



- RAPPORT D'ETUDE -

2019 N° 13/15

Suivi de la station vidéo-comptage de Sauveterre

RIVOALLAN D., MATHERON C., CAMPTON P. • Mai 2020



Photo de couverture
(© Juan Robert) CNR

Référence à citer

RIVOALLAN D., MATHERON C., CAMPTON P., 2020. Suivi de la station de vidéo-comptage de Sauveterre. Campagne d'Études 2019. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 52p + annexes

Remerciements

L'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée (MRM) tient à remercier vivement tous ceux qui, par leur collaboration technique ou financière, ont contribué à la réalisation de cette étude.

PARTENAIRES FINANCIERS

- Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse
- Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur
- Fédération Nationale pour la Pêche en France
- Compagnie Nationale du Rhône dans le cadre de ses missions d'intérêt général

MEMBRES MRM

- 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 la Savoie, de Haute-Savoie, de Haute-Saône, de la 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)

PARTENAIRES TECHNIQUES

- Compagnie Nationale du Rhône
- Service et Conseil en Environnement Aquatique (SCEA)

Résumé

Grâce aux différents suivis des populations de poissons migrateurs anadromes (Alose feinte de Méditerranée en particulier) réalisés sur le bassin du Rhône depuis plus de 20 ans, le barrage-usine de Sauveterre (2nd ouvrage rencontré depuis la mer) a été identifié comme le principal verrou de l'axe migratoire. Son équipement a donc constitué la priorité de la stratégie de reconquête du Rhône par les poissons migrateurs.

Ainsi, après plus de dix années d'études pour son dimensionnement et plus de deux années de chantier de construction conduites par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR), une passe à poissons équipe l'ouvrage de Sauveterre. Conformément aux préconisations de la stratégie Migrateurs, le dispositif est équipé d'une station de contrôle par vidéo-comptage effectif depuis le 27 septembre 2017 et constitue ainsi le premier site pérenne d'observation et de comptage des amphihalins du bassin rhodanien. 2019 constitue ainsi la seconde année de suivi complète et permet d'avoir un premier comparatif par rapport au suivi 2018.

En 2019, hormis les mises hors d'eau pour le nettoyage des vitres, la passe à poissons a fonctionné 98,7 % du temps. Il est cependant important de noter l'arrêt de la microcentrale hydroélectrique survenu le 15 avril qui a fortement limité le débit d'attrait de la passe à poissons. Le système d'acquisition a quant à lui été effectif à 97,4 % sur les deux chenaux, les principales causes liées à l'arrêt de l'enregistrement étant les pannes électriques et une erreur de manipulation lors de la récupération des fichiers ayant entraîné la perte de 3 jours de données.

Au total, ce sont près de 435 heures de dépouillement vidéo qui ont été nécessaires au suivi 2019. 296 319 individus ont été comptabilisés dont 15 espèces holobiotiques a minima, 3 espèces migratrices amphihalines : l'Anguille européenne, l'Alose feinte de Méditerranée et le mulot porc et 1 espèce marine : le bar commun. Aucune lamproie marine n'a été observée au cours du suivi 2019. De manière globale, le nombre d'individus observé a fortement diminué par rapport à 2018 (baisse de 45% --> 32,8% sur la période de dépouillement équivalente).

La majorité de l'effectif est représenté par les ablettes (58,5 %), les mulots (13,3 %), les brèmes (12,8 %), les anguilles (9,4 %), et les hotus (4 %).

27 803 anguilles européennes et 521 aloses feintes du Méditerranée ont été comptabilisées, représentant respectivement 9,4 % et 0,2 % de l'effectif total.

27 759 anguilles ont été observées en montaison majoritairement du 4 juin au 26 juillet pour une taille moyenne de 28,6 cm. La quasi-absence d'individus de moins de 15 cm en comparaison du suivi des passes pièges du Rhône (54 % d'anguilles de moins de 15 cm soit près de 14 600 individus observés à l'aménagement d'Avignon en 2019) laisse supposer une faible détection du système d'acquisition pour les anguilles de petites tailles et un potentiel manque d'efficacité de la passe pour les petits individus. Seulement 44 anguilles ont été observées en dévalaison du 18 avril au 21 novembre pour une taille moyenne de 70 cm, validant l'hypothèse selon laquelle la passe ne serait pas la voie de passage privilégiée pour ces individus.

Les aloses ont quant à elle été observées en montaison majoritairement du 28 avril au 7 juin pour une taille moyenne de 42,4 cm. Bien que davantage d'années de suivi soient nécessaires, la comparaison avec les suivis de la pêche amateur à la ligne et de la reproduction témoigne en 2019 d'une colonisation amont du bassin du Rhône, généralement associé à une forte concentration d'aloses à l'aval de Sauveterre. Ce constat laisse penser que la perte d'attractivité de la passe à poissons a limité le nombre d'aloses ayant franchi l'ouvrage.

Sommaire

| | |
|--------------|---|
| Introduction | 7 |
|--------------|---|

CONTEXTE DE L'ETUDE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Objectifs du suivi | 8 |
| 1.1 | Appréhender l'état des stocks reproducteurs d'aloses et de lamproies | 8 |
| 1.2 | Comprendre la migration génésique de l'Alose Feinte de Méditerranée | 8 |
| 1.3 | Évaluer l'efficacité du dispositif vis-à-vis de l'Anguille | 9 |
| 1.4 | Obtenir des Informations complémentaires sur le peuplement piscicole | 9 |
| 2 | Rappel des connaissances sur les espèces visées | 9 |
| 2.1 | L'Alose feinte du Méditerranée | 9 |
| a) | Cycle biologique | 9 |
| b) | Évolution des suivis dans le bassin du Rhône | 10 |
| c) | Critères d'identification en vidéo-comptage | 10 |
| 2.2 | La Lamproie marine | 11 |
| a) | Cycle biologique | 11 |
| b) | Évolution des suivis dans le bassin du Rhône | 11 |
| c) | Critères d'identification en vidéo-comptage | 11 |
| 2.3 | L'Anguille européenne | 11 |
| a) | Cycle biologique | 11 |
| b) | Évolution des suivis dans le bassin du Rhône | 12 |
| c) | Critères d'identification en vidéo-comptage | 13 |
| 2.4 | Synthèse des périodes de migration | 13 |
| 3 | Caractéristiques du Rhône aval | 14 |
| 3.1 | Hydrologie du Rhône | 14 |
| 3.2 | Aménagements et configuration du site de suivi | 14 |
| 4 | Description des dispositifs de franchissement et de comptage | 16 |
| 4.1 | Caractéristiques de la passe à poissons | 16 |
| 4.2 | Station de comptage | 17 |
| 5 | Détection et enregistrements des fichiers vidéo | 17 |
| 5.1 | Matériel | 17 |
| 5.2 | Logiciel d'acquisition | 18 |
| a) | Fonctionnement du logiciel | 18 |
| b) | Réglages de la sensibilité | 18 |
| c) | Déclenchements intempestifs | 19 |
| d) | Turbidité de l'eau et transparence des vitres | 19 |
| 6 | Dépouillements des fichiers | 20 |

MÉTHODE DE RECUEIL ET D'ANALYSE DES DONNÉES

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Méthodologie | 21 |
| 1.1 | Détermination des espèces | 21 |
| 1.2 | Mesure des individus | 22 |
| 1.3 | Sens de passage et comportement migratoire | 22 |
| 2 | Traitement de la donnée | 23 |
| 2.1 | Observatoire des poissons migrateurs amphihalins en Rhône Méditerranée | 23 |
| 2.2 | Analyses ichtyologiques et environnementales | 23 |

RÉSULTATS ET RETOURS D'EXPERIENCE DE LA CAMPAGNE 2019

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Conditions environnementales | 24 |
| 1.1 | Conditions hydrologiques | 24 |
| 1.2 | Régime thermique du Rhône | 25 |
| 1.3 | Turbidité du Rhône | 25 |
| 2 | Fonctionnement hydraulique de la passe à poissons | 26 |
| 2.1 | Fonctionnement global | 26 |
| 2.2 | Attrait de la passe et conditions de passages | 26 |
| 3 | Acquisition des données | 27 |
| 3.1 | Fonctionnement global du système d'acquisition | 27 |
| 3.2 | Nombre de fichiers générés | 28 |
| 3.3 | Perturbations rencontrées | 28 |
| 3.4 | Conditions d'observations | 30 |
| 4 | Dépouillement et analyses ichtyologiques | 30 |
| 4.1 | Temps de dépouillement | 30 |
| 4.2 | Effectifs globaux comptabilisés | 31 |
| 4.3 | Cas des poissons migrateurs amphihalins visés par le suivi | 35 |
| a) | L'anguille européenne | 35 |
| b) | L'Alose feinte de Méditerranée | 39 |
| c) | La Lamproie marine | 41 |
| 5 | Perspectives pour la poursuite du suivi. | 42 |

| | | |
|--|---------------------------|-----------|
| | Conclusion | 43 |
| | Bibliographie | 45 |
| | Liste des figures | 47 |
| | Liste des tableaux | 48 |
| | Liste des annexes | 48 |
| | Annexes | 49 |

Introduction

Les déplacements entre différents milieux, et généralement sur de longues distances, est essentiel à l'accomplissement du cycle biologique des poissons migrateurs amphihalins. Cette particularité implique une vulnérabilité certaine de ces espèces vis-à-vis des perturbations environnementales si bien qu'aujourd'hui, l'ensemble de ces populations est menacé.

Le Rhône n'échappe malheureusement pas à ce triste constat et l'aménagement croissant de son bassin versant a engendré de multiples dégradations sur les milieux aquatiques (édification de barrages, chenalisation, pollution, dégradation des habitats...) qui ont conduit à une forte régression de l'ensemble des populations de poissons grands migrateurs (Aloses feinte du Rhône, Lamproie marine et Anguille européenne) et à la disparition de l'Esturgeon européen au cours du XXème siècle.

Ainsi, au cours de ces deux dernières décennies, une politique en faveur de ces espèces a été instaurée à travers les différents Plan de Gestion des Poissons Migrateurs (PLAGEPOMI) qui ont permis notamment d'enrayer la tendance pour la population d'Alose feinte du Rhône.

De 1993 à 2003, l'objectif principal du premier PLAGEPOMI était le retour de l'Alose feinte de Méditerranée (anciennement Alose feinte du Rhône) sur le Bas-Rhône et ses affluents de rive droite jusqu'à l'Ardèche (Gardon, Cèze, Ardèche). Les PLAGEPOMI suivants ont étendu les objectifs pour l'Alose aux affluents de rive gauche du Rhône jusqu'à la Drôme et ont intégré les autres espèces amphihalines.

L'aménagement hydroélectrique CNR d'Avignon, second ouvrage rencontré depuis la mer (68 km), se compose d'un barrage de dérivation (barrage de Villeneuve) d'une usine-écluse (usine d'Avignon) et d'un barrage-usine (barrage de Sauveterre), autant d'obstacles à la migration pour les espèces amphihalines. Ainsi, dans le cadre de la restauration de l'axe migratoire, des éclusages spécifiques à poissons ont été mis en place dès 1996 sur l'usine-écluse d'Avignon. Cependant, le barrage-usine de Sauveterre, non équipé d'écluse de navigation a été identifié comme le principal verrou de l'axe migratoire, notamment grâce aux différents suivis des populations de poissons migrateurs anadromes (Alose feinte de Méditerranée en particulier) réalisés sur le bassin du Rhône depuis plus de 20 ans. Son équipement a donc constitué la priorité de la stratégie de reconquête du Rhône par les poissons migrateurs.

Ainsi, après plus de dix années d'études pour son dimensionnement et plus de deux années de chantier de construction conduites par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR), une passe à poissons équipe l'ouvrage de Sauveterre depuis septembre 2017. Conformément aux préconisations de la stratégie Migrateurs, le dispositif est équipé d'une station de contrôle par vidéo-comptage et constitue ainsi le premier site pérenne d'observation et de comptage des amphihalins du bassin rhodanien. Le suivi de ce dispositif est ainsi inscrit dans l'orientation 3 (Suivre l'évolution des populations à l'échelle du bassin) du PLAGEPOMI 2016-2021 vis-à-vis des 3 espèces amphihalines (Alose feinte de Méditerranée, Anguille européenne et Lamproie marine). Les données sont par ailleurs inscrites au sein de l'Observatoire en direct.

- 1 Ce rapport concerne la seconde année de suivi du système de vidéo-comptage, permettant de réaliser une première comparaison des effectifs après le premier retour d'expérience du suivi 2018. Il permet en outre de vérifier l'utilité des préconisations mises en place l'an passé pour l'optimisation du suivi et le cas échéant d'en proposer de nouvelles pour les années de suivi à venir.

CONTEXTE DE L'ÉTUDE

1 Objectifs du suivi

1.1 Appréhender l'état des stocks reproducteurs d'aloses et de lamproies

Depuis 1993, dans le cadre des plans de gestion des poissons migrateurs du bassin Rhône-Méditerranée, des mesures sont entreprises pour restaurer la libre circulation et par voie de conséquence, les populations des 3 espèces amphihalines ciblées (Alose, Anguille, Lamproie).

L'Alose est en particulier l'espèce phare des actions entreprises, du fait notamment de son cycle de vie qui permet d'observer rapidement la réponse des populations à l'amélioration de ses conditions de migration et de reproduction (âge de première remontée de l'ordre de 3 à 5 ans). Il est convenu par ailleurs que les bénéfices attendus pour l'Alose le sont globalement pour la Lamproie.

Sur le bassin du Rhône, les indicateurs permettant d'apprécier l'efficacité des mesures de gestion étaient jusqu'à la mise en service de la passe à poissons de Sauveterre des indicateurs dits « indirects » : suivi des captures d'aloses par la pêche à la ligne, suivi de la reproduction des aloses sur un certain nombre de sites du bassin, observations et captures isolées de lamproies, passes pièges à anguilles sur les 3 premiers aménagements hydroélectriques (Beaucaire Avignon, Caderousse) et sur Mallemort sur la Durance.

La passe à poissons du barrage de Sauveterre constitue ainsi le premier site pérenne d'observation et de comptage du bassin rhodanien. Conçue spécifiquement pour le franchissement de l'Alose (et de la Lamproie), les résultats viendront conforter les indicateurs existants des suivis de la pêche et de la reproduction d'aloses et de la présence de la Lamproie marine et pourront conduire à terme à une évaluation des populations colonisant le bassin.

1.2 Comprendre la migration génésique de l'Alose Feinte de Méditerranée

Au-delà des aspects quantitatifs sur l'état des populations, la connaissance du déroulement et du déterminisme environnemental de la migration des aloses est essentielle pour optimiser la gestion.

Si les suivis des captures par la pêche à la ligne apportent quelques éléments (effet du débit sur la répartition des aloses dans les différents bras du Rhône et les affluents), le suivi de la passe à poissons de Sauveterre fournira de précieuses informations sur la saisonnalité de la migration (période globale, fenêtre optimale, comportement grégaire, etc.) et le rythme journalier des passages. Les résultats viendront compléter les études antérieures sur le bassin, de radiopistage notamment (Roche et al. 2007), et hors bassin qui montrent un franchissement diurne et généralement plus intense l'après-midi (Dautey et Lartigue, 1983 ; Boisneau et al, 1985 ; Dartiguelongue, 1987). Ces informations seront utiles pour l'optimisation des mesures de gestion comme les manœuvres d'éclusages à poissons aux écluses de Beaucaire, Avignon et Caderousse.

Par ailleurs, les observations et analyses sur l'influence des paramètres environnementaux viendront étayer les hypothèses émises dans le cadre des autres suivis concernant l'espèce.

1.3 Évaluer l'efficacité du dispositif vis-à-vis de l'Anguille

Concernant l'Anguille, au regard de ses capacités de nage limitées (en particulier pour les petits individus) et de la configuration du dispositif de franchissement (passe à bassins globalement moins adaptée pour les petits individus), l'objectif est d'évaluer la pertinence et le cas échéant la fonctionnalité de la passe pour l'espèce.

Le suivi des passes à anguilles du Rhône aval montre en effet une majorité de petits individus (68 % de taille inférieure à 15 cm en moyenne de 2008 à 2018), les vitesses dans le chenal de visualisation (supérieures à 1 m/s) étant alors très sélectives pour ces individus (Porcher, 1992).

1.4 Obtenir des Informations complémentaires sur le peuplement piscicole

Si les objectifs principaux concernent les poissons migrateurs, le suivi apportera également des informations utiles sur le peuplement piscicole du Rhône au niveau de l'étage d'Avignon : richesse et diversité spécifique, présence d'espèces d'intérêt patrimonial ou halieutique, déplacements de certaines espèces (rythme et saisonnalité le cas échéant).

Ces informations pourront être confrontées aux résultats antérieurs sur le secteur pour étudier une éventuelle évolution des peuplements suite à l'évolution du milieu (qualité, continuité, etc.), et aux résultats anciens et récents sur d'autres secteurs du Rhône pour identifier des spécificités locales naturelles (aires de répartition des espèces, amplitude naturelle des déplacements, etc.), ou artificielles (nombre d'ouvrages à franchir, configuration des sites, pressions locales de toutes natures, etc.).

2 Rappel des connaissances sur les espèces visées

2.1 L'Alose feinte du Méditerranée

a) Cycle biologique

L'Alose feinte de Méditerranée (*Alosa agone*)(Annexe 1) est un poisson marin, pélagique, qui vit sur le plateau continental et en zone littorale. Elle se rapproche des estuaires à partir du mois de février, avant d'entamer sa migration génésique vers les fleuves (espèce amphihaline migratrice anadrome). Elle peut alors parcourir plusieurs centaines de kilomètres pour trouver l'habitat idéal pour la reproduction et le développement des œufs. Historiquement, dans le bassin rhodanien, l'Alose était présente sur la Saône et le Rhône jusqu'au lac du Bourget, soit à plus de 650 km de la mer (Figure 1).

Les géniteurs migrent 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). La température influence le métabolisme du poisson et un seuil de migration à 11°C a été avancé (16°C pour la reproduction) (Aprahamian *et al.*, 2001; Cassou-Leins *et al.*, 2000).

L'Alose feinte de Méditerranée 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 dévalaison des juvéniles se produit de mi-juin à octobre. Durant cette phase, les alosons se déplacent en banc (Taverny, 1991) et plutôt en surface.

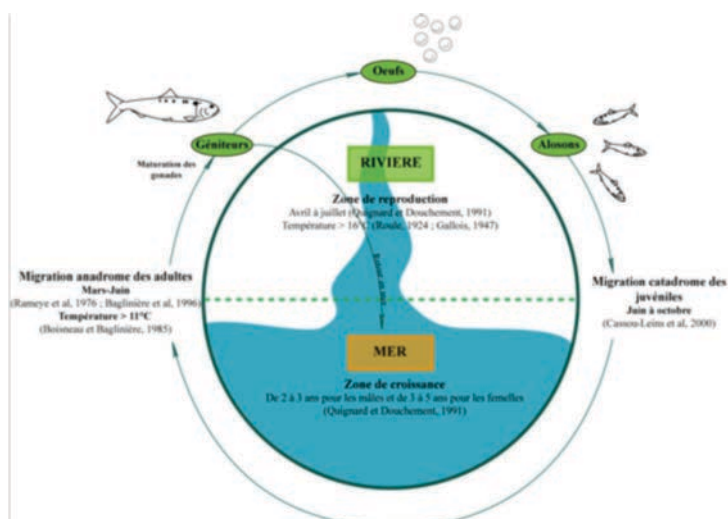


Figure 1 : Cycle biologique de l'Alose feinte de Méditerranée (MRM)

b) Évolution des suivis dans le bassin du Rhône

La pêcherie d'aloses est suivie par l'Association MRM depuis 1997, via la distribution de carnet de captures aux pêcheurs amateurs à la ligne.

Un des sites les plus actifs de ce suivi se situe à l'aval du barrage de Sauveterre où près de 700 aloses sont capturées chaque année en moyenne (jusqu'à 2 120 en 2014) (Figure 2). L'évolution des captures semble être cyclique avec un maximum atteint dans les années 2004-2006 et une chute sur la période 2011-2013 et de nouveau une hausse amorcée depuis 2014 (Matheron *et al*, 2020).

En parallèle un suivi de la reproduction a été initié en 1997 sur des frayères à l'amont de Sauveterre (Cèze, Ardèche, vieux Rhône de Donzère). Les résultats présentent des variations annuelles similaires à ceux de la pêcherie jusqu'en 2013, la baisse observée en 2011 semble se maintenir sur l'Ardèche et le vieux Rhône de Donzère et dans une moindre mesure sur la Cèze (Alix *et al*, 2020).

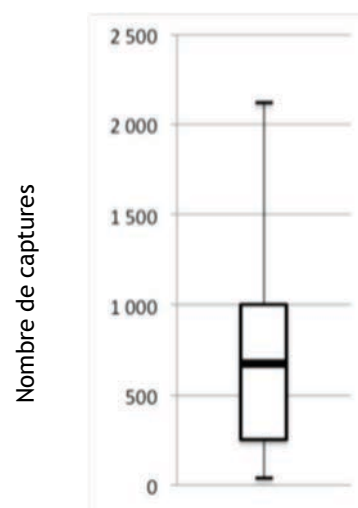


Figure 2 : Répartition des captures annuelles d'aloses par pêche à la ligne à l'aval du barrage de Sauveterre depuis 1997

c) Critères d'identification en vidéo-comptage

- Corps fusiforme comprimé latéralement
- Nageoire dorsale courte implantée au milieu du dos
- Nageoires pelviennes en position abdominale
- Nageoire caudale fourchue et homocerque
- Taille moyenne 55 cm



2.2 La Lamproie marine

a) Cycle biologique

La Lamproie marine vit dans les eaux côtières pendant 2 à 4 ans fixée à un poisson marin ou amphihalin, à l'aide de son disque buccal. La maturité sexuelle atteinte, elle quitte les eaux côtières et entame une migration en eau douce entre décembre et mai pour se reproduire. La reproduction a lieu lorsque la température de l'eau atteint 15-18°C soit entre avril et juillet en Méditerranée.

Les géniteurs ne survivent pas à la reproduction. Les larves ammocètes éclosent après 10 à 15 jours puis s'enfouissent dans un substrat sablo-limoneux pour y assurer leur croissance pendant 5 à 7 ans.

Les ammocètes de 130-150 mm se transforment alors en subadultes en été (août à octobre) et dévalent les cours d'eau en automne - hiver durant la nuit (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

b) Évolution des suivis dans le bassin du Rhône

La Lamproie marine est rare en Méditerranée et très peu d'observations ont pu être faites sur le bassin du Rhône, seulement 12 individus référés à MRM depuis 2001 dont la moitié au niveau de l'embouchure ou dans le delta. Parmi les 6 observations identifiées en amont, 3 l'ont été en amont du barrage de Sauveterre (sur la Cèze en 2007, le Rhône à Donzère en 2014 et l'Ardèche en 2017).

Par ailleurs, la dernière reproduction observée remonte à 2001 sur le Gardon où 4 frayères actives occupées par des lamproies avaient été identifiées.

c) Critères d'identification en vidéo-comptage

- Corps anguilliforme
- Disque buccal
- Nageoires pectorales et pelviennes absentes
- 2 nageoires dorsales séparées, la seconde contigüe à la caudale
- Taille moyenne 80 cm

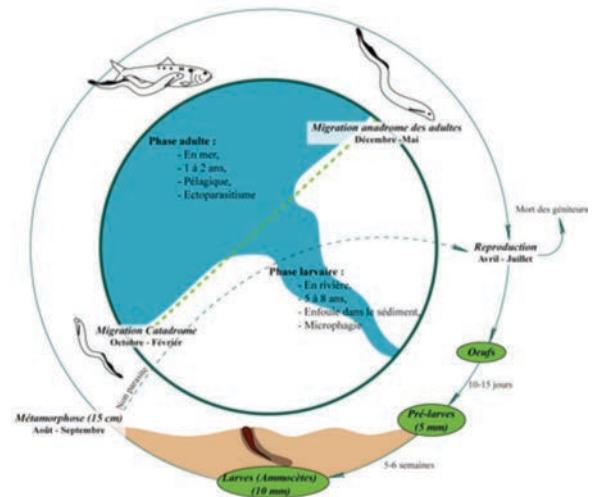


Figure 3 : Cycle biologique de la Lamproie marine (MRM)

2.3 L'Anguille européenne

a) Cycle biologique

L'Anguille est avec le mulot porc, le seul grand migrateur amphihalin thalassotoque en Europe. Elle se reproduit donc en mer, dans la zone supposée de la mer des Sargasses puisque la reproduction n'a jamais été observée en milieu naturel (Chancerel, 1994 ; Tzeng et al, 1995 ; Feunteun, 1998).

A l'éclosion les larves leptocéphales sont portées par les courants océaniques jusque sur les côtes européennes (Tesch *et al*, 1986) où elles se transforment en civelles (Elie *et al*, 1994) puis se pigmentent progressivement pour devenir anguillettes et coloniser les eaux continentales (Elie *et al*, 1982 in Edeline, 2005) (Figure 4).

C'est une espèce opportuniste et ubiquiste capable de s'adapter à tous les types d'habitats. Elle est donc capable de coloniser tous les milieux aquatiques continentaux accessibles, depuis les estuaires jusqu'à l'amont des bassins versants pour y effectuer sa croissance. Au terme de sa période continentale, l'Anguille subit sa dernière métamorphose pour atteindre le stade argenté qui prépare l'individu aux conditions marines. La dévalaison de ces anguilles débute généralement à l'automne et se poursuit jusqu'au printemps (Durif *et al*, 2009).

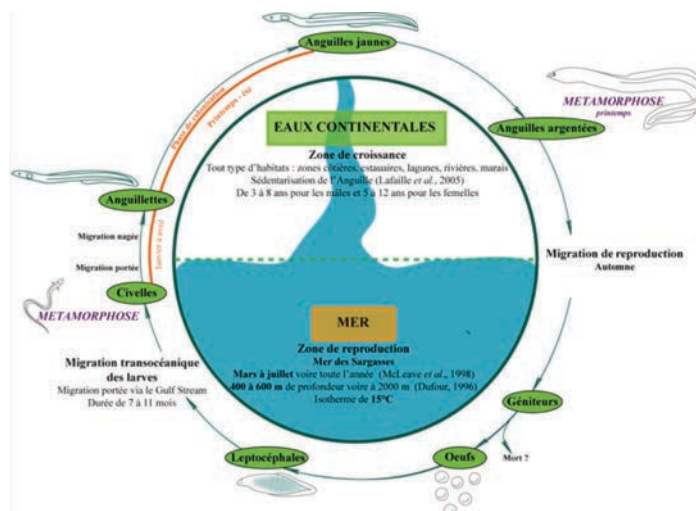


Figure 4 : Cycle biologique de l'Anguille européenne (MRM)

b) Évolution des suivis dans le bassin du Rhône

Les 3 premiers aménagements hydroélectriques de la CNR (Beaucaire, Avignon et Caderousse) sont équipés de systèmes de franchissement spécifique à l'Anguille depuis 2006 sur le premier ouvrage et 2010 (fonctionnels en 2012) sur les deux autres. Le suivi de ces dispositifs, assuré par MRM depuis leur installation, permet d'obtenir un indicateur de colonisation de l'axe Rhône.

Le nombre moyen de captures annuelles à Beaucaire depuis 2008 est d'environ 245 000 anguilles et de 80 000 à Avignon et 13 450 à Caderousse depuis 2012 (Lambremon *et al*, 2019) (Figure 5).

Aucun indicateur de ce type n'est disponible à l'heure actuelle au niveau de l'aménagement de Sauveterre. Toutefois, il est probable que le nombre d'individus se présentant à l'aval de cet ouvrage soit du même ordre de grandeur que celui observé au niveau de l'écluse d'Avignon.

Par ailleurs, la grande majorité des individus capturés dans ces dispositifs présente une taille inférieure à 15 cm (68 %).

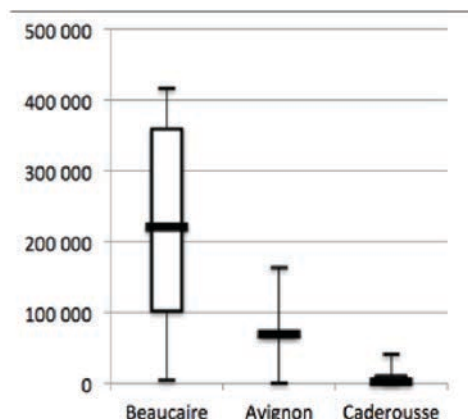


Figure 5 : Répartition des captures annuelles d'anguilles dans les passes-pièges sur les aménagements de Beaucaire, Avignon et Caderousse

c) Critères d'identification en vidéo-comptage

- Corps cylindrique aplati latéralement dans la région caudale
- Nageoire unique allant de l'anus au milieu du dos (fusion de l'anale et de la dorsale)
- Nageoires pectorales implantées derrière les branchies
- Nageoires pelviennes absentes
- Taille de 10 cm à plus d'1 mètre



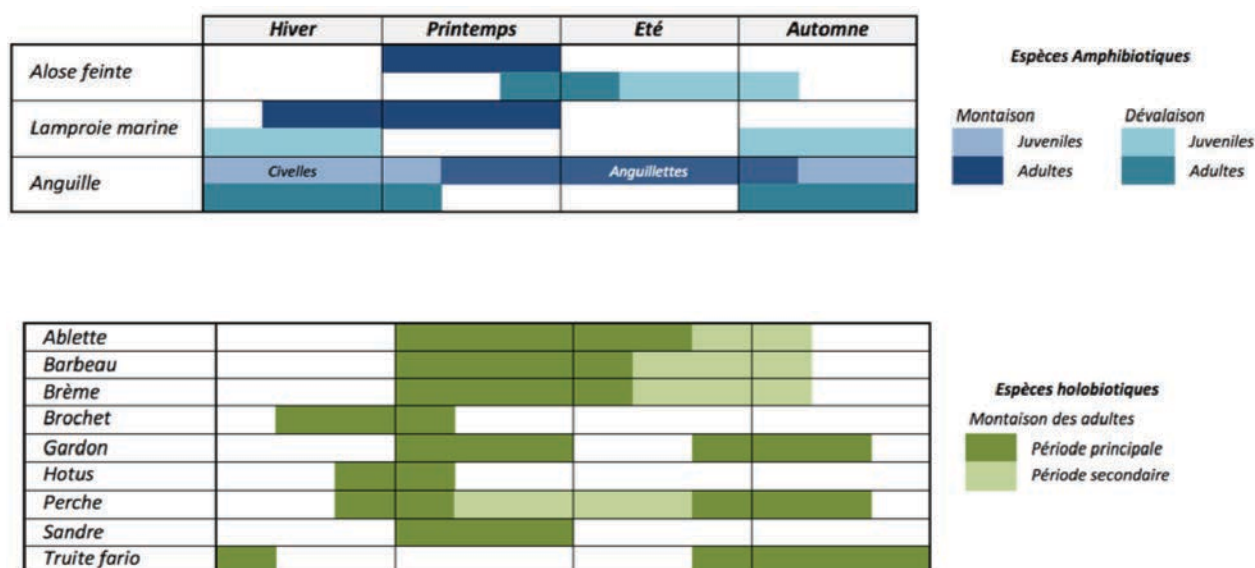
2.4 Synthèse des périodes de migration

Toute espèce (amphihaline ou holohaline) effectue durant son cycle vital, et au moins une fois dans son existence, des mouvements réguliers et bien déterminés sur le plan spatio-temporel entre une aire de reproduction et une ou plusieurs aires trophiques (Bruslé et Quignard, 2013).

Ainsi, même chez les espèces potamodromes, la migration de montaison fait toujours partie d'un processus démographique général qui comprend aussi une dévalaison des adultes reproducteurs et/ou de jeunes issus de la reproduction (Baudoin *et al*, 2014).

Les migrations ne s'effectuent pas aux mêmes périodes pour toutes les espèces mais se produisent le plus souvent au printemps et à l'automne (Tableau 1).

Tableau 1 : Synthèse des périodes de migration des principales espèces piscicoles (d'après Baudoin, ONEMA)



3 Caractéristiques du Rhône aval

3.1 Hydrologie du Rhône

Long de 812 km (dont 522 km en France), le Rhône naît dans les Alpes suisses et son bassin versant couvre 97 800 km². Son régime hydrologique est complexe et se caractérise par la diversité de ses apports (Annexe 2).

Le premier est de type alpin, issu de la fonte des neiges et des glaciers au printemps (entre mai et juillet avec une forte contribution des affluents de rive gauche : Isère, Drôme, Durance).

Le second, de type océanique d'hiver, se caractérise par des crues lentes de la Saône notamment.

Le dernier, de type méditerranéen et cévenol, est à l'origine de violentes crues printanières et automnales (avec un rôle important des affluents de rive droite : Gardon, Cèze, Ardèche).

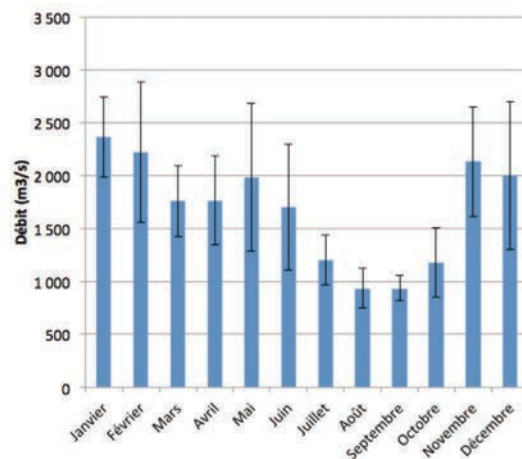


Figure 6 : Débits moyens mensuels du Rhône à Beaucaire (Source Banque Hydro)

Ainsi, le Rhône se caractérise par des maxima printaniers (liés à la fonte des neiges) et automnaux (conséquence des pluies méditerranéennes) (Figure 6). Par ailleurs, le débit moyen du Rhône (1 700 m³/s à Beaucaire) est le plus élevé des principaux fleuves français.

3.2 Aménagements et configuration du site de suivi

L'aménagement hydroélectrique type du Rhône comprend (Figure 7) :

- Un barrage de dérivation construit sur le cours naturel du fleuve qui crée une retenue contenue par des endiguements latéraux,
- Un canal de dérivation sur lequel sont installées la centrale hydroélectrique et l'écluse,
- Des contre canaux qui longent les endiguements pour drainer les terres agricoles, assurer l'équilibre piézométrique des nappes et collecter les eaux percolant à travers les digues.



Figure 7 : Aménagement type du Rhône (CNR)

En situation hydrologique normale, le canal d'amenée capte l'essentiel du débit qui est turbiné par la centrale hydroélectrique au fil de l'eau et est restitué au Rhône en aval par le canal de fuite. Le barrage laisse passer, quant à lui, un débit minimal garanti pour alimenter le Rhône court-circuité (ou Vieux Rhône). Au-delà du débit d'équipement de la centrale hydroélectrique, le barrage s'ouvre progressivement pour faire transiter le surplus de débit.

Au niveau de la ville d'Avignon, le Rhône se sépare en deux bras, le bras d'Avignon en rive gauche (long de 12 km) et le bras de Villeneuve en rive droite (long de 9 km) chacun aménagé d'usine hydroélectrique (Figure 8).

L'usine-écluse d'Avignon, installée sur le bras de Villeneuve, se trouve à une distance de 94 km de l'embouchure et est équipée de 4 groupes de production pouvant turbiner jusqu'à 1 600 m³/s.

Le barrage-usine de Sauveterre, installé sur le bras d'Avignon, est équipée de 2 groupes pouvant turbiner chacun 400 m³/s, soit un maximum de 800 m³/s. Pour des raisons de navigation au droit de la ville d'Avignon, un débit minimum de 400 m³/s doit être maintenu en permanence dans ce bras.



Figure 8 : Configuration du Rhône à Avignon

En général, pour un débit inférieur au débit d'équipement de l'usine-écluse d'Avignon, la répartition des débits est la suivante :

- 400 m³/s dans le bras d'Avignon ;
- 5 m³/s au barrage de Villeneuve ;
- le reste est turbiné par l'usine d'Avignon.

Lorsque le débit du Rhône est supérieur à la capacité de turbinage de l'usine d'Avignon, le second groupe de Sauveterre est démarré. Le potentiel surplus de débit est déversé au barrage de Villeneuve quand le débit du Rhône dépasse 2 400 m³/s.

Ainsi, selon l'hydrologie du Rhône, le bras d'Avignon est plus attractif que celui de Villeneuve qui, selon le débit, peut être deux fois inférieur à celui observé à Beaucaire (cas d'un Q20 qui serait de 915 m³/s à Beaucaire et de 495 m³/s à Avignon) (Tableau 2).

Tableau 2 : Répartition des débits au niveau d'Avignon selon les débits caractéristiques (en m³/s) (Source CNR)

| | | Bras d'Avignon | | | Bras de Villeneuve | | |
|------------------------------|-------|--------------------|----------------------|------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| | | Q Usine Sauveterre | Q Barrage Sauveterre | Q Bras d'Avignon | Q Usine Avignon | Q Barrage Villeneuve | Q Bras de Villeneuve |
| Etiage conventionnel | 565 | 400 | 0 | 400 | 160 | 5 | 165 |
| QMNA 2 | 795 | 400 | 0 | 400 | 390 | 5 | 395 |
| Module | 1 615 | 400 | 0 | 400 | 1 210 | 5 | 1 215 |
| PHEN dépassé 10 jours par an | 4 000 | 800 | 0 | 800 | 1 600 | 1 600 | 3 200 |
| Crue quinquennale | 6 300 | 800 | 1 400 | 2 200 | 1 600 | 2 500 | 4 100 |

4 Description des dispositifs de franchissement et de comptage

4.1 Caractéristiques de la passe à poissons

La passe à poissons est implantée en rive droite du barrage-usine où est restituée l'intégralité des écoulements dans le bras d'Avignon via les 2 groupes de production. Il s'agit d'une passe à bassins successifs à 2 fentes verticales (40 et 45 cm) composée de 39 bassins (4,7 x 4,8 m) d'une hauteur de chute inter-bassin d'environ 25 cm (Figure 9).

L'amont est composé de deux canaux d'amenée, d'environ 100 m de long. Le premier a une largeur variable de 1,7 m côté Rhône (afin de pincer les écoulements et favoriser la dévalaison) à 4 m côté passe à poissons pour limiter les vitesses à 0,3 m/s et faciliter la remontée des poissons. Le second dirige le débit d'attrait via une conduite enterrée sous la passe à poissons vers la mini-centrale.

A l'aval, une galerie collectrice possédant 4 ouvertures équipées de vannes (environ 2 m) est installée sur le toit des groupes. Elle restitue le débit d'attrait d'environ 8 m³/s turbiné par la mini-centrale auquel s'ajoute le débit transitant dans la passe (2m³/s). En cas d'arrêt de la mini-centrale, le débit d'attrait est diminué à environ 5,5 m³/s et passe par une conduite en by-pass jusqu'à un bassin de dissipation avant d'être restitué à l'aval de la mini-centrale (Figure 10).



Figure 9 : Vue aérienne du chantier de la passe à poissons de Sauveterre (Source Géoportail)

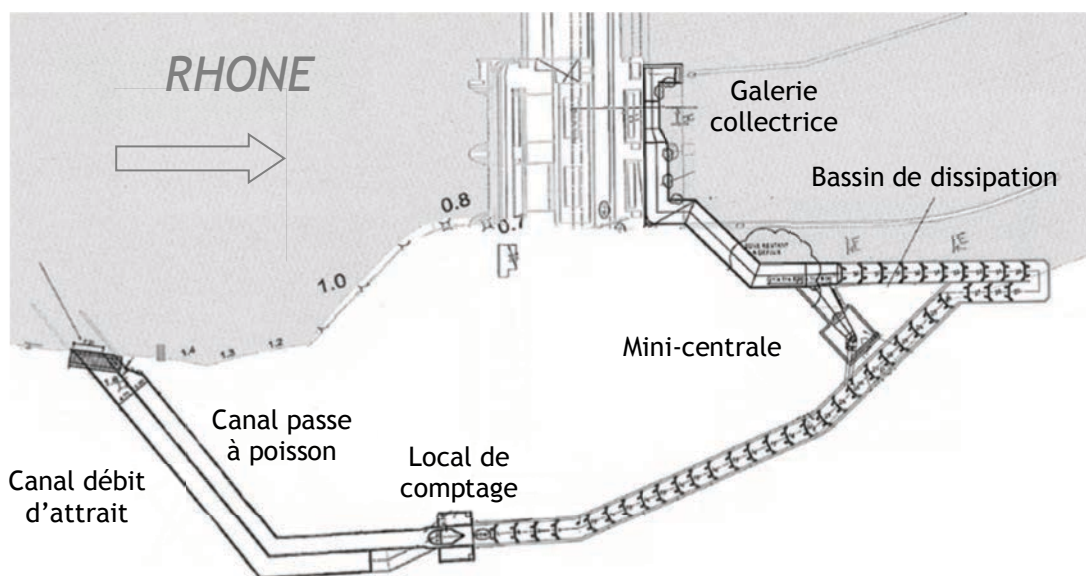


Figure 10 : Configuration et implantation de la passe à poissons (Source CNR)

4.2 Station de comptage

Le local de comptage, implanté entre le canal de la passe à poissons et le dernier bassin, est composé d'un îlot central dans lequel est installé le rétro-éclairage équipé de néons et d'un diffuseur afin que la lumière soit propagée de manière homogène à travers la colonne d'eau. Cet îlot central réduit la section d'écoulement à deux canaux de 50 cm de largeur, permettant ainsi d'obtenir des vitesses qui soient proches des vitesses maximales de nage des poissons (pour éviter au maximum les phénomènes de stabulation devant la vitre et provoquer des sur déclenchements) et de faciliter la diffusion de la lumière à travers la colonne d'eau (*Figure 11*).

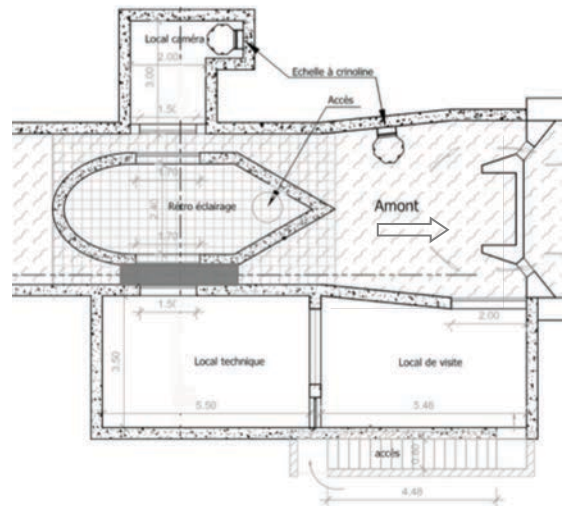


Figure 11 : Plan du local de comptage et chenaux de visualisation (source CNR)

Par ailleurs, afin d'optimiser la détection des poissons et limiter les déclenchements intempestifs du système d'acquisition vidéo, certaines dispositions ont été prises :

- Une plaque PVC blanc a été installée au fond de chaque chenal pour réfléchir la lumière et permettre au système d'enregistrement vidéo de mieux détecter les poissons qui passent au fond.
- Un système d'essuie-glaces équipe chacune des vitres afin d'éliminer tout développement algal et optimiser les conditions de détection et de visualisation.
- Des bavettes opaques ont été placées dans les parties supérieures des entrées et sorties des chenaux de manière à éviter la pénétration de rayons du soleil dans la colonne d'eau et éviter les variations lumineuses à l'origine de déclenchements intempestifs.

Le chenal situé en rive droite, du côté du local technique, est identifié comme étant le chenal 1 dans la suite du rapport (le chenal 2 étant celui situé en rive gauche). Le site de Sauveterre est composé d'une station de vidéo-comptage par chenal

5 Détection et enregistrements des fichiers vidéo

Le système d'enregistrement et de visionnage est de type SYSIPAP (Système de Surveillance Informatisé des Passes A Poissons) mis au point par le GHAAPPE (CSP-CEMAGREF-INPT) et l'ENSEEIH de Toulouse (Pr M. Cattoen). Le principe consiste à filmer en continu un chenal de franchissement à travers une vitre rétro-éclairée.

5.1 Matériel

Chaque station est composée d'un ordinateur PC standard équipé d'une carte d'acquisition vidéo reliée à une caméra (*Figure 12*). Chaque ordinateur est branché sur un onduleur qui protège le système des coupures d'alimentation. De plus, le site est équipé d'une connexion internet afin d'accéder à distance au logiciel d'acquisition.

5.2 Logiciel d'acquisition

a) Fonctionnement du logiciel

Le logiciel d'analyse d'image (WSEQ32) détecte chaque variation de luminosité qui peut être due au passage de poissons, de débris ou variation lumineuse dans le local de comptage (personne présente ou éclairage du local). Ainsi, tout objet en mouvement dans l'image déclenche, selon la sensibilité des réglages définis, l'enregistrement et la sauvegarde des séquences vidéo (Cattoen *et al*, 1999). Un fichier est par la suite généré lorsque l'enregistrement atteint une taille de 10 Mo, compilant ainsi des séquences sur un pas de temps extrêmement variable (de 2,5 min à plusieurs jours). L'enregistrement des fichiers vidéo se fait en noir et blanc dans un format de 256 par 256 et en 256 niveaux de gris.

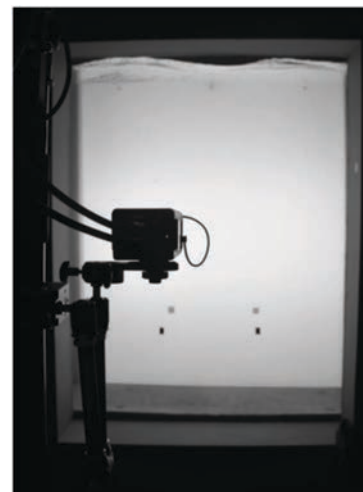


Figure 12 : Caméra devant vitre de visualisation (MRM)

b) Réglages de la sensibilité

La fenêtre « Signal de déclenchement » permet de visualiser les bruits de fond de la caméra (traits rouges) et de régler le seuil de déclenchement (trait bleu). Ainsi, lorsque la détection (trait rouge) dépasse ce seuil, la séquence est enregistrée. Cette manipulation permet dès lors d'effectuer un réglage global du système de détection.

Au contraire, un réglage plus localisé dans le champ de détection de la camera peut être réalisé. La zone de détection est ainsi divisée en 64 cellules cibles dont la sensibilité peut être réglée individuellement. Ce type de réglage permet notamment de diminuer la sensibilité de la zone située en haut de la vitre où les mouvements de la surface de l'eau peuvent créer des variations lumineuses (Figure 13).

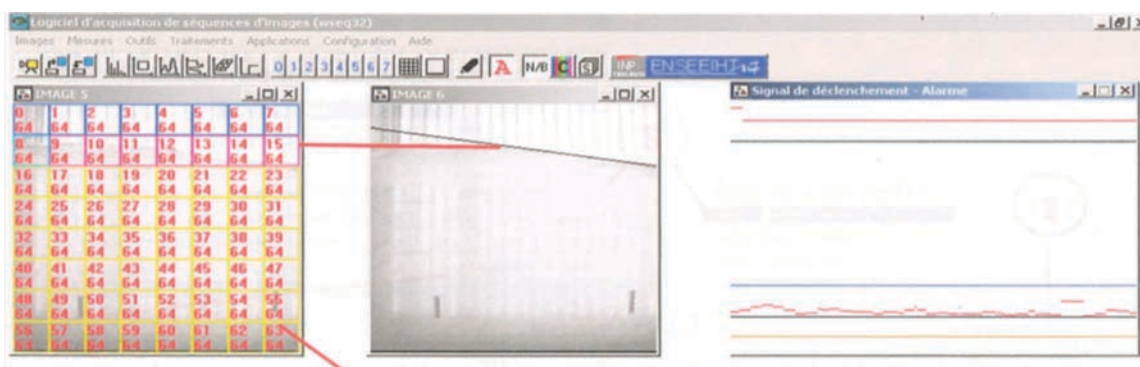


Figure 13 : Fenêtre du seuil de déclenchement des enregistrements (Source SCEA)

Plusieurs facteurs, liés directement au fonctionnement de la passe, au système d'enregistrement ou aux conditions environnementales, peuvent perturber les enregistrements et/ou le dépouillement des vidéos. Ces dysfonctionnements peuvent influencer les observations et il est donc nécessaire de les identifier afin d'ajuster les interprétations des résultats mais également de trouver des solutions pour optimiser le fonctionnement du dispositif. Dès lors, ces perturbations peuvent être définies en 2 catégories distinctes.

c) Déclenchements intempestifs

Les déclenchements intempestifs sont considérés comme étant des fichiers dans lesquels aucun poisson n'a été enregistré et sont liés directement à la sensibilité des réglages du système de détection. Certains paramètres météorologiques (crue, vent) et de manœuvre d'ouvrage (baisse du niveau d'eau) peuvent provoquer des déclenchements intempestifs du système d'enregistrement.

Ainsi, une attention particulière doit être portée sur l'évolution des conditions météorologiques afin de pouvoir anticiper les réglages à l'aide notamment de la connexion à distance lorsqu'un épisode de Mistral est annoncé.

d) Turbidité de l'eau et transparence des vitres

La turbidité est une des contraintes environnementales impactant directement l'efficacité d'observation, la fiabilité de détection du poisson serait alors difficile à des valeurs de Secchi inférieures à 0,7 m (Travade et Larinier, 1992). Dans certains cas, la turbidité est telle que la lumière du rétro éclairage (pourtant puissant) ne traverse pas la colonne d'eau (*Figure 14A*).

De même, malgré l'installation d'essuie glace sur chacune des vitres afin d'empêcher le développement algal, une prolifération d'algues se produit en bas de vitre sur une hauteur de 15 cm (zone inaccessible pour les essuies glace) et sur le fond du chenal (*Figure 14B*). Dans ces conditions, les espèces nageant au fond peuvent être masquées (prolifération sur la vitre) ou difficilement détectées par le système d'acquisition (peu de contraste avec le fond du chenal).



Figure 14 : Illustration de mauvaises conditions d'observation suite à une forte turbidité (A) et un développement

Un nettoyage régulier des vitres doit ainsi être réalisé afin de limiter le développement algal. Les retours d'expériences des stations de comptage dans le bassin Rhône-Méditerranée (Bladier-Ricard sur l'Hérault et Rochemaure sur le Rhône) et plus généralement dans les autres bassins hydrographiques permettent ainsi d'estimer la vitesse de développement selon les saisons et donc d'adapter les fréquences d'entretien (Rivoallan *et al*, 2016).

Une fréquence de 3 semaines à 1 mois semble satisfaisante en période froide et d'une semaine à 10 jours durant les périodes chaudes.

Dès lors le calendrier d'entretien est défini de la manière suivante :

- 1 fois par semaine pour la période d'avril à septembre
- 1 fois toutes les 2 semaines pour les périodes de transition en octobre et mars
- 1 fois toutes les 3 semaines pour la période de novembre à février

En outre, pour retarder le développement algal et les éventuels dépôts calcaires, une solution à base de vinaigre blanc est utilisée lors du nettoyage des vitres.

Des mesures de Secchi associées à des classes de visibilité lors du dépouillement ont été réalisées afin d'apprécier l'impact de la turbidité sur la détermination des espèces et/ou la détection par le système d'enregistrement :

- Classe 1 : conditions optimales,
- Classe 2 : difficultés d'identification des plus petits individus ou espèces morphologiquement proches,
- Classe 3 : difficultés d'identification précise de la plupart des individus et difficultés de détection des plus petits,
- Classe 4 : difficultés de détection et d'identification de la plupart des individus.

Enfin, tout arrêt du système d'enregistrement, volontaire ou non (panne matériel, arrêt volontaire pour entretien et travaux), est notifié dans un carnet de bord afin d'apprécier l'impact sur le dépouillement et le dénombrement des individus selon la durée et la période d'arrêt. De même, les coupures électriques sont notifiées dans les journaux des onduleurs dont l'analyse permet également d'identifier l'impact de ces coupures sur les données produites.

6 Dépouillements des fichiers

Les fichiers sont récupérés une fois par semaine lors des passages sur site de MRM puis dépouillés dans les locaux de l'Association. Le dépouillement des fichiers vidéo enregistrés est réalisé à l'aide du logiciel WPOIS32 (version 5.6) sous licence d'utilisation de la CNR.

Outre la fenêtre d'affichage de la vidéo (1) et de la boîte de commande (2) (lecture, pause, vitesse de défilement) propre à tout lecteur vidéo, le logiciel possède une interface de dépouillement (3) permettant de sélectionner l'espèce, le nombre d'individus et le sens de passage. De manière à optimiser le dépouillement toutes les commandes sont associées à un raccourci clavier. Lorsqu'un poisson est comptabilisé, un événement est créé dans un fichier résultat (en format .SSM) propre à chaque fichier vidéo et génère une ligne dans une fenêtre « événement » (4). Pour chaque événement sont renseignés systématiquement le nom du fichier, le numéro de l'événement, le code espèce, le sens de passage, la date, l'heure et le numéro de l'image dans la séquence vidéo à laquelle l'événement a été enregistré. En complément, l'éloignement du poisson à la vitre peut être renseignée pour la mesure de l'individu, la taille en pixels d'image lorsque la taille du poisson est effectuée et d'éventuell

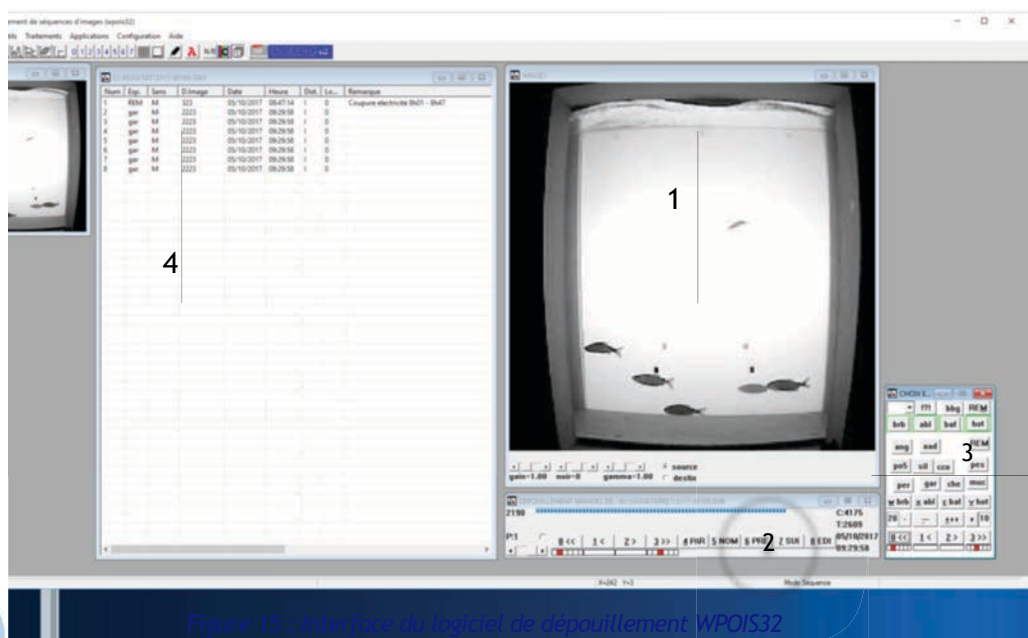


Figure 15 : Interface du logiciel de dépouillement WPOIS32

MÉTHODE DE RECUEIL ET D'ANALYSE DES DONNÉES

1 Méthodologie

1.1 Détermination des espèces

De la même manière qu'elles impactent le temps de dépouillement, certaines contraintes environnementales, comportementales et morphologiques entraînent parfois des difficultés dans la détermination des espèces lors du dépouillement vidéo.

D'abord, la qualité des images produites n'est pas suffisante pour visualiser avec exactitude les critères de différenciation des espèces morphologiquement proches. Ainsi, les brèmes regroupent les bordelières et les communes, les chevaines peuvent être confondues avec les vandoises et les ablettes avec les spirilins. Aussi, l'identification des poissons de petite taille (< 10 cm) est impossible et, par conséquent, les petits cyprinidés peuvent être confondus avec des ablettes (de même que certaines espèces comme l'Apron du Rhône qui est difficilement distinguable) (*Annexe 3*).

Dès lors, la présence de certaines espèces difficiles à identifier ne pourra être faite qu'à partir d'observations directes à travers la vitre lors des passages dans le local de comptage, comme cela a pu être le cas pour le spirilin (*Figure 16*).

Ensuite, certaines espèces ou petits individus nagent sur le flanc lorsque les conditions de vitesses sont limitantes au sein du chenal, masquant alors des critères morphologiques indispensables à leur détermination.

Enfin, comme évoqué précédemment les mauvaises conditions d'observation (turbidité, développement algal) peuvent également perturber l'identification des espèces.

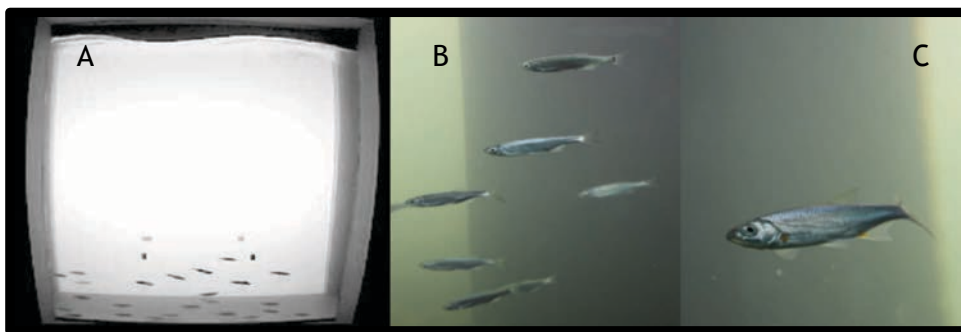


Figure 16 : Banc d'ablettes observé lors du dépouillement (A) ; ablettes (B) et spirilin (C) (Georgeon - MRM) en observation directe à travers la vitre

1.2 Mesure des individus

Les poissons sont mesurés à l'aide du logiciel de dépouillement dont la taille est exprimée en pixels d'écran.

Afin de convertir la taille en centimètres, cette mesure intègre, entre autres, l'éloignement entre le poisson et l'objectif de la caméra qui peut ainsi varier de 50 cm (la largeur du chenal).

Pour ce faire, la colonne d'eau a été divisée en 3 secteurs d'éloignement par rapport à la caméra, chacun associé à un coefficient de transformation qui doit être renseigné à la prise de mesure lors du dépouillement :

- « P » Proche, lorsque le poisson est situé dans le premier tiers de la largeur du chenal,
- « I » Intermédiaire, lorsque le poisson est situé dans le deuxième tiers de la largeur du chenal,
- « L » Loin, lorsque le poisson est situé dans le dernier tiers de la largeur du chenal.

De manière à calibrer les coefficients de transformation des valeurs de pixels en centimètres, 2 repères espacés de 50 cm l'un de l'autre ont été installés sur chaque vitre de part et d'autre du chenal. Ainsi, connaissant précisément la valeur en centimètres de ces espacements, la valeur obtenue en pixels par le logiciel peut être convertie en faisant le ratio « taille en centimètres » / « taille en pixels ». Le coefficient intermédiaire est quant à lui obtenu en moyennant les coefficients « Proche » et « Loin ».

Par ailleurs, cette calibration doit être reproduite à chaque fois que la caméra a été bougée.

1.3 Sens de passage et comportement migratoire

Pour chaque poisson identifié et dénombré lors du dépouillement, un sens de passage est renseigné.

Les individus en montaison se voient ainsi attribuer une valeur positive et, au contraire, une valeur négative pour les individus en dévalaison de manière à écarter les mouvements de va et vient lors de la compilation des données (somme de chaque valeur).

Toutefois, certaines dévalaisons sont liées aux cycles biologiques des espèces, en particulier les migrateurs amphihalins, et doivent par conséquent être distinguées des dévalaisons liées à des mouvements ponctuels ou difficultés de franchissement. Dès lors, au moment de la détermination de l'espèce au cours du dépouillement, un code espèce différent doit être utilisé pour distinguer ces comportements.

Ainsi, le code « ang » détermine les anguilles en montaison ou anguilles jaunes dévalantes alors que le code « aad » identifie les anguilles argentées en dévalaison.

De la même manière, les aloses en dévalaison post-reproduction (code « po1 » attribué dans le cas de notre suivi), doivent être distinguées des autres individus (« alf »).

2 Traitement de la donnée

A un pas de temps défini selon les besoins (communication, analyses, etc.), les fichiers résultats générés lors du dépouillement sont concaténés, transformés en fichiers tableurs et intégrés dans une base de données annuelle.

2.1 Observatoire des poissons migrateurs amphihalins en Rhône Méditerranée

Dans l'objectif de disposer d'un outil d'aide à la décision pour la gestion des populations de poissons migrateurs et de valoriser l'état de ces populations auprès du grand public et gestionnaires locaux, un certain nombre de descripteurs sont mis en ligne sur le site internet de l'observatoire (www.observatoire-rhonemediterranee.fr).

En particulier, une page du site est dédiée à la visualisation des résultats en « direct », pour laquelle, les effectifs bruts d'aloses, de lamproies et d'anguilles comptabilisés à la passe de Sauveterre sont renseignés de manière bimensuelle.

2.2 Analyses ichtyologiques et environnementales

En fin d'année, une analyse complète est effectuée en termes de rythme migratoire (saisonnier et intra journalier) et de structuration en taille de la population migrante pour chaque espèce amphihaline.

Les résultats obtenus sont par ailleurs confrontés aux données environnementales (débit et température du Rhône, turbidité, vent...) afin d'identifier leur éventuel effet sur la migration. Selon la bibliographie et l'analyse pluriannuelle effectuée sur la chronique de données issue des suivis réalisés aux passes-pièges à anguilles de Beaucaire entre 2008 et 2015 (Georgeon et al, 2018), il a été identifié que les paramètres influençant le plus la migration des anguilles sont la température et le débit. Il s'avère ainsi qu'une température supérieure à 15°C soit nécessaire pour observer les premiers pics de montaison pour un débit généralement supérieur à 1 000 m³/s. Concernant les aloses, la bibliographie témoigne de l'influence de la température sur le métabolisme des individus avec notamment un seuil de migration fixé à 11°C (conditions observées dès le 28 avril) (Aprahamian et al., 2001). Enfin, la température minimale au moment de la construction du nid pour la Lamproie marine est fixée à 11°C (Catherine Taverny *et al*, 2010).

Le débit jouant un rôle sur l'attractivité des amphihalins en mer et sur la répartition du flux migratoire dans le bassin versant, les débits moyens journaliers du Rhône et des affluents ont été recueillis auprès de la CNR ainsi que la répartition des débits au niveau des différents ouvrages de l'aménagement d'Avignon (barrage de Villeneuve, usine-écluse d'Avignon, barrage-usine de Sauveterre). De plus, comme toute espèce poïkilotherme, la température influence également le métabolisme des poissons et par conséquent les périodes de migration. Les données de température ont ainsi été recueillies auprès de la CNR.

De même, les problèmes de fonctionnement ainsi que les périodes durant lesquelles les conditions d'observation ne sont pas optimales à l'identification des espèces sont analysés afin d'apprécier leur éventuel impact sur les résultats.

RÉSULTATS ET RETOURS D'EXPERIENCE DE LA CAMPAGNE 2019

Le suivi de la station de comptage est effectif depuis le 27 septembre 2017. De ce fait, l'année 2019 constitue la seconde année de suivi complet permettant d'intégrer l'ensemble des conditions hydrologiques, environnementales et biologiques aux analyses et ainsi répondre aux objectifs globaux du suivi. La seconde année permet en outre de réaliser une première comparaison interannuelle.

1 Conditions environnementales

Dans l'objectif d'étayer les connaissances sur le déterminisme environnemental de la migration des espèces amphihalines du bassin rhodanien (et en particulier l'Alose), un certain nombre de paramètres environnementaux doit être relevé afin de les confronter aux données de passage et de structuration de la population.

1.1 Conditions hydrologiques

En 2019, le débit moyen journalier du Rhône a oscillé entre 351 m³/s le 21 septembre et 4 600 m³/s le 21 décembre dont l'évolution peut être caractérisée en 3 phases distinctes (Figure 17) :

- La première se caractérise par des débits moyens entrecoupés par des variations de débits modérées entre le 1^{er} janvier et le 20 juin (débit moyen de 1 367 m³/s oscillant entre 703 m³/s et 2 853 m³/s)
- La seconde se caractérise par des débits faibles du 20 juin au 20 octobre (débit moyen de 785 m³/s oscillant entre 351 m³/s et 1 595 m³/s). Durant cette période, le débit du bras de Sauveterre (bras d'Avignon) est quasi continuellement supérieur à celui du bras de Villeneuve
- La troisième se caractérise par une période de hautes eaux durant laquelle on observe plusieurs hausses du débit importantes entre le 20 octobre et le 31 décembre (débit moyen de 2 408 m³/s oscillant entre 1 094 m³/s et 4 600 m³/s).

Le bras de Villeneuve a donc été plus attractif durant 63,6 % de l'année. Le bras d'Avignon a donc été logiquement moins attractif à l'exception de la période fin juin à fin octobre.

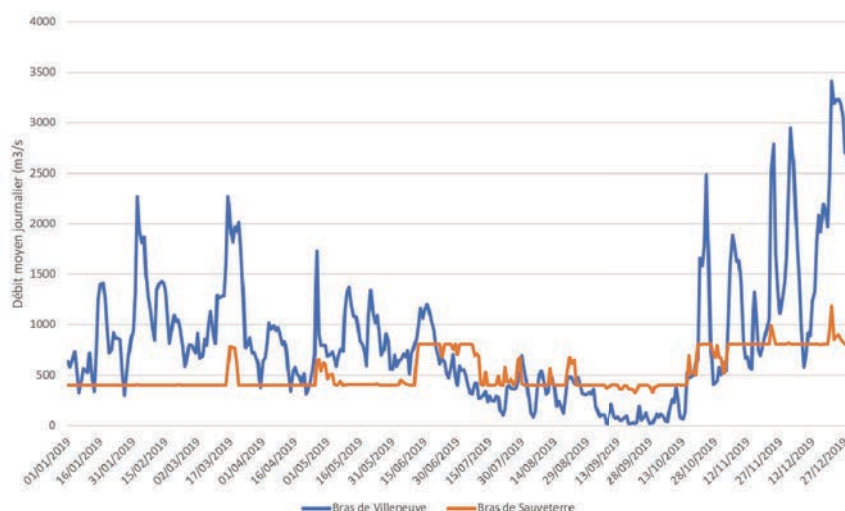


Figure 17 : Répartition des débits à l'étage d'Avignon en 2019

1.2 Régime thermique du Rhône

La température de l'eau du Rhône a oscillé entre 5°C (janvier - février) et 26°C (fin juillet) (Figure 18 : suivi au niveau de l'écluse d'Avignon).

Vis-à-vis des espèces amphihalines, on considère le seuil de migration pour l'Alose à 11°C. En 2019, la température du Rhône est continuellement supérieure à cette valeur à partir du 29 mars.



Figure 18 : Température du Rhône en 2019

Concernant les anguilles, les suivis menés sur les passes pièges du Rhône ont permis d'identifier le seuil de 15°C qui est la valeur à partir de laquelle peut être observée des pics de migration. En 2019, la température est continuellement supérieure à cette valeur à partir du 18 mai.

1.3 Turbidité du Rhône

Les valeurs de **turbidité** ont été relevées lors de chaque passage sur site de MRM à l'aide d'un disque de Secchi afin de disposer d'un suivi de la qualité des dépouillements (Figure 19).

L'analyse met en évidence des pics de turbidité d'intensité variable en lien avec les variations de débit du Rhône. La turbidité apparaît ainsi la plus élevée entre la mi-juin et la mi-juillet et août avant de baisser et d'amorcer une nouvelle hausse à partir de la fin du mois d'octobre, correspondant à des périodes où les deux turbines sont en fonctionnement (800 m³/s).

Ces données sont toutefois à prendre avec précaution (méthode peu précise et données ponctuelles).



Figure 19 : Valeurs du disque de Secchi obtenues à la passe à poissons de Sauveterre en 2019

2 Fonctionnement hydraulique de la passe à poissons

2.1 Fonctionnement global

Le fonctionnement global de la passe peut être perturbé principalement par deux éléments liés au batardage amont de la passe. Ces arrêts sont essentiellement dus à la réalisation de travaux ou encore au nettoyage des vitres du vidéo-comptage. Un carnet de bord a été déposé dans le local de comptage dans lequel chaque fermeture volontaire de la passe à poissons est notifié afin d'identifier les périodes et le temps total de ces arrêts.

En 2019, on dénombre deux périodes de travaux qui ont entraîné la fermeture de la passe pour une durée de 78 heures au total (du 25 au 27 mars et le 9 octobre).

Concernant les nettoyages des vitres, on en dénombre 34 qui sont répartis sur l'ensemble de l'année. Ces nettoyages représentent au total une fermeture de la passe d'une durée de 33 heures (57 minutes en moyenne).

Ainsi, la passe à poissons a fonctionné 98,7 % du temps en 2019 impliquant un impact faible sur les migrations.

2.2 Attrait de la passe et conditions de passages

Outre l'attrait variable des différents bras du Rhône à l'étage d'Avignon, le nombre de passages ainsi que la diversité spécifique peuvent être directement liés au fonctionnement du dispositif de franchissement et une attention particulière doit donc être portée sur les conditions à l'entrée, à la sortie et au sein de la passe à poissons.

Plusieurs éléments peuvent influencer le fonctionnement de la passe à poissons et donc son attrait. Au niveau de l'entrée de la passe (galerie collectrice), le débit d'attrait est composé du débit transitant par la passe à poissons ($2\text{m}^3/\text{s}$) et du débit turbiné par la MCH ($8\text{m}^3/\text{s}$). Les fluctuations du débit d'attrait au sein de la passe peuvent donc être appréciées en analysant les données de turbinage de la micro-centrale.

En 2019, suite à des problèmes rencontrés dans le génie civil du bâtiment (vibrations), la MCH a été stoppée le 15 avril, période correspondant à l'arrivée des premières aloses sur site (première capture à Sauveterre le 11 avril et premier passage dans la passe le 10 avril).

Comme précédemment évoqué, en cas d'arrêt de la micro-centrale, le débit d'attrait est normalement diminué à environ $5,5\text{m}^3/\text{s}$ et passe par une conduite en by-pass jusqu'à un bassin de dissipation avant d'être restitué à l'aval de la mini-centrale. Les données liées à la restitution de cette conduite by-pass ne sont pas disponibles et les problèmes de variations ont certainement dégradé le fonctionnement de cette dernière. En tout état de cause, l'attrait de la passe à poissons est bien moins important à partir de cette date, et il est probable que cet événement ait eu un effet négatif sur le passage des différentes espèces de poissons. L'analyse des passages dans la suite du rapport permettront peut-être de mettre en avant ce changement. A l'issue du suivi 2019, la MCH est toujours à l'arrêt.

Le fonctionnement du dispositif peut également être altéré par des variations de niveau d'eau au sein de la passe. Les dysfonctionnements du dégrilleur notamment et en particulier la création d'embâcles au niveau de la sortie du canal de la passe à poissons peuvent potentiellement provoquer des variations de niveau d'eau mais aussi bloquer la sortie des poissons.

Un suivi quotidien de l'évolution du niveau d'eau devant la vitre de vidéo-comptage a été réalisé lors du dépouillement (1^{er} janvier au 31 décembre 2019).

Tandis que pour la quasi-totalité des jours, l'on observe un niveau d'eau élevé, le suivi a permis d'identifier quelques rares journées où le niveau est anormalement bas. Ainsi, en 2019, le dépouillement des données permet d'identifier 16 jours où le niveau d'eau est faible (niveau inférieur à la partie médiane de la vitre) soit 4,4 % du temps.

Les faibles niveaux observés en 2019 ne sont à priori pas corrélés à des anomalies de comportements, il convient toutefois de rester vigilant pour les prochaines années de suivi de la création d'embâcles à la sortie du canal de la passe.

Enfin, les données relatives à la gestion des vannes de la galerie collectrice permettent d'apprécier les conditions d'entrées de la passe. Ces données n'ont pas pu être analysées dans le cadre du suivi 2019 mais il conviendrait de les prendre en compte pour les prochaines années de suivi.

3 Acquisition des données

3.1 Fonctionnement global du système d'acquisition

En 2019, les périodes d'arrêt du système représentent un total de 324 heures et 7 minutes pour le chenal 1, soit plus de 13 jours et 136 heures et 40 minutes sur le chenal 2 soit plus de 5 jours.

Tandis que la plupart de ces coupures sont limitées dans le temps et sont dues à des coupures électriques sur l'ouvrage (quelques minutes à 2 heures), on observe une coupure longue sur chaque chenal. Sur le chenal 1, on observe une coupure de plus de 12 jours entre le 1^{er} et le 13 mars qui malgré sa durée a peu d'impact sur l'acquisition des données car survenu début mars où les eaux sont froides et où les passages d'amphihalins sont rares voir nuls.

Pour le chenal 2, on observe une coupure de près de 5 jours entre le 22 et le 27 mai. Cette seconde coupure est plus problématique car survenu en pleine migration des aloses. L'origine de ces deux coupures est difficile à définir, mais semble lié à un problème informatique.

Par ailleurs, suite à une mauvaise manipulation du logiciel lors de la récupération des données vidéo, aucune vidéo n'a été enregistrée sur les deux chenaux pendant 4 jours (du 24 juin 13h20 au 28 juin 15h20). Cette absence de données est également problématique puisque survenue lors du pic de migration des anguilles.

Ainsi, l'absence d'enregistrement représente 1,56 % du temps du suivi sur le chenal 1 et 3,7 % sur le chenal 2, chiffre qui reste relativement bas et limite l'impact sur l'acquisition de données.

3.2 Nombre de fichiers générés

29 442 fichiers ont été générés au total, 17 792 sur le chenal 1 (48 fichiers par jour en moyenne) et 11 650 sur le chenal 2 (32 fichiers par jour en moyenne). Le nombre de fichiers générés est donc significativement supérieur au suivi 2018 durant lequel 21 222 fichiers ont été créés (Lambremon *et al*, 2019). L'ensemble des fichiers représente un volume de 280,1 Go.

Le nombre de fichiers générés est légèrement supérieur sur le chenal 1 qui représente 60,4 % des fichiers (39,6 % chenal 2). L'analyse de l'évolution des fichiers peut ainsi être menée de manière globale sur la période étudiée. A noter, que faute de dépouillement complet réalisé sur la période septembre à décembre, il n'est pas possible de visualiser le nombre de fichiers générés sur un pas de temps journalier.

Il apparaît que la période de suivi se décompose en 2 phases (*Figure 20*) :

- La période hivernale de janvier à mars caractérisée par un nombre moyen journalier de fichiers générés relativement faible (44 fichiers) dont la majorité ne contient pas de poissons (75,6 %) ;
- La période Printemps-Été d'avril à août caractérisée par un nombre moyen de fichiers générés beaucoup plus important (109 fichiers) contenant une majorité de passages de poissons (79 %).

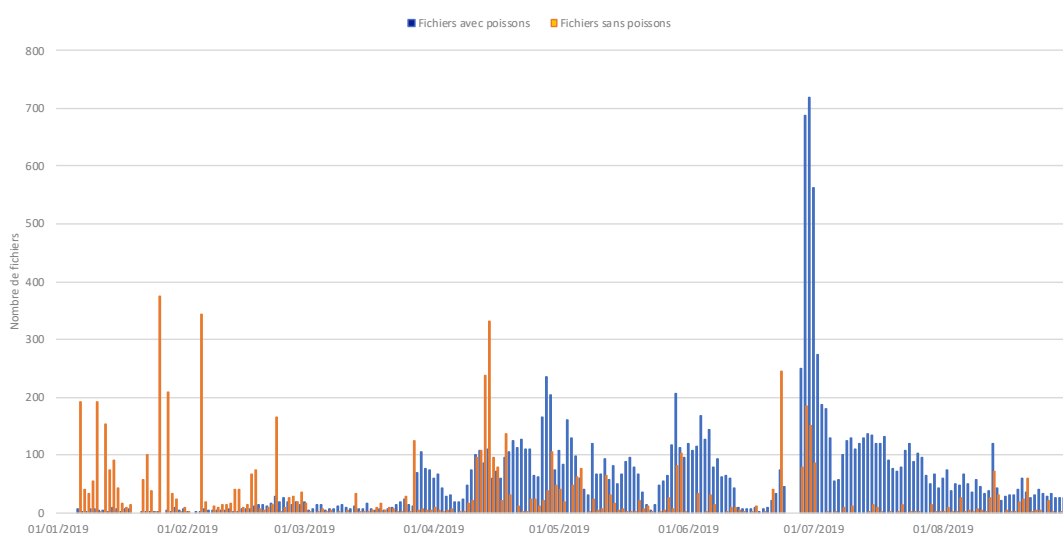


Figure 20 : Évolution du nombre journalier de fichiers générés en 2019 (avec et sans poissons)

Il est important de noter la présence de quelques journées où le nombre de fichiers sans poissons est très nombreux. Ce surplus de génération peut avoir plusieurs causes, mais nous montre la nécessité d'avoir une surveillance très régulière du système pour minimiser le temps de dépouillement associé à ces données.

3.3 Perturbations rencontrées

Le nombre de fichiers générés en 2019 est important et il apparaît qu'un certain nombre de ces fichiers sont générés sans qu'il y ait pour autant le passage d'une espèce piscicole. Les causes principales des déclenchements sans poisson en 2019 sont les variations de niveau d'eau et la présence de débris dans la colonne d'eau (*Tableau 3*).

Les abaissements du niveau d'eau de la passe à poissons sont généralement liés à un abaissement du plan d'eau amont causé par le fonctionnement du barrage ou à un problème de dégrilleur. Les mouvements de la surface de l'eau et la présence de flottants sont alors directement détectés (Figure 21).

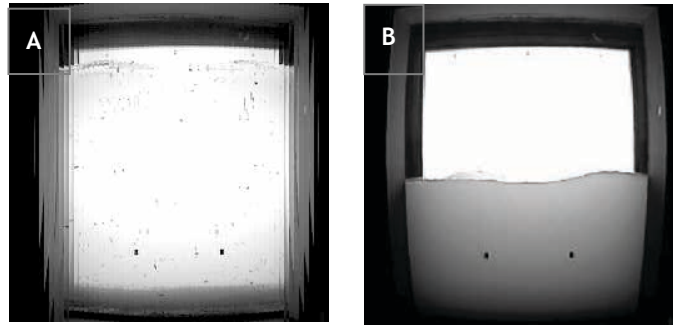


Figure 21 : Principales sources de déclenchements intempestifs : la présence de débris (A) et une baisse de la ligne d'eau (B)

Ces variations de niveau d'eau ont été observées sur 16 jours soit 4,4 % de la durée du suivi. Ces fortes variations de niveau ont majoritairement été observées en janvier et en juillet avec respectivement 5 et 4 jours.

La forte présence de débris au niveau du chenal de la passe à poissons à quant à elle été observée durant 11 jours de suivi soit 3 % du temps. Ces journées sont principalement observées durant le printemps et l'été.

Au total, ce sont donc 26 journées qui ont connu des conditions pouvant entraîner un nombre plus important de fichiers (le 10 janvier ayant connu à la fois un niveau bas et la présence importante de débris).

Par ailleurs, l'impact de ces deux types d'événements est amplifié par la présence de vent (Mistral essentiellement), qui crée des vagues à la surface lorsqu'il est associé à une baisse de niveau d'eau. Il augmente également la présence de débris. Une analyse des vitesses du vent en 2017 montrait ainsi que les déclenchements intempestifs se produisent principalement lorsque la vitesse moyenne journalière du vent est supérieure à 22 km/h (conditions observées entre le mois d'avril à septembre en 2018). Aussi le nombre de fichiers sans poisson est positivement corrélé à la vitesse du vent (Figure 22).

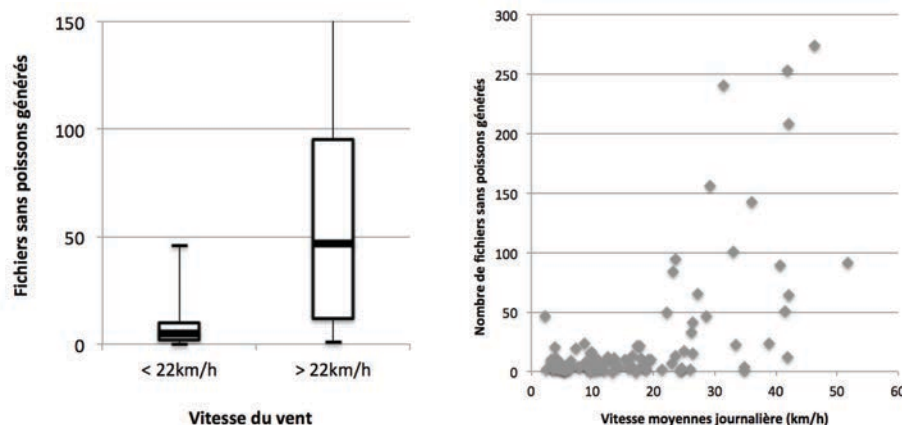


Figure 22 : Relations entre le nombre de fichiers générés sans poisson et la vitesse moyenne journalière du vent en 2017

Enfin, la création de fichiers sans poissons peut être liée à la mise en place de mauvais réglages, ou de réglages trop fins du logiciel d'acquisition.

3.4 Conditions d'observations

Le dépouillement des vidéos et l'identification des espèces sont fortement liés aux conditions d'observations, elles même liées à la turbidité de l'eau. Ainsi, une forte augmentation de la turbidité peut se retranscrire par de potentielles difficultés d'identification voire de détection des individus sur cette période. Comme en 2018, les conditions d'observations sont notées durant le dépouillement.

Ainsi en 2019, on estime à 105 le nombre de jours où les conditions d'observations sont difficiles (≥ 3) soit 28,7 % du temps (*Figure 23*).

Ces conditions d'observation difficiles sont majoritairement observées du 20 mai au 14 juillet puis à partir de la mi-octobre jusqu'à la fin de l'année.

Les valeurs prises grâce au disque de Secchi mettent également en valeur une turbidité élevée sur ces mêmes périodes.

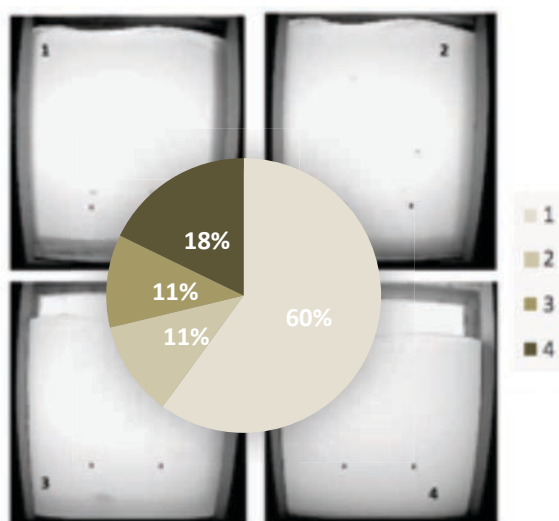


Figure 23 : Proportion des classes d'importances de turbidité observée sur la période de suivi 2018

4 Dépouillement et analyses ichtyologiques

4.1 Temps de dépouillement

Les durées de dépouillement sont très variables selon les conditions de milieu (visibilité, déclenchements intempestifs), le nombre d'individus et les espèces franchissant le dispositif (facilité d'identification, comportement devant la vitre).

435 heures de dépouillement ont été nécessaires au suivi 2019.

Il est à noter toutefois, la mise en place d'un allègement du dépouillement entre septembre et décembre 2019. En effet, sur cette période, seules les espèces amphihalines ont été dénombrées. Cette adaptation méthodologique est justifiée par le volet chronophage du suivi. Par ailleurs, la perte de données sur cette période reste limitée puisque le nombre de passages de poissons est inférieur au mois d'avril à juillet (appréciation qualitative lors du visionnage des séquences) et que les espèces amphihalines, espèces cibles du suivi ont été pris en compte.

Durant le suivi 2019, 3 périodes distinctes sont identifiées :

- Le mois de juillet qui est caractérisé par les plus importants passages de l'année (plus de 138 000 individus comptabilisés soit 46,6 % de l'effectif global) avec notamment une très forte augmentation du nombre de passages d'ablettes et dans une moindre mesure du nombre de passages d'anguilles. Cela augmente logiquement le temps de dépouillement : 0,4 fichiers visualisés par minute en moyenne ;
- Les mois d'avril, mai, juin et août représentant une période intermédiaire avec environ 152 250 individus comptabilisés soit 51 % de l'effectif global : 1 fichier visualisé par minute en moyenne ;
- Les mois de janvier à mars et de septembre à décembre avec seulement 5 800 individus comptabilisés soit à peine 2 % de l'effectif global. Il faut cependant rappeler que le dépouillement sur la fin d'année ne ciblait que les amphihalins. Quoiqu'il en soit les passages sur cette période restent faibles à cette période : 2,4 fichiers visualisés par minute en moyenne.

Ainsi, le temps de dépouillement en 2019 par chenal est en moyenne de 2h et 20 minutes pour une journée correspondant à la plus forte période de passage (60,6 fichiers journaliers en moyenne), de 50 minutes pour une journée en période intermédiaire (49 fichiers journaliers en moyenne) et de 12 minutes pour une journée en période « creuse » (30 fichiers journaliers en moyenne).

L'évolution du nombre de séquences produites et le caractère particulièrement chronophage de la mesure systématique des anguilles observés en 2018 ont conduit à une évolution de la méthode de dépouillement.

Ainsi, en 2019, la mesure des anguilles sur la période de forte migration a été réalisée en alternance des chenaux un jour sur deux.

4.2 Effectifs globaux comptabilisés

En 2019, au moins 18 espèces ont été identifiées au sein de la passe à poissons (*Tableau 3*) chiffre identique à l'an passé. On observe cependant une légère différence dans le cortège piscicole puisque l'amour blanc présent en 2018 est absent en 2019 (Lambremon *et al*, 2019). Et, a contrario, on observe le bar commun (*Dicentrarchus labrax*) en 2019 alors qu'il était absent du suivi 2018.

Ces espèces représentent au total 296 319 individus répartis sur les 2 chenaux (49,7 % sur le chenal 1, 50,3 % sur le chenal 2), effectif largement dominé par les ablettes (58,5 %), puis dans une moindre mesure les mulets (13,3 %), les brèmes (12,8 %) les anguilles (9,4 %), et les hotus (4 %). L'ensemble de ces espèces est équitablement réparti entre les deux chenaux (*Figure 24*) à l'exception des gardons, rotengles, tanches et sandres dont les passages sont cependant très minoritaires à la passe et donc peu représentatifs à l'échelle de deux chenaux.

Tableau 3 : Bilan des passages 2019

| Espèces | Nombre | % |
|--------------------------------------|----------------|---------------|
| Amphihalins | 67 819 | 22,88% |
| Aloses feintes | 521 | 0,18% |
| Anguilles | 27 759 | 9,37% |
| Mulets | 39 539 | 13,34% |
| Espèces d'intérêt halieutique | 681 | 0,22% |
| Carpes | 206 | 0,07% |
| Perches | 181 | 0,06% |
| Sandres | 17 | 0,01% |
| Silures | 276 | 0,09% |
| Black Bass | 1 | 0,00% |
| Cyprinidés rhéophiles | 15 667 | 5,28% |
| Barbeaux | 2 620 | 0,88% |
| Chevesne | 1 159 | 0,39% |
| Hotus | 11 888 | 4,01% |
| Cyprinidés limnophiles | 212 099 | 71,57% |
| Ablettes | 173 385 | 58,51% |
| Brèmes | 37 889 | 12,79% |
| Gardons | 541 | 0,18% |
| Rotengles | 20 | 0,01% |
| Tanches | 1 | 0,00% |
| Carassins | 263 | 0,09% |
| Espèces marines | 5 | 0,00% |
| Bar commun | 5 | 0,00% |
| Indeterminés | 53 | 0,01% |

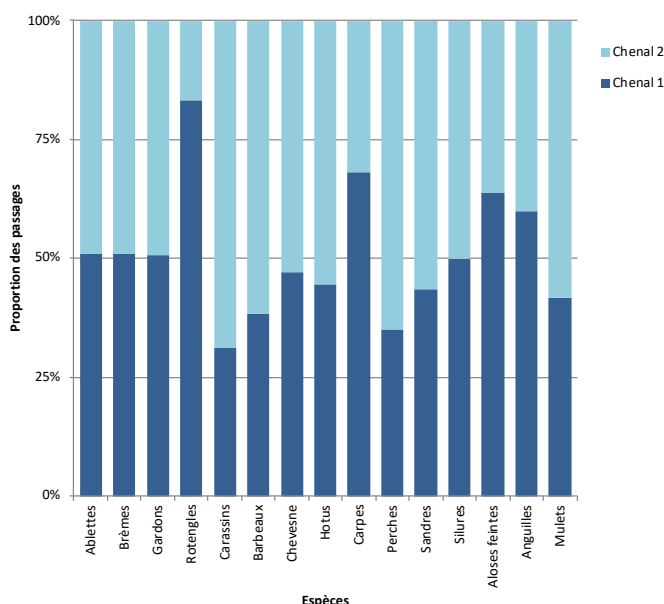


Figure 24 : Répartition des passages par chenal pour chaque espèce en 2019

Les espèces dénombrées sont majoritairement des cyprinidés limnophiles (ablettes, brèmes, gardons) avec 71,6 % de l'effectif total observé. Les migrateurs amphihalins représentent 22,9 % de l'effectif total et sont représentés par les mulets (13,3 %), les anguilles (9,4 %) et les aloses (0,18 %). Les cyprinidés rhéophiles (hotus, barbeaux, chevesnes) sont représentés à 5,3 %. Les espèces d'intérêt halieutique (silures, carpes, perches, sandres, black bass) sont quant à elles minoritaires (681 individus soit 0,2 % de l'effectif total) (Figure 25).

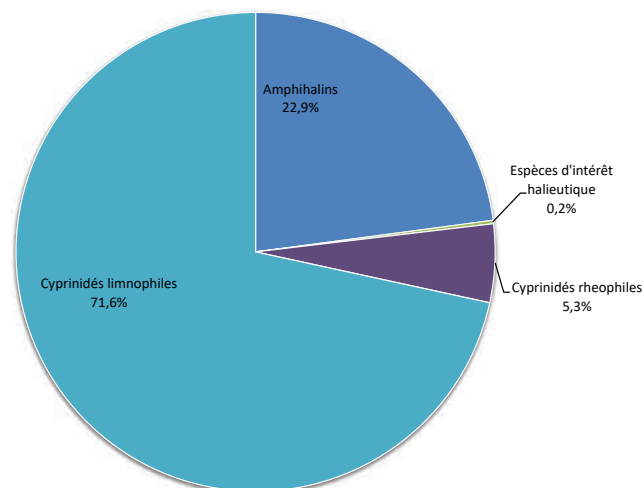


Figure 25 : Proportion des observations réparties en groupes d'espèces en 2018

La comparaison des passages entre les deux années montre une forte diminution des effectifs que ce soit au niveau global, mais aussi pour certaines espèces abondantes ou plus rare (Lambremon et al, 2019) (Tableau 4). Il est à noter que les comparaisons des espèces non migratrices sont faites sur la période janvier à aout.

Avec une baisse de plus de 50 % des effectifs et plus particulièrement les aloses (une baisse de plus de 83 %), les espèces amphihalines connaissent la plus forte diminution. Parmi, les autres espèces qui connaissent une forte diminution, on peut citer les ablettes et les hotus parmi les espèces abondantes et les carpes et les silures pour les espèces moins présentes.

D'autres espèces voient au contraire leurs effectifs augmenter comme les brèmes ou les barbeaux pour les espèces abondantes ou les perches, les sandres ou encore les carassins pour les espèces moins présentes.

La diminution de l'attrait est un élément qui pourrait expliquer la diminution des effectifs d'aloses, car particulièrement sensibles au débit en termes de franchissement d'ouvrage piscicole. Par contre, l'analyse de la diminution des effectifs des autres espèces nécessite un retour d'expérience plus conséquent.

Tableau 4 : Bilan des passages 2018 / 2019 et évolution
(amphihalins : année complète - de janvier à août pour les autres espèces)

| Année | 2018 | | 2019 | | 2018 - 2019 |
|--------------------------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| Espèces | Nombre | % | Nombre | % | Evolution |
| Amphihalins | 138722 | 31,47% | 67 819 | 22,88% | -51,1% |
| Aloses feintes | 3187 | 0,72% | 521 | 0,18% | -83,6% |
| Anguilles | 50 795 | 11,52% | 27 759 | 9,37% | -45,4% |
| Mulets | 84 740 | 19,22% | 39 539 | 13,34% | -53,3% |
| Espèces d'intérêt halieutique | 955 | 0,22% | 681 | 0,22% | -28,67% |
| Carpes | 329 | 0,07% | 206 | 0,07% | -37,4% |
| Perches | 29 | 0,01% | 181 | 0,06% | 524,0% |
| Sandres | 1 | 0,00% | 17 | 0,01% | 1600,0% |
| Silures | 595 | 0,13% | 276 | 0,09% | -53,6% |
| Black Bass | 0 | 0,00% | 1 | 0,00% | |
| Amour Blanc | 1 | 0,00% | 0 | 0,00% | -100,0% |
| Cyprinidés rhéophiles | 20824 | 4,72% | 15 667 | 5,28% | -24,8% |
| Barbeaux | 2097 | 0,48% | 2 620 | 0,88% | 24,9% |
| Chevesne | 1074 | 0,24% | 1 159 | 0,39% | 7,9% |
| Hotus | 17653 | 4,00% | 11 888 | 4,01% | -32,7% |
| Cyprinidés limnophiles | 280 298 | 63,6% | 212 099 | 71,57% | -24,3% |
| Ablettes | 250 383 | 56,8% | 173 385 | 58,51% | -30,8% |
| Brèmes | 29 472 | 6,7% | 37 889 | 12,79% | 28,6% |
| Gardons | 328 | 0,1% | 541 | 0,18% | 64,9% |
| Rotengles | 2 | 0,0% | 20 | 0,01% | 900,0% |
| Tanches | 2 | 0,0% | 1 | 0,00% | -50,0% |
| Carassins | 111 | 0,0% | 263 | 0,09% | 136,9% |
| Espèces marines | | | 5 | 0,00% | |
| Bar commun | 0 | 0,00% | 5 | 0,00% | |
| Indeterminés | 425 | 0,01% | 53 | 0,01% | -87,5% |

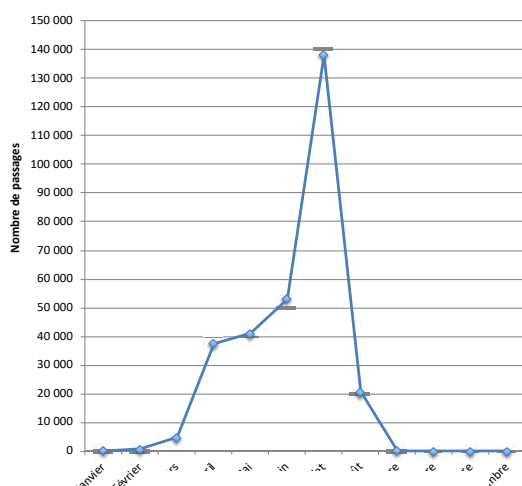


Figure 26 : Passages mensuels 2019

La majorité des individus (46,6 %) a été dénombrée au mois de juillet. Les mois d'avril à juin représentent quant à eux 44,5 % des passages. Ainsi, la majorité des espèces dénombrées (91,1 %) transitent via la passe entre les mois de juin et juillet. Il est cependant nécessaire de rappeler que sur la période septembre à décembre, seules les anguilles ont été comptées. Cette période reste cependant une période où les déplacements restent bien moins importants (Figure 26).

Toutes les espèces piscicoles effectuent des déplacements périodiques saisonniers afin de réaliser les différentes étapes de leur cycle de vie : reproduction, alimentation, recherche de zones refuges (*Mollard et al, 2016*). Les migrations les plus apparentes sont généralement celles réalisées pour rejoindre les frayères, comportement observé lors du suivi 2019 avec l'essentiel des individus comptabilisés en montaison. La proportion des groupes d'espèces évolue ainsi au cours des mois (*Figure 27*).

Malgré le faible nombre de passages, les migrations hivernales sont majoritairement caractérisées par les passages de cyprinidés rhéophiles (59,9 %) notamment représentés par les premières remontées de hotus vers leurs sites de reproduction (ayant lieu courant mars-avril).

Le printemps et l'été représentent les saisons les plus communes pour la migration de la majorité des espèces étudiées. Ils concentrent ainsi la majorité des passages de l'année. Les cyprinidés limnophiles y sont observés majoritairement concentrant 70 % des passages au printemps et 74,1 % des passages en été (ablettes notamment et brèmes par la suite).

Les amphihalins sont également bien représentés avec respectivement 21,5 % et 24,8 % des passages au printemps et en été (migration anadrome printanière de l'Alose feinte du Rhône, comportement de colonisation des anguilles au printemps et en été). Ces saisons sont également caractérisées par les montaisons de juvéniles de mulot mais leur distinction au travers des bancs d'ablettes n'a pas été possible lors du dépouillement (individus cependant observés devant la vitre lors des campagnes de nettoyage).

Les espèces d'intérêt halieutique sont très peu représentées sur l'ensemble de l'année mais les observations les plus importantes sont bien au printemps et en été (carpes et silures notamment avec respectivement 206 et 274 individus comptabilisés).

Les cyprinidés rhéophiles sont quant à eux encore bien représentés au printemps (8,3 %), correspondant majoritairement à la poursuite des remontées hivernales de hotus et à celle des barbeaux fluviaux vers leurs sites de reproduction.

Enfin, faute de dépouillement complet sur la période hivernale, la proportion des différents groupes n'a pas été analysée.

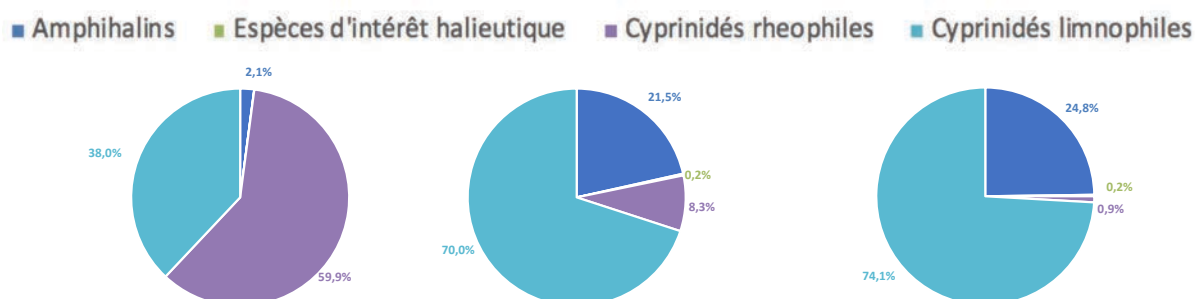


Figure 27 : Proportion des groupes d'espèces selon les saisons d'observation en 2019

4.3 Cas des poissons migrateurs amphihalins visés par le suivi

a) L'anguille européenne

27 803 anguilles ont été observées entre le 24 février et le 24 décembre 2019, soit 9,4 % de l'effectif total.

Résultats en montaison

La quasi-totalité des anguilles étaient en montaison, avec 27 759 individus (Figure 28).

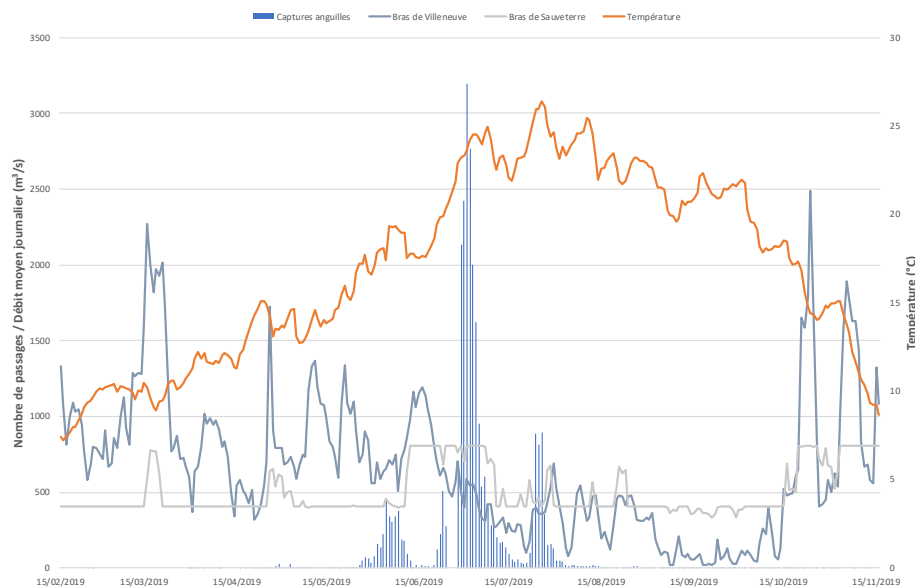


Figure 28 : Passages journaliers d'anguilles en montaison à Sauveterre en 2019 confrontés aux débits et à la température du Rhône (données CNR)

On notera l'absence de passages d'anguilles entre le 25 et 27 juin, en raison de l'absence d'enregistrements vidéo. Cette période d'interruption se situe dans la période de forte montaison des anguilles, ce qui sous-estime le chiffre réel des passages d'anguilles. Quoiqu'il en soit, le nombre d'anguilles observées diminue fortement passant ainsi de plus de 50 000 individus en 2018 à un peu moins de 28 000 en 2019 (baisse de l'ordre de 45 %).

La diminution de l'attrait de la passe à poissons pourrait être une des causes de cette diminution, cependant, on observe également une diminution au niveau des passes pièges d'Avignon qui est encore plus importante (100 000 individus en 2018 contre 27 000 en 2019, soit une baisse de 73 %).

Les passages se concentrent majoritairement du 4 juin au 26 juillet (90 % des individus) avec 480 anguilles par jour en moyenne. La période de montaison principale est donc légèrement plus concentrée que la saison passée (4 juin au 12 août 2018). L'observation d'un plus grand nombre d'anguilles sur cette période est en lien probable avec l'augmentation de la température (seuil de 15°C identifié aux passes-pièges de Beaucaire) couplée aux débits du barrage-usine de Sauveterre qui correspond à une des rares périodes où les 2 turbines fonctionnent (débits de 800 m³/s du 12 juin au 10 juillet).

A titre de comparaison, les captures obtenues aux passes-pièges de l'aménagement d'Avignon suivent les mêmes tendances d'évolution (Figure 29) comme cela avait déjà été observé en 2018.

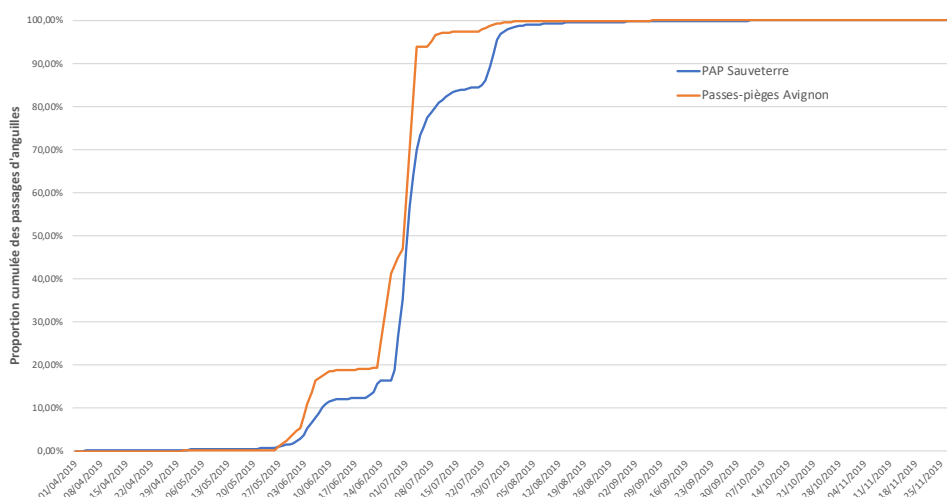


Figure 29 : Proportion cumulée des passages d'anguilles à Sauveterre comparée aux résultats des passes-pièges d'Avignon en 2019

Ces résultats sont toutefois à prendre avec précaution dans le sens où les classes de tailles observées en 2019 à la passe à poissons de Sauveterre diffèrent fortement de celles observées aux passes-pièges du Rhône (72 % d'individus >200mm contre 15 % et 5 % sur Avignon et Beaucaire). Ce constat est identique à la saison passée où le pourcentage d'individus supérieur à 200 mm était identique à Avignon et Beaucaire et légèrement supérieur à Sauveterre (79 %) (Figure 30).

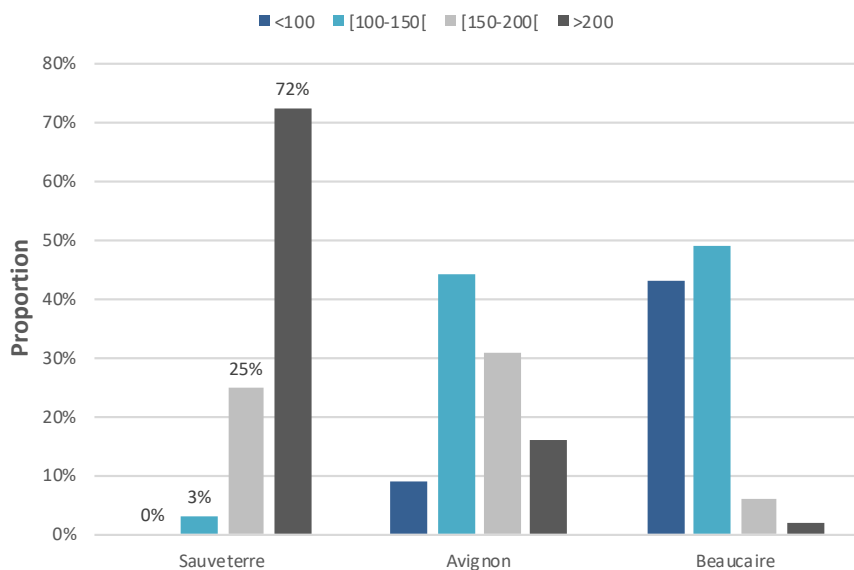


Figure 30 : Proportions des classes de tailles d'anguilles observés à Sauveterre, Avignon et Beaucaire en 2019

La taille moyenne des anguilles en montaison à Sauveterre est ainsi de 28,6 cm allant de 9 cm à 97 cm (*Figure 31*).

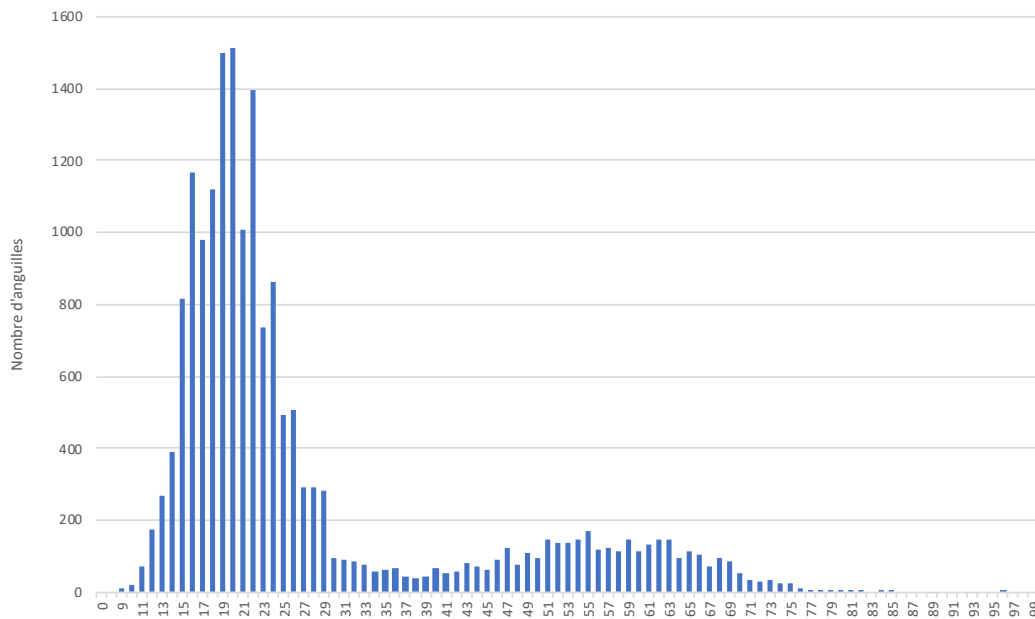


Figure 31: Nombre d'anguilles et taille associé, observés à Sauveterre en 2019

Les résultats du suivi 2019 des passes-pièges sur l'usine d'Avignon révèlent la capture d'un peu plus de 27 000 individus mesurant en moyenne 15,5 cm. De manière générale, malgré la présence de rugosité de fond, les passes à bassins ne sont pas le type de passe le plus adapté au passage des anguilles de petites tailles à cause de leurs capacités de nage limitées. En particulier, les vitesses d'écoulement au sein des chenaux de visionnage (supérieures à 1 m/s sur une distance de plus de 2 m) et des échancrures interbassins engendrent très probablement une sélection de la population migrante.

En effet, la distance maximale parcourue pour des individus de moins de 10 cm (vitesse de nage de l'ordre de 30 à 50 cm/s) serait de l'ordre d'une trentaine de centimètres pour une vitesse d'écoulement de 0,5 m/s (Porcher, 1992).

Enfin, le comportement de nage, généralement au fond, et la taille des individus migrants peut aussi être problématique pour la détection par le système vidéo et en particulier lorsque les conditions d'observation sont mauvaises (turbidité, développement algal au bas de la vitre). Ainsi, les petits individus enregistrés, le sont au travers du passages d'autres individus de plus grande taille.

A ce titre, la période durant laquelle on observe le plus de passages (Passe-piège d'Avignon ou passe à poissons de Sauveterre) correspond également à la période durant laquelle les conditions d'observations sont les plus compliquées (20 mai au 14 juillet). Ainsi, la forte turbidité observée à cette période propice aurait potentiellement induit une sous-détection du nombre d'anguillettes ayant emprunté la passe de Sauveterre en 2019 (notamment de tailles inférieures ou égales à 15 cm).

Les évolutions du logiciel d'acquisition sont à poursuivre et seront intégrées lors des prochaines années de suivi (amélioration de la détection sur la partie inférieure de la vitre).

L'analyse des passages selon les tranches horaires ne fait pas apparaître de comportement lucifuge (*Figure 32*). Un comportement similaire a été observé sur les passes à poissons de Bladier Ricard, Rochemaure (suivi réalisé en 2016) et du Pouzin (suivi réalisé en 2018), mais également sur Sauveterre durant la saison 2018.

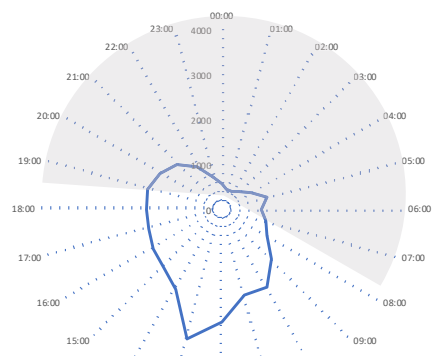


Figure 32 : Horaires de passage des anguilles en montaison en 2019

Résultats en dévalaison

Les résultats concernant les anguilles en dévalaison sont à prendre avec précaution. En effet, la migration de dévalaison est généralement associée aux phénomènes de crues et les anguilles se laissent entraîner au fil de l'eau afin d'économiser leur énergie pour la migration transocéanique. Ainsi, la majorité du flux devrait suivre les écoulements principaux et par conséquent passer par d'autres voies (surverses des barrages, turbines des usines). L'implantation de la passe, en berge, et la largeur restreinte du canal (1,7m) n'incitent pas les anguilles à dévaler par la passe à poissons.

Par ailleurs, les critères de bancarisation d'un individu en dévalaison (observation dans la colonne d'eau, nage dans le sens du courant (*Figure 33*)) ne permettent pas de s'assurer que l'individu est réellement en train de repartir à la mer.



Figure 33: Anguilles supposées dévalantes observées à la station de vidéo-comptage

Ainsi, seulement 44 anguilles ont été dénombrés en migration d'avalaison selon les critères définis. Ces individus ont été observés entre le 18 avril et 21 novembre sans lien apparent avec les périodes de crue. Par ailleurs, les classes de tailles observées (comprises entre 40 et 89 cm avec une taille moyenne de 70 cm) semblent caractéristiques d'une population dévalante principalement constituée de femelles.

Ces faibles observations confirment que la configuration du site de Sauveterre n'est pas favorable à l'observation d'anguilles dévalantes au travers de la passe à poissons.

b) L'Alose feinte de Méditerranée

521 aloses ont été observées lors du suivi 2019. Les aloses ont franchi la passe le 10 avril jusqu'au 10 juillet et la totalité des individus a été observé en montaison (Figure 34)

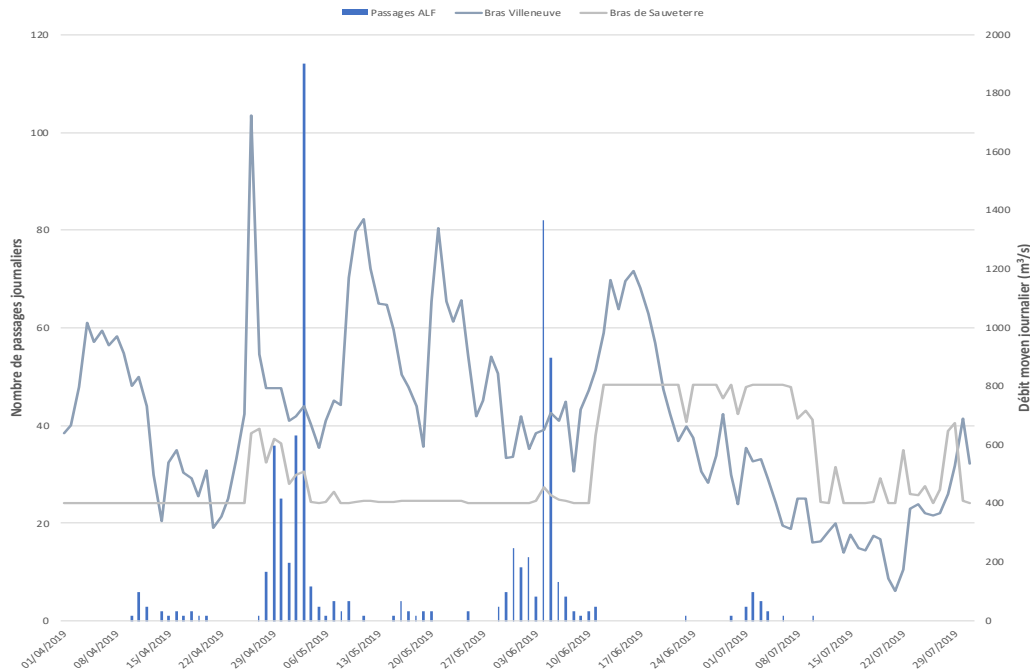


Figure 34 : Passages journaliers d'aloses à Sauveterre en 2019 confronté au débit du Rhône (Source CNR)

Par rapport à la saison 2018, les passages sont bien moins nombreux avec une diminution de 83 % passant de 3 187 individus à 521 individus en 2019. Parmi les raisons qui pourraient être avancées pour expliquer cette chute, apparaissent la baisse de l'abondance, une meilleure colonisation du bras de Villeneuve ou encore une problématique liée à l'attrait de la passe, elle-même liée à l'arrêt de la MCH.

La migration s'est majoritairement concentrée sur 37 jours de suivi entre le 28 avril et le 7 juin (dates pour lesquelles respectivement 5 % et 95 % de l'effectif global ont été comptabilisés). Les pics de passages ont essentiellement été observés sur deux périodes distinctes avec 45 % du 28 avril au 3 mai (maximum de passages le 3 mai avec 114 aloses comptabilisées) puis 35 % comptabilisé du 31 mai au 5 juin (82 aloses comptabilisées le 4 juin). Cette migration en 2 vagues successives est également observée sur l'ouvrage de Bladier Ricard, site de suivi pérenne par vidéo-comptage situé sur l'Hérault.

Tout comme en 2018, ce sont donc deux vagues de migration qui sont identifiées avec cependant des passages bien plus importants en 2018. A titre d'exemple, 552 aloses ont franchi la passe à poissons le 7 mai 2018, chiffre supérieur à l'ensemble de la migration 2019.

L'analyse des débits témoigne du meilleur attrait du bras de Villeneuve sur la quasi-totalité de la période de migration des aloses, soulignant ainsi l'importance de la réalisation des éclusages spécifiques à l'usine-écluse d'Avignon (2 éclusages par jour entre mi-mars et fin juin).

Les deux vagues de passages sont corrélées à des baisses importantes du débit du bras de Villeneuve (comme en 2018) et à de légères hausses de débit du bras d'Avignon améliorant alors son attrait.

Le débit du bras de Villeneuve est toutefois resté plus important. Une meilleure compréhension de l'influence de la répartition des débits sur les passages d'aloses nécessitera une analyse interannuelle. Cette dernière permettra ainsi de mieux appréhender les résultats obtenus à la passe à poissons de Sauveterre.

Les suivis de la pêche amateur à la ligne et de la reproduction témoignent en 2019 d'une colonisation amont du bassin du Rhône qui s'accompagne par des abondances et de la reproduction plus élevées que ces dernières années.

La saison 2019 est également marquée par des captures à la ligne importantes à l'aval de Sauveterre. En effet, les 816 heures de pêche ont permis la capture de 805 aloses contre 12 en 2018 (CPUE de 0,98 alose/h)(Matheron C., Rivoallan D., 2020).

Ces différents éléments nous laissent donc penser que la diminution des passages d'aloses est plutôt dû à un problème d'attrait de la passe puisque les aloses se sont présentées en nombre à l'aval de l'ouvrage.

Caractéristiques de la population migrante

La taille moyenne des individus observés à Sauveterre est de 42,4 cm allant de 24 cm à 60 cm (Figure 35). A titre de comparatif, la taille moyenne observée en 2018 est similaire avec 41,8cm.

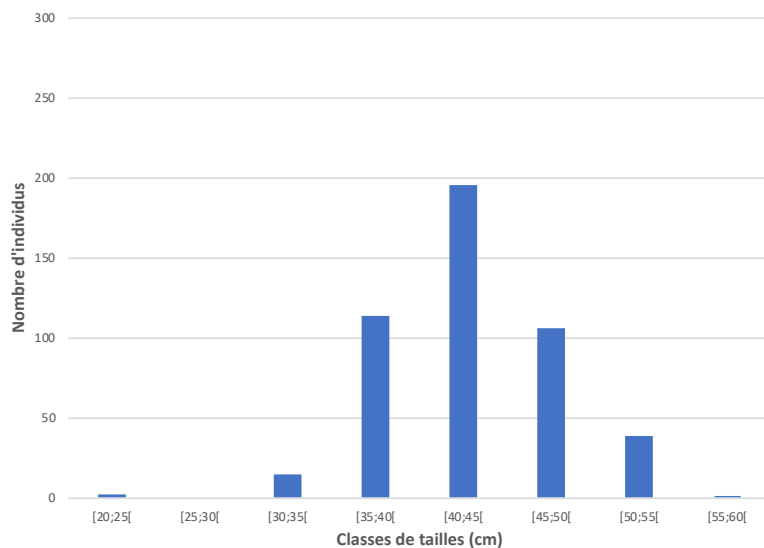


Figure 35 : Structures en taille des aloses observées en 2019

Il ne semble pas se dégager de changements nets dans la structure en taille des aloses observées au cours de la période de suivi (*Figure 36*), ce qui ne permet pas de déterminer les vagues d'arrivées selon le sexe des individus (femelles plus âgées et plus grosses que les mâles en raison d'une maturité sexuelle plus tardive) (Keith *et al*, 2011).

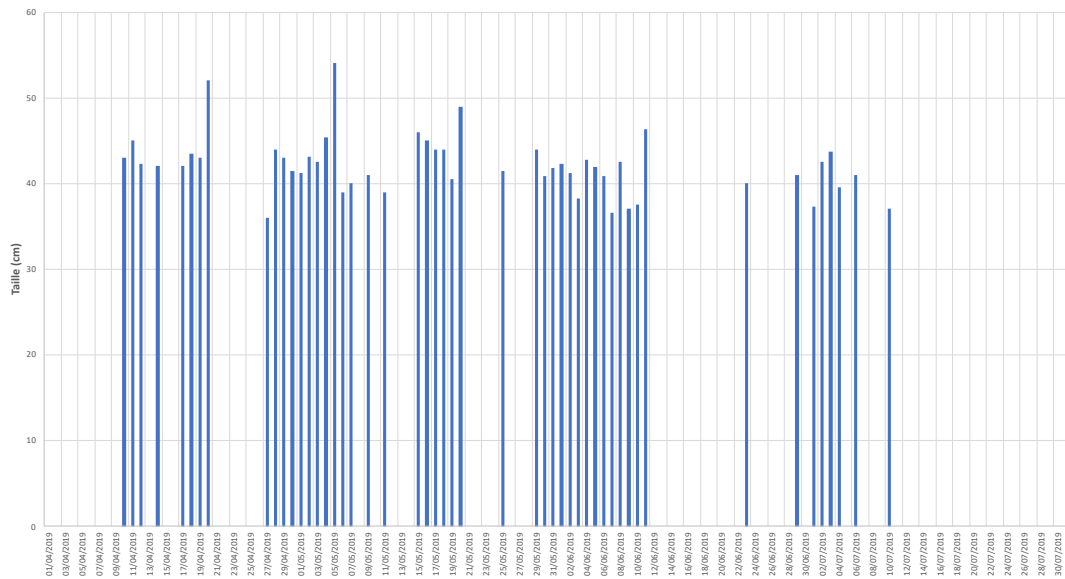


Figure 36 : Évolution journalière des tailles d'alooses en 2019.

Comme en 2018, les aloses sont essentiellement observées en journée, majoritairement entre 12:00 et 19:00 heures avec 84 % des passages concentrés sur cette plage horaire, en accord avec la bibliographie (Dautey et Lartigue, 1983 ; Boisneau *et al*, 1985 ; Dartiguelongue, 1987) (*Figure 37*).

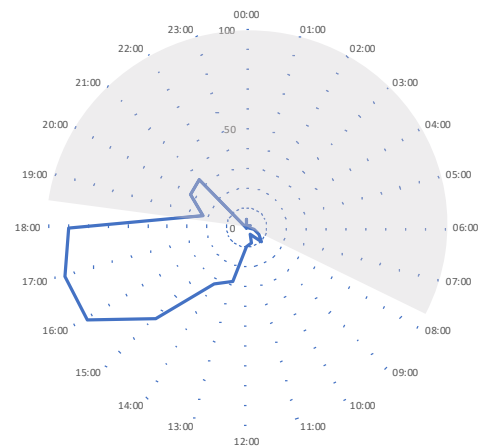


Figure 37 : Horaires de passage des aloses comptabilisées en 2019

c) La Lamproie marine

A l'instar de 2018, aucune lamproie n'a été observée en 2019. La rareté de l'espèce (un seul individu observé en 2019/ Banabera *et al.*, 2020) reste la cause la plus probable de l'absence de l'espèce au sein de l'ouvrage de Sauveterre.

5 Perspectives pour la poursuite du suivi.

Au regard des nombreux fichiers générés en période printanière et de manière générale au cours de l'année, le dépouillement exhaustif des données semble contraint. Ainsi, la méthodologie de dépouillement doit être adaptée afin d'optimiser les moyens humains et répondre aux différents objectifs.

Premièrement, l'ensemble des fichiers enregistrés doit être dépouillé de manière à ce qu'aucune information ne puisse être perdue. Toutefois, la précision de la donnée récoltée peut varier selon l'objectif.

L'objectif principal de ce suivi étant de récolter des informations sur les populations de poissons migrateurs amphihalins (aloses, lamproies, anguilles), l'ensemble des individus doit être identifié et leur taille prise en compte. En ce qui concerne les aloses et les lamproies, les mesures de tailles peuvent être réalisées de façon individuelle. La mesure des anguilles lors de pics de passages étant particulièrement chronophage, une méthode plus adaptée doit être appliquée.

En 2018, la méthode de dépouillement avait été adaptée durant la saison puisque les anguilles ont été mesurées un jour sur deux en alternant les chenaux à partir du mois d'août. Cette adaptation avait fait l'objet d'une vérification au préalable. C'est cette méthodologie qui a été suivie pour l'ensemble de la campagne 2019.

Malgré cette adaptation, le temps dédié à la mesure des anguilles reste important et d'autres solutions sont à envisager :

- Création de 3 nouvelles catégories pour les anguilles avec estimation de la taille des individus (à intégrer dans les raccourcis clavier du logiciel) : individus < 15 cm, individus compris entre 15 et 30 cm et individus > 30 cm ;
- Estimation par lots avec mesure systématique des individus 1h par jour (maximum de passage observé entre 14h30 et 15h30 sur le suivi 2018 et entre 12h et 13h en 2019).
-

L'objectif secondaire, à savoir d'apporter des informations complémentaires sur le peuplement piscicole, peut se décliner par types d'espèces : celles dites rares ou indicatrices dont la fréquence des passages est faible et celles plus fréquentes.

Ainsi en 2019, un comptage exhaustif a été réalisé sur les espèces dites « rares » car cela reste le seul moyen d'obtenir une information fiable. Toutefois, seuls quelques individus ont été mesurés, les plus petites tailles et les plus grandes, afin d'apprécier le bon fonctionnement de la passe.

Enfin, pour les espèces dites « fréquentes », un comptage par banc a été réalisé lorsque les pics de migration s'avéraient trop importants (entre avril et juillet notamment)

Concernant les réflexions autour des anguilles de petites tailles, le suivi 2019 a montré comme en 2018 une potentielle sélectivité de la passe pour ces individus ainsi que de potentielles difficultés de détection du système d'acquisition. Afin d'affiner ces réflexions, un volet spécifique est prévu en 2020. Concernant le volet détection, il pourrait être envisagé d'estimer l'efficacité du système d'acquisition en complétant les tests réalisés sur site en 2018 consistant à compter l'ensemble des anguilles de moins de 15 cm transitant devant la vitre. Ce comptage pourrait être effectué sur un pas de temps de 1h une fois par semaine et il serait alors possible de comparer les résultats obtenus avec ceux du dépouillement vidéo.

Toujours concernant le logiciel d'acquisition, l'essai de divers réglages de sensibilité sur le bas de la colonne d'eau permettra peut-être de dénombrer en plus grand nombre des individus de petites tailles. Il faut cependant rester prudent sur la mise en place de réglages plus fins qui vont probablement entraîner la création d'un plus grand nombre de séquences vidéo. Enfin, le retour d'expérience des autres associations migrateurs doit nous servir dans notre suivi. Des échanges avec ces dernières sont donc primordiales.

Pour finir, de manière à comprendre plus finement la migration des différentes espèces, une analyse interannuelle sera nécessaire afin de mieux comprendre tous les mécanismes et leur lien avec les passages.

Conclusion

La passe à poissons du barrage de Sauveterre, effective depuis le 27 septembre 2017, constitue le premier site pérenne d'observation et de comptage des amphihalins du bassin rhodanien. Le suivi de ce dispositif est ainsi inscrit dans l'orientation 3 (Suivre l'évolution des populations à l'échelle du bassin) du PLAGEPOMI 2016-2021 vis-à-vis des 3 espèces amphihalines (Alose feinte du Rhône, Anguille européenne et Lamproie marine).

Sur l'année 2019, hormis les mises hors d'eau pour le nettoyage des vitres, la passe à poissons a fonctionné 98,7 % du temps. Le système d'acquisition a quant à lui été effectif durant 97,4 % sur les deux chenaux, les principales causes liées à l'arrêt de l'enregistrement étant les pannes électriques. Il faut cependant rappeler l'arrêt de la microcentrale hydroélectrique le 15 avril, qui a entraîné une baisse de l'attractivité de la passe à poissons.

2019 est la seconde année de migration suivie ce qui permet de réaliser un premier comparatif : plus de 296 000 individus et au moins 18 espèces ont transité dans la passe à poissons. La diversité est similaire à l'année 2018, mais les effectifs sont quant à eux en forte baisse (530 000 individus comptabilisés en 2018). La majorité de l'effectif est représenté par les ablettes (58,5 %), les mulets (13,3 %), les brèmes (12,8 %), les anguilles (9,4 %), et les hotus (4 %).

Sur l'ensemble des espèces amphihalines référencées sur le bassin, deux des trois espèces ciblées (outre le Mulet) ont été observées à savoir l'Anguille européenne et l'Alose feinte de Méditerranée. 27 803 anguilles européennes et 521 aloses feintes du Rhône ont été comptabilisées, représentant respectivement 9,4 % et 0,2 % de l'effectif total. Les effectifs d'amphihalins sont également en baisse par rapport à 2018 avec respectivement 50 779 anguilles et 3 187 aloses.

27 759 anguilles ont été observées en montaison majoritairement du 4 juin au 26 juillet pour une taille moyenne de 28,6 cm. Très peu d'anguilles de petites tailles ont été observées, posant la question de l'efficacité du système d'acquisition pour les petits individus ainsi que l'efficacité de la passe en elle-même. Seulement 44 anguilles ont été dénombrées en dévalaison du 18 avril au 21 novembre pour une taille moyenne de 70 cm, confirmant ainsi l'hypothèse selon laquelle la passe à poissons n'est pas la voie privilégiée pour ces individus.

521 aloses ont quant à elle été observées en montaison majoritairement du 28 avril au 7 juin pour une taille moyenne de 42,4 cm. La comparaison avec les suivis de la pêche amateur à la ligne et de la reproduction témoigne en 2019 d'une colonisation amont du

bassin du Rhône et laisse penser que la perte d'attrait de la passe à poissons a limité le nombre d'aloses ayant franchi l'ouvrage de Sauveterre.

D'avantage d'années de suivi permettront cependant d'obtenir le recul nécessaire à l'analyse des données.

L'absence de la Lamproie marine sur le suivi 2019 peut s'expliquer par la rareté de l'espèce sur le bassin rhodanien (Banabera et al, 2019).

Au total, près de 435 heures de dépouillement vidéo ont été nécessaires au suivi 2019. Le suivi en temps réel du nombre de fichier générés et des conditions hydro-climatiques (vent, débit, luminosité) permet d'adapter les réglages du système d'acquisition pour limiter les sur-déclenchements.

A ce sujet, les temps de dépouillement sont non seulement dépendants des conditions d'observation mais également du nombre de passages. Ainsi, bien qu'aucune solution ne permette d'améliorer la visualisation en période de forte turbidité, des adaptations peuvent être envisagées pour les périodes de forts passages.

En accord avec les objectifs de ce suivi, les efforts se concentreront principalement sur le recueil d'informations des populations de migrateurs amphihalins. Une adaptation concernant la mesure des anguilles doit cependant être envisagée (création de classes de taille ou échantillonnage). Afin d'améliorer les connaissances vis-à-vis des anguilles, la mise en place de réglages plus fins du logiciel d'acquisition sera utilisée pour bénéficier d'une meilleure détection des petits individus empruntant le fond de la passe. De même, des tests *in situ* seront réalisés afin d'estimer l'efficacité du système d'acquisition pour les anguilles.

Des adaptations pourraient également être réalisées sur les autres espèces de manière à récolter des informations complémentaires sur les peuplements piscicoles sans être chronophage.

Bibliographie

ALIX, F. RIVOALLAN, D. 2020. Suivi quantitatif des frayères d'aloses du bassin rhodanien - Campagne d'études 2019. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée - 43 pages + annexes

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.

BAUDOIN J.M., BURGUN V., CHANSEAU M., LARINIER M., OVIDIO M., SREMSKI W., STEINBACH P et VOOEGTLE B., 2014. Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons. Principes et méthodes. ONEMA. 200p.

BOISNEAU P., MENNESSON C., BAGLINIERE J.L., 1985. Observations sur l'activité de migration de la grande Alose (*Alosa alosa*) en Loire (France). *Hydrobiologia*, 128 : 277-284.

CASSOU-LEINS F., CASSOU-LEINS J. J., BOISNEAU P. et BAGLINIERE J. L. 2000. La reproduction. In Les Aloses, Cemagref-I, pp. 73-92. Éd. par J. L. Baglinière et P. Elie. Cemagref/Inra.

CHANCEREL F., 1994. La répartition de l'Anguille en France. Bull. Fr. Pêche Piscic. 335: 289-294.

CATTOEN M., LARINIER M., THOMAS N., 1999. Système et logiciel pour la surveillance des passes à poissons. Bull. Fr. Pêche Piscic. 353/354, 263-277.

DARTIGUELONGUE J., 1987. Suivi de la migration des aloses en 1987. Assoc. Toulousaine d'Ichtyologie Appliquée, Toulouse, 50-53.

DAUTEY R., LARTIGUE P. 1983. Recherche sur la migration des aloses (*Alosa alosa*) et des truites de mer en Garonne (site de Golfech). Thèse 3^{ème} cycle, Institut National Polytechnique Toulouse, 212p.

DURIF C.M.F., VAN GINNEKEN V., DUFOUR S., MÜLLER T., ELIE P., 2009, Seasonal Evolution and Individual Differences in Silvering Eels from Different locations., Van den Thillart et al., Spawning Migration of the European Eel., Springer Science + Business Media B.V., Chapter 2, pp.13-38.

EDELIN E., 2005, Facteurs de contrôle de la dispersion continentale chez l'anguille, Thèse Université de Toulouse II, 144p.

ELIE P., LECOMTE-FINIGER R., CANTRELLE I., CHARLON N., 1982, Définition des limites des différents stades pigmentaires durant la phase civelle d'*Anguilla anguilla* L. (poisson téléostéen anguilliforme)., Vie et Milieu 32 :149-157.

FEUNTEUN E., ACOU A., GUILLOUET J., LAFAILLE P. LEGAULT A., 1998, Spatial distribution of an eel population (*Anguilla anguilla*) in a small coastal catchment of northern Brittany (France)., Consequences of hydraulic works. Bulletin Français de Pêche et Pisciculture, 349 : 129-139.

GEORGEON M., CAMPTON P., 2018, Suivi des passes pièges à anguilles sur le Rhône aval, Campagne d'étude 2017 - Tendances 2008- 2017, *Association Migrateurs Rhône-Méditerranée*, 37p. + Annexes

KEITH P., PERSAT H., FEUNTEUN E. & ALLARDI J. (cords), 2011. - *Les poisons d'eau douce de France*. Biotope, Mèze ; Muséum d'Histoire Naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité), 552 p.

LAMBREMON J., CAMPTON P., 2019. Suivi de la station de vidéo-comptage de Sauveterre - Campagne d'études 2018, *Association Migrateurs Rhône-Méditerranée*, 41p. + Annexes

LE CORRE M., BAGLINIERE, J.-L., SABATIE 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.

MATHERON, C. RIVOALLAN, D. 2020. Suivi de la pecherie sur le bassin du Rhône - Campagne 2019. *Association Migrateurs Rhône Méditerranée*

PORSCHER J.P., 1992. Les passes à Anguilles, *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 326-327 : p134-142

RAUTUREAU C. et CAMPTON P., 2018, Observatoire des poissons migrants en Rhône-Méditerranée : Finalisation du site internet avant mise en ligne. *Rapport Association Migrateurs Rhône-Méditerranée*, 22p.+annexes.

RIVOALLAN D., ABDALLAH Y., LEBEL I., 2016. Suivi vidéo de la passe à poisson de Rochemaure sur le Rhône. *Rapport final. Association Migrateurs Rhône Méditerranée*. 34p + annexes.

ROCHE, P., BALLE, G., BROSE, 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 p.

TAVERNY C., ELIE P., 2010. Les Lamproies en Europe de l'Ouest. *Écophases, espèces et habitats*, Versailles, Éditions Quae, 111P.

TRAVADE F. et LARINIER M., 1992. Les Techniques de contrôle des passes à poissons. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 326-327 : 151-164.

TESCH F.W., NIERMANN U., PLAGA A., 1986, Differences in development stage and stock density of larval *Anguilla anguilla* off the west coast of Europe. *Vie et Milieu*, 36 : pp 255-260.

TZENG W.N., CHENG P.W., LIN F.Y., 1995, Relative abundance, sex ratio and population structure of the Japanese eel *Anguilla japonica* in the Tanshui River system of northern Taiwan., *Journal of Fish Biology*, 46 : 183-201.

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Cycle biologique de l'Alose feinte de Méditerranée (MRM) | 10 |
| Figure 2 : Répartition des captures annuelles d'aloses par pêche à la ligne à l'aval du barrage de Sauveterre depuis 1997 | 10 |
| Figure 3 : Cycle biologique de la Lamproie marine (MRM) | 11 |
| Figure 4 : Cycle biologique de l'Anguille européenne (MRM) | 12 |
| Figure 5 : Répartition des captures annuelles d'anguilles dans les passes-pièges sur les aménagements de Beaucaire, Avignon et Caderousse | 12 |
| Figure 6 : Débits moyens mensuels du Rhône à Beaucaire (Source Banque Hydro) | 14 |
| Figure 7 : Aménagement type du Rhône (CNR) | 14 |
| Figure 8 : Configuration du Rhône à Avignon | 15 |
| Figure 9 : Vue aérienne du chantier de la passe à poissons de Sauveterre (Source Géoportail) | 16 |
| Figure 10 : Configuration et implantation de la passe à poissons (Source CNR) | 16 |
| Figure 11 : Plan du local de comptage et chenaux de visualisation (source CNR) | 17 |
| Figure 12 : Caméra devant vitre de visualisation (MRM) | 18 |
| Figure 13 : Fenêtre du seuil de déclenchement des enregistrements (Source SCEA) | 18 |
| Figure 14 : Illustration de mauvaises conditions d'observation suite à une forte turbidité (A) et un développement algal en bas de vitre (B) | 19 |
| Figure 15 : Interface du logiciel de dépouillement WPOIS32 | 20 |
| Figure 16 : Banc d'ablettes observé lors du dépouillement (A) ; ablettes (B) et spiralin (C) (Georgeon - MRM) en observation directe à travers la vitre | 21 |
| Figure 17 : Répartition des débits à l'étage d'Avignon en 2019 | 24 |
| Figure 18 : Température du Rhône en 2019 | 25 |
| Figure 19 : Valeurs du disque de Secchi obtenues à la passe à poissons de Sauveterre en 2019 | 25 |
| Figure 20 : Évolution du nombre journalier de fichiers générés en 2019 (avec et sans poissons) | 28 |
| Figure 21 : Principales sources de déclenchements intempestifs : la présence de débris (A) et une baisse de la ligne d'eau (B) | 29 |
| Figure 22 : Relations entre le nombre de fichiers générés sans poisson et la vitesse moyenne journalière du vent en 2017 | 29 |
| Figure 23 : Proportion des classes d'importances de turbidité observé sur la période de suivi 2018 | 30 |
| Figure 24 : Répartition des passages par chenal pour chaque espèce en 2019 | 32 |
| Figure 25 : Proportion des observations réparties en groupes d'espèces en 2018 | 32 |
| Figure 26 : Passages mensuels 2019 | 33 |
| Figure 27 : Proportion des groupes d'espèces selon les saisons d'observation en 2019 | 34 |
| Figure 28 : Passages journaliers d'anguilles en montaison à Sauveterre en 2019 confrontés aux débits et à la température du Rhône (données CNR) | 35 |
| Figure 29 : Proportion cumulée des passages d'anguilles à Sauveterre comparée aux résultats des passes-pièges d'Avignon en 2019 | 36 |
| Figure 30 : Proportions des classes de tailles d'anguilles observés à Sauveterre, Avignon et Beaucaire en 2019 | 36 |
| Figure 31: Nombre d'anguilles et taille associé, observés à Sauveterre en 2019 | 37 |
| Figure 32 : Horaires de passage des anguilles en montaison en 2019 | 38 |
| Figure 33: Anguilles supposées dévalantes observées à la station de vidéo-comptage | 38 |
| Figure 34 : Passages journaliers d'aloses à Sauveterre en 2019 confronté au débit du Rhône (Source CNR) | 39 |
| Figure 35 : Structures en taille des aloses observées en 2019 | 40 |
| Figure 36 : Évolution journalière des tailles d'aloses en 2019. | 41 |
| Figure 37 : Horaires de passage des aloses comptabilisées en 2019 | 41 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Synthèse des périodes de migration des principales espèces piscicoles (d'après Baudoin, ONEMA) | 13 |
| Tableau 2 : Répartition des débits au niveau d'Avignon selon les débits caractéristiques (en m ³ /s) (Source CNR) | 15 |
| Tableau 3 : Bilan des passages 2019 | 32 |
| Tableau 4 : Bilan des passages 2018 / 2019 et évolution | 33 |

Liste des annexes

| | |
|---|----|
| Annexe 1: Alose feinte de Méditerranée - Alosa agone, Scopoli, 1786..... | 49 |
| Annexe 2 : Origine et importance des apports hydrologiques des affluents du Rhône | 52 |
| Annexe 3 : Captures d'écran des différentes espèces observées | 53 |

6 Annexes

Annexe 1: Alose feinte de Méditerranée - *Alosa agone*, Scopoli, 1786

L'alose présente sur le bassin Rhône Méditerranée Corse a changé de nom à la fin de l'année 2018. Plusieurs espèces du pourtour méditerranéen, dont l'alose feinte du Rhône (*Alosa fallax Rhodannensis*, Roule 1924) ont été réunies, principalement grâce à des critères génétiques, mais également morphologiques et comportementaux.

La première proposition de réunification des espèces du pourtour méditerranéen a été publiée en 2002 (Bianco, 2002). D'après l'INPN¹ les anciennes dénominations suivantes sont maintenant synonyme d'*Alosa agone* :

- *Alosa africana* (Regan, 1916)
- *Alosa fallax nilotica* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1809)
- *Alosa fallax rhodanensis* (Roule, 1924)
- *Alosa fallax* (auct. non Lacépède, 1803)
- *Alosa finta gracilis* (Regan, 1916)
- *Alosa finta lacustris* (Fatio, 1890)
- *Alosa finta rhodanensis* (Roule, 1924)
- *Alosa finta* (Cuvier, 1829)
- *Alosa lacustris benacensis* (Barbieri, 1907)
- *Alosa lacustris ceresio-verbana* (Barbieri, 1907)
- *Alosa lacustris lariana* (Barbieri, 1907)
- *Alosa nilotica* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1809)
- *Clupea finta lacustris* (Fatio, 1890)
- *Clupea finta* (Cuvier, 1829)
- *Clupea nilotica* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1809)
- *Clupea nilotica* (Geoffroy-Saint-Hilaire, 1808)
- *Clupea sardinella* (Vallot, 1837)
- *Cyprinus agone* (Scopoli, 1786)

On retrouve dans cette liste des espèces qui avaient déjà par le passé changé de nom, nous pouvons citer l'exemple de la sous espèce qui était identifiée sur le bassin du Rhône : *Alosa finta rhodanensis* puis *Alosa fallax rhodanensis*. Il est intéressant de noter qu'en 1946, l'alose du bassin du Rhône était nommée *Paralosa (nilotica) rhodanensis* (Gallois et al., 1946). La systématique est une science changeante.

Les critères qui ont permis de réunir l'ensemble de ses sous espèces sous un même nom sont multiples :

- **Génétiques** : depuis la proposition de Bianco en 2002 d'établir une seule espèce sur le bassin méditerranéen, de nombreuses études génétiques se sont succédées. A titre d'exemple les aloses du Rhône et de l'Ebre en Espagne partagent des mêmes haplotypes que l'on ne retrouve pas sur les aloses feintes Atlantique (Andree et al., 2011), des analyses génétiques menées sur de l'ADN mitochondrial (Cytochrome b) confirment qu'il y aurait bien qu'une seule espèce d'alose en Italie malgré des morphes lacustres et migrantes (Chiesa et al., 2014).

¹ Site de l'INPN consulté le 18 décembre 2019

- **Morphologiques et comportementaux** : c'est d'ailleurs sous ces deux critères que Bianco, qui a proposé cette réunification, s'est en premier lieu basé en comparant des morphes lacustres et migrantes présentes en Italie et en retrouvant de nombreuses similitudes.
- Cette distinction se justifie également sous ces critères car l'alse que l'on retrouve sur le bassin du Rhône est différente de l'Alose feinte atlantique : en effet, l'alse feinte de Méditerranée est plus grande que sa congénère et remontait historiquement les cours d'eau bien plus haut (sur l'ensemble de la Saône sur l'axe Rhône) alors que l'alse feinte atlantique colonise rarement plus en amont que les zones soumises à l'influence de la marée, (Baglinière et Elie, 2000).

La classification de l'Alose feinte de méditerranée est donc maintenant la suivante :

Domaine : Biota

Règne : Animalia Linnaeus, 1758

Sous-Règne : Eumetazoa Bütschli, 1910

Clade : Bilateria Haeckel, 1874

Infra-Règne : Deuterostomia Karl Grobben, 1908

Phylum : Chordata Haeckel, 1874

Sous-Phylum : Craniata Janvier, 1981

Infra-Phylum : Vertebrata

Super-Classe : Gnathostomata

Clade : Euteleostomi

Classe : Actinopterygii

Sous-Classe : Neopterygii Regan, 1923

Infra-Classe : Teleostei

Ordre : Clupeiformes

Famille : Clupeidae Cuvier, 1816

Genre : *Alosa* Linck, 1790

Espèce : *Alosa agone* (Scopoli, 1786)



Ce changement de classement systématique ne signifie pas qu'il faut abandonner un plan de gestion à l'échelle d'axe ou de bassin. Ce type de gestion pour les aloses est nécessaire notamment parce que la notion de homing chez cette espèce est encore débattue (Chiesa et al., 2014). De plus, bien qu'il existe des différences génétiques entre les anciennes sous espèces du bassin méditerranéen, elles sont infimes et seule une technologie pointue permet de les souligner.

Il pourrait donc être pertinent d'apporter des éléments de réponses au flou concernant le homing et la dispersion des aloses en mer afin d'établir une gestion cohérente de cette espèce patrimoniale en mer et entre les différents pays. Cela viendrait compléter les gestions existantes sur chacun des bassins hydrographiques.

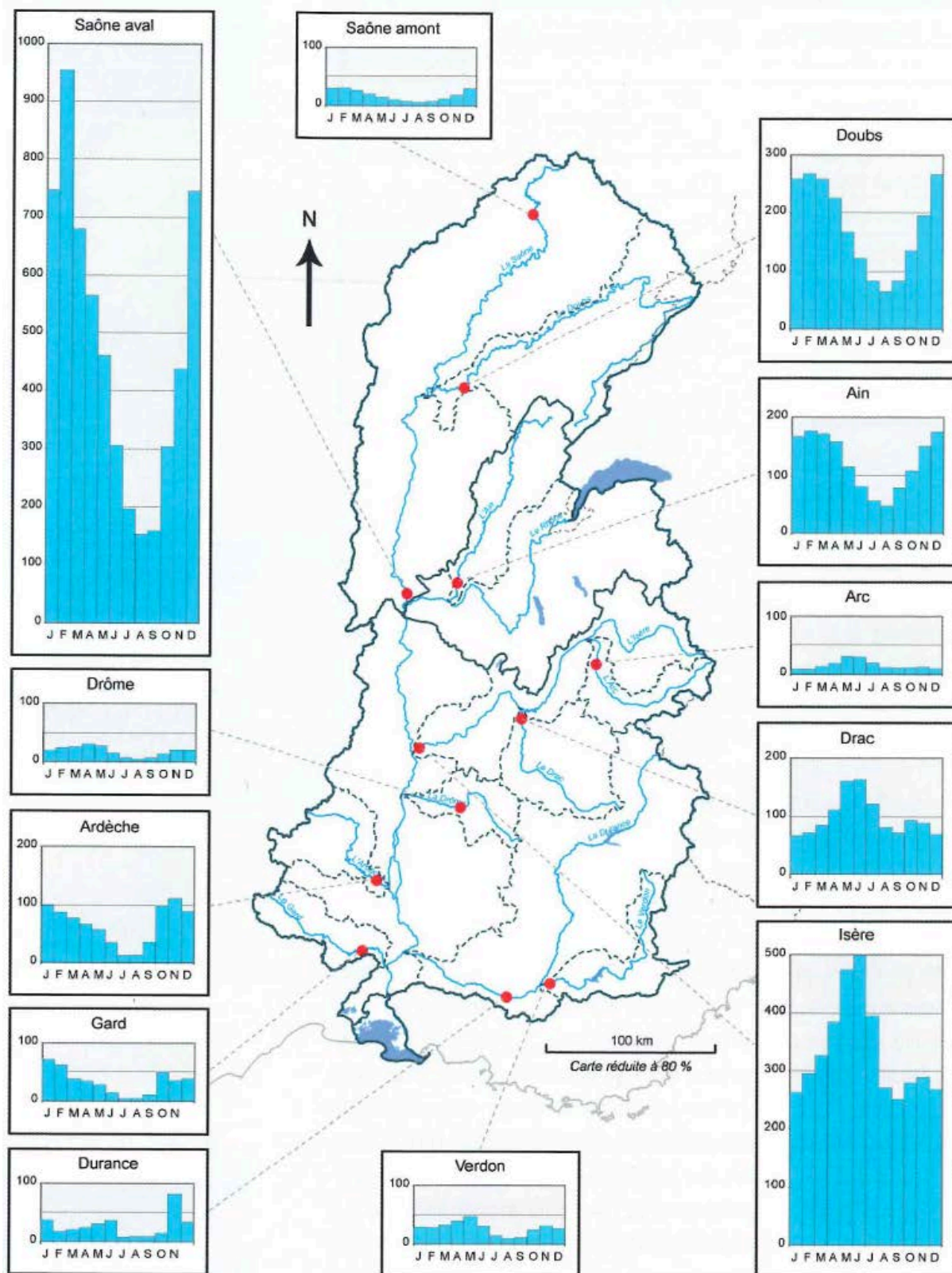
Andree, K., B., ANGEL LOPEZ, M., ALEXANDRINO, P., FARIA, R., GISBERT, E., (2011) A preliminary genetic analysis of a recently rediscovers population of the Twaite shad (*Alosa fallax*) in the Ebro river, Spain (Western Mediterranean), J. Appl. Ichtyol. 27 (Suppl. 3) 21-23

Bagliniere J.L. Elie P., 2000. Les aloses (*Alosa alosa* et *Alosa fallax* spp.). Ecobiologie et variabilité des populations. CEMAGREF Ed., INRA Ed. 275 p.

Bianco P., G. (2002) The status of the Twaite Shad, *Alosa agone*, in Italy and the Western Balkans, P.S.Z.N. : Larine Ecology, 23, Supplement 1 (2002), 51-64

CHIESA, S., PICCINI, A., LUCENTINI, L., FILONZI, L., NONNIS MARZANO, F., (2014) Genetic data on endangered twaite shad (Clupeidae) assessed in landlocked and anadromous populations: one or more species?

Annexe 2 : Origine et importance des apports hydrologiques des affluents du Rhône

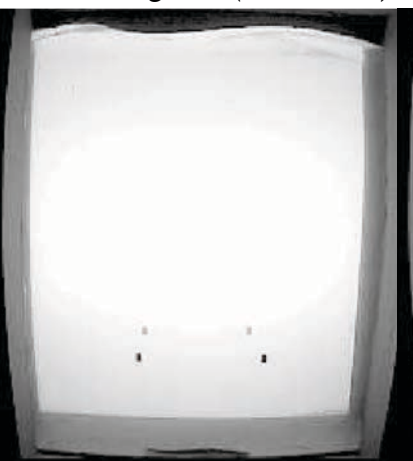


Annexe 3 : Captures d'écran des différentes espèces observées

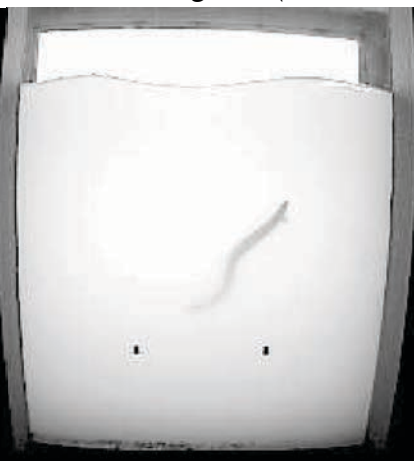
Ablettes



Anguille (montaison)



Anguille (dévalaison)



Barbeau



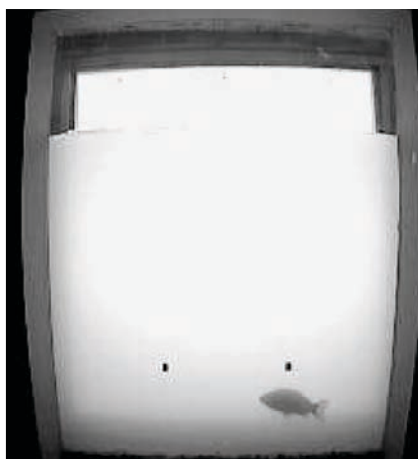
Brème



Carpe



Carrassin



Chevaines



Gardon



Hotus



Mulets



Perche



Silure



Financeurs

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 :

- Ain
- Alpes de Haute-Provence
- Hautes-Alpes
- Alpes-Maritimes
- Ardèche
- Aude
- Bouches-du-Rhône
- Corse
- Drôme
- Gard
- Hérault
- Isère
- Loire
- Pyrénées-Orientales
- Rhône
- Haute-Saône
- Saône et Loire
- Savoie
- Haute-Savoie
- Var
- Vaucluse

Association Régionale des Fédérations de Pêche de PACA (ARFPPMA PACA)

Association Régionale des Fédérations de Pêche Auvergne Rhône-Alpes (ARPARA).

ASSOCIATION MIGRATEURS RHÔNE-MÉDITERRANÉE

ZI Nord, rue André Chamson, 13200 Arles
contact@migrateursrhonemediterranee.org
Tél. : 04 90 93 39 32
www.migrateursrhonemediterranee.org

