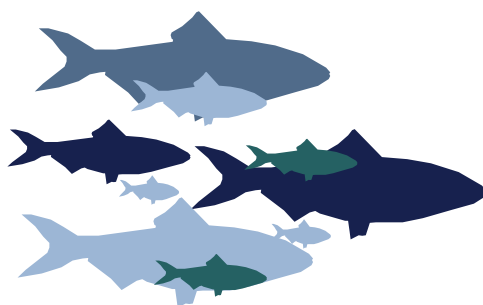


Suivi quantitatif des frayères d'aloses du bassin rhodanien



2018-N°3/14



SUIVI QUANTITATIF DES FRAYERES D'ALOSES DU BASSIN RHODANIEN

Campagne d'études 2018

Version finale – mai 2019

MUTEL M., CAMPTON P.



Étude commandée par :

Association MRM (Migrateurs Rhône-Méditerranée)

Suivi terrain réalisé par :

Fédérations de Pêche du Vaucluse et des Bouches du Rhône (FDAAPPMA 13 et 84) –
Durance

GECO Ingénierie – Cèze

Fédération de Pêche de l'Ardèche (FDAAPPMA 07) - Ardèche

Association ECATE (Études, Conseils, Aide par le Travail dans l'Environnement) –
Vieux Rhône de Donzère

Rédaction, corrections et mise en page du rapport :

Marius MUTEL, Association MRM

Pierre CAMPTON, Association MRM

Illustration de couverture :

Alose (©Y. Gouguenheim / MRM) ; Bull d'Alose (© F. Gardin / MRM)

Zone de frayère sur le Gardon (© M. Mutel/MRM)

Référence à citer :

Mutel M., Campton P., 2019. Suivi quantitatif des frayères d'aloses du bassin rhodanien -
Campagne d'études 2018. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée – 33 pages + Annexes

REMERCIEMENTS

Partenaires financiers

- Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse
- Fédération Nationale de la Pêche en France (FNPF)
- Membres de l'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée (MRM) :
 - 21 Fédérations Départementales des Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique (FDAAPPMA) de l'Ain, des Alpes de Haute-Provence, des Hautes-Alpes, des Alpes-Maritimes, de l'Ardèche, de l'Aude, des Bouches-du-Rhône, de la Corse, de la Drôme, du Gard, de l'Hérault, de l'Isère, de la Loire, des Pyrénées Orientales, du Rhône, de Savoie, de Haute-Savoie, de Haute-Saône, de Saône et Loire, du Var et du Vaucluse.
 - Association Régionale des Fédérations de pêche et de protection du Milieu Aquatique PACA (ARFPPMA PACA)
 - Association Régionale des Fédérations de pêche et de protection du Milieu Aquatique Auvergne Rhône Alpes (ARPARA)
- Compagnie Nationale du Rhône (CNR) dans le cadre de ses missions d'intérêts général
- Électricité de France (EDF)
- Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur
- Région Auvergne Rhône-Alpes
- Région Occitanie Pyrénées-Méditerranée
- Départements des Alpes Maritimes, des Bouches-du-Rhône, de la Drôme, du Gard et du Vaucluse
- DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, délégation de bassin Rhône-Méditerranée
- Mairie d'Arles

Partenaires techniques

- Compagnie Nationale du Rhône (CNR)
- FDAAPPMA 07 ; 13, 30 et 84
- Géco Ingénierie
- Association ECATE
- Électricité de France (EDF), groupe d'exploitation Rhône, EDF de Montélimar

RESUME

Le suivi 2018 de la reproduction des aloses sur le Rhône aval s'intègre au Plan de Gestion des Poissons Migrateurs (PLAGEPOMI) 2016-2021 du bassin Rhône-Méditerranée, dont l'Orientation 3 rappelle l'importance des suivis biologiques pour obtenir des indicateurs permettant de caractériser l'efficacité des actions entreprises et de suivre l'évolution des aires de migration et de colonisation par les différentes espèces de poissons.

Le suivi a été réalisé sur les sites historiques de la Cèze, de l'Ardèche et du Vieux Rhône de Donzère, respectivement suivis depuis 1997, 2000 et 1998, et renouvelé sur la Durance pour la deuxième année. En revanche, le suivi sur le Gardon n'a pu être renouvelé pour des raisons de maîtrise d'ouvrage et de financements. Quelques nuits de prospections ont été toutefois réalisées par la Fédération de pêche du Gard.

La fédération de pêche de l'Ardèche porte le suivi sur l'Ardèche pour la seconde année consécutive. La Fédération du Vaucluse assure le suivi sur la Durance en collaboration avec celle des bouches du Rhône.

En 2018, la migration a été tardive jusqu'à la début mai et le seuil théorique de reproduction atteint sur l'ensemble des sites à partir de la mi-mai. L'hydrologie explique en grande partie les résultats du suivi 2018 avec des débits soutenus jusqu'au 15 avril qui ont constitué un attrait préférentiel vers le Gardon et le Rhône court-circuité de Beaucaire. Une crue importante du 15 mai au 20 juin a provoqué un retard à la migration avec une turbidité et des températures fraîches.

La reproduction a été essentiellement observée sur la Cèze.

Les prospections du Gardon et le suivi des captures à la ligne semblent démontrer une colonisation importante, en lien avec l'hydrologie du Rhône soutenue *attractive* pour le Vieux Rhône et favorable au franchissement du seuil de Beaucaire.

Le suivi sur la Durance a été difficile à cause des restitution importantes et continues durant toute la période migration. Néanmoins, de la reproduction a été observée une nuit lorsque les débits étaient suffisamment faibles. La présence des aloses a été confirmée début mai par un prélèvement ADNe. Le suivi de la reproduction sur ce site est un enjeu prioritaire pour interpréter au mieux les suivis de la reproduction sur le Bassin et donc suivre correctement la population d'Alose.

Le bras d'Avignon ne semble pas avoir été le plus attractif et le passage de plus 3000 aloses constitue un premier retour d'expérience pour lequel il est encore difficile d'émettre des hypothèses.

En amont, les frayères de la Cèze à Chusclan ont été les plus actives lors de cette campagne avec 76 bulls. L'ajustement de la stratégie de suivi sur Chusclan en prospectant alternativement les 4 frayères potentielles a été judicieux.

L'absence de bulls sur l'Ardèche que ce soit en amont à Salavas-Ibie ou Petite Mer ou en aval sur la frayère de Sauze est inquiétante (hydrologie défavorable ? problème de franchissement aval ?)

8 bulls ont été observés sur la frayère naturelle dite du Fraou sur le Vieux Rhône de Donzère, en aval de Bourg Saint-Andéol. Aucune reproduction n'a été observée au barrage.

L'étude interannuelle des suivis Alose devra être affinée en couplant le suivi de la reproduction et le suivi de la pêche avec les conditions environnementales. Ceci permettra de dégager les tendances de la migration et d'estimer de l'évolution de la population.

En effet, il serait intéressant de réaliser un bilan de près de 20 ans de suivi sur le bassin du Rhône pour valoriser ces données et optimiser le suivi de l'Alose sur le Bassin.

Enfin, en complément du déploiement des suivis de la reproduction de nouvelles techniques peuvent d'ores et déjà être envisagées sans pour autant nécessiter plus de moyens financiers ou humains alloués aux suivis. L'utilisation du vidéo-comptage à la passe de Sauveterre apporte des informations très attendues. L'ADN environnemental peut également être envisagé pour déterminer les limites amont de colonisation (front de colonisation). Enfin, le déploiement du dispositif acoustique pourrait permettre de multiplier le nombre de sites de suivi sans trop augmenter les moyens humains nécessaires au suivi de la reproduction.



SUIVI DES FRAYÈRES D'ALOSES DU GARDON, DE LA DURANCE, DE LA BASSE CEZE, DE L'ARDECHE ET DU VIEUX RHONE DE DONZERE

- CAMPAGNE D'ETUDES 2018 – NOTE DE SYNTHÈSE FINALE

Le suivi des frayères d'aloses sur le bassin du Rhône a pour objectif de :

- Observer le **déroulement** et le **déterminisme** du comportement de reproduction de l'Alose sur un site actif,
- Obtenir un **indice quantitatif** d'évaluation de l'intensité de la reproduction, qui facilite la comparaison inter-annuelle des schémas de migration et l'analyse de l'évolution de la population d'aloses du bassin du Rhône.
- Compléter l'information sur la migration des populations d'aloses par la réalisation de **prospections qualitatives ciblées** notamment sur la limite amont de colonisation

Méthodologie

Le **suivi quantitatif** des frayères d'aloses consiste à **compter les bulls une nuit sur deux pendant une période de 46 nuits**. Un suivi très régulier est en effet la seule méthode qui permette de caractériser la période de reproduction. Les réflexions sur la maîtrise d'ouvrage des suivis migrateurs lancées dans le cadre de l'élaboration du PLAGEPOMI 2016-2021 visent à leur appropriation par les acteurs locaux pour mobiliser les moyens de l'Association MRM vers leur coordination technique. Elles ont aussi eu pour ambition de rééquilibrer géographiquement l'effort de suivi sur le bassin du Rhône.

En 2018 les sites de suivi et leur maître d'ouvrage sont les suivants :

- La frayère de Fournès sur le Gardon par la Fédération de pêche du Gard : suite à l'étude de recolonisation menée de 2012 à 2015 qui a montré une colonisation régulière de cet affluent :
- Les frayères en aval du seuil 68 ou seuil de Callet sur la Durance par la Fédération de pêche du Vaucluse
- Les frayères de la Cèze à Chusclan par l'Association MRM
- La frayère de Salavas-Ibie sur l'Ardèche située en aval du seuil de Paravalos (Vallon Pont d'Arc) par la Fédération de pêche de l'Ardèche,
- La frayère de substitution en aval du barrage de Donzère et le Vieux Rhône de Donzère par l'Association MRM

Parallèlement, les prospections **qualitatives** ont pour objectif de repérer d'autres sites actifs de reproduction ou de simple présence de l'Alose, comme sur l'Ardèche amont où la colonisation est possible jusqu'au seuil de Sous-Roche suite à l'aménagement de plusieurs passes à poissons ces dernières années et sur l'Ardèche aval en raison de la reproduction très faible observée depuis 2011 en amont des gorges. Des prospections qualitatives sont aussi réalisées sur deux frayères naturelles du Vieux Rhône de Donzère.

Résultats 2018

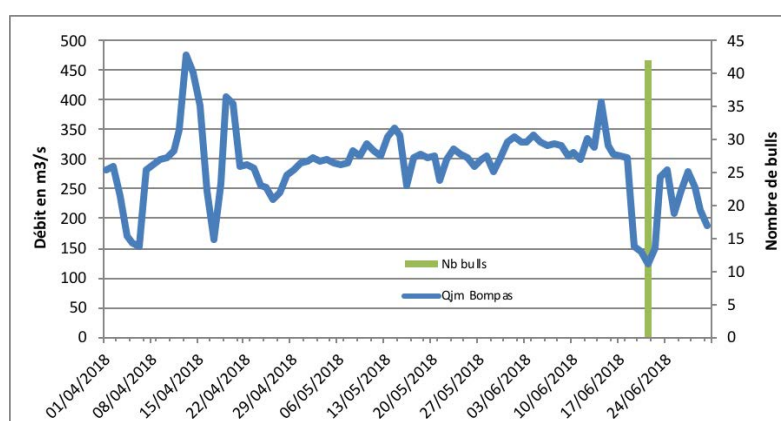
✓ Gardon à Fournès

En raison des contraintes financières et organisationnelles rencontrées par la Fédération de pêche du Gard lors de la campagne de suivi 2017, seulement 5 nuits de comptage ont été programmées sur le Gardon en 2018 (23 préconisées par le protocole PLAGEPOMI). De plus, l'hydrologie printanière très soutenue a conduit à ne maintenir que les nuits du 24 et 27 mai 2018.

Respectivement 0 et 11 bulls ont été comptabilisés. Les résultats montrent donc que le Gardon a été une nouvelle fois colonisé et que les aloses s'y reproduisent. Il est en revanche impossible de procéder à leur analyse quantitative.

✓ Durance au seuil 68

Le régime des restitutions a été particulièrement intense cette année et les débits sont rarement descendus en dessous des 200 m³/s (le débit réservé à cette période étant de 15 m³/s). Une seule nuit a permis d'observer des bulls (43 bulls ont été observés). Les bulls ont été observés la seule nuit où les débits étaient inférieurs à 100 m³ (figure 2). Les restitutions ont repris au cours de la nuit et la reproduction s'est interrompue vers 1h30, dès lors que les débits ont dépassé 150 m³/s.



Évolution des débits et de l'activité de reproduction sur la Durance (EDF ; FDAAPMA 13 et 84)

✓ Cèze à Chusclan

Le suivi a été réalisé du 9 mai au 22 juin 2018 avec 72 bulls comptabilisés (valeur extrapolée). Là aussi, les conditions hydrologiques printanières ont amené au report de plusieurs nuits de comptage. Pour rappel la reproduction a été très faible voire inexistante sur ces frayères de 2011 à 2016. Il est donc particulièrement intéressant de confirmer le regain d'activité de reproduction de 2017.

✓ Ardèche

Malgré les observations encourageantes en 2014 et 2015 qui laissaient penser à un léger retour des géniteurs en amont des gorges, aucun bull n'a été observé en 2018 pendant le suivi mené du 05 mai au 29 juin. Pour mémoire, aucun bull n'avait été comptabilisé en 2013, seulement 14 en 2014 et 24 en 2015 et 1 en 2016 sur la frayère de Salavas-Ibie.

6 nuits de **prospections** ont été effectuées sur les 5 frayères localisées à l'aval du seuil de Sous-

Roche. La reproduction a pu être observé uniquement en 2015.

Les prospections réalisées en aval des Gorges sur les frayères de la Piboulette (les Biordonnes), Saint-Martin d'Ardèche et Sauze, n'ont pas été couronnées de succès alors qu'en 2016 et 2017 la frayère de Sauze avait été particulièrement active.

✓ ***Vieux Rhône de Donzère***

La campagne 2018 n'a pas permis d'observer de bull au niveau de la frayère de substitution du **barrage de Donzère**. Depuis 2011, la frayère semble avoir été désertée, sauf en 2014 et 2017 où quelques bulls ont été observés (18 bulls extrapolés et 1 respectivement), mais sans commune mesure avec la période 2002-2007 (en moyenne 497 bulls par an).

En revanche les prospections apportent des informations intéressantes sur la colonisation du Vieux Rhône puisque 8 bulls ont été observés en 2 nuits sur la frayère naturelle du Fraou. Une telle observation est similaire à l'année 2015.

Une nouvelle fois, l'hydrologie explique probablement en grande partie ces observations avec des débits assez soutenus durant la période de migration et de reproduction. Ces conditions sont en général favorables à une colonisation du Gardon et l'absence de suivi sur ce site est particulièrement préjudiciable cette année. Les résultats du suivi de la pêche confirment cette hypothèse.

Il est intéressant de noter que malgré le régime des restitutions de la Durance cette année, celle-ci a été colonisée par les aloses et de la reproduction a pu être observée dès que les débits étaient inférieurs à 100 m³/s.

Avec la mise en eau de la passe à poissons de Sauveterre, même si plus de 3000 aloses ont été comptabilisées, il n'a pas été observé de remontée massive sur les frayères situées en amont (notamment Ardèche et Vieux Rhône de Donzère), et cela reste dans la tendance observée depuis 2011. Il faudra cependant attendre d'avoir des données pluriannuelles pour observer un effet de la mise en eau de la passe à poissons de Sauveterre.

Table des matières

Introduction	1
1. Zone d'étude et méthodologie.....	2
1.1. Cycle de vie, migration génésique et reproduction	2
1.2. Sites de suivi de la reproduction	3
1.2.1. Gardon	4
1.2.2. Durance.....	6
1.2.3. Cèze.....	7
1.2.4. Vieux Rhône de Donzère.....	8
1.2.5. Ardèche.....	8
1.3. Protocole de suivi	9
1.3.1. Suivi quantitatif de la reproduction – Sites PLAGEPOMI	9
1.3.2. Identification des frayères actives	10
1.3.3. Prospections complémentaires – suivi qualitatif	10
1.4. Suivi des conditions environnementales	11
1.5. Recueil et exploitation des données.....	11
1.5.1. Estimation des effectifs sur la zone de suivi	11
1.5.2. Bilan annuel et interannuel à l'échelle de l'axe Rhône	12
2. Activité de reproduction et conditions environnementales en 2018.....	13
2.1. Observations lors de la campagne 2018	13
2.2. Influence des paramètres environnementaux sur la migration et l'activité de reproduction	14
2.2.1. Attrait en mer et premières arrivées d'Aloses	14
2.2.2. Gardon – Étage 1	15
2.2.3. Durance – Avignon – Étage 2	16
2.2.4. Cèze, Ardèche et Vieux Rhône de Donzère - Étages 3 et 4	18
2.3. Synthèse des observations 2018 – schéma de migration et de reproduction	20
3. Analyses interannuelles	21
4. Discussion et Perspectives	23
4.1. Accessibilité des zones de reproduction	23
4.1.1. Sur le Rhône	23
4.1.2. Sur les affluents	24
4.2. Ontogénèse	25
4.3. Phase marine	26
4.4. Présence du Silure glane (<i>Silurus glanis</i>).....	27
4.5. Évolution des suivis.....	28
4.5.1. Représentativité des sites de suivi.....	28
4.5.2. REX opérationnel sur le transfert de MOA	29
4.5.3. Techniques alternatives et complémentaires.....	30
Conclusion	32
Références bibliographiques.....	34
Liste des tableaux	38
Liste des figures	38
Liste des Annexes	38

Introduction

Les poissons migrateurs amphihalins sont en déclin en Europe à cause de l'impact anthropique, en particulier la construction de barrages, la perte d'habitats, la pollution et la surpêche (Boyer *et al.*, 2000; de Groot, 2002). Les aloses, et en particulier l'Alose feinte du Rhône (*Alosa fallax rhodanensis*), endémique au bassin méditerranéen, bénéficient ainsi d'un statut de protection international (annexe III de la convention de Berne, annexe II de la directive Habitats de l'Union Européenne). Elles sont de plus considérées depuis 2010 par l'IUCN comme « vulnérable » au niveau Français et « préoccupation mineure » au niveau international (Freyhof et Kottelat, 2008; UICN France *et al.*, 2014).

Depuis les années 1990, une politique en faveur des poissons migrateurs a été impulsée sur le bassin Rhône-Méditerranée, pour permettre le retour de l'Alose feinte du Rhône sur le Bas-Rhône et ses affluents en rive droite jusqu'à l'Ardèche. Les plans de gestion des poissons migrateurs successifs (PLAGEPOMI 1993-2003, 2004-2009 et 2010-2015) ont permis d'avancer sur la connaissance des grands migrateurs (Alose, Anguille, Lamproie) et d'améliorer significativement les conditions de circulation de ces espèces.

C'est dans ce cadre que le suivi biologique des frayères d'aloses du bassin versant du Rhône est effectué depuis 1997 sur la Basse Cèze et le Port fluvial de l'Ardoise, sur le Vieux Rhône de Caderousse, puis sur le Vieux Rhône de Donzère en 1998 et sur l'Ardèche à partir de 2000. Les observations réalisées montrent que la tendance à la régression des populations d'aloses qui avait été constatée entre les années 1950 et 1990 s'inverse progressivement. En effet, depuis quelques années l'aire de répartition s'étend désormais jusqu'à l'Ardèche, en particulier sur le Rhône et ses affluents. Les objectifs de colonisation sont désormais la Drôme et l'Eyrieux sur l'Axe Rhône.

Avec l'augmentation de l'aire de répartition, l'orientation 3 du PLAGEPOMI 2016-2021 propose une optimisation et la rationalisation du dispositif de suivi existant qui doit permettre de :

- Connaître les tendances d'évolution des populations dans le temps et l'espace géographique
- Suivre la recolonisation du bassin et évaluer la réussite des actions menées en faveur des poissons migrateurs

D'autre part, le Comité de Gestion des Poissons Migrateurs (COGEPOMI) et les financeurs préconisent que les suivis historiques et fonctionnels pérennes soient progressivement transférés à une maîtrise d'ouvrage locale pour : i) une appropriation des enjeux à l'échelle du territoire ; ii) mobiliser des financements auxquels MRM a de plus en plus de difficulté à accéder ; iii) recentrer l'Association MRM sur son rôle de coordination et d'animation du PLAGEPOMI et lui permettre développer les connaissances ou les suivis sur de nouveaux territoires.

Ainsi, en 2017 un transfert de maîtrise d'ouvrage vers les Fédérations de pêche de l'Ardèche et du Gard a été réalisé et il faut souligner leur implication pour ce type de suivi, en particulier d'un point de vue financier.

En accord avec ces objectifs, le rapport présente les observations 2018 du suivi de la reproduction et vise à établir un bilan de la situation de la migration génésique des aloses.

Ce bilan est construit à partir :

- des résultats du suivi des sites de référence du bassin du Rhône et des facteurs environnementaux
- des prospections réalisées ponctuellement sur des frayères potentielles (qui apportent des informations complémentaires indispensables à la compréhension des observations issues des suivis : limite de colonisation amont ; franchissement des ouvrages ; déterminisme de migration).
- du suivi de la pêche amateur à la ligne qui apporte des informations sur la migration et la répartition des géniteurs à l'échelle du bassin du Rhône (Rivoallan et Campton, 2018).
- de l'analyse interannuelle des résultats pour resituer les observations de la campagne par rapport aux données historiques disponibles.

Des perspectives de suivis sont proposées pour la campagne 2019 et à moyens termes.

1. Zone d'étude et méthodologie

1.1. Cycle de vie, migration génésique et reproduction

L'Alose feinte du Rhône (*Alosa fallax rhodanensis*, Roule 1924), poisson migrateur amphihalín de la famille des clupéidés est endémique au bassin méditerranéen et vit sur le plateau continental et en zone littorale et se reproduit en eau douce, potentiellement à plusieurs centaines de kilomètres de l'embouchure. Historiquement, l'Alose était présente sur la Saône et le Rhône jusqu'au lac du Bourget, soit à plus de 650 km de la mer.

Les géniteurs retournent en eau douce au printemps (mars à juin) pour se reproduire après 2 à 5 ans en mer pour les mâles, généralement un an de plus pour les femelles (Le Corre *et al.*, 1997, 2005). Le rhéotactisme très marqué leur permet de trouver l'embouchure des fleuves et d'être « guidés » vers les zones de frayères (Baglinière et Elie, 2000).

Les caractéristiques d'une frayère naturelle pour l'Alose ont une profondeur de 0,8 à 1,6 m, une vitesse de courant d'environ 80 cm/s et une granulométrie grossière composée de cailloux voire de pierres fines (Figure 1). La température influence le métabolisme du poisson et un seuil de migration à 11°C et de reproduction à 16°C ont été avancés (Arahamian *et al.*, 2002; Cassou-Leins *et al.*, 2000).

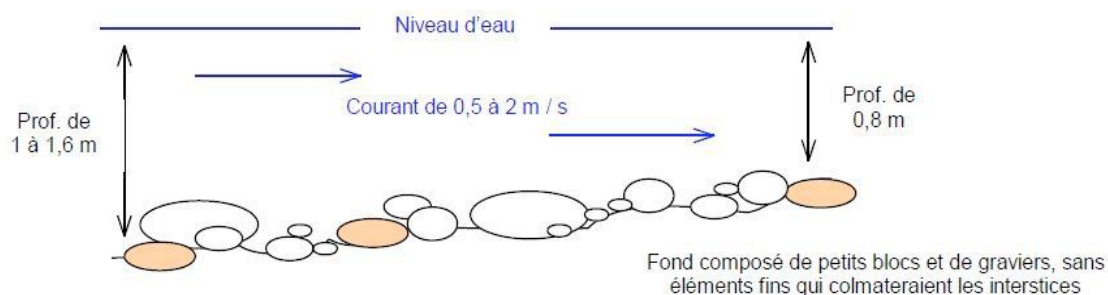


Figure 1 : Schéma d'une frayère à Alose (MRM)

Lors de l'acte de reproduction (Figure 2), les aloses se manifestent en surface en effectuant des déplacements circulaires et en frappant l'eau de leur nageoire caudale afin de créer un tourbillon qui favorise la fécondation des œufs (Baglinière et Elie, 2000). Cette phase appelée « bull » est exclusivement nocturne, peut être particulièrement bruyante jusqu'à 50dB et peut durer jusqu'à dix secondes, ce qui permet de repérer facilement les zones de frai.



Figure 2 : Acte de ponte ou « Bull » chez l'Alose feinte du Rhône (MRM)

Les œufs pondus en grand nombre (90 000 à 300 000 / kg, Cassou-Leins et Panisello, données non publiées) sont de très petite taille (Hoestlandt, 1958), et présentent un temps d'incubation très court (3 à 5 jours pour une température de l'eau de 18 à 20°C). Les juvéniles rejoignent la mer 2 à 4 mois après l'éclosion, période pendant lesquels ceux-ci connaissent une croissance importante (Aprahamian et Aprahamian, 2001; Crivelli et Poizat, 2001; Gendre *et al.*, 1997a).

L'Alose feinte du Rhône est capable de se reproduire plusieurs fois au cours de sa vie (itéroparité) et les adultes qui survivent à la reproduction rejoignent la mer dès le début de l'été.

La phase de croissance marine et le séjour en estuaire sont relativement peu connus pour l'Alose feinte du Rhône, les travaux portant principalement sur les Aloses de la façade atlantique (Bardonnnet et Jatteau, 2008; Gerkens et Thiel, 2001; Lochet, 2006; Lochet *et al.*, 2009).

1.2. Sites de suivi de la reproduction

Les sites suivis en 2018 sur le bassin du Rhône sont présentés en Tableau 1 et Figure 3.

On distingue les sites de suivi quantitatif et les sites de prospections (suivi qualitatif). Il n'y a pas eu de suivi quantitatif sur le Gardon lors de cette campagne par défaut de prise de maîtrise d'ouvrage. La Fédération départementale de pêche du Gard a toutefois réalisé quelques nuits de prospections qualitatives.

Tableau 1: Sites de suivi de la reproduction en 2018

Cours d'eau	Frayère	Type de frayère	Ouvrage le plus proche à l'amont (km)	Distance à la mer (km)	Nombre d'ouvrages Rhône	Nombre d'ouvrages affluents	Site PLAGEPOMI (Suivi quantitatif)
Gardon	Fournès	Naturelle	0,5	82,5	1	3	OUI
Durance	Callet	Substitution	0	89	1	1	OUI
Cèze	Chusclan	Naturelle	0,2	119	2	1	OUI
Ardèche	Les Biordonnes / Piboulette	Naturelle	0	146	3	1	NON
	Saint Martin	Substitution	0	149	3	2	NON
	Sauze (débarcadère)	Naturelle	30	150	3	3	NON
	Salavas-Ibie	Naturelle	1	179	3	3	OUI
	Petite Mer	Naturelle	0,5	179,5	3	3	NON
	Sous - Roche	Substitution	0	187	3	6	NON
Rhône	Le Fraou	Naturelle	18	142	3	/	NON
	Grange écrasée	Naturelle	12,5	147,5	3	/	NON
	Barrage de Donzère	Substitution	0	160	3	0	OUI

Figure 3 : Localisation des sites de suivi en 2018 sur le bassin du Rhône

Un suivi quantitatif est identifié par le dispositif de suivi PLAGEPOMI sur chacun des affluents afin d'analyser la reproduction à l'échelle du bassin : le Gardon à Fournès, la Durance au seuil de Callet, la Cèze à Chusclan, l'Ardèche à Salavas-Ibie et le barrage de Donzère sur le Vieux Rhône.

Des prospections complémentaires peuvent être réalisées pour répondre à des problématiques plus locales :

- Sur les frayères naturelles du Vieux Rhône de Donzère (Le Fraou et la Grange Écrasée), suite à la reproduction très parcimonieuse depuis 2011 au niveau du barrage de Donzère.

- Sur l'Ardèche à l'aval des gorges (Piboulette – Les Biordonnes, Saint-Martin et Sauze), pour apporter des informations complémentaires sur la colonisation de l'Ardèche par l'Alose, suite aux questionnements sur le franchissement des premiers seuils qui conditionnent l'accès à la frayère de référence de Salavas-Ibie.

- Sur l'Ardèche à l'amont de Vallon Pont-D'Arc au niveau du seuil de Sous-Roche pour évaluer le franchissement des 4 dispositifs de franchissement situés entre la frayère de Salavas-Ibie et la limite de colonisation, au niveau du seuil bloquant de Sous-Roche.

1.2.1. Gardon

Premier affluent rive droite du Rhône, il est le seul dont l'accès ne nécessite pas le franchissement d'une usine-écluse puisque la confluence est à l'aval du barrage de retenue de Vallabrègues. En revanche, différents seuils sont présents sur le parcours jusqu'à la principale zone de reproduction identifiée, à 12 km de la confluence avec le Rhône (Tableau 2).

Le Gardon était historiquement colonisé jusqu'en amont de Ners, soit sur plus de 60 km de linéaire (Champalbert, 1998).

Tableau 2 : Caractéristiques des ouvrages présents sur le Bas-Gardon

Code ROE	Nom	Date création du seuil	Date de création de la passe	Distance à la mer	Distance à la confluence	Fonction	Propriétaire	Ouvrage de franchissement	Photos
ROE30973	Seuil de Beaucaire (Rhône)	1977	2002	66 km	n.a.	Stabilisation du profil en long	Compagnie Nationale du Rhône (CNR)	Passe à pré-barrage	
ROE33873	Seuil de Comps	1970	2011	70km	0,5 km	Stabilisation du profil en long	Compagnie Nationale du Rhône (CNR)	Passe à bassins à cloisons déversantes	
ROE33894	Seuil de Callet	1980	2009	78,3km	7,8 km	Stabilisation du profil en long (carrière)	GSM Italcementi Group	Passe de type rustique à macro-rugosités	
ROE33917	Seuil de Bonicoli	1975	2001	79,2km	8,7 km	Relever le niveau du lit mineur	Syndicat Mixte d'Aménagement et de Gestion Equilibrée (SMAGE) des Gardons	Passe à bassins successifs à fentes verticales	
ROE33929	Ancien seuil Fournès Aval		détruit en 2009	82 km	11,5 km	-	-	-	
ROE33947	Seuil de Fournès	1970	/	83km	12,5 km	Aucune	Syndicat Mixte d'Aménagement et de Gestion Equilibrée (SMAGE) des Gardons	Aucune mais franchissable (séparation des blocs suite aux crues de 2002-2003) + Réagencement des blocs en Août 2015	
ROE33955	Seuil de Lafoux	1865	1988	83,4km	12,9 km	Maintenir le niveau d'eau en amont et permettre la prise d'eau du canal de Beaucaire	Syndicat de gestion du canal de Beaucaire	Seuil fusible détruit en octobre 2016 (franchissable)	
ROE33959	Seuil de Remoulins	2007	2007	84,3km	13,8 km	Captage AEP pour Remoulins et Castillon	Syndicat Mixte d'Aménagement et de Gestion Equilibrée (SMAGE) des Gardons	Passe à menhirs	
ROE33985	Seuil de Collias	n.c	Non équipé	94,7 km	25,2 km	Aucun usage	Propriétaire privé	Non aménagé	
ROE5239	Seuil de La Beaume	n.c	/	98,8 km	29,3 km	Détruit	-	-	

Le seuil de Beaucaire sur le Vieux Rhône de Beaucaire semble conditionner la colonisation du Gardon par l'Alose, en lien avec les conditions hydrologiques (Mutel *et al.*, 2016a).

Les seuils de Comps, Callet et Bonicoli sont équipés de passes à poissons dont le franchissement a été validé par des campagnes de piégeages et des suivis qualitatifs de la reproduction (Joyeux *et al.*, 2013).

Le seuil de Fournès partiellement détruit est *a priori* franchissable par l'Alose. Et depuis l'automne 2016, le seuil de Lafoux, prise d'eau du canal de Beaucaire, situé à environ 1 km en amont de la fraysère de Fournès a été rendu franchissable suite à la destruction du seuil fusible.

Ceci a entraîné un abaissement de la ligne d'eau qui a déconnecté la passe à poissons de

Remoulins 900 mètres en amont. Des discussions sont en cours concernant la réfection de la passe à poissons de Remoulins pour pouvoir assurer la continuité écologique.



Des prospections ont été réalisées de 2012 à 2015 pour étudier la recolonisation du Gardon par l'Alose suite au décloisonnement en 2011. Depuis 2016, un suivi quantitatif de la reproduction comparable aux autres suivis du bassin est mené. Le site de suivi se situe à l'aval du seuil de Fournès (Annexe 1). C'est une frayère naturelle d'environ 250 m de long pour laquelle la profondeur, la vitesse et la granulométrie correspondent aux exigences écologiques de l'Alose. Cette frayère dite de « Fournès » a été choisie comme site de suivi du PLAGEPOMI car l'activité observée a été jugée représentative de la colonisation du Gardon à l'échelle du bassin.

Le suivi quantitatif n'a pas été réalisé sur ce site lors de la campagne 2018 en raison des contraintes financières et organisationnelles rencontrées par la fédération de pêche du Gard. Quelques nuits de comptage ont néanmoins été planifiées, mais seules deux ont été maintenues en raison de l'hydrologie très soutenue rencontrée au printemps.

1.2.2. Durance

La Durance est le principal affluent rive gauche sur le Rhône aval. Son accès nécessite le franchissement de l'usine écluse de Vallabrègues et le seuil de la confluence de Courtine (Tableau 3). Le linéaire colonisé est limité à 5 km au pied du seuil 68 dit de Callet qui constitue un point de blocage majeur, avec une hauteur de chute 3,5 m et environ 350 m de long.

Tableau 3: Caractérisation des ouvrages présents sur le linéaire accessible de la Durance

Code ROE	Nom	Date création du seuil	Distance à la mer	Distance à la confluence	Fonction	Propriétaire	Hauteur de chute	Ouvrage de franchissement	Photos
ROE 42392	Seuil de Courtine		87,5 km	2,5 km	Stabilisation du profil en long	CNR	0,5 m	Oui	
ROE 42398	Seuil 68 dit de Callet	réfection en 2009	90 km	5 km	Stabilisation du profil en long	SMAVD	3,5 m	Non	

L'hydroélectricité joue un rôle majeur sur le régime hydraulique de la Durance par le volume des débits court-circuités. Les eaux de la retenue de Serre-Ponçon sont dérivées vers un canal usinier EDF qui se jette hors du bassin versant, dans l'étang de Berre.

Toutefois, dans le cadre des actions de limitation des apports solides et liquides prévue dans le plan de reconquête de l'étang de Berre, une partie des eaux de ce canal est restituée depuis 2006 en Durance par un ouvrage situé à 1,4 km en aval du barrage de Mallemort avec d'importantes variations inter et intra journalières pouvant varier de 20 à 250 m³/s. L'eau restituée en provenance des barrages d'altitudes est froide, et pourrait avoir une influence sur les différentes écophases de l'Alose : la migration, la reproduction et l'ontogenèse (Abdallah *et al.*, 2012).

La Durance était historiquement colonisée jusqu'à Mallemort (PLAGEPOMI 2016-2021) soit environ 50 km depuis le Rhône.

L'influence de la température sur l'ontogénèse de l'Alose feinte du Rhône est largement inconnue pour les températures limitantes basses. Le suivi de la thermie de la Durance devra être conduit sur plusieurs années, pour véritablement prendre en compte les variations climatiques annuelles et son influence potentielle sur l'Alose.



De 2011 à 2015, une étude sous maîtrise d'ouvrage EDF visait à évaluer l'impact des restitutions sur la colonisation de la Durance par l'Alose, dans le cadre de la modification des régimes de restitution. La frayère identifiée se situe à l'aval immédiat du seuil 68 sur une longueur d'environ 200 m (Annexe 2). Les opérateurs se positionnant en rive droite parviennent à observer et comptabiliser l'activité de reproduction sur la majeure partie de la frayère. Les suivis menés sur cette frayère en 2015 et 2016 ont démontré une colonisation régulière et importante de la Durance par l'Alose (Delsaux *et al.*, 2015).

Le suivi a été porté par la Fédération de pêche du Vaucluse en collaboration avec la Fédération de pêche des Bouches-du-Rhône.

1.2.3. Cèze

L'accès à la Cèze nécessite le franchissement des deux usines sur le Rhône (Vallabrègues et Avignon) et du seuil de Codolet au niveau de la confluence (Tableau 4).

Tableau 4 : Caractérisation des ouvrages présents sur la Cèze

Code ROE	Nom	Distance à la mer	Distance à la confluence	Fonction	Propriétaire	Ouvrage de franchissement	Date de création de la passe	Photos
ROE 30979	Seuil de Codolet	112 km	n.a.	Stabilisation du profil en long	CNR	Passe à bassins successifs à cloisons déversantes	1998	
ROE 30980	Seuil de Chusclan	118,5 km	6,5 km	AEP	Commune	Non	n.a.	

La Cèze était historiquement colonisée sur un linéaire d'environ 25 km jusqu'aux cascades du Sautadet, obstacle naturel pour l'Alose.

Le seuil de la confluence a été équipé d'une passe à poissons en 1997 mais des réserves sur le franchissement par l'Alose sont depuis régulièrement mentionnées (Marty *et al.*, 2012). La CNR a identifié ce seuil comme prioritaire et des travaux devraient être entrepris d'ici 2019.

Le seuil de Chusclan demeure l'unique seuil bloquant pour l'Alose sur le linéaire historique de colonisation. La zone de suivi est située à l'aval du seuil, sur des frayères qui sont naturelles d'un point de vue morphologique mais sous influence du point de blocage amont (Annexe 3). Sur un linéaire d'environ 500 m, 4 zones favorables à la reproduction sont identifiées et sur lesquelles la reproduction a déjà été observée (Sola *et al.*, 2011).

Il s'agit de la seule zone intéressante pour la reproduction sur le linéaire actuellement accessible à l'Alose.

1.2.4. Vieux Rhône de Donzère

L'accès au vieux Rhône de Donzère nécessite le franchissement des trois premiers aménagements du Rhône (Vallabrègues, Avignon et Caderousse) par les écluses de navigations. La frayère du barrage de Donzère est une frayère de substitution suivie depuis 1998. Elle est située à 160 km de la mer et constitue une des frayères actives connues les plus amont sur le bassin du Rhône.

Depuis 2007, très peu de reproduction sur la frayère de substitution a été observé. Des frayères naturelles sont prospectées en aval afin de compléter les connaissances de la colonisation du Vieux Rhône.

En particulier, deux frayères identifiées en 1996-1997 (Gendre *et al.*, 1997b; Genoud, 1996) font l'objet de prospections : la frayère de la Grange écrasée située 2,5 km en amont de bourg Saint-Andéol (147,5 km de l'embouchure) et la frayère du Fraou située à l'aval de Bourg à 142 km de la mer (Annexe 4). Les caractéristiques physiques de ces frayères correspondent à la littérature (Baglinière et Elie, 2000). En 2015, quelques bulls ont été observés lors des prospections sur ces frayères alors qu'aucune activité n'avait été observée au barrage (Mutel *et al.*, 2016b).

1.2.5. Ardèche

L'Ardèche se jette dans le vieux Rhône de Donzère au niveau de Pont-Saint-Esprit et les aloses doivent donc franchir les trois premiers aménagements du Rhône pour y accéder. Sur le cours d'eau de l'Ardèche, les ouvrages présents sont relativement nombreux (Tableau 5).

Les aloses colonisaient l'Ardèche jusqu'à Aubenas et sa présence historique est suspectée sur le Chassezac, affluent rive droite de l'Ardèche en amont de Sampzon.

La frayère de Salavas-Ibie est une des frayères actives parmi les plus éloignées de la mer (179 km). Elle est suivie depuis 2000. Le suivi de la frayère de Petite Mer a été abandonné en 2015 afin de réaliser des prospections complémentaires sur les frayères potentielles en aval des Gorges pour parvenir à mieux caractériser la colonisation de l'Ardèche (Annexe 5 ; 6 ; 7 et 8).

Aucune reproduction n'a été observée à Salavas depuis 2012. Ainsi, les nuits sont réparties entre les deux sites en alternant début de nuit à Salavas et fin à Petite Mer et inversement jusqu'à identifier le site actif.

Des difficultés éventuelles pour l'Alose à franchir les 3 premiers seuils pourraient expliquer en partie la faible reproduction observée depuis 2012 à Salavas.

Ainsi, des nuits de prospections sont réalisées sur les frayères de substitutions en aval des ouvrages pour identifier un point de blocage éventuel, et sur la frayère de Sauze en amont de ces 3 seuils pour valider la colonisation de l'Ardèche et l'accès aux Gorges. Une importante activité y avait été observée en 2016.

Le seuil de Saint-Martin apparaît de plus en plus problématique avec la progression de l'atterrissement amont qui provoque un déficit d'alimentation hydraulique de la passe. Le problème a bien été identifié par la DDT mais aucun aménagement n'a été réalisé.

L'hydrologie soutenue en 2018 a probablement limité le blocage au niveau de cet

ouvrage, mais il convient d'envisager une réelle réflexion sur le devenir de ce seuil compte tenu de l'absence d'usage, du risque de déstabilisation et du danger pour la fréquentation du site et des enjeux liés à la migration des espèces piscicoles (aloses, lamproies, anguilles, aprons).

Les prospections amont réalisées à Sous-Roche visent à évaluer le franchissement des 4 passes à poissons en amont des Gorges. En 2015, des aloses avaient été observées au pied du seuil de Sous-Roche encore bloquant pour l'Alose (Annexe 8). Il s'agit de la frayère active la plus amont observée sur l'Ardèche, à 187 km de la mer.

Le suivi est porté depuis 2017 par la fédération de pêche de l'Ardèche.

Tableau 5 : Caractéristiques des ouvrages présents sur l'Ardèche

Code ROE	Nom	Date de création de la passe	Distance à la mer	Distance à la confluence	Fonction	Propriétaire	Ouvrage de franchissement	Photos
ROE30981	Pont Saint Esprit	1995	139	0	Stabilisation du profil en long - de la confluence avec le Rhône	CNR	Passe à macrorugosité et avec chenal préférentiel	
ROE21167	Saint Julien de Peyrolas	2000	146,9	7,9	prise d'eau AEP	à préciser (commune?)	Echancrure	
ROE21181	Saint Martin d'Ardèche	1998	149,1	10,1	hydroélectricité	Commune (RD) et propriétaire privée (RG)	Passe à cloisons deversantes	
ROE15536	Paravalos ou Vallon-Salavas	2009	180,2	41,2		Syndicat	Passe à bassin à fente verticales	
ROE15529	Gos	2009	180,8	41,8	Hydroélectricité, stabilisation profil en long, maintien potentiel de la nappe alluvial	Privé (à confirmer)	Passe à bassin à fente verticales	
ROE21214	Mas Neuf	2013	181,8	42,8		Syndicat	Passe à bassin à fente verticales	
ROE21228	Moulin de Sampzon	2011	184,4	45,4	Hydroélectricité	Syndicat	Passe à bassin à fente verticales	
ROE21235	Sous-Roche	?	186,9	47,9	Hydroélectricité	Privé	Passe clairement obsolète	

1.3. Protocole de suivi

1.3.1. Suivi quantitatif de la reproduction – Sites PLAGEPOMI

La méthode de suivi quantitatif consiste à compter et localiser les "bulls" de 22h30 à 4h00 une nuit sur deux pendant une période de 46 nuits sur un site donné. Cette durée permet de couvrir l'ensemble de la période de reproduction sur le bassin du Rhône (Roussel et al., 2013). Une présence humaine assidue de deux personnes par frayère est la seule méthode actuellement validée.

Afin d'évaluer et de comparer le nombre de bulls sur la saison, le nombre de bulls observés est simplement multiplié par deux, par simple extrapolation (Roussel *et al.*, 2013a). Ce protocole commun a été mis en place en 2014 avec pour objectif de stabiliser et fiabiliser l'indicateur « bulls » en harmonisant l'effort de suivi sur l'ensemble des sites tout en permettant une comparaison directe avec les résultats antérieurs à 2014.

1.3.2. Identification des frayères actives

Depuis 2012, la reproduction sur les frayères historiques identifiées par le PLAGEPOMI a été peu importante avec un maximum de 60 bulls sur la Cèze en 2012, (si l'on exclut le suivi sur l'Ardoise et les nouveaux suivis sur le Gardon et Durance).

Les informations de colonisation complémentaires apportées certaines années par le suivi des captures à la ligne a montré la nécessité d'ajuster la stratégie de suivi. C'est le cas sur la Cèze notamment en 2016 où aucune reproduction n'a été observée, mais 43 individus capturés à la ligne (CPUE de 1,04 alose/h). Les quatre zones de frayères intéressantes répertoriées à l'aval du seuil de Chusclan sont ainsi prospectées afin d'identifier la / les zone(s) de reproduction active et ainsi garder des résultats quantitatifs. Ces 4 frayères sont prospectées selon le protocole suivant :

Nuit 1 : 23 h à 1h30 : une personne en F2 et une personne en F3 ; puis 1h30 à 4h : une personne en F4 et une personne en F5.

Nuit 3 : 23 h à 1h30 : une personne en F4 et une personne en F5 ; puis 1h30 à 4h : une personne en F2 et une personne en F3.

Une fois le site actif identifié, l'effort de suivi doit être concentré sur ce dernier, tout en maintenant une personne en prospection pour suivre un éventuel changement de sites, lié aux conditions hydrologiques.

Le même principe est déployé sur l'Ardèche sur les frayères de Petite Mer et Salavas. En effet, lors des bonnes années de colonisation, l'une ou l'autre de ces deux frayères était active.

Nuit 1 : 23 h à 1h30 – Salavas et 1h45 - 4h30 Petite Mer

Nuit 3 : 23 h 1h30 – Petite Mer et 1h45 - 4h30 Salavas

1.3.3. Prospections complémentaires – suivi qualitatif

En complément, des prospections sont organisées sur des frayères potentielles ou avérées afin de caractériser la dynamique de la reproduction (schéma de migration) ou de répondre à une problématique plus locale, notamment pour évaluer la fonctionnalité de certains dispositifs de franchissement.

Les prospections sont programmées en fonction des observations sur les sites de suivis quantitatifs, des observations sur le terrain par les techniciens et le retour des captures par les pêcheurs.

Le nombre de bulls observés lors des prospections ne peut être extrapolé comme sur les sites de suivi quantitatif car l'effort de suivi n'est pas homogène sur l'ensemble de la saison. On parle ici d'un nombre brut, qui donne un indice *qualitatif* de l'intensité de la reproduction et de la fréquentation des différents sites.

1.4. Suivi des conditions environnementales

Afin d'appréhender au mieux les conditions et le déterminisme de la reproduction des aloses, le débit et la température de l'eau sont relevés en parallèle du comptage des bulls (Menesson-Boisneau *et al.*, 2000) de la manière suivante :

- Débits moyens journaliers (Qjm) : suivis en temps réel sur les stations les plus proches des sites de suivi sur Vigicrue puis récupérés auprès de la CNR et de la Banque Hydro en fin de campagne ;

- Température de l'eau : mesurée manuellement en début et fin de nuit de suivi. En complément, une sonde immergée automatique (Data Logger HOBO) enregistre à raison d'une mesure par heure pendant toute la durée du suivi sur chacun des affluents. Les températures moyennes journalières au niveau des quatre aménagements hydroélectriques de la CNR sont récupérées en fin de campagne (Vallabrègues, Avignon, Caderousse, Donzère).

1.5. Recueil et exploitation des données

Toutes les données de terrain sont saisies dans un tableau commun par tous les prestataires dont le modèle est fourni par MRM. Le suivi quantitatif permet de connaître précisément l'intensité de reproduction sur un site donné, en particulier l'évolution au cours de la saison de reproduction et d'en déduire le schéma de migration à l'échelle du bassin du Rhône.

Les données sont remplies en ligne et partagées entre l'ensemble des partenaires pour suivre et adapter au mieux les suivis et les prospections complémentaires. Ceci permet aussi d'alimenter régulièrement l'observatoire du bassin RM.

En fin de suivi, les données sont centralisées par MRM dans une base de données interannuelle. Cette base de données devra permettre de réaliser des analyses interannuelles.

1.5.1. Estimation des effectifs sur la zone de suivi

L'estimation du nombre de géniteurs, en dépit des biais qu'elle comporte, constitue un indicateur très intéressant à l'échelle de plusieurs saisons pour la gestion de la population d'un bassin versant (Baglinière et Elie, 2000).

La méthode de Cassou-Leins et Cassou-Leins (1981) est utilisée. Plusieurs hypothèses doivent être émises – découlant d'observations sur la Grande Alose – pour permettre cette estimation :

- Le sex-ratio est égal à 1,
- Il y a deux individus par bull,
- Il n'y a ni émigration ni immigration,
- Les femelles fraient 5 à 7 fois

La population génitrice totale sur la zone (N) est ainsi estimée par :

$$N = 2 \times B / (5 \text{ à } 7) \quad \text{où } B \text{ est le nombre de bulls total sur la frayère.}$$

Le domaine d'application de cette formule n'est valide qu'à partir d'un certain nombre de bulls (une centaine selon Baglinière et Elie, 2000). De plus, le nombre de bulls extrapolé à partir d'un suivi à une fréquence d'une nuit sur deux n'est représentatif du nombre réel de bulls sur une frayère qu'au-delà de la centaine (Roussel *et al.*, 2013). Les données d'estimation du nombre

de géniteurs présents sur une frayère sont donc fournies pour la comparaison avec les années précédentes.

1.5.2. Bilan annuel et interannuel à l'échelle de l'axe Rhône

Depuis 1997 et la mise en place d'une stratégie de suivi de la reproduction sur le bassin méditerranéen, le protocole et les sites de suivis ont évolué. Un travail d'organisation et de valorisation des données a été réalisé afin de pouvoir comparer les résultats du suivi, tout en précisant les limites associées. Les données ont été mises en forme à partir de 2004 pour l'ensemble des sites. Avant 2004, une vérification concernant le nombre de nuits et les dates de suivis doit encore être réalisées pour certains sites.

Entre 2004 et 2014, l'effort de suivi a varié au cours du temps et selon des sites mais peut être considéré comme représentatif de l'activité de reproduction sur un site donné (Mutel *et al.*, 2017).

A partir de 2014, le protocole a été harmonisé à l'échelle des sites de suivi quantitatifs, avec un suivi une nuit sur deux. Les résultats présentés sont les chiffres extrapolés et sont donc directement comparables avec les résultats des années précédentes.

L'activité observée chaque année sur les sites de suivi quantitatif est analysée en lien avec les conditions environnementales et les résultats des prospections. En effet, le suivi qualitatif apporte des informations complémentaires à la colonisation sur un axe donné et précise les observations obtenues avec le suivi quantitatif.

Les données issues du suivi de la pêche sur l'axe Rhône sont aussi analysées et tous les chiffres fournis ici proviennent des campagnes d'études de la pêche d'Alose sur le Rhône (Rivoallan et Campton, 2018). L'objectif est d'utiliser la complémentarité des deux indicateurs pour analyser le déterminisme de migration et de reproduction en lien avec l'hydrologie.

Il s'agit d'une première approche graphique et interannuelle qui pourra être judicieusement complétée par des analyses statistiques pour préciser les hypothèses avancées. Il conviendra de regarder à une échelle de temps plus fine, pour préciser l'influence des variations environnementales sur la dynamique de migration et la reproduction.

2. Activité de reproduction et conditions environnementales en 2018

2.1. Observations lors de la campagne 2018

La reproduction a été observée majoritairement sur la Cèze (Tableau 6). A noter l'absence totale d'observation de reproduction sur l'Ardèche. Une nuit d'activité a été comptabilisée sur la Durance, qui correspond à la seule nuit avec un débit inférieur à 100 m³/s puisque les restitutions ont été particulièrement intenses cette année.

Tableau 6 : Résultats des suivis de la reproduction 2018 sur le bassin du Rhône

	Gardon	Durance	Cèze	Ardèche			Rhône	
	Fournès	Seuil 68	Chusclan	Salavas – Ibie	Prospections amont	Prospections aval	Barrage Donzère	Prospections RCC
Première nuit de suivi		16/05/2018	09/05/2018	05/05/2018	24/05/2018	06/05/2018	09/05/2018	10/05/2018
Dernière nuit de suivi		29/06/2018	22/06/2018	25/06/2018	26/06/2018	27/06/2018	26/06/2018	28/06/2018
Période de suivi (j.)		44	44	51	33	52	48	49
Nombre de nuits de suivi		23	20	45	6	28	22	29
Nombre de nuits de fraie		1	13	0	0	0	0	2
en %		4%	65%	-	-	-	-	7%
Nombre max de bulls		43	12	-	-	-	0	6
Première nuit d'activité	Pas de suivi en 2018	21/06/2018	09/05/2018	-	-	-	-	28/05/2018
Dernière nuit d'activité		21/06/2018	20/06/2018	-	-	-	-	30/05/2018
Période d'activité (j.)		1	42	-	-	-	-	2
Nombre de bulls par nuit avec activité		43	2,77	-	-	-	-	4
Nombre de bulls par nuit (période)		1,95	1,64	-	-	-	-	0,33
Nombre de bulls (brut)		43	36	0	0	0	0	8
Nombre de bulls extrapolés		86	72	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Nb aloses min		25*	21*	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Nb aloses max		34*	29*	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : formule non applicable

* : à titre indicatif

11 bulls ont été observés le 27 mai par la Fédération de pêche du Gard et aucun bull la nuit du 24 mai. Le Gardon a donc bien été colonisé et les aloses s'y sont reproduites. Bien que ce comptage ne soit pas extrapolable car il ne porte que sur deux nuits de prospections, on peut évoquer qu'en 2016 et 2017, respectivement 218 bulls en 23 nuits et 39 bulls en 22 nuits avaient été observés (soit 1,5 et 9,8 bulls par nuit en moyenne).

Ces observations iraient ainsi dans le sens des résultats du suivi de la pêcherie à la ligne : 2018 est une année Gardon tant en termes de CPUE que d'effectifs capturés.

La colonisation de la Durance a été une nouvelle fois démontrée même si les conditions hydrologiques liées aux restitutions apparaissaient *a priori* défavorables. Un prélèvement ADNe et une nuit de reproduction permettent de confirmer la présence de l'Alose quelques soit les conditions de débits.

La Cèze à Chusclan a été le site le plus actif cette année avec 72 bulls, soit entre 21 et 30 individus reproducteurs même si ce chiffre n'est probablement que partiel (l'ensemble des frayères n'est pas suivi en continu). Les adaptations du suivi avec plus de recherches de la zone active (cf. 1.3.1) ont été toutefois judicieuses puisque la reproduction a été observée sur 4 des 5 frayères prospectées.

Le suivi sur l'Ardèche à Salavas-Ibie et Petite Mer ont été infructueux. Ni les prospections amont au niveau de Sous Roche ni celles entreprises à l'aval des gorges, au niveau du débarcadère de Sauze n'ont permis d'observer de la reproduction. A noter que le seuil de Saint-Martin apparaît de plus en plus difficilement franchissable avec la progression de l'atterrissement amont. L'hydrologie importante observée cette année a pourtant probablement offert des périodes favorables au franchissement.

Sur le Vieux Rhône de Donzère, aucun bull n'a été comptabilisé au niveau du barrage. Les prospections sur les frayères naturelles du Vieux Rhône ont permis d'observer de la reproduction sur la frayère du Fraou avec 8 bulls les nuits du 28 et 30 mai.

2.2. Influence des paramètres environnementaux sur la migration et l'activité de reproduction

L'hydrologie et la température sont les principaux facteurs qui influencent la migration et la reproduction. Les aloses sont attirées lors de la migration par le(s) bras du Rhône où le débit est le plus élevé (rhéotactisme). Puis dans un second temps (en lien avec la maturation fractionnée des ovocytes), les aloses privilégient la recherche de zones favorables à la reproduction, principalement sur les affluents.

Pour retracer les observations de cette campagne 2018, les résultats sont présentés par étages de l'aval vers l'amont. Les étages sont séparés par les ouvrages hydroélectriques sur l'axe Rhône et les affluents qui s'y jettent (Annexe 9).

2.2.1. Attrait en mer et premières arrivées d'Aloses

L'attrait en mer a été relativement significatif cette année puisque les débits du Rhône ont été globalement supérieurs à 2 000 m³/s entre les mois de janvier à mars avec notamment trois crues d'environ 5 000 m³/s en janvier et mi-mars (Figure 4). Cette dernière crue est celle qui a pu constituer un attrait important peu de temps avant la période de migration habituellement observée. Ceci est confirmé avec les premières captures d'Aloses par un pêcheur au carrellet le 20 mars.

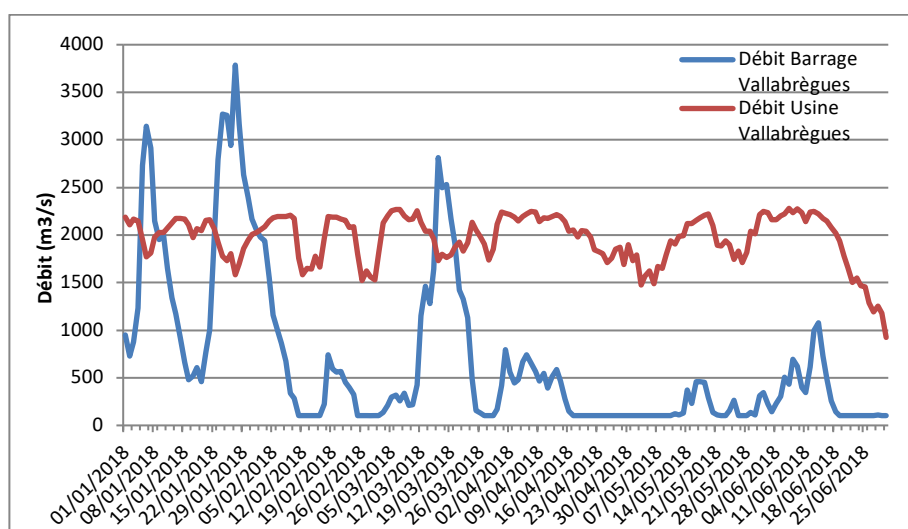


Figure 4 : Hydrologie du Rhône sur l'Aménagement de Vallabrègues (Source : CNR)

Une petite crue début avril corrélée à une chute des températures et à la fonte des neiges en altitude a ensuite freiné la migration puisque aucune capture n'a été réalisée par la pêche à la ligne jusqu'à la mi-avril et la stabilisation de la température au-dessus du seuil de 11°C (Figure 5).

C'est donc réellement à partir de mi-avril que la migration a été active, soit près d'un mois plus tard qu'en 2017. Un nouvel épisode de crue sur le Rhône entre la mi-mai et la mi-juin a probablement joué un rôle sur la répartition des géniteurs sur les affluents, couplé aux coups d'eau successifs sur les affluents rive droite qui ont constitué autant d'attrait et période de franchissement potentiel des seuils des confluences.

La température sur le Rhône s'est durablement stabilisée au-dessus du seuil théorique de reproduction à partir de la mi-mai. Il est probable que la colonisation des affluents ait alors été privilégiée, puisque les géniteurs recherchent alors les zones de frayères les plus proches.

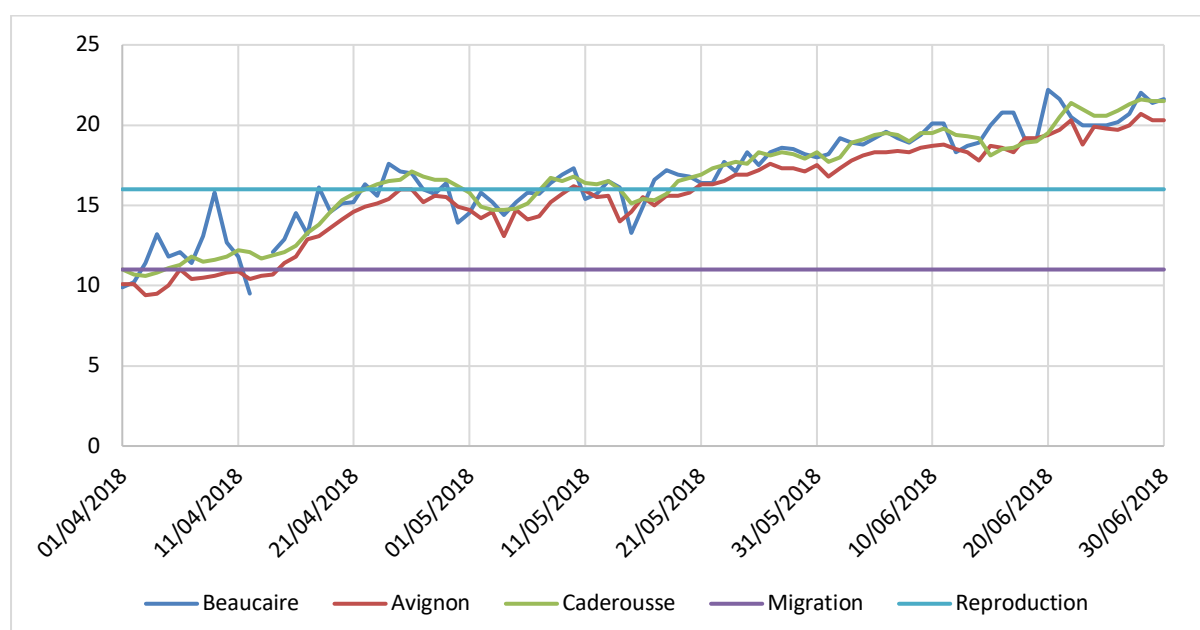


Figure 5 : Évolution de la température sur le Rhône au niveau de l'écluse de Vallabrègues (Source CNR)

La répartition des géniteurs et la colonisation des différents affluents s'expliquent donc probablement en grande partie par les conditions de franchissement des ouvrages entre la mi-avril et la mi-mai.

2.2.2. Gardon – Étage 1

Le Gardon, premier affluent en rive droite du Rhône depuis la mer est accessible depuis 2012 avec la mise en service de la passe à poissons du seuil de Comps. Une étude de la recolonisation du Gardon par l'Alose a été menée en 2012 et 2015 (Mutel *et al.*, 2016a). Depuis 2016, un suivi quantitatif est réalisé sur la frayère de Fournès (Mutel *et al.*, 2017). A partir de ces données, il ressort que la colonisation du Gardon est étroitement liée à l'hydrologie :

- Soit par rapport à l'attractivité du RCC de Beaucaire et du Gardon
- Soit par rapport au franchissement du seuil de Beaucaire sur le Rhône court-circuité, pour lequel il existerait un débit au-dessus duquel le franchissement serait non sélectif, estimé autour des 400 m³/s.

Le coup d'eau de début avril n'a probablement pas contribué à la colonisation du Gardon puisque la température était encore limitante (Figure 6).

Ainsi, l'hydrologie a été largement favorable à la colonisation du Gardon avec de longues période de surverses couplés à des petites crues durant les mois de mai et juin.

Il n'y a pas eu de suivi quantitatifs et seulement deux nuits de prospection par la fédération de pêche du Gard. Une seule nuit a permis d'observer 11 bulls sur la frayère de Fournès, l'autre nuit ayant été réalisé dans des conditions de températures limitantes ($T_{\text{eau}} < 16^{\circ}\text{C}$).

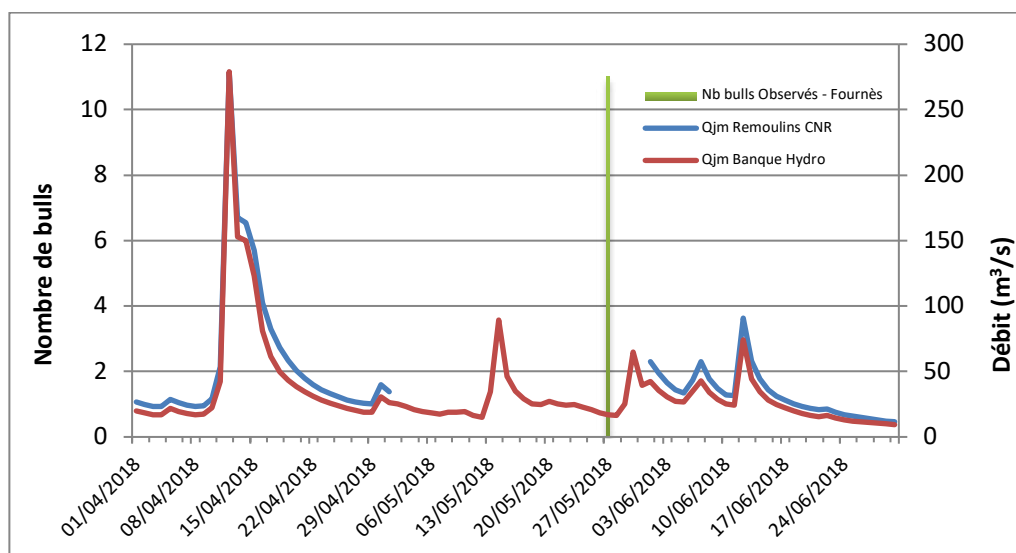


Figure 6 : Nombre de bulls et hydrologie du Gardon (Données : CNR, BanqueHydro ; FDAAPPMA30)

2.2.3. Durance – Avignon – Étage 2

La répartition des géniteurs à cet étage est cruciale car elle conditionne l'accès aux frayères les plus intéressantes de la Cèze, l'Ardèche et du Vieux Rhône de Donzère. Les Aloses peuvent à ce niveau coloniser la Durance, puis un des bras du Rhône à Avignon.



Figure 7 : Schéma des différents bras d'Avignon et de la Durance (D'après Georgeon et al. ; 2017)

Ainsi, les géniteurs qui colonisent la Durance sont autant d'effectifs qui ne seront pas observés sur les frayères amont.

La répartition des débits au niveau d'Avignon est atypique par rapport aux autres aménagements (3 bras aux débits gérés par le barrage usine de Sauveterre, le barrage de dérivation de Villeneuve et l'usine-écluse de Villeneuve) (Figure 7). L'étude de radiopistage de 2004 à 2007 a démontré qu'une fois engagées dans le bras d'Avignon, les aloses ne font pas demi-tour du fait de la longueur du tronçon (Roche et al., 2007).

Avec la mise en eau de la passe à poissons de Sauveterre, il est attendu une augmentation du nombre de géniteurs sur les frayères amont de la Cèze, Ardèche ou Vieux Rhône de Donzère.

La Durance, principal affluent rive gauche du Rhône, peut s'avérer très attractive, avec des débits pouvant varier de 15 à 250m³/s au printemps selon les restitutions. Le linéaire accessible de la Durance est limité aux 6 premiers kilomètres jusqu'à l'infranchissable seuil 68.

Cette année a été marquée par d'importantes restitutions durant toute la période de présence de l'Alose. Le comportement des géniteurs face aux restitutions de la Durance n'est pas connu, mais s'ils devaient reprendre la migration en dévalant vers le Rhône, le retard engendré ne leur permettrait probablement pas d'atteindre les zones de suivi de la reproduction à l'amont d'Avignon.

En 2018, contrairement à l'année précédente, nous disposons d'un suivi de la reproduction mais l'effort de pêche a été très faible, lié aux débits importants qui ne permettaient pas d'exercer correctement sur les zones favorables à la capture. Une seule nuit de reproduction a été observée. Il s'agit de la seule nuit où les débits étaient inférieurs à 100 m³/s. 43 bulls ont été comptabilisés avant que le débit augmente de nouveau en milieu de nuit. L'activité s'est interrompue vers 1h du matin.

Étant donné la difficulté à entendre les bulls dans des conditions de débit soutenu, ces résultats témoignent d'une colonisation significative de la Durance par l'Alose, et ce même lorsque les restitutions sont pratiquement ininterrompues. Le prélèvement ADNe réalisé le 29 mai (un mois avant la diminution des restitutions et l'observation de bulls) confirme la présence des Aloses durant la majeure partie de la saison.

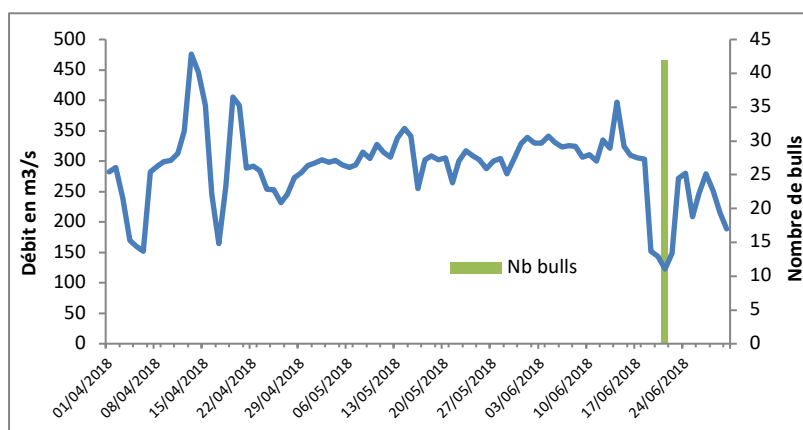


Figure 8 : Évolution des débits et l'activité de reproduction sur la Durance (EDF ; FDAAPMA 13 et 84)

Le débit du bras de Villeneuve a été plus important que celui du bras d'Avignon pendant la période de migration et de reproduction (Figure 9).

Le nombre de passage enregistré à la station de vidéo-comptage de Sauveterre est lié à la thermie et à l'hydrologie. Les premiers passages ont été observés alors que la température a dépassé le seuil de 11°C. Par la suite, les passages sont corrélés à la baisse des débits du bras de Villeneuve et à l'augmentation progressive des températures.

Ceci permet de démontrer les périodes de migration active au cours de la saison, donnée qui n'était pas disponible jusqu'à présent. Il sera intéressant de voir dans les années à venir si les effectifs à la station de comptage sont liés à l'attractivité relative des différents bras.

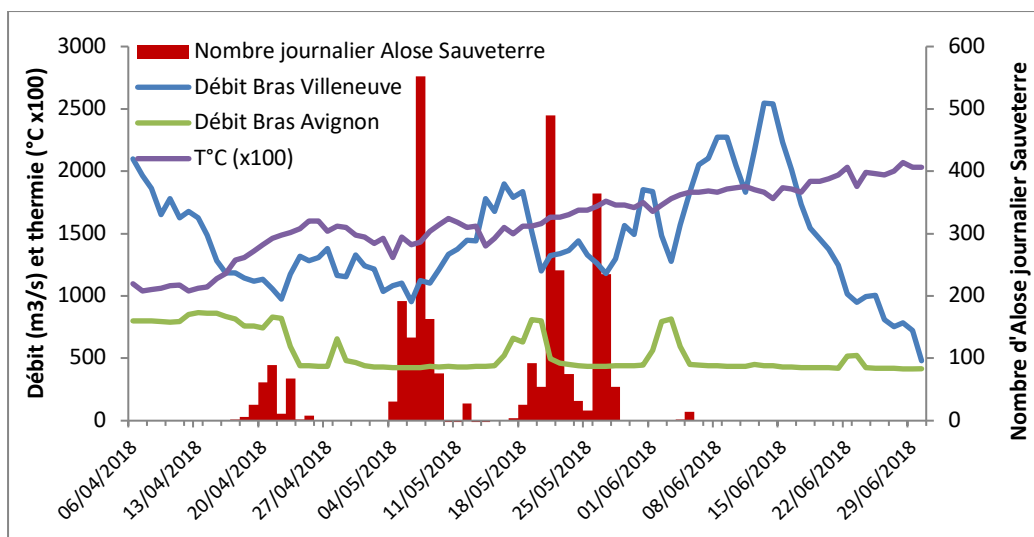


Figure 9 : Répartition des débits entre les différents bras d'Avignon et aloses en montaison à la passe à poissons de Sauveterre (Données CNR)

Il est intéressant de noter que les captures à la ligne à l'aval du barrage de Sauveterre sont historiquement faibles. En revanche, à l'aval du barrage de Villeneuve, les captures par unité d'effort sont importantes malgré un faible effort de pêche, ce qui semble témoigner de l'attractivité préférentielle du bras de Villeneuve en 2018 (Rivoallan & Campton, 2019).

2.2.4. Cèze, Ardèche et Vieux Rhône de Donzère - Étages 3 et 4

Les résultats du suivi à l'amont d'Avignon sont difficiles à interpréter compte tenu de la très faible activité de reproduction observée.

La reproduction sur la Cèze est assez bien corrélée à la dynamique de migration et aux conditions environnementales. La reproduction débute après le premier pic de passage à Sauveterre soit avec la reprise de la migration, puis est interrompue avec une petite crue mi-mai et reprend lorsque les débits se stabilisent et les températures augmentent (figure 10). Entre temps, le barrage de Caderousse a surversé et a augmenté l'attractivité du Vieux Rhône de Caderousse et donc a pu favoriser l'accès à la Cèze par rapport à celui de l'étage amont (Donzère / Ardèche) (figure 11).

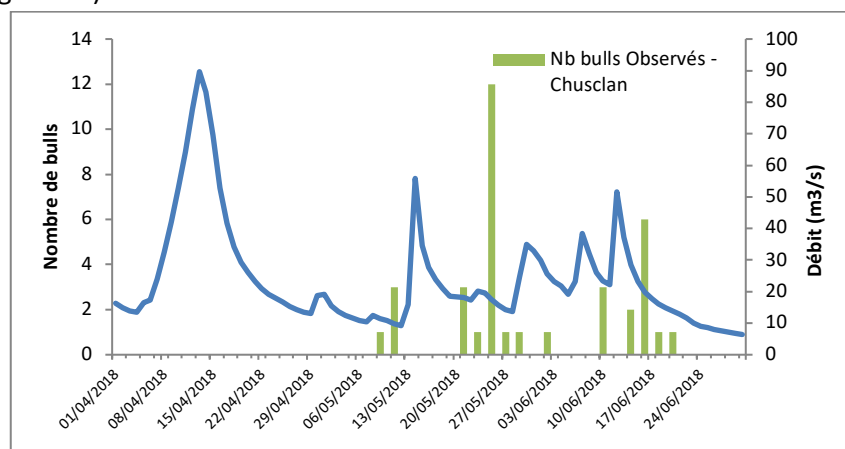


Figure 10 : Évolution du débit et de l'activité de reproduction sur la Cèze (Données : CNR, MRM)

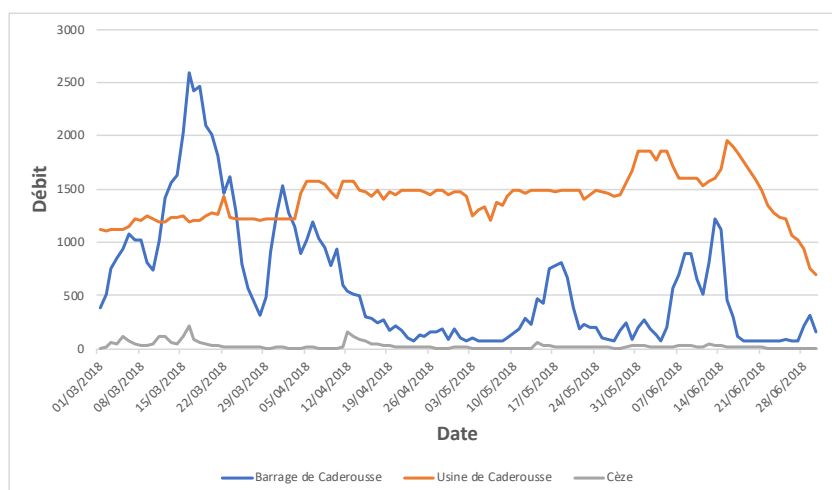


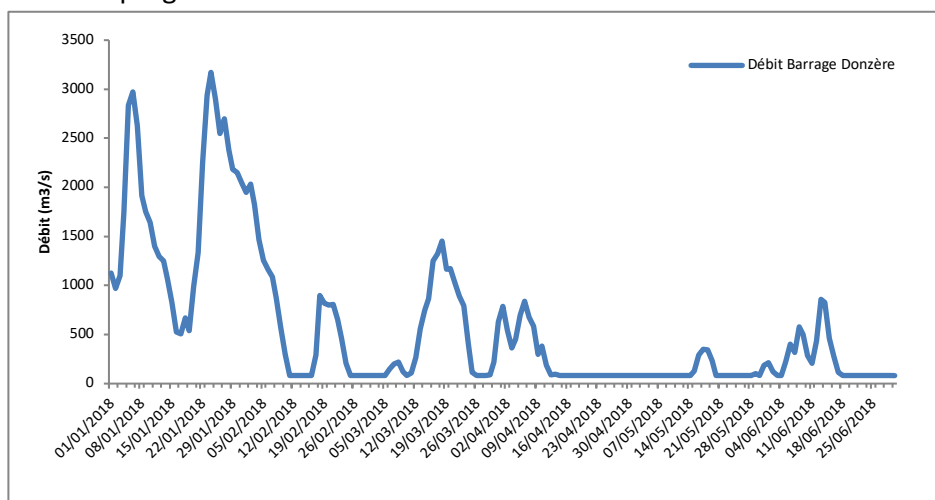
Figure 11 : Répartition des débits sur l'étage de Caderousse (Données : CNR, MRM)

Le suivi de la pêcherie tend à confirmer l'importance de l'augmentation de la température puisque les premiers individus ont été capturés le 10 mai alors que l'eau avoisinait les 19°C. Au total, 21 aloses ont été capturées pour une CPUE de 0,7 alose/h, soit dans la moyenne des années précédentes (Rivoallan et Campton, 2019).

Sur le Vieux Rhône de Donzère 8 bulls ont été observés sur la frayère naturelle du barrage. A noter qu'aucune capture n'a été réalisée sur le Vieux Rhône cette année et les analyses du videocomptage de la passe à poissons de la PCH du Pouzin n'ont pas montré de passages d'aloses entre février et fin juin 2018.

Les débits relativement importants de la fin mai à la mi-juin ont pu être défavorables à la reproduction sur le Vieux Rhône de Donzère. Comme évoqué ci-dessus, il est néanmoins probable que les débits soutenus du Rhône au mois de mai aient entraîné une plus grande attractivité du vieux Rhône de Caderousse pour les aloses, expliquant de fait le peu de géniteurs se retrouvant à l'étage de Donzère.

Les quelques géniteurs qui y seraient parvenus ne semblent pas s'être reportés sur l'Ardèche puisque aucune reproduction n'a été observée que ce soit sur les frayères amont de Salavas et Petite Mer, ou sur la frayère de Sauze qui avait été particulièrement active ces deux dernières années. Il se pourrait que le seuil de Saint-Martin ait été limitant ou rendu difficilement franchissable avec la progression de l'atterrissement amont.



2.3. Synthèse des observations 2018 – schéma de migration et de reproduction

Les suivis ont débuté peut-être un peu trop tôt dans la saison sur l'Ardèche et le Vieux Rhône de Donzère, compte tenu des températures qui sont restées limitantes jusqu'à la mi-mai.

Sur la Cèze, le suivi a débuté au bon moment puisque la reproduction a été observée dès la première nuit de suivi.

A l'échelle du bassin du Rhône, le nombre de bulls observé est donc très faible par rapport à la population d'Alose potentiellement présente. Il est regrettable de ne pas avoir de données de suivi sur le Gardon, en particulier avec l'hydrologie spécifique de ce printemps qui a été favorable à la colonisation de ce premier affluent.

Il est intéressant de noter pour cette année que des bulls et des aloses ont été observées sur tous les sites à l'exception de l'Ardèche. Les principales observations concernant la dynamique de migration et de reproduction lors de cette campagne 2018 sont :

- Des débits importants durant presque toute la période de migration du mois d'avril jusqu'à la fin juin, lié à des températures relativement fraîches (inférieure à 16°C) jusqu'à la mi-mai.

- Des périodes de surverses importantes au niveau du barrage de Vallabrègues qui ont permis une colonisation significative du Gardon.

- De fortes restitutions sur la Durance durant tout le printemps, qui ne semblent toutefois pas rédhibitoires pour la colonisation, puisque aussi bien l'ADNe et le suivi de la reproduction confirment la présence de géniteurs.

- Une faible colonisation sur l'amont du bassin (Ardèche et Vieux Rhône de Donzère) liée aux conditions hydrologiques et thermiques. Des difficultés de franchissement du seuil de Saint-Martin d'Ardèche pourraient en partie expliquer ces résultats.

- L'efficacité de la passe à poissons de Sauveterre demande un retour d'expérience plus important. Les conditions de franchissement semblent liées aux conditions hydrologiques et environnementales en lien avec le comportement migratoire de l'Alose (migration en banc notamment). Une analyse plus fine dans les années à venir sur l'attractivité de la passe en fonction de la stratégie de production hydroélectrique serait importante pour évaluer le bon fonctionnement de la passe à poissons.

3. Analyses interannuelles

Sur le bassin du Rhône, le suivi de la reproduction a été initié à partir de 1997. Toutefois, une analyse des données disponibles fait apparaître que les résultats ne sont réellement comparables qu'à partir de 2004 (Mutel *et al.*, 2017). De 2004 à 2018, les efforts de suivis varient parfois mais sont concentrés lors de la période de reproduction. Ainsi, les suivis quantitatifs de la reproduction sont représentatifs de la reproduction sur les différents sites. Avant 2004, certaines vérifications concernant le nombre de nuits et les dates de suivis doivent encore être réalisées pour certains sites pour pouvoir être intégrés à l'analyse.

La Figure 13 présente les résultats des suivis quantitatifs sur les différentes frayères suivies à partir de 2004.

Le suivi au niveau de l'Ardoise a été abandonné à partir de 2016 pour rééquilibrer géographiquement l'effort de suivi et privilégier le suivi sur des frayères naturelles.

En 2015 et 2016, un suivi quantitatif sur la Durance a été réalisé par EDF sur la frayère de substitution de Callet.

Et enfin, à partir de 2016, un suivi quantitatif a été mis en place sur la frayère Fournès sur le Gardon mais n'a pas été reconduit lors de cette campagne. 2016 est la seule année où un suivi quantitatif a été entrepris simultanément sur l'ensemble des affluents colonisables.

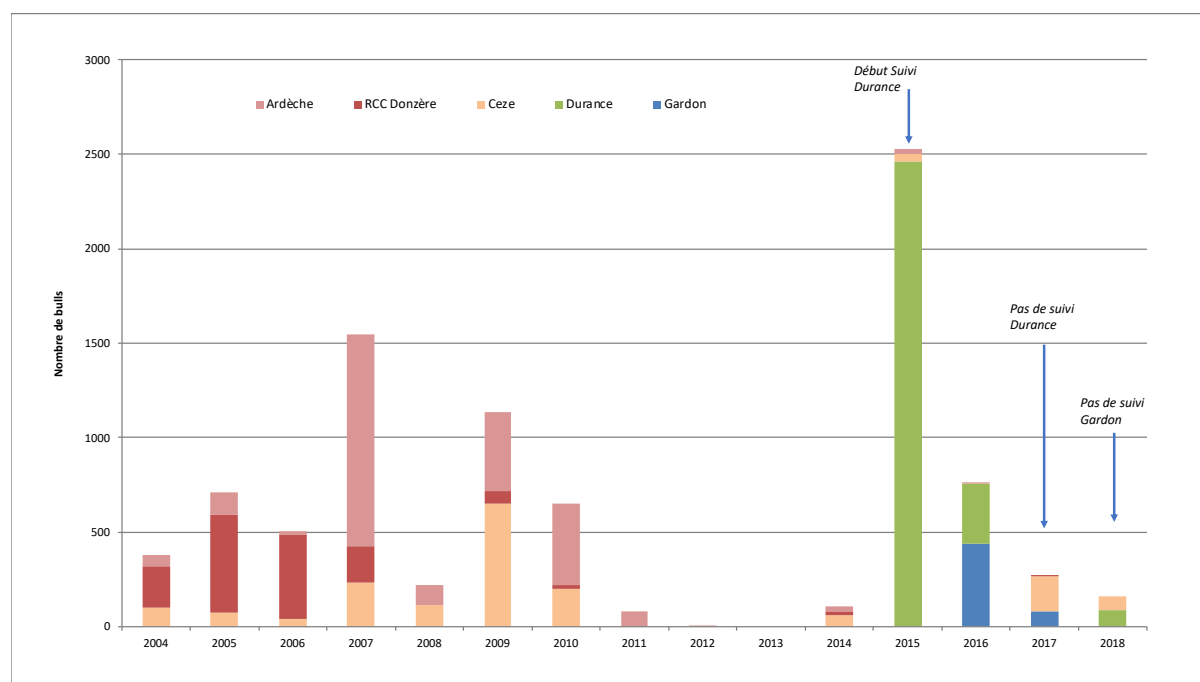


Figure 13 : Nombre de bulls sur l'ensemble des sites de suivis depuis 2004

A partir de la chronique de suivi disponible, les principales observations graphiques sont :

- **Une chute marquée de l'intensité de la reproduction à partir de 2011** sur les sites historiques amont : Cèze, Ardèche, Vieux Rhône de Donzère.

- Une reproduction très importante sur la Durance en 2015 et significative en 2016.

- Depuis 2012, une colonisation régulière du Gardon grâce à son décloisonnement avec l'aménagement du seuil de la confluence à Comps, démontré à partir des prospections puis du suivi quantitatif (Mutel *et al.*, 2016a, 2017). La colonisation du Gardon a potentiellement été importante en 2018 mais le suivi quantitatif n'a pas été réalisé.

Ainsi, les questionnements suivants apparaissent :

- Peut-on expliquer la chute de l'intensité de la reproduction depuis 2011 ? En particulier sur les sites amont (Ardèche et Vieux Rhône de Donzère) ?

- Comment interpréter les résultats sur les nouveaux sites de suivi quantitatifs que sont la Durance et le Gardon ?

- Peut-on en déduire des informations sur l'évolution de la population d'Aloses sur l'axe Rhône ?

Pour ce faire, le suivi de la pêche menée depuis 1997 apparaît comme un indicateur complémentaire. Des analyses couplées pêche/reproduction/paramètres environnementaux ont été initiées lors de la campagne 2017 pour mieux distinguer les tendances et nuancer les résultats obtenus.

Les suivis de la pêche présentent certaines limites et doivent être analysés selon certaines précautions méthodologiques. L'effort de pêche est variable d'une année à l'autre selon les différents sites. C'est pourquoi la Capture Par Unité d'Efforts (CPUE) est généralement utilisée car elle permet une comparaison interannuelle plus fiable.

De plus, l'effort de pêche est concentré sur l'axe principal en particulier à Vallabrègues et à Sauveterre. Les résultats sur les affluents, excepté la Durance certaines années, et à l'amont d'Avignon présentent un effort de pêche limité. Les résultats sont détaillés dans les rapports annuels des suivis de la pêche (Rivoallan et Campton, 2018).

Une analyse comparative des suivis de la population d'Alose sera entreprise en 2019. L'usage des statistiques semble un outil adapté pour réaliser un bilan des suivis aloses par rapport aux objectifs du PLAGEPOMI, à savoir si les suivis actuellement en place permettent d'estimer l'évolution de la population d'Alose sur le bassin. Des propositions pourront être formulées quant à l'évolution de la population et la stratégie de suivi.

4. Discussion et Perspectives

4.1. Accessibilité des zones de reproduction

Les résultats des suivis de la reproduction doivent être resitués par rapport à l'évolution du contexte migratoire et notamment de la continuité écologique qui conditionne l'accès aux zones de reproduction.

4.1.1. Sur le Rhône

Sur l'axe Rhône, le choix avait été fait dans les années 90 d'équiper les écluses comme dispositifs de franchissement sur les 3 premiers aménagements (Beaucaire Vallabrègues ; Avignon et Caderousse).

Alors que le nombre journalier d'éclusages spécifiques à poissons au niveau de l'aménagement de Vallabrègues est depuis 2010 généralement en deçà des recommandations (2 par jour en période de migration), en 2018 ces dernières ont été quasiment atteintes grâce notamment aux éclusage enchainés (bateau + poissons). L'analyse plus détaillée du fonctionnement des écluses est présentée dans le rapport de la pêche (Rivoallan et Campton, 2019).

De manière interannuelle, le nombre d'éclusages peut être un facteur de variabilité supplémentaire pour la migration des aloses et l'accès aux zones de reproduction, mais identifier un lien avec l'évolution de la population n'apparaît pas possible compte tenu des connaissances actuelles.

Le réel impact sur la migration est cependant difficile à estimer car l'utilisation des écluses par les aloses dépend de nombreux facteurs, en particulier de l'hydrologie du Rhône et de l'arrivée des aloses sur le site en question. Ces éclusages étaient jusqu'en 2018 le seul moyen pour les aloses d'accéder aux zones de reproduction sur la Durance, la Cèze et l'Ardèche.

La mise en eau à l'automne 2017 de la passe à poissons de l'usine de Sauveterre à Avignon devrait permettre d'améliorer significativement l'accès à ces frayères et celles de la Drôme et l'Eyrieux. L'aménagement de Donzère reste toutefois encore un verrou considérable (pas d'éclusages spécifiques poissons ; présence d'une passe à poissons au barrage de retenue considérée inefficace pour les aloses).

L'aménagement de Sauveterre était souhaité depuis de nombreuses années compte tenu de l'attractivité du bras d'Avignon et du comportement des aloses au droit de l'ouvrage (Roche *et al.*, 2007 Rivoallan et Campton, 2018), qui se traduit par un blocage récurrent des géniteurs au droit de l'usine de Sauveterre.

En 2018, près de 3200 aloses ont franchi la passe à poisson. Toutefois, cela reste une passe à poissons et un certain nombre de géniteurs restera inévitablement en aval de l'ouvrage puisque qu'une efficacité de 50 à 70 % est considérée comme excellente pour l'Alose (Groux *et al.*, 2015). La restauration de la continuité au niveau de la confluence de l'Ouvèze sera donc intéressante à ce niveau.

Avec les résultats observés cette année, il est difficile de conclure pour le moment sur l'effet de du décroisement du bras d'Avignon. En effet, même si plus de 3000 aloses ont été comptabilisées et un taux de capture historiquement faible, ces résultats ne permettent en aucun cas de formuler des hypothèses sur l'état de la population d'Alose sur le Rhône. Un retour d'expérience plus important est indispensable, notamment avec une hydrologie différente pour observer un schéma de migration différent. Des précisions concernant le fonctionnement de la passe à poisson et son efficacité seraient aussi important à acquérir.

4.1.2. Sur les affluents

Le franchissement des seuils au niveau de certaines confluences conditionne encore l'accès aux frayères sur les affluents concernés et reste difficile pour l'Alose dans certaines conditions hydrologiques.

La CNR prévoit de nouveaux dispositifs de franchissement d'ici 2018 afin de favoriser le franchissement piscicole sur :

- Le seuil de Beaucaire (RCC de Vallabrègues) qui conditionne l'accès au Gardon
- Le seuil de Courtine sur la Durance,
- Le seuil de la confluence de l'Ouvèze
- Le seuil de Codolet pour la confluence de la Cèze.

Le Gardon a été rendu accessible aux aloses à partir de 2012 avec l'aménagement du seuil de la confluence à Comps et une étude multi-partenaire pilotée par MRM de 2012 à 2015 a montré que la colonisation du cours d'eau par l'Alose est conditionnée par le franchissement du seuil de Beaucaire sur le Rhône court-circuité de Vallabrègues (Mutel *et al.*, 2016a).

Le réaménagement de ce seuil sera donc une étape majeure pour la colonisation du Gardon par l'Alose. Le linéaire accessible et la colonisation de cet axe devraient rapidement augmenter dans les années qui viennent car le seuil fusible de Lafoux a été détruit en octobre 2016 et un projet de reprise de la passe à poissons de Remoulins est en cours.

D'ici 2020-2021, la confluence de l'Ouvèze sera reprise et permettra une colonisation de ce cours d'eau dont les potentialités d'accueil pour l'Alose ont été démontrée (Campton *et al.*, 2017). Une étude de la recolonisation de ce cours d'eau par l'Alose pourra être entreprise sur le même principe que celle qui avait été conduite sur le Gardon entre 2012 et 2015 (Mutel *et al.*, 2016a).

Pour la Cèze, la conception du dispositif du seuil de Codolet est mentionnée comme problématique depuis plusieurs années maintenant (Marty *et al.*, 2012). La difficulté de franchissement semble être accentuée par les éclusées énergétiques (marnages) qui modifient les écoulements en entrée piscicole et dans la passe (hauteur de chute). Des discussions sont en cours pour l'aménagement du seuil de Chusclan plus en amont, unique ouvrage bloquant pour l'Alose sur le linéaire historiquement colonisé de la Cèze.

Sur l'Ardèche à Pont Saint Esprit, il semble depuis plusieurs années maintenant que la lame d'eau soit trop faible lorsque l'étiage est très marqué pour assurer le franchissement du seuil de la confluence.

Il en est de même pour le seuil de Saint-Julien-de-Peyrolas. La passe à poissons de Saint-Martin-d'Ardèche peut-être difficilement franchissable à cause d'un atterrissement en amont de l'entrée hydraulique. Il limite le débit d'alimentation de la passe et donc son attractivité.

Cette même problématique avait été observée au niveau de la passe à poissons de Comps (CNR) sur le Gardon et avait été résolue par la création d'un chenal amont pour faciliter les écoulements dans la passe.

Ces questions concernant le franchissement des trois seuils aval sont récurrentes depuis que l'activité sur les frayères à l'amont des gorges est très faible et semblent de plus en plus se justifier avec la progression de l'atterrissement en amont du seuil de St-Martin et l'absence de reproduction sur l'Ardèche cette année.






4.2. Ontogénèse

De même que la continuité écologique conditionne l'accès aux zones de reproduction, la qualité des habitats disponibles conditionne le devenir du produit de la reproduction. Le développement des œufs, la survie des juvéniles puis la phase de croissance marine sont ainsi des facteurs qui influencent largement la structure de la population.

L'ontogénèse demeure une grande inconnue pour l'Alose sur le bassin du Rhône. Particulièrement difficile à étudier dans le milieu naturel (Casanova *et al.*, 2010) ou en milieu contrôlé, il apparaît difficile de définir des seuils de qualité pour le bon développement des œufs. La température et la salinité ont été les facteurs les plus étudiés sur le genre *Alosa* (Bardonnet et Jatteau, 2008; Leach et Houde, 1999; Leguen *et al.*, 2007; Navarro *et al.*, 2014).

Une étude sur des aloses américaines (*A. pseudoharengus* et *A. aestivalis*) met en évidence que les conditions du milieu expliquent entre 40 et 80% de l'abondance en juvéniles (Tommasi *et al.*, 2015). Il s'agit cependant d'une première approche qui devra être conforté par davantage d'études de terrain et de laboratoire ciblées. Le débit et la température des rivières au début de l'été exerçaient la plus grande influence, soulignant l'importance des habitats pour le développement larvaire. Dans certains réseaux, les conditions estivales ou automnales étaient également déterminantes pour la survie, donnant à penser que d'autres facteurs du milieu influencent le frai des adultes et le départ des juvéniles des habitats de croissances en eau douce.

Ainsi, même si les préférendum physico-chimique des aloses ne sont pas encore totalement connus, les paramètres suivants sont largement reconnus pour avoir une influence, seul ou cumulés, sur l'ontogénèse :

-  Oxygène dissous (mg/L)
-  Température (°C)
-  Conductivité (à 25°C)
-  Turbidité (taux de matière en suspension)
-  Potentiel hydrogène (pH)

A partir de ces informations, il apparaît important de commencer à suivre et centraliser certains de ces paramètres physico-chimiques mesurés sur des sites permettant de donner une image globale des zones de reproduction, de croissance et de déplacements des aloses adultes (géniteurs) et juvéniles (aloses).

Certaines associations migrateurs ont initié ce travail sur leurs sites de suivi (Charente-Seudre notamment). L'idéal serait de pouvoir récupérer des données historiques pour être capable de donner des tendances sur les évolutions à partir des données de suivi disponibles.

4.3. Phase marine

La dévalaison et l'adaptation au changement de salinité sont peu connus. De même que la phase marine et le stock en mer, en particulier les déplacements, les zones de regroupement et le comportement à l'approche des estuaires.

Dans le cadre d'investigations menées par MRM pour le compte de l'AFB sur les amphihalins en Méditerranée, il ressort qu'en raison des grands investissements déployés pour la restauration de la continuité, des structures locales (syndicats, aires marines protégées, parcs régionaux) mènent des actions de proximité avec les pêcheurs professionnels pour acquérir des informations concernant l'Alose en mer et au niveau des embouchures.

Il est aujourd'hui particulièrement important de centraliser les données disponibles et mettre en commun ce retour d'expérience pour comprendre le fonctionnement à échelle plus globale. Il faut en effet rappeler que selon les connaissances actuelles, il s'agit d'une seule population de l'Aude jusqu'à l'axe Rhône (Le Corre *et al.*, 2000).

Bien qu'il n'y ait pas d'analyses d'individus issus des cours d'eau des Pyrénées-Orientales ou du Var (Argens notamment), il y aurait un marqueur génétique mineur commun entre les aloses de l'Ebre (Espagne) et les aloses du Rhône, signe qu'il y a (ou aurait eu) des échanges entre les deux territoires (Andree *et al.*, 2011; Sotelo *et al.*, 2014).

Un suivi des captures en mer pourrait apporter des informations sur le stock de la population, de la même manière que ce qui est fait à partir des suivis de la pêche à ligne sur la phase continentale. Par exemple, le suivi des captures en mer en Lituanie a permis de démontrer une augmentation du stock d'Aloses (Repecka, 2012). Aux États-Unis, le suivi de la pêche en mer est aussi largement utilisé pour étudier l'état de la population d'Aloses (Cournane *et al.*, 2013; Hasselman *et al.*, 2015; Payne Wynne *et al.*, 2015).

Une étude de faisabilité pour l'utilisation de la microchimie des otolithes est prévue pour la campagne 2019. A terme, la microchimie et la génétique pourrait permettre d'identifier la provenance géographique (cours d'eau d'origine) des Aloses capturées en mer.

Ceci pourrait permettre d'identifier i) la proportion de homing et la dispersion géographique sur le bassin méditerranéen, ii) la contribution relative des différents cours d'eau à la structure de la population, iii) un suivi des captures en mer à partir de prélèvements et iv) le comportement en mer, notamment sur la stratégie de déplacement et de recherche de nourriture, dont un premier modèle a été initié par l'université de Perpignan (Guizien *et al.*, 2015).

Indirectement, l'analyse de la microchimie des otolithes pourrait aussi permettre de préciser les traits d'histoire de vie et la stratégie de dévalaison des juvéniles sur la façade méditerranéenne. Une telle étude a été menée sur le façade atlantique (Lochet, 2006; Lochet *et al.*, 2008, 2009), mais les cours d'eau méditerranéens ont la particularité d'avoir des étiages très marqués, des crues importantes mais de courte durée, et surtout l'absence de marées dynamiques. A noter que des alosons sont régulièrement capturés dans les lagunes méditerranéennes (Crivelli et Poizat, 2001), qui ont là encore un fonctionnement écologique unique.

Une meilleure compréhension de la phase marine est identifiée par le PLAGEPOMI. En effet les linéaires importants prochainement décloisonnés sur le Rhône et les fleuves côtiers Languedocien (Orb et Hérault en particulier), auront potentiellement des conséquences importantes sur la dispersion des Aloses et donc sur l'interprétation des suivis.

4.4. Présence du Silure glane (*Silurus glanus*)

Les investigations menées en France sur le Silure ne permettent pas de dégager des conclusions concernant un éventuel impact sur la population d'Alose, sauf pour certains cas très particuliers.

Sur la Garonne, au droit d'obstacles comme Golfech, les poissons migrateurs amphihalins peuvent contribuer jusqu'à 50% du régime alimentaire printanier du Silure (principalement *Alosa alosa* et *Liza ramada*) (Syväranta *et al.*, 2009, 2010).

Une étude sur le régime alimentaire du Silure dans la Garonne et la Dordogne (Guillerault *et al.*, 2015) confirme que :

- Les silures consomment des migrateurs anadromes et que cette consommation augmente avec la taille des individus
- Les silures présents à l'aval du barrage de Golfech ne se spécialisent pas pour autant dans la consommation des migrateurs, confirmant le côté opportuniste et généraliste de son régime alimentaire (Copp *et al.*, 2009).
- Les résultats ne permettent pas de statuer sur le rôle du Silure dans la dynamique des populations de poissons anadrome sur le bassin Garonne-Dordogne.

Les prélèvements stomacaux sur les silures du bas Rhône démontrent que 67% des poissons sont des mulets, suivi des carpes et carassins (Tanzilli et Faure, 2016). La population de silure du bassin a connu une augmentation très importante depuis 30 ans (nombre d'individus ; aire de répartition) qui commencerait à se stabiliser du fait de la présence de très gros individus notamment (Tanzilli et Faure, 2016). Il s'agit d'une espèce allochtone qui ne dispose d'aucun prédateur, si ce n'est elle même : les gros silures se nourrissent d'un nombre important de leurs congénères plus petits, régulant ainsi la population.

Lors du suivi de la reproduction des aloses sur le bassin du Rhône, la présence de silures et le nombre de bulls attaqués sont intégrés aux fiches de terrain depuis 2012. Cette année encore, des silures ont été observés sur les frayères de la Cèze et du Gardon.

L'Ardèche semble être épargnée par la présence du Silure, ce qui souligne l'importance

de rouvrir l'accès à des frayères naturelles. La partie amont de la Cèze et des gorges du Gardon sont des habitats qui *a priori* ne conviennent pas aux silures qui affectionnent plutôt les grands milieux à faible courant et aux zones profondes qui servent de refuges (Copp *et al.*, 2009). Ces milieux sont rares sur les affluents rive droite du Rhône, si ce n'est à proximité des confluences ou sur les zones d'influences des ouvrages transversaux.

A titre de comparaison sur le Vidourle, la proportion de bulls attaqués par les silures est dénombrée depuis 2011 et est comprise entre 5 et 50 % (Adam *et al.*, 2018). Il convient de noter que la simple présence des silures sur les frayères du Vidourle peut conduire à l'avortement de certains bulls. La quantification des « attaques » ne reflète donc que partiellement l'effet négatif du Silure glane sur la population d'Alose feinte du Rhône.

Il est ainsi certain que le silure a un impact sur les Aloses sur les frayères de substitutions, que ce soit par prédation directe ou par « effarouchement » et donc perturbation du déroulement de la reproduction.

Néanmoins, la prédation des aloses par le Silure ne peut être considérée comme l'unique responsable de la diminution de l'activité observée sur les frayères suivies. Elle est notamment amplifiée par l'accumulation d'aloses et de silures sur les frayères de substitution en aval des ouvrages (blocage ou retard à la migration). En effet, l'impact du silure est considéré comme négligeable sur un milieu naturel sans obstacle à la migration. La perturbation est donc clairement favorisée par la présence d'obstacles qui favorisent la concentration des poissons, le silure étant avant tout opportuniste (Copp *et al.*, 2009).

L'impact du Silure sur les migrateurs doit donc être étudié sur des points particuliers, mais ne doit en aucun cas constituer un prétexte pour ne pas agir sur les problèmes largement admis que rencontrent les poissons migrateurs : l'accès à des zones de reproduction de qualité. Enfin, il semble aussi acquis que vouloir « contenir » la population de silure ne constitue pas une solution envisageable et réaliste.

4.5. Évolution des suivis

4.5.1. Représentativité des sites de suivi

Avec maintenant près de 20 ans de données sur certains sites, le suivi de la reproduction de l'Alose reste indispensable pour évaluer l'évolution de la population d'Alose à l'échelle du bassin. Le dispositif de suivi du PLAGEPOMI mis en place à partir de 2016 permet une meilleure couverture spatiale du bassin du Rhône. Le réel intérêt de ce suivi quantitatif apparaissant lorsqu'une chronique de données est suffisamment longue pour refléter et comprendre les variations interannuelles (tant les variables environnementales que biologiques).

Il faudra toutefois rester vigilant dans les années à venir pour parvenir à caractériser la représentativité des résultats obtenus sur les frayères de référence du PLAGEPOMI. En effet, avec l'augmentation du linéaire accessible, il n'est pas possible (et ne l'a probablement jamais été) de suivre toutes les frayères potentiellement actives, comme on a pu le voir en 2016 avec une reproduction importante sur l'Ardèche aval ou sur la Cèze où la reproduction est parfois importante malgré le linéaire accessible très limité. Ceci démontre la complexité de mettre en place un dispositif de suivi représentatif de la population d'Aloses et la nécessité de pérenniser ces suivis.

L'actualisation des connaissances des habitats de reproduction favorables à la reproduction de l'Alose sur les ZAP du bassin Rhône-Méditerranée permettra de mieux appréhender la représentativité des résultats obtenus.

Les résultats de ces dernières années démontrent que les sites suivis sont appropriés et permettent de distinguer le schéma de migration et de reproduction. Par exemple, la reproduction a été observée sur le Gardon malgré des conditions hydrologiques peu favorables. Ainsi, même si des poissons ont été observés en amont (à Remoulins), la frayère de Fournès semble effectivement permettre à ce jour de suivre l'évolution interannuelle de la colonisation du Gardon par l'Alose.

Pour la campagne 2019, certaines adaptations sont envisagées pour affiner l'interprétation des observations sur les frayères historiques, d'autant plus que la passe à poissons de Sauveterre sera en service.

Sur la Cèze, une prospection en alternance entre les sites de suivis sera reconduite.

Sur l'Ardèche, le suivi quantitatif à Salavas-Ibie est reconduit en accord avec les attentes du PLAGEPOMI. En cas d'absence de reproduction, une alternance au cours de la même nuit avec la frayère de Petite-Mer voire de Paravalos pourra être envisagée. Les prospections en aval des Gorges sur la frayère de Sauze particulièrement active en 2016 et 2017 pourra être reconduite pour la campagne 2019. Un site de prospection pourrait être ajouté à l'aval du seuil de Sampzon équipé d'une passe à poissons potentiellement limitante pour l'Alose (fentes étroite, lame d'eau peu profonde en attrait).

De la même manière, les frayères naturelles du Vieux Rhône de Donzère seront prospectées plus largement jusqu'à identifier des signes de présences d'Alose comme cela a été le cas cette année. Le suivi quantitatif au niveau du barrage est maintenu.

D'autre part, un suivi sur la Durance sera conduit par la fédération de pêche des Bouches du Rhône. La FDAAPPMA 30 met en place le suivi sur le Gardon en 2019.

4.5.2. REX opérationnel sur le transfert de MOA

La maîtrise d'ouvrage des suivis de la reproduction, jusqu'à aujourd'hui portés par MRM a vocation à être transféré aux partenaires locaux (fédérations départementales de pêche notamment). Ceci est une demande de la part de la DREAL et des financeurs des actions du PLAGEPOMI, qui vise d'une part à permettre notamment une appropriation locale des enjeux migrateurs et d'autre part d'obtenir des financements auxquels MRM a plus de difficulté à accéder qu'une structure locale.

Ce transfert de maîtrise d'ouvrage vise aussi à recentrer le rôle de MRM sur la coordination à l'échelle du bassin de l'ensemble des suivis et l'accompagnement des partenaires locaux.

D'un point de vue technique, le suivi et la coordination entre les maîtres d'ouvrages (FDAAPPMA) et MRM se passe très bien. L'utilisation de tableur partagé en ligne permet de partager les résultats entre l'ensemble des opérateurs et d'actualiser régulièrement l'observatoire.

4.5.3. Techniques alternatives et complémentaires

Les avancées réalisées pour l'utilisation des méthodes acoustiques pour le suivi de la reproduction s'avèrent prometteuses en couplant avec un suivi manuel (Mutel *et al.*, 2017b). Un déploiement des stations d'enregistrements sur l'ensemble des sites sera de nouveau réalisé en 2019. Une utilisation en routine pourrait permettre à court terme de multiplier le nombre de sites de suivi sans pour autant augmenter le budget alloué à ces suivis. Une concertation avec les autres associations migrateurs qui utilisent des stations d'enregistrements est en cours pour bénéficier de leur retour d'expérience.

L'optimisation du suivi de la population d'Alose et la réduction des coûts pourraient aussi passer par l'utilisation de l'ADN environnemental, en particulier au niveau du front de colonisation de l'Ardèche, où les prospections amont semblent peu pertinentes par rapport aux résultats obtenus (et aux moyens humains déployés). A termes, sur l'Eyrieux et la Drôme, la mise en place de suivi de la reproduction apparaît difficile tant le nombre de frayères potentielles est important. Sur ces sites, il serait possible de réaliser des prélèvements ADN pour valider le franchissement des ouvrages et démontrer la colonisation de ces nouveaux territoires. Pour un coût d'environ 1000 € l'analyse, le rapport coût/bénéfice est très intéressant. Le résultat obtenu est simplement un signe présence/ absence, ce qui est également le cas lors des prospections qualitatives (Dejean *et al.*, 2011; Miaud *et al.*, 2012).

Le suivi vidéo de la passe à poissons de Sauveterre apporte des informations quantitatives très intéressantes mais il est encore difficile de savoir si cela a permis de maximiser les effectifs en amont. L'analyse du videocomptage de la PCH du Pouzin de février à fin juin 2018 n'a pas permis d'observer d'aloses.

Le PLAGEPOMI identifie des stations de vidéo-comptage sur le bassin du Rhône, mais des stations complémentaires pourraient être réalisées localement selon les volontés et opportunités locales.

Un suivi vidéo serait aussi intéressant sur le Gardon à Bonicoli, qui est la seule passe à poissons sur le Gardon actuellement qui pourrait accueillir un système de suivi vidéo et dont l'emplacement serait stratégique pour comptabiliser le nombre de géniteurs. En effet, il s'agit du premier affluent du Rhône dont l'accès ne nécessite pas le franchissement d'un ouvrage hydroélectrique et l'ouvrage de Bonicoli se situe à l'aval des premières zones de reproduction favorables. D'ici 2020, un linéaire important très favorable à la reproduction sera accessible aux aloses avec la reprise de la passe à poissons de Remoulins et le seuil de Beaucaire sur le Rhône.

La restauration de la continuité sur la Durance avance significativement. Le choix des dispositifs de franchissement n'est pas encore arrêté. En fonction, une station de comptage pourra être envisagée sur les seuils 67 ou 68, ou à défaut sur le seuil de Bompas qui sera lui équipé d'une passe à bassins. Il convient d'ores et déjà d'en informer EDF pour inclure une station au dispositif.

L'orientation 4 du PLAGEPOMI identifie un besoin d'identifier les voies de montaison privilégiées par les géniteurs en menant notamment une nouvelle étude de radiopistage.

La télémétrie radio ou acoustique est utilisée pour préciser le comportement de migration et l'efficacité de certains ouvrages clés, dont les écluses. Il s'agit toutefois de manipulations complexes à mettre en œuvre, mais qui sont indispensables pour la compréhension de la migration et optimiser le fonctionnement des ouvrages.

L'Alose feinte est particulièrement sensible à la manipulation, par rapport à la grande Alose ou aux aloses américaines. En France, seulement deux études de radiopistages ont été entreprises avec des Aloses (Courret et Chanseau, 2015; Roche *et al.*, 2007).

Un groupe de chercheurs Belges a réussi un marquage acoustique externe qui semble relativement prometteur, car la manipulation ne nécessiterait pas d'anesthésie de l'Alose, phase particulièrement critique de tout marquage (Breine *et al.*, 2017), contrairement à l'implantation intra gastrique habituellement utilisée.

Enfin, concernant un éventuel marquage passif (RFID), il semblerait intéressant d'expérimenter un implant gastrique, avec anesthésie mais pas de chirurgie (Castro-Santos et Vono, 2013). La télémétrie passive est très largement utilisée pour étudier plus finement l'efficacité des dispositifs de franchissement. Cette technique pourrait être judicieusement utilisée avec d'autres espèces piscicoles. La passe de Sauveterre et des passes à macro-rugosité (Future passe du seuil de Beaucaire ou de Remoulins sur le Gardon, ou encore de la confluence de l'Ouvèze) pourraient être évaluées dans une étude globale à l'échelle de l'axe Rhône.

Conclusion

Le suivi quantitatif de la reproduction de l'Alose sur le bassin du Rhône a été conduit en 2018 sur l'ensemble des sites identifiés au PLAGEPOMI excepté sur le Gardon (défaut de portage, quelques nuits de prospections qualitatives ont été néanmoins prévues par la Fédération de pêche du Gard).

La Cèze a été le principal site de reproduction et le suivi de la pêcherie à la ligne a montré la colonisation importante du Gardon. La Durance semble avoir été aussi significativement colonisée malgré des restitutions importantes durant toute la période de reproduction.

Sur la Cèze, l'adaptation de la stratégie de suivi de 2017 (alternance de frayères en raison de l'absence d'observation de bulls malgré des captures à la ligne) s'est avérée judicieuse puisqu'il s'agit du site où le nombre de bulls observé est le plus important cette année.

Sur l'Ardèche, aucun signe de présence d'aloses en amont des gorges n'a été observé malgré le suivi quantitatif de la reproduction à Salavas-Ibie et Petite Mer et des prospections au niveau du seuil de Sous-Roche (présence avérée en 2015). Les prospections réalisées en aval des gorges n'ont pas permis d'observer de la reproduction et questionnent sur le franchissement des 3 seuils aval de l'Ardèche.

Sur le Vieux-Rhône de Donzère, aucun bull n'a été observé au barrage, mais les prospections témoignent de la présence de géniteurs sur la frayère du Fraou avec 8 bulls en 2 nuits.

L'hydrologie et la température sont une nouvelle fois les principaux facteurs qui expliquent en partie les observations effectuées lors de cette campagne. Les débits importants ont probablement favorisé la colonisation des affluents avals.

Le blocage au niveau de l'usine de Sauveterre a été limité, comme en témoignent les captures à l'aval et l'observation de reproduction sur la Cèze. Les surverses au barrage de Caderousse ont probablement limité la colonisation des sites amont (Ardèche et Vieux Rhône de Donzère notamment).

Des analyses interannuelles témoignent de l'intérêt de suivi pérenne à l'échelle du bassin. Toutefois, des analyses plus fines couplant les observations issues du suivi de la pêcherie et des conditions environnementales permettraient d'aboutir à une meilleure compréhension de la migration, de la reproduction et *in fine* du fonctionnement de la population d'Alose du bassin du Rhône.

A terme, avec l'augmentation du linéaire accessible, le suivi de la reproduction à lui seul risque d'atteindre ses limites de représentativité et il sera difficile d'appréhender la reproduction à l'échelle du bassin.

L'utilisation d'outils complémentaires comme le vidéo-comptage (cas de Sauveterre) apportera des informations cruciales. En ce sens, une station de vidéo-comptage sur le Gardon semble de plus en plus nécessaire, même si le site n'est pas identifié au PLAGEPOMI.

De nouvelles techniques pourraient aussi être envisagées, en particulier la recherche d'ADN environnemental sur les secteurs les plus amont pour obtenir des informations de présence /absence (fronts de colonisation).

Les avancées de l'utilisation du dispositif de suivi de la reproduction par des enregistrements acoustiques pourraient enfin permettre de multiplier le nombre de sites de suivi sans pour autant nécessiter une augmentation des moyens humains trop importante. Le dispositif n'apparaît toutefois pas encore opérationnel.

Enfin, il conviendrait d'envisager de suivre ou de répertorier les stations de suivis des paramètres physico-chimiques à proximité des principales frayères actives afin d'appréhender le succès reproducteur et la croissance des juvéniles qui déterminent à terme l'évolution de la population d'Alose.

Les connaissances sur la phase marine devront aussi être développées, à travers le suivi des captures en mer ou l'utilisation de la microchimie des otolithes, qui représentent des perspectives intéressantes pour une approche globale et intégrée du suivi de la population d'Alose à l'échelle du bassin Rhône-Méditerranée.

Références bibliographiques

- Abdallah, Y., Thionel-Delrieu, E., et Lebel, I. 2012. Contribution à l'analyse du gain écologique de la réouverture de la basse Durance pour les migrateurs amphihalins. Association Migrateurs Rhône Méditerranée. 107 pp.
- Andree, K. B., Angel Lopéz, M., Alexandrino, P., Faria, R., et Gisbert, E. 2011. A preliminary genetic analysis of a recently rediscovered population of the Twaite shad (*Alosa fallax*) in the Ebro river, Spain (Western Mediterranean). *Journal of Applied Ichthyology*, 27: 21–23.
- Aprahamian, M. W., et Aprahamian, C. D. 2001. the Influence of Water Temperature and Flow on Year Class Strength of Twaite Shad (*Alosa fallax fallax*) From the River Severn, England. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*: 953–972.
- Aprahamian, M. W., Baglinière, J. L., Sabatier, R., Alexandrino, P., et Aprahamian, C. D. 2002. Synopsis of Biological Data on *Alosa alosa* and *Alosa fallax* spp. Environment Agency UMR INRA-ENSA ENSAR University of Porto. 314 pp.
- Baglinière, J. L., et Elie, P. 2000. Les Aloses (*Alosa alosa* et *Alosa fallax* spp.). Quae Edition-Cemagref/Inra. 278 pp.
- Bardonnnet, A., et Jatteau, P. 2008. Salinity tolerance in young Allis shad larvae (*Alosa alosa* L.). *Ecology of Freshwater Fish*, 17: 193–197.
- Boyer, S., Guerri, O., et Pustelnik, G. 2000. Situation des programmes migrateurs sur l'ensemble des bassins versants Garonne et Dordogne. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 357: 323–344.
- Breine, J., Pauwels, I. S., Verhelst, P., Vandamme, L., Baeyens, R., Reubens, J., et Coeck, J. 2017. Successful external acoustic tagging of twaite shad *Alosa fallax* (Lacépède 1803). *Fisheries Research*, 191: 36–40. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165783617300632>.
- Brochard, E., Peyronnet, V., Delhom, J., et Abdallah, Y. 2014. Suivi 2013 de la reproduction de l'Alose feinte du Rhône sur la rivière Ardèche. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée et FDAAPPMA07. 44 pp.
- Campton, P., Georgeon, M., Abdallah, Y., et Lebel, I. 2017. Caractérisation des enjeux migrateurs sur l'Ouvèze Provençale, Contrat de rivière de l'Ouvèze., Volet Grands migrateurs de l'action B1_2 : Diagnostic piscicole du bassin de l'Ouvèze. Association Migrateurs Rhône Méditerranée. 22 pp.
- Casanova, F., Le Gurun, L., Abdallah, Y., et Lebel, I. 2010. Évaluation du succès reproducteur sur les frayères d'Alose feinte du Rhône (*Alosa fallax rhodanensis*, Roule, 1924) sur le bassin Rhône-Méditerranée - Campagne d'études 2009. Association Migrateurs Rhône Méditerranée. 42 pp.
- Cassou-Leins, F., Cassou-Leins, J. J., Boisneau, P., et Baglinière, J. L. 2000. La reproduction. *In* Les Aloses, Cemagref-I, pp. 73–92. Éd. par J. L. Baglinière et P. Elie. Cemagref/Inra.
- Castro-Santos, T., et Vono, V. 2013. Posthandling Survival and PIT Tag Retention by Alewives—A Comparison of Gastric and Surgical Implants. *North American Journal of Fisheries Management*, 33: 790–794.
- Champalbert, E. 1998. Les frayères potentielles d'Aloses sur les bas et moyens Gardons. Association Migrateurs Rhône Méditerranée. 54 + annexes pp.
- Copp, G. H., Robert Britton, J., Cucherousset, J., García-Berthou, E., Kirk, R., Peeler, E., et Stakenas, S. 2009. Voracious invader or benign feline? A review of the environmental biology of European catfish *Silurus glanis* in its native and introduced ranges. *Fish and Fisheries*, 10: 252–282.

- Cournane, J. M., Kritzer, J. P., et Correia, S. J. 2013. Spatial and temporal patterns of anadromous alosine bycatch in the US Atlantic herring fishery. *Fisheries Research*, 141: 88–94. Elsevier B.V. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2012.08.001>.
- Courret, D., et Chanseau, M. 2015. Obstacles à la circulation : l'approche française et le cas de la Dordogne. *In* Colloque international sur l'Etude, la restauration et la gestion de l'Alose, p. 20. Bergrac.
- Crivelli, A. J., et Poizat, G. 2001. Timing of migration and exceptional growth of Yoy *Alosa fallax rhodanensis* (Roule, 1924) in a lagoon in southern France. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*: 761–772.
- de Groot, S. J. 2002. A review of the past and present status of anadromous fish species in The Netherlands: is restocking the Rhine feasible? *Hydrobiologia*, 478: 205–218.
- Dejean, T., Valentini, A., Duparc, A., Pellier-Cuit, S., Pompanon, F., Taberlet, P., et Miaud, C. 2011. Persistence of Environmental DNA in Freshwater Ecosystems. *PLoS ONE*, 6: e23398. <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0023398>.
- Delcourt, K., Grangier, P., Delhom, J., et Abdallah, Y. 2014. Suivi quantitatif de la frayère d'Aloses du barrage de Donzère - Campagne 2013. Association Migrateurs Rhône Méditerranée et Association ECATE. 45 pp.
- Delsaux, T., Roure, F., et Mosseri, J. 2015. Suivi Biologique de la reproduction d'*Alosa fallax rhodanensis* sur la Durance aval, seuil de Callet - Campagne 2015. EDF et Geco Ingénierie. 23pp.
- Freyhof, J., et Kottelat, M. 2008. *Alosa fallax*. e.T904A13092303 (Consulté le 5 avril 2017).
- Gendre, L., Menella, J., et Corrao, B. 1997a. Suivi de la dévalaison des alosons. Campagne d'étude 1995. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 40 pp.
- Gendre, L., Menella, J., et Dumas, C. 1997b. Suivi de la Reproduction de l'Alose feinte du Rhône. Campagne 1995. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 46 pp.
- Genoud, D. 1996. Suivi des Frayères potentielles d'Aloses sur la Rivière Ardèche en Aval de Saint-Martin et le Rhône Court-Circuité. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 19 pp.
- Gerken, M., et Thiel, R. 2001. Habitat use of age - 0 Twaite shad (*Alosa fallax*, Lacépède, 1803) in the tidal freshwater region of the Elbe river, Germany. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*: 773–784. <http://www.kmae-journal.org/10.1051/kmae:2001018>.
- Groux, F., Therrien, J., Chanseau, M., Courret, D., et Tétard, S. 2015. Actualisation des connaissances sur l'efficacité et la conception des dispositifs de montaison pour l'Alose - Projet LIFE09 NAT/DE/000008 - Conservation and restoration of the Allis shad in the Gironde and Rhine watersheds – Action A1. Rapport de WSP à l'ONEMA. 85 pp.
- Guillerault, N., Delmotte, S., Poulet, N., et Santoul, F. 2015. Etudes des interactions du Silure glane (*Silurus glanis*) avec l'ichtyofaune métropolitaine. ONEMA et ECOLAB. 51 pp.
- Guizien, K., Conchon, A., Carpentier, A., Acou, A., Reveillac, E., et Feunteun, E. 2015. Coupling metapopulation modelling and population genetics to guide *Alosa fallax* protection in the Gulf of Lions. *In* ASLO Aquatic Sciences Meeting, 22-27 February 2015. Granada, SPAIN.
- Hasselman, D. J., Anderson, E. C., Argo, E. E., Bethoney, N. D., Gephard, S. R., Post, D. M., Schondelmeier, B. P., et al. 2015. Genetic stock composition of marine bycatch reveals disproportional impacts on depleted river herring genetic stocks. *Can. J. Fish and Aquatic Science*, 13: 1–44.

- Hoestlandt, H. 1958. Reproduction de l'aloise atlantique (*Alosa alosa* Linné) et transfert au bassin méditerranéen. Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie, 13: 736–742.
- Joyeux, A., Delhom, J., et Abdallah, Y. 2013. Etude de la recolonisation du Gardon par l'Alose feinte du Rhône – Campagne d'études 2013. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 65 pp.
- Leach, S. D., et Houde, E. D. 1999. Effects of environmental factors on survival, growth, and production of American shad larvae. Journal of Fish Biology, 54: 767–786.
- Le Corre, M., Alexandrino, P., Sabatie, M. R., Aprahamian, M. W., et Baglinière, J.-L. 2005. Genetic characterisation of the Rhodanian twaite shad, *Alosa fallax rhodanensis*. Fisheries Management and Ecology, 12: 275–282.
- Le Corre, M., Baglinière, J.-L., Sabatié, R., Menella, J.-Y., et Pont, D. 1997. Données recentes sur les caractéristiques morphologiques et biologique de la population d'aloise feinte du Rhône (*Alosa fallax rhodanensis*, Roule, 1924). Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture: 527–545.
- Le Corre, M., Sabatié, R., et Baglinière, J.-L. 2000. Caractérisation démographique de populations d'*Alosa fallax rhodanensis* (Clupeidae) de la méditerranée française. Cybium, 24: 119–128.
- Lecerf, O., Gantier, S., Delhom, J., Roure, F., et Abdallah, Y. 2014. Suivi biologique de la reproduction de l'Alose (*Alosa fallax rhodanensis*) sur la basse Cèze et le Port de l'Ardoise (Rhône) - Campagne 2013. Association Migrateurs Rhône Méditerranée et GECO Ingénierie. 48 pp.
- Leguen, I., Véron, V., Sevellec, C., Azam, D., Sabatié, R., Prunet, P., et Baglinière, J. L. 2007. Development of hypoosmoregulatory ability in allis shad *Alosa alosa*. Journal of Fish Biology, 70: 630–637.
- Lochet, A. 2006. Devalaison des juveniles et tactiques gagnantes chez la Grande Alose (*Alosa alosa*) et l'Alose feinte (*Alosa fallax*) : Apports de la microchimie et de la microstructure des otolithes. Université Bordeaux I - Ecole Doctorale Sciences du Vivant-Geosciences-Sciences de l'environnement. 220 pp.
- Lochet, A., Boutry, S., et Rochard, E. 2009. Estuarine phase during seaward migration for allis shad *Alosa alosa* and twaite shad *Alosa fallax* future spawners. Ecology of Freshwater Fish, 18: 323–335. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0633.2008.00350.x>.
- Lochet, A., Jatteau, P., Tomás, J., et Rochard, E. 2008. Retrospective approach to investigating the early life history of a diadromous fish: allis shad *Alosa alosa* (L.) in the Gironde–Garonne–Dordogne watershed. Journal of Fish Biology, 72: 946–960. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1095-8649.2007.01776.x>.
- Marty, V., Richard, S., et Robin, M. 2012. Le seuil de Codolet (ROE 30979) - Fonctionnement actuel de la passe à poissons et proposition d'amélioration - Rapport technique. ONEMA. 32 pp.
- Menesson-Boisneau, C., Aprahamian, M. W., Sabatié, M. R., et Cassou-Leins, J. J. 2000. Biologie des aloses : Caractéristiques des adultes. In Les Aloses, pp. 33–53. Éd. par J. L. Baglinière et P. Elie. Cemagref, INRA.
- Miaud, C., Taberlet, P., et Dejean, T. 2012. ADN « environnemental » : un saut méthodologique pour les inventaires de la biodiversité. Sciences Eaux & Territoires, 6: 92–95.
- Mutel, M., Abdallah, Y., et Lebel, I. 2016a. Etude de la recolonisation du Bas Gardon par l'Alose feinte du Rhône – Bilan 2012 – 2015 - Rapport d'étude 2015. Association Migrateurs Rhône Méditerranée. 34 pp.
- Mutel, M., Abdallah, Y., et Lebel, I. 2016b. Suivi quantitatif des frayères d'aloses du bassin rhodanien- Campagne d'études 2015. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 41 pp.

- Mutel, M., Campton, P., et Lebel, I. 2017. Suivi de la reproduction de l'Alose sur le bassin du Rhône - Campagne d'études 2016. Association Migrateurs Rhône Méditerranée. 42 pp.
- Navarro, T., Carrapato, C., et Ribeiro, F. 2014. Effects of temperature, salinity and feeding frequency on growth and mortality of twaite shad (*Alosa fallax*) larvae. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems: 9. <http://www.kmae-journal.org/10.1051/kmae/2013089>.
- Payne Wynne, M. L., Wilson, K. A., et Limburg, K. E. 2015. Retrospective examination of habitat use by blueback herring (*Alosa aestivalis*) using otolith microchemical methods. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 72: 1073–1086. <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/cjfas-2014-0206>.
- Repecka, R. 2012. The recovery of twaite shad (*Alosa fallax*) population in Lithuania. In 2012 IEEE/OES Baltic International Symposium (BALTIC), pp. 1–6. IEEE.
- Rivoallan, D., et Campton, P. 2018. Suivi de la pecherie sur le bassin du Rhône - Campagne 2017. Association Migrateurs Rhône Méditerranée.
- Rivoallan, D., et Campton, P. 2019. Suivi de la pecherie sur le bassin du Rhône - Campagne 2018. Association Migrateurs Rhône Méditerranée.
- Roche, P., Balle, G., Brosse, L., Delhom, J., Gomez, P., Lebel, I., Subra, S., et al. 2007. Etude par radiopistage de la migration de l'Alose dans le Rhône aval - Synthèse 2004-2005-2006. CSP-CNR-Association MRM. 61 pp.
- Roussel, E., Abdallah, Y., et Lebel, I. 2013a. Analyses statistiques sur le jeu de données « Frayères aloses » en vue d'une réduction de l'effort de suivi. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée et Biotope, Arles. 41 pp.
- Roussel, E., Abdallah, Y., et Lebel, I. 2013b. Suivi de la pêche d'Alose feinte du Rhône (*Alosa fallax rhodanensis*) sur le bassin du Rhône. Campagne d'études 2013. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée et Biotope. 53p + annexes pp.
- Sola, E., Roure, F., Delhom, J., et Lebel, I. 2011. Suivi biologique de la reproduction d'*Alosa fallax rhodanensis* sur la basse Cèze - Campagne 2010. GECO Ingenierie et Association Migrateurs Rhone-Méditerranée. 41 pp.
- Sotelo, G., Andree, K. B., López, M. A., Alexandrino, P., et Gisbert, E. 2014. The puzzling demographic history and genetic differentiation of the twaite shad (*Alosa fallax*) in the Ebro River. Conservation Genetics, 15: 1037–1052. <http://link.springer.com/10.1007/s10592-014-0597-9>.
- Syväranta, J., Cucherousset, J., Kopp, D., Crivelli, A., Céréghino, R., et Santoul, F. 2010. Dietary breadth and trophic position of introduced European catfish *Silurus glanis* in the River Tarn (Garonne River basin), southwest France. Aquatic Biology, 8: 137–144.
- Syväranta, J., Cucherousset, J., Kopp, D., Martino, A., Céréghino, R., et Santoul, F. 2009. Contribution of anadromous fish to the diet of European catfish in a large river system. Die Naturwissenschaften, 96: 631–5. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19214467>.
- Tanzilli, J.-C., et Faure, J.-P. 2016. L'installation du silure dans le bassin du Rhône : Bilan de trois décennies de suivi de l'espèce. Fédération Départementale de Pêche du Rhône. 50 pp.
- Tommasi, D., Nye, J., Stock, C., Hare, J. A., Alexander, M., Drew, K., et Tierney, K. 2015. Effect of environmental conditions on juvenile recruitment of alewife (*Alosa pseudoharengus*) and blueback herring (*Alosa aestivalis*) in fresh water: a coastwide perspective. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 72: 1037–1047.
- UICN France, MNHN, SFI, et ONEMA. 2014. La Liste rouge des espèces menacées en France: 1–7.

Liste des tableaux

Tableau 1: Sites de suivi de la reproduction en 2018	3
Tableau 2: Caractéristiques des ouvrages présents sur le Bas-Gardon	5
Tableau 3: Caractérisation des ouvrages présents sur le linéaire accessible de la Durance	6
Tableau 4 : Caractérisation des ouvrages présents sur la Cèze	7
Tableau 5 : Caractéristiques des ouvrages présents sur l'Ardèche	9

Liste des figures

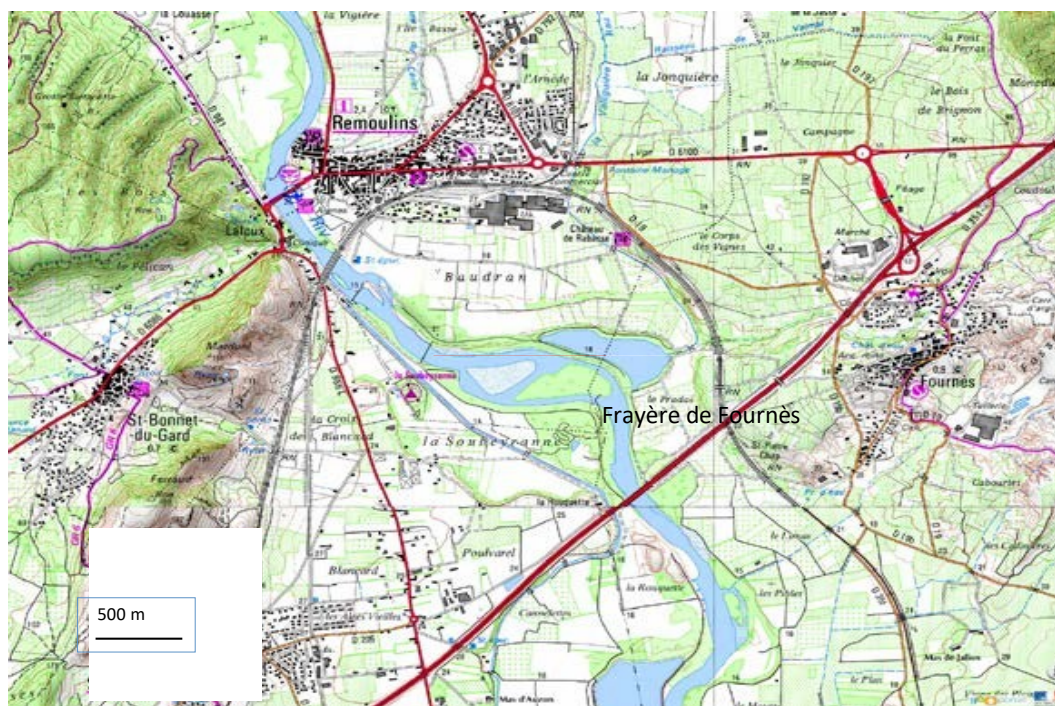
Figure 1 : Schéma d'une frayère à Alose (MRM)	2
Figure 2 : Acte de ponte ou « Bull » chez l'Alose feinte du Rhône (MRM)	3
Figure 3 : Localisation des sites de suivi en 2018 sur le bassin du Rhône	4
Figure 4 : Hydrologie du Rhône sur l'Aménagement de Vallabrègues (Source : CNR)	14
Figure 5 : Évolution de la température sur le Rhône au niveau de l'écluse de Vallabrègues (Source CNR)	15
Figure 6 : Nombre de bulls et hydrologie du Gardon (Données : CNR, BanqueHydro ; FDAAPPMA30)	16
Figure 7 : Schéma des différents bras d'Avignon et de la Durance (D'après Georgeon et al. ; 2017) .	16
Figure 8 : Évolution des débits et de l'activité de reproduction sur la Durance (EDF ; FDAAPPMA 13 et 84)	17
Figure 9 : Répartition des débits entre les différents bras d'Avignon et aloses en montaison à la passe à poissons de Sauveterre (Données CNR)	18
Figure 10 : Évolution du débit et de l'activité de reproduction sur la Cèze (Données : CNR, MRM) ...	18
Figure 11 : Répartition des débits sur l'étagage de Caderousse (Données : CNR, MRM)	19
Figure 11 : Évolution du débit au barrage de Donzère (Données : CNR)	19
Figure 11 : Nombre de bulls sur l'ensemble des sites de suivis depuis 2004	21

Liste des Annexes

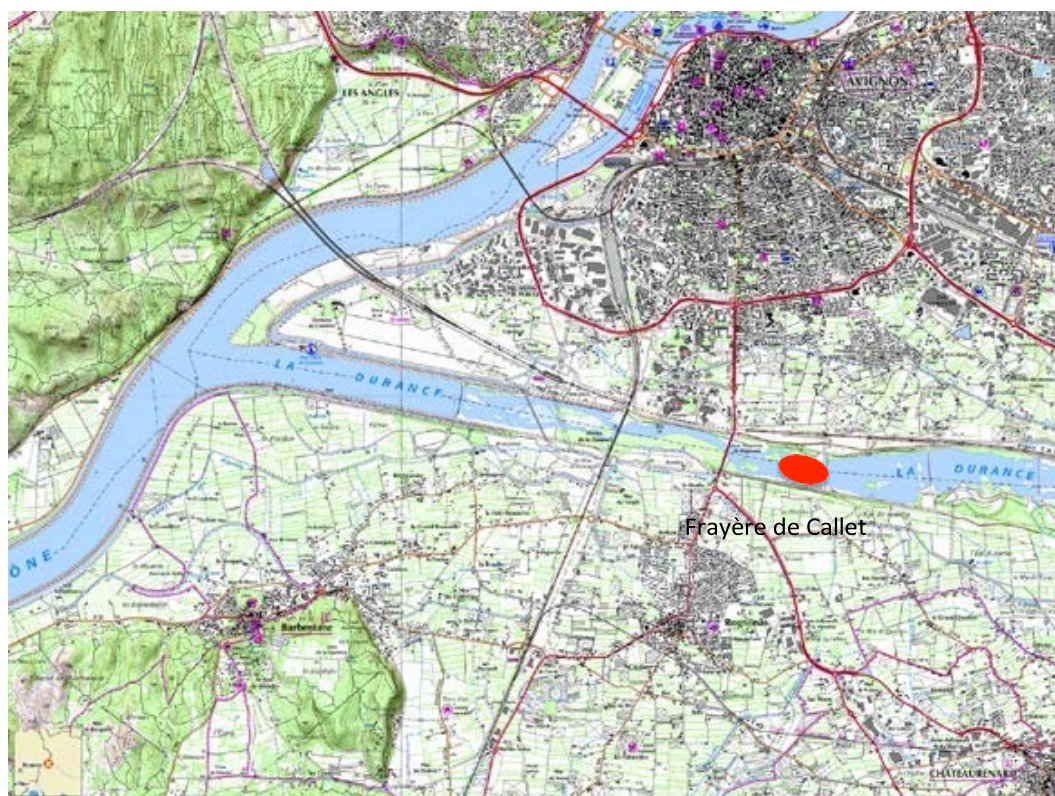
Annexe 1: Localisation de la frayère de Fournès sur le Gardon	39
Annexe 2: Localisation de la zone de suivi sur la Durance (©Geoportail)	39
Annexe 3: Localisation des frayères de Chusclan sur la Cèze (© Géoportail-IGN ; MRM)	40
Annexe 4: Localisation des frayères potentielles autour de Bourg-Saint-Andéol sur le Vieux-Rhône de Donzère (MRM)	40
Annexe 5: Localisation des sites de suivis de la reproduction de l'Alose sur l'Ardèche (©IGN-Géoportail ; MRM)	41
Annexe 6: Localisation de la frayère de Salavas-Ibie (Syndicat de Gestion des Gorges de l'Ardèche) 41	
Annexe 7: Localisation des frayères potentielles amont prospectées au niveau de Sous-Roche (©Google – MRM)	42
Annexe 8 : Localisation des sites de prospections aval sur l'Ardèche (©IGN-Géoportail – MRM).	42
Annexe 9 : Détail des étages du Rhône et des principaux dispositifs de franchissements en 2018....	43

Annexes

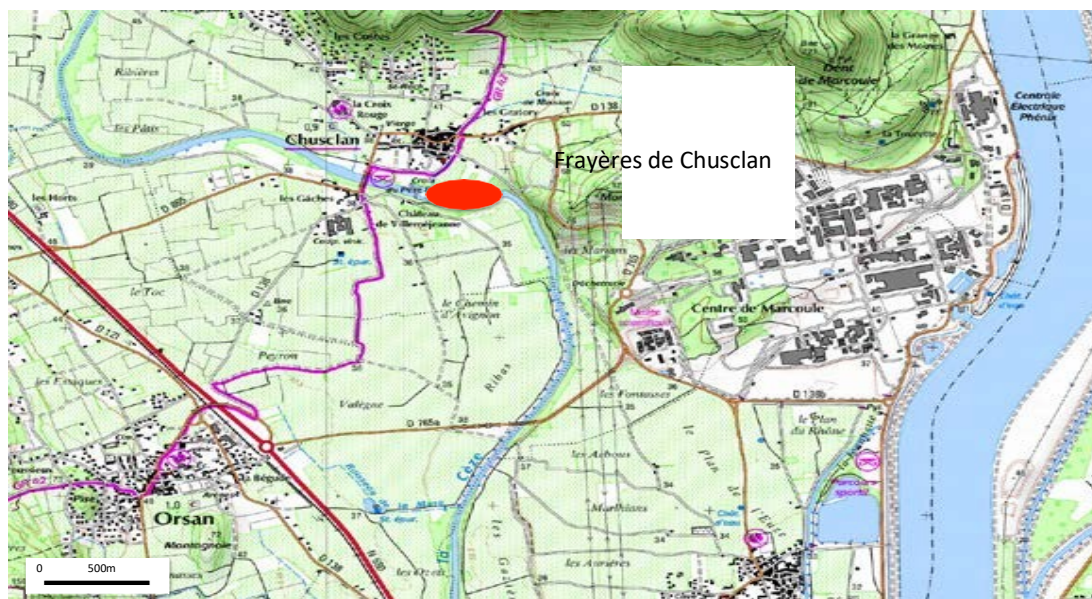
Annexe 1: Localisation de la frayère de Fournès sur le Gardon



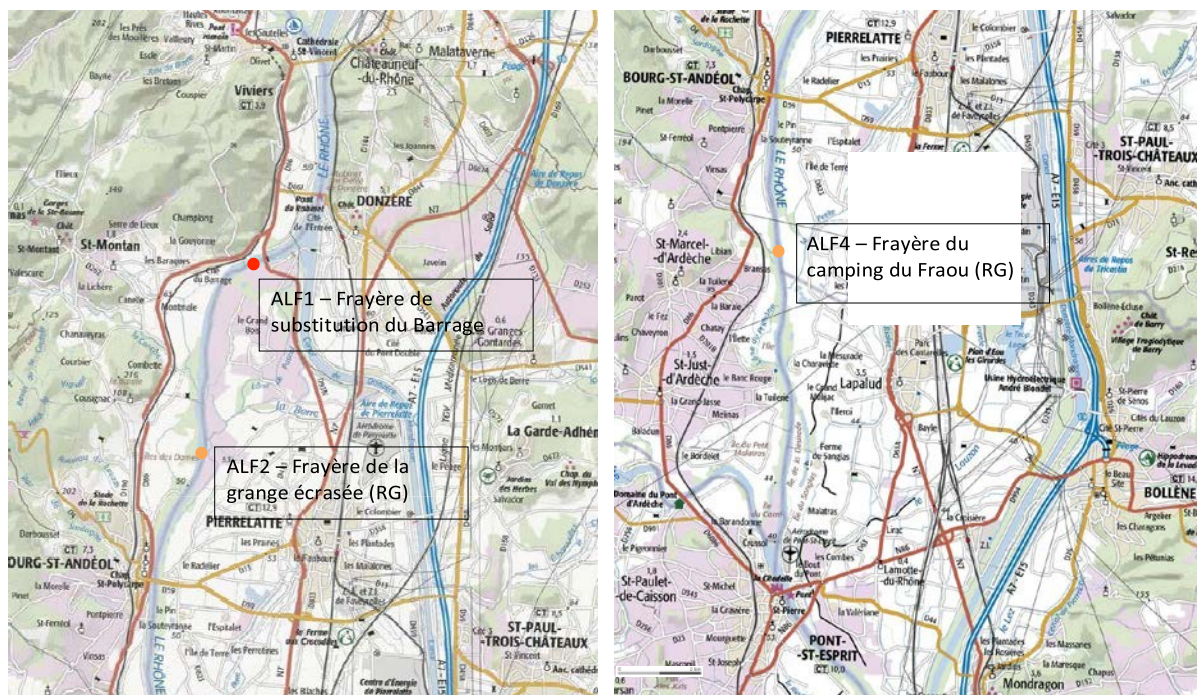
Annexe 2: Localisation de la zone de suivi sur la Durancé (©Geoportail)



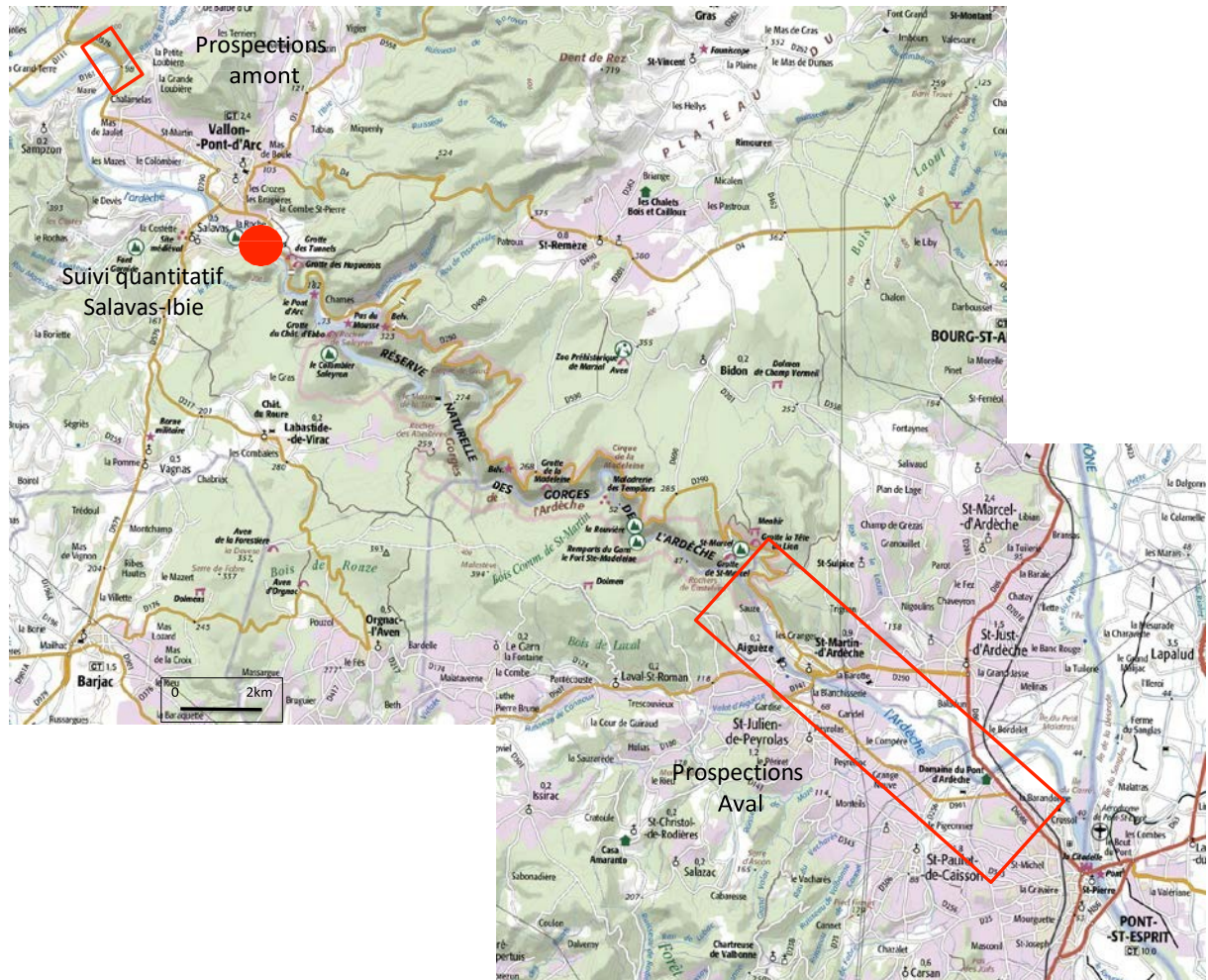
Annexe 3: Localisation des frayères de Chusclan sur la Cèze (© Géoportail-IGN ; MRM)



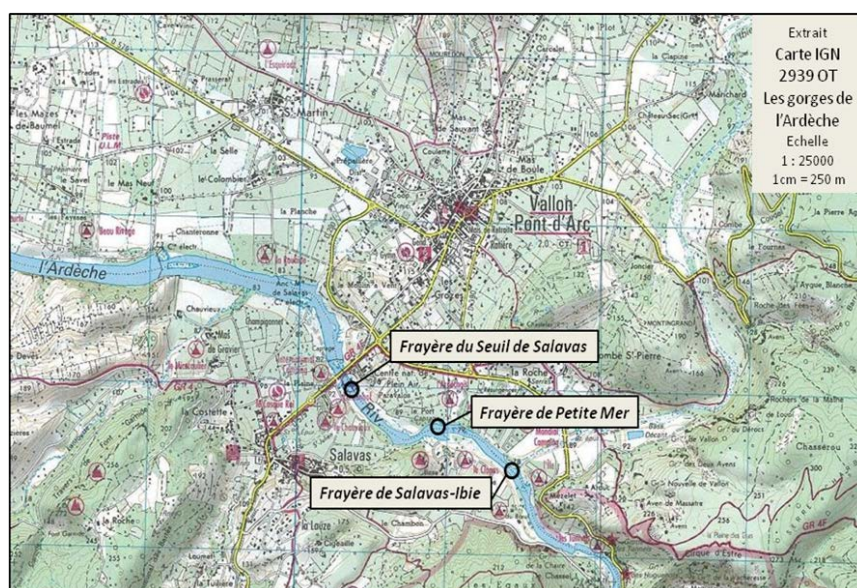
Annexe 4: Localisation des frayères potentielles autour de Bourg-Saint-Andéol sur le Vieux-Rhône de Donzère (MRM)



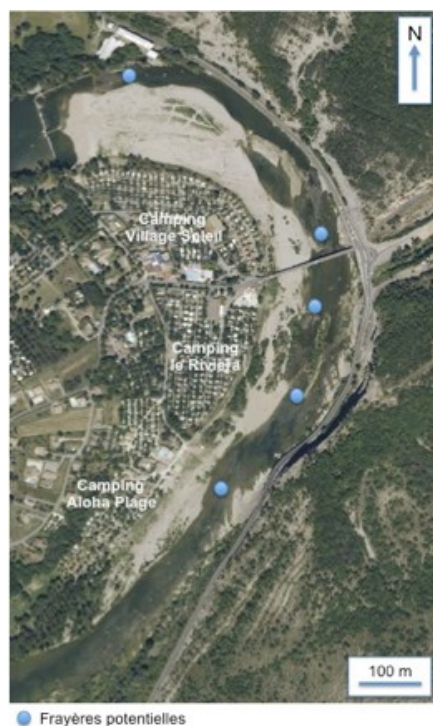
Annexe 5: Localisation des sites de suivis de la reproduction de l'Alose sur l'Ardèche (@IGN-Géoportail ; MRM)



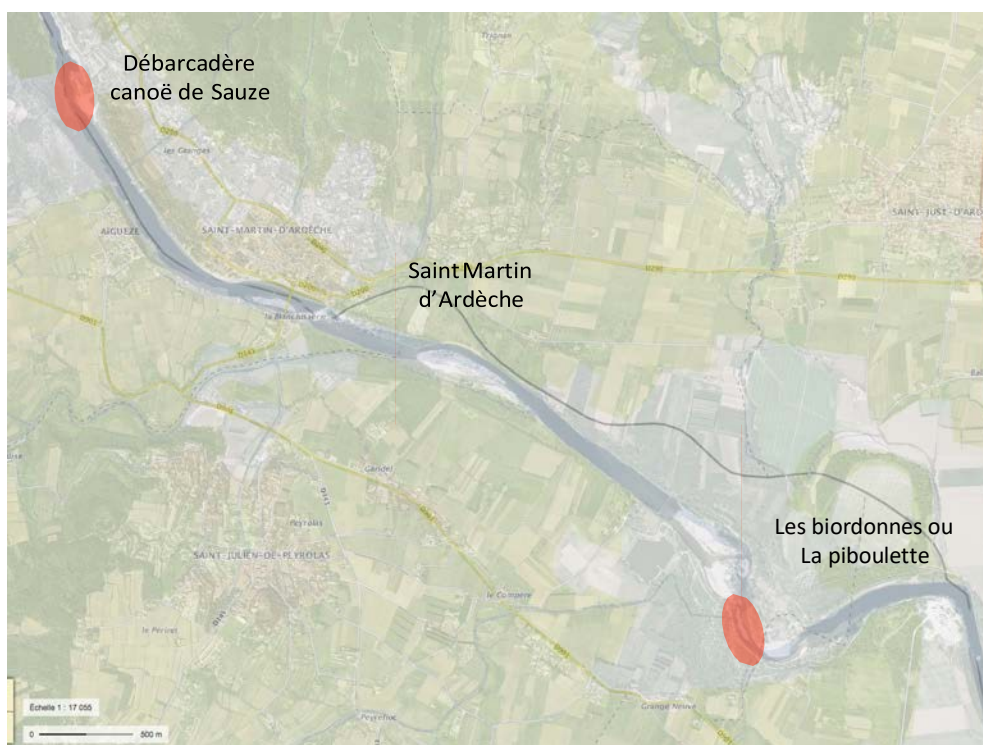
Annexe 6: Localisation de la frayère de Salavas-Ibie (Syndicat de Gestion des Gorges de l'Ardèche)



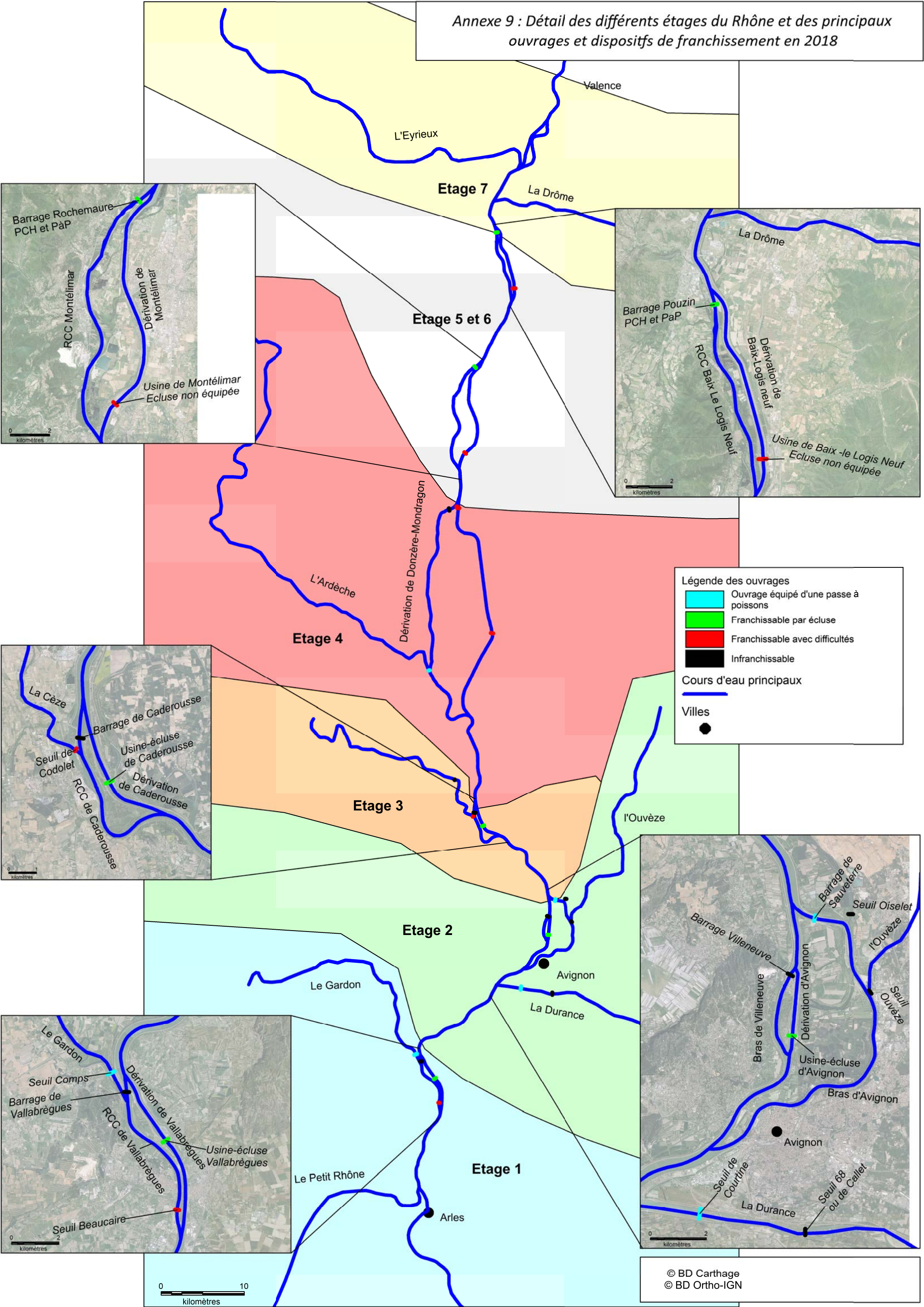
Annexe 7: Localisation des frayères potentielles amont prospectées au niveau de Sous-Roche (©Google – MRM)



Annexe 8 : Localisation des sites de prospections aval sur l'Ardèche (©IGN-Géoportail – MRM).



Annexe 9 : Détail des différents étages du Rhône et des principaux ouvrages et dispositifs de franchissement en 2018



L'Association **Migrateurs Rhône-Méditerranée** ne pourrait agir sans
l'**engagement durable** de ses **partenaires financiers**.



Membres de l'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée :

Fédérations Départementales des Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique de l'Ain, des Alpes de Haute-Provence, des Hautes-Alpes, des Alpes-Maritimes, de l'Ardèche, de l'Aude, des Bouches-du-Rhône, de la Corse, de la Drôme, du Gard, de l'Hérault, de l'Isère, de la Loire, des Pyrénées-Orientales, du Rhône, de Haute-Saône, de Saône et Loire, de Savoie, de Haute-Savoie, du Var et du Vaucluse,
Association Régionale des Fédérations de Pêche de PACA (ARFPPMA PACA),
Association Régionale des Fédérations de Pêche Auvergne Rhône-Alpes (ARPARA).



ZI NORD - Rue André Chamson
13200 ARLES
Tél. 04 90 93 39 32 - Fax. 04 90 93 33 19
contact@migrateursrhonemediterranee.org
www.migrateursrhonemediterranee.org