sont remarquablement préservées et accueillent leur cortège classique d'espèces patrimoniales (Milan noir, Castor d'Europe, Martin-pêcheur...). La Durance, malgré les aménagements de son espace alluvial, présente encore dans la partie aval une morphologie en tresse très large, typique des cours d'eau méditerranéens. La diversité des habitats d'intérêt que l'on retrouve dans sa bande active est remarquable : espèces végétales rares telle que *Polygala exilis* ou *Typha minima* ; espèces animales comme la Sterne pierregarin sur les bancs ou le Rollier d'Europe dans les vieux arbres de la ripisylve.

La plupart des habitats d'intérêt écologique sont dépendants de la dynamique alluviale. En son absence et avec la diminution de la fréquence des crues, l'abaissement de la nappe, les communautés végétales tendent vers un atterrissement et un assèchement, une banalisation des milieux et sont plus sensibles aux espèces végétales envahissantes.

I4 – ENJEUX DE SURETE ET SECURITE

Enjeux sûreté hydraulique

L'entretien des ouvrages hydroélectriques, prévu par le cahier de charges général de la concession, relève de la sûreté et peut déclencher des actions de gestion sédimentaire, notamment dans la retenue, dans les garages d'écluse ou les ports. Les affluents sont peu nombreux (Meyne connectée au Bras des Arméniers ; Ouvèze) et n'apportent que des sédiments fins, qui peuvent conduire localement à des actions de dragages (bassin de virement du Pontet). Ainsi, sur la période 1995-2018, les actions ont conduit à réaliser 66 opérations pour 810 699 m³, soit 33 779 m³/an en moyenne. Les actions portent principalement sur la gestion des retenues (348 018 m³), du chenal navigable (103 985 m³), des garages écluses (219 920 m³), d'autres ouvrages tels que les ports (vedette CNR, Barthelasse, etc.) pour 113 870 m³. Ces actions sont menées par la CNR et exceptionnellement par d'autres acteurs (Ville d'Avignon pour le port de la Barthelasse). Les matériaux sont systématiquement restitués au Rhône, y compris les sédiments grossiers qui représentent 17 % du volume total.

Enjeux sécurité en cas d'inondation

Les barrages (Sauveterre, Villeneuve, Avignon – classe A) ont fait l'objet d'un arrêté de classement. Les digues insubmersibles de l'aménagement hydroélectrique (classe B) et les nombreuses digues locales sous la responsabilité de la structure GEMAPI

sont dans l'attente d'un arrêté de classement et font l'objet de mesures de surveillance et d'entretien pour celles qui relèvent de la CNR.

Les zones inondables concernent principalement la partie aval de la plaine de Caderousse, le secteur de confluence entre l'Ouvèze (Sorgues) et le Vieux Rhône d'Avignon, le champ d'expansion de crue de l'île de la Barthelasse, la plaine de Sauveterre sur le bras de Villeneuve. Une grande partie de ces zones inondables est mobilisée dès le scénario de crue fréquent (Q30), notamment sur les communes de Caderousse, Sauveterre et Sorgues. La zone urbaine d'Avignon, à fort enjeu, est inondable à partir de l'occurrence de crue moyenne. Selon l'intensité des crues, les données du TRI d'Avignon extraites pour l'UHC font état en zone inondable d'une population de 1 800 et 81 000 habitants et de 260 et 5 300 emplois.

15 – ENJEUX LIES AUX USAGES SOCIO-ECONOMIQUES

L'aménagement hydroélectrique d'Avignon est unique sur le Rhône : le fleuve se divise en deux bras qui ont chacun été dotés d'un barrage : le barrage-usine de Sauveterre sur le bras d'Avignon, qui longe l'agglomération, et le barrage de Villeneuve, qui alimente 3 km en aval l'usine-écluse d'Avignon. La productibilité annuelle moyenne de l'aménagement d'Avignon est de 857 GWh, ce qui représente 6,2 % de la capacité hydroélectrique de la CNR et place l'aménagement en 8^{ème} position parmi les ouvrages du Rhône gérés par la CNR. En 2017, une passe à poissons est mise en service sur le barrage de Sauveterre ; il s'agit de la première installée sur le cours principal du fleuve.

L'UHC présente des activités de navigation marchande avec : le port du Pontet qui continue de se développer (trafic fluvial de 259 000 tonnes en 2016), spécialisé dans le transport des hydrocarbures ; et le parc d'activités Avignon-Courtine qui accueille plus de 350 entreprises, permet également de débarquer des granulats, et fait l'objet de projets de développement : implantation d'une ferme photovoltaïque, plateforme multimodale ferroviaire/fluvial/routier. Pour la navigation de plaisance trois appontements sont disponibles à Avignon pour les bateaux à passagers. En 2017, ces appontements ont accueilli plus de 760 accostages. Des haltes sont également présentes à Châteauneuf-du-Pape, Roquemaure et Villeneuve. Ces différents sites nécessitent des opérations de dragage régulières, notamment le bassin de virement du Pontet, les garages d'écluses d'Avignon ou les différentes haltes fluviales.

Les prélèvements d'eau superficielle sont destinés principalement à l'irrigation gravitaire (100 995 800 m³/an, soit 73 % des prélèvements) et des canaux destinés à l'assainissement, et en moindre quantité aux activités économiques et l'irrigation non-gravitaire. Les prélèvements d'eau souterraine (46 636 000 m³/an) sont utilisés pour l'AEP (74%, notamment les captages d'Avignon dans la plaine de la Durance et de Sorgues en bordure du Vieux Rhône d'Avignon), l'irrigation non-gravitaire ainsi que pour les activités économiques (notamment à proximité également du Vieux Rhône d'Avignon (entreprises SEPR, SMURFIT, EURENCO). Enfin, le tronçon étudié comprend 19 stations d'épuration avec des rejets au Rhône ou ses affluents.

Concernant les activités touristiques sur cette zone, la halte d'Avignon propose diverses activités nautiques. Plusieurs clubs nautiques sont présents sur la zone, ainsi qu'un camping 4 étoiles, un golfe et un complexe sportif. Un bateau fait également office de navette pour les plaisanciers, de l'île de la Barthelasse au centre-ville d'Avignon. En limite amont de l'UHC se trouve le plan d'eau du Revestidou ; ce plan d'eau apprécié des plaisanciers et des pêcheurs s'étend sur 20 ha.

16 – BILAN DES ENJEUX DE CONNAISSANCE

L'UHC#21 d'Avignon de St-Vallier bénéficie d'un niveau de connaissance moindre sur les aspects sédimentaires et écologiques. Le Tableau 21.4 indique les connaissances qui pourraient être améliorées :

- Enjeu fort :
 - C3) les bilans sédimentaires après 2000 sur l'UHC#21 sont très peu précis (CNR, 2015) ; il est prévu de les actualiser dans le cadre d'une mission en cours (Dynamique Hydro, 2019) ;
 - D2) la connaissance des peuplements piscicoles est globalement limitée à la retenue et au Bras des Arméniers ; les bras de Villeneuve et d'Avignon n'ont pas été prospectés récemment (une seule pêche en 2008) ;
- Enjeu moyen :
 - C4) les flux de sédiments grossiers entrants dans le Vieux Rhône sont une donnée d'entrée importante dans une optique de restauration de la dynamique alluviale des Vieux Rhône. Ils sont a priori négligeables ce qui amène à classer l'enjeu comme « moyen » et non pas comme « fort ».
- Enjeu faible :
 - C5) Les flux de sables entrants dans les bras du Rhône et leur dynamique mériteraient d'être connus.

Section	Thématique	Donnée non disponible	Enjeu de connaissance
C3	Bilan sédimentaire	Bilan sédimentaire peu précis depuis 2000	Fort
C4	Sédiments grossiers	Flux de sédiments grossiers franchissant les barrages de Sauveterre et Villeneuve	Moyen
C5	Flux de sables et dynamique	Méconnaissance des flux de sables sur l'UHC#21	Faible
D2	Faune aquatique	Connaissance des peuplements piscicoles	Fort

Tableau 21.4 – Bilan des enjeux de connaissance

17 – 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 :
 - hydrologie des différents bras influencée par les dérivations et turbinés d'Avignon et Sauveterre ;
 - habitats aquatiques et humides dans la retenue d'une part (du fait de l'ennetement des fonds), dans les Vieux Rhône d'autre part, du fait de leur longueur, des apports grossiers piégés en amont, de l'hydrologie influencée, du remous aval (Vallabréques), des anciennes extractions (bras d'Avignon) et des aménagements Girardon : diversité de faciès d'écoulement, habitats aquatiques, colmatage, pavage, connectivité latérale ;
 - continuité sédimentaire vis-à-vis des apports de l'affluent principal (Ouvèze) ;
 - connectivité latérale dans le Vieux Rhône d'Avignon limitée du fait des aménagements Girardon.
- Continuité biologique aux barrages de Sauveterre (Listes 1 et 2, équipé en 2017), Avignon (manceuvres d'écluses) et Villeneuve (obstacle infranchissable) ; à la passe de la confluence avec l'Ouvèze nécessitant des actions de dragage ;
- Biodiversité :
 - dans le lit du Vieux Rhône : habitats pionniers, diversité des habitats et zones de reproduction lithophiles ;
 - dans les lônes d'une manière générale, soumises à envasement/ensablement du fait du fonctionnement hydrosédimentaire actuel, et nécessitant des travaux de désenvasement et/ou de restauration ;
 - dans les zones humides et boisements humides altérés par l'impact des usages sur la nappe alluviale et la diminution de la fréquence des inondations.
- 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

- entretien des ouvrages hydroélectriques, prévu par le cahier de charges général de la concession : confluences si besoin (Meyne, Ouvèze), déversoirs, etc. participant aux objectifs de bon fonctionnement des ouvrages, à la maîtrise du risque de rupture et de submersion des barrages latéraux, et à la non-aggravation des inondations.

Enjeux socio-économiques justifiant les opérations de gestion sédimentaire

- navigation dans la retenue de Villeneuve et de Sauveterre, et dans les garages d'écluse d'Avignon ;
- navigation dans le bras d'Avignon jusqu'au port du Pontet, dans le bassin de virement du Pontet ;
- différents ports (Barthelasse, vedette CNR), haltes fluviales de l'agglomération d'Avignon notamment ;

Tableau 21.5 – Pressions sur les masses d'eau superficielles et risque NAOE

Code masse d'eau superficielle	Libellé masse d'eau superficielle	maoe 2027	01_Pol_nutri_urb_nd	02_Pol_nutriagni	03_Pol_pesticides	04_Pol_toxiques	05_Prélevements_eau	06_Hydrologie	07_Morphologie	08_Continuité écologique	09_Pol_nutr_urb_nd_canaux	10_Pol_diff_nut	11_Hydromorphologie	15_Autres pressions
FRDR2007	Le Rhône de la confluence Isère à Avignon	X	1	1	2	2	1	3	3	1	0	0	0	0
FRDR2007f	Lône de Caderousse et Bras des Arméniers	X	2	1	3	1	1	3	3	1	0	0	0	0
FRDR2008	Le Rhône d'Avignon à Beaucaire	X	1	1	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0
FRDR2008a	Bras d'Avignon et ses annexes	X	1	1	2	1	1	1	1	2	1	0	0	0

Tableau 21.6 – Pressions sur les masses d'eau souterraines et risque NAOE

Code masse d'eau souterraine	Libellé masse d'eau souterraine	maoe 2027	02_Pol_nutriagni	03_Pol_pesticides	04_Pol_toxiques	05_Prélevements_eau
FRDG382	Alluvions du Rhône du défilé de Donzère au confluent de la Durance et alluvions de la basse vallée Ardèche	X	2	1	2	1