



seinormigr
Seine-Normandie Migrateurs



**eau
seine
NORMANDIE**
Agence de l'eau
Établissement public de l'État



Station de contrôle des migrations Premier ouvrage en fond d'estuaire de la Seine

Barrage de Poses Amfreville-sous-les-
Monts

Bilan des migrations 2022

Bassin : Seine

Année 2022

SEINE NORMANDIE MIGRATEURS

Association interrégionale pour la restauration et la gestion des populations de poissons
migrateurs

*Association Loi 1901 déclarée le 2 janvier 2007 à la Préfecture de la Seine Maritime
Agréée sur la région Haute-Normandie en qualité d'association de protection de l'environnement
par arrêté préfectoral du 17 décembre 2017*

✉ : 11 cours Clemenceau - 76100 ROUEN - ☎ : 02 35 62 01 55 - 📠 : 02 35 62 01 72
📧 : seinormigr@gmail.com - www.seinormigr.fr

Contrôle des migrations des poissons grands migrateurs sur la Seine au barrage de Poses-Amfreville-sous-les-Monts, année 2022

Sébastien Grall^a, Alice Lemonnier^a, Florian Deshayes^a, Adrien Barault^a, Maxime Potier^a

^a*Seine Normandie Migrateurs, 11 cours Clemenceau, 76100 Rouen*

Résumé

L'année 2022 est la cinquième année de suivi complète des migrations sur l'ensemble du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts et la deuxième où l'association Seinormigr a effectué le suivi de l'ensemble des dispositifs de comptage sur l'ouvrage puisqu'elle a repris la gestion du vidéocomptage en rive gauche depuis 2021. Les **remontées d'anguilles s'élèvent à 379 816 individus** capturés dans les passes pièges en rive droite et gauche. Les suivis des passes à poissons ont permis de contrôler **40 anguilles argentées dévalantes**. Concernant les Salmonidés, **32 saumons et 29 truites de mer** ont franchi la passe à bassins. **Les aloses** ont quant à elles remonté l'estuaire au nombre de **261** pour accomplir la dernière phase de leur cycle de vie. **Les lamproies marines** ont été contrôlées au nombre de **945 individus**. Les **lamproies fluviatiles** ont été observées uniquement en rive gauche pour un total de **234** individus. Pour terminer, **1 686 mulets porcs** ont franchi le barrage. En plus des migrateurs amphihalins, **15 autres espèces de poissons** ont été identifiées par le système de vidéo-comptage en rive droite.

Sommaire:

1	Introduction	1
2	Contexte de l'étude	2
2.1	Le bassin de la Seine	2
2.2	Situation des poissons grands migrateurs sur la Seine	3
3	Matériels et Méthodes	5
3.1	Site de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	5
3.1.1	Barrage	5
3.1.2	Dispositif de franchissement	5
3.2	Contrôle des migrations	7
3.2.1	Dispositif de vidéo-comptage	7
3.2.2	Dépouillement des données de vidéo-comptage	10
3.2.3	Dispositif de piégeage des anguilles	10
3.2.4	Protocole de suivi	11
4	Suivi des migrations 2022	13
4.1	Récapitulatif des effectifs des poissons migrateurs contrôlés	13
4.2	Saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>)	14
4.3	Truite de mer (<i>Salmo trutta trutta</i>)	17
4.4	Aloses (<i>Alosa alosa</i> et <i>Alosa fallax</i>)	20
4.5	Lamproie marine (<i>Petromyzon marinus</i>)	23
4.6	Lamproie fluviatile (<i>Lampetra fluviatilis</i>)	25
4.7	Mulet porc (<i>Chelon ramada</i>)	27
4.8	Anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>)	29
4.8.1	Anguille en montaison (passe piège)	29
4.8.2	Anguille jaune (vidéo-comptage)	32
4.8.3	Anguille argentée (vidéo-comptage)	34
4.9	Autres espèces	37
5	Suivi et fonctionnement technique des dispositifs de contrôle	38
5.1	Fonctionnement des dispositifs de comptage	38
5.2	Entretien des vitres du couloir de vision en rive droite	38
5.3	Volume de données généré	39
5.4	Perspectives pour optimiser les suivis des migrations	39
6	Conclusion	40

Liste des figures:

1	Le bassin Seine-Normandie, ses principaux cours d'eau et les stations de contrôle des migrations (STACOMI)	2
2	Régime hydrologique de la Seine à Vernon, la moyenne interannuelle des dix années précédentes (2011 à 2021) est représentée en bleu, les débits journaliers de l'année sont présentés en noir	3
3	A gauche, Lamproie marine à Romilly-sur-Andelle; à droite, Lamproie marine de l'Andelle sur une frayère	4
4	Vue aérienne du barrage et des écluses de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	5
5	Dispositif de franchissement en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. A gauche, passe à bassins à fentes verticales; à droite, rampes de types « tapis-brosse »	6
6	Dispositif de franchissement en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. A gauche, passe à bassins à fentes verticales; à droite, rampes de types « tapis-brosse »	6
7	A gauche, schéma de la passe à poissons en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts; à droite, schéma de la passe à poissons en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	7
8	Chambres de vidéo-comptage de la station de contrôle des migrations du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. A gauche, chambre de la rive gauche; à droite, chambre de la rive droite	8
9	Schéma du système de vidéo-comptage de la station de contrôle des migrations en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	9
10	Schéma du système de vidéo-comptage de la station de contrôle des migrations en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	9
11	Passe piège à anguilles en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	10
12	Passe piège à anguilles en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	11
13	A gauche, tamisage des anguilles en différents lots de classe de taille; à droite, biométrie des anguilles capturées sur le barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	12
14	Saumon observé en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.	14
15	Rythmes migratoires des saumons au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En orange pâle, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires; en orange foncé, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année.	14
16	Répartition des effectifs de saumon par classe de taille. En orange pâle, répartition moyenne par classe de taille (2008 à 2021); en orange foncé, répartition par classe de taille de l'année.	15
17	Rythmes migratoires des saumons par classe d'âges au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts (1HM : 1 hiver en mer, 2HM : 2 hivers en mer, 3HM : au moins 3 hivers en mer).	15
18	Horaires de migration des saumons en 2022	16
19	Evolution interannuelle des effectifs de saumon en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	16
20	Rythmes migratoires des truites de mer au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En bleu pâle, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires; en bleu foncé, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année.	17
21	Truite de mer observée en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.	17
22	Répartition des effectifs de Truite de mer par classe de taille. En bleu pâle, répartition moyenne des classe de taille (2008 à 2021); en bleu foncé, répartition des classe de taille de l'année.	18
23	Rythmes migratoires par classe d'âge des truites de mer au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. Finnock : individu de quelques mois de mer, depuis sa dévalaison au printemps, remontant généralement en juillet; les plus gros sont matures et participeront à la reproduction. 1HM : 1 hiver strict passé en mer. >=2HM : au moins 2 hivers de mer.	18
24	Horaires de migration des truites de mer en 2022	18

25	Evolution interannuelle des effectifs de truite de mer en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	19
26	Alose observée en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.	20
27	Rythmes migratoires des aloses au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En violet pâle, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires; en violet foncé, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année.	20
28	Répartition des effectifs d'aloses par classe de taille. En violet pâle, répartition moyenne par classe de taille (2008 à 2021); en violet foncé, répartition par classe de taille de l'année.	21
29	Horaires de migration des aloses en 2022	21
30	Evolution interannuelle des effectifs d'alose en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	22
31	Lamproie marine observée en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.	23
32	Rythmes migratoires des lamproies marines au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En marron pâle, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires; en marron foncé, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année.	23
33	Horaires de migration des lamproies marines en 2022	24
34	Evolution interannuelle des effectifs de lamproie marine en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	24
35	Lamproie fluviatile, fixée sur une alose, observée en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.	25
36	Rythmes migratoires des lamproies fluviatiles au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En vert pâle, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires; en vert foncé, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année.	25
37	Horaires de migration des lamproies fluviatiles en 2022	26
38	Evolution interannuelle des effectifs de lamproie fluviatile en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	26
39	Mulet porc observée en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.	27
40	Rythmes migratoires des mulets porcs au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En rose, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires; en rouge brique, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année.	27
41	Horaires de migration des mulets en 2022	28
42	Evolution interannuelle des effectifs de mulet porc en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	28
43	Anguilles observées au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. A gauche, anguillette capturée dans la passe piège spécifique; au milieu, anguille jaune observée en vidéocompage; à droite, anguille argentée dévalante observée en vidéocompage	29
44	Rythmes migratoires des anguilles en montaison dénombrées sur la passe piège en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	30
45	Rythmes migratoires des anguilles en montaison dénombrées sur la passe piège en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	30
46	Classes de taille des anguilles en montaison capturées au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En noir, classes de taille des anguilles en rive droite; en gris, classes de taille des anguilles en rive gauche.	30
47	Box plot des tailles (mm) des anguilles en montaison par année et par dispositif de comptage	31
48	Box plot des tailles mensuelles des anguilles en montaison (en mm) en 2022 mesurées sur les passes pièges du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.	31
49	Evolution interannuelle des effectifs des anguilles capturées dans les passes pièges au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	32

50	Rythmes migratoires des anguilles jaunes au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En gris, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires; en noir, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année en rive droite et gauche.	33
51	Horaires de migration des anguilles jaunes en 2022	33
52	Evolution interannuelle des effectifs des anguilles jaunes franchissant les passes à poissons du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	33
53	Rythmes migratoires des anguilles argentées dévalant au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En gris, moyenne interannuelle des dévalaisons hebdomadaires; en noir, effectifs hebdomadaires des dévalaisons de l'année en rive droite; en bleu, effectifs hebdomadaires des dévalaisons de l'année en rive gauche.	34
54	Horaires de migration des anguilles argentées en 2022	34
55	Rythmes migratoires journaliers des anguilles en dévalaison dénombrées sur la passe à poissons en rive droite et en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts en fonction des débits de la Seine à Vernon	35
56	Nombre d'anguilles en dévalaison dénombrées sur les passe à poissons en rive gauche (2008 à 2022) et en rive droite (2018-2022) du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts en fonction des débits de la Seine. La ligne en pointillé rouge représente la limite de 600m ³ /s de débit, seuil au-delà duquel VNF ouvre les vannes du barrage	35
57	Evolution interannuelle des effectifs des anguilles argentées dévalants les passes à poissons du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	36
58	Durée de fonctionnement des dispositifs de comptage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts (A : Poste de vidéo-comptage en rive gauche, B : Poste 1 de vidéo-comptage en rive droite, C : Poste 2 de vidéo-comptage en rive droite, D : passe piège à anguilles en rive gauche, E : passe piège à anguilles en rive droite).	38

Liste des tableaux:

1	Effectifs des poissons migrateurs contrôlés au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts . .	13
2	Activités des espèces recensées, autres que les poissons grands migrateurs, en rive droite et gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.	37

1. Introduction

La situation de l'ensemble des poissons migrateurs dans le monde est similaire : le nombre de populations, les aires de répartition et les abondances sont en déclin depuis la fin du 19^{ème} siècle (Saunders, 1981; Baglinière et al., 1990; Parrish et al., 2011; Jonsson et al., 1999; Keith et Allardi, 2001; Rochard et al., 2007; Limburg et Waldman, 2009). Le besoin de ces espèces de migrer entre différents habitats essentiels à la finalisation de leur cycle biologique, implique une vulnérabilité particulière aux perturbations de l'environnement. Aujourd'hui, la majorité des poissons amphihalins figure dans la liste rouge des espèces menacées de l'IUCN (Limburg et Waldman, 2009).

Sur la Seine, le constat est analogue. Historiquement, 10 espèces amphihalines, dont 8 poissons grands migrateurs fréquentaient le fleuve sur presque l'ensemble de son bassin versant (Moreau, 1881, 1898; Poplin, 1952; Euzenat et al., 1992; Rochard et al., 2007), souvent en abondance. Cependant, en raison d'une anthropisation toujours croissante du fleuve, c'est dès les années 1850 que le déclin s'est amorcé. Les dégradations sont multiples et semblables à ce qui a été démontré sur d'autres systèmes fluviaux (Nehlsen et al., 2011; McDowall, 1999; Lichatowich et al., 1999; McKinnell et Karlström, 1999; Limburg et Waldman, 2009). L'édition de barrages, la chenalisation, la pollution, la dégradation des habitats et la surpêche ont conduit au cours du 20^{ème} siècle à l'extinction des derniers grands migrateurs (Euzenat et al., 1992; Belliard, 1994; Mouchel et al., 1998; Boët et al., 1999; Rochard et al., 2007), seule l'Anguille européenne subsistait encore (Boët et al., 1999; Rochard et al., 2007).

Néanmoins, les efforts entrepris dans le traitement des effluents anthropiques, notamment ceux de l'agglomération parisienne, durant ces deux dernières décennies ont contribué à la franche amélioration de la qualité de l'eau de la Seine (Billen et al., 1999; Belliard et al., 2009; Gousailles, 2009). Ceci s'est rapidement traduit par le retour des poissons amphihalins, parmi lesquelles deux espèces estuariennes, l'Eperlan (*Osmerus eperlanus*) (Pomfret et al., 1991) et le Flet commun (*Platichthys flesus*); mais notamment 6 espèces appartenant à la communauté historique des grands poissons migrateurs de la Seine (Rochard et al., 2009) telles que le Saumon atlantique (*Salmo salar*), la Truite de mer (*Salmo trutta trutta*), la Grande alose (*Alosa alosa*), l'Alose feinte (*Alosa fallax*) (Duhamel et al., 2004), la Lamproie marine (*Petromyzon marinus*) et la Lamproie fluviatile (*Lampetra fluviatilis*), qui recolonisent peu à peu les parties les plus basses du bassin. L'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) est, quant à elle, présente également sur les zones amonts bien que ses effectifs soient relictuels.

Dès lors, il s'est rapidement avéré primordial de suivre l'évolution de la recolonisation de ces espèces. Pour ce faire, il s'agit de s'intéresser aux éléments clés du cycle biologique liés au domaine continental chaque année. Cela implique le recensement des zones de frayères et du succès reproducteur; mais avant tout, le dénombrement des géniteurs en montaison en différents points du bassin versant en réponse notamment aux travaux de restauration de la continuité écologique sur le fleuve.

C'est au barrage de Poses dans l'Eure (27), le premier ouvrage sur l'axe Seine, que se sont organisés les premiers éléments de ce suivi, avec la mise en place d'une Station de Contrôle des Migrations (STACOMI) sur la passe à poissons existante en rive gauche depuis octobre 2007. Afin d'assurer la mise en conformité de l'ouvrage dans le cadre du plan de gestion Anguille, le dispositif a été complété en 2013 par l'ajout d'une passe piège à anguilles sur cette même rive.

En raison de la longueur de l'ouvrage (470m) et de la localisation sur le bassin, la rive droite a également été aménagée par les Voies Navigables de France (VNF). Ce nouveau dispositif, mis en service à l'automne 2017 est constitué d'une passe à bassins équipée d'une chambre de vidéo-comptage ainsi qu'une passe piège à anguilles.

Investie depuis plus de 15 ans dans le suivi de la recolonisation du bassin de la Seine par les différentes espèces franchissant à nouveau l'estuaire, Seine-Normandie Migrateurs (Seinormigr) est en charge de l'intégralité des suivis de montaison par vidéo-comptage et par piégeage des anguilles sur le barrage.

Ce rapport présente les résultats des suivis sur les dispositifs de franchissement en rive droite et en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts et les associe avec les données historiques afin de donner une vision globale de l'activité migratoire à l'entrée du bassin de la Seine.

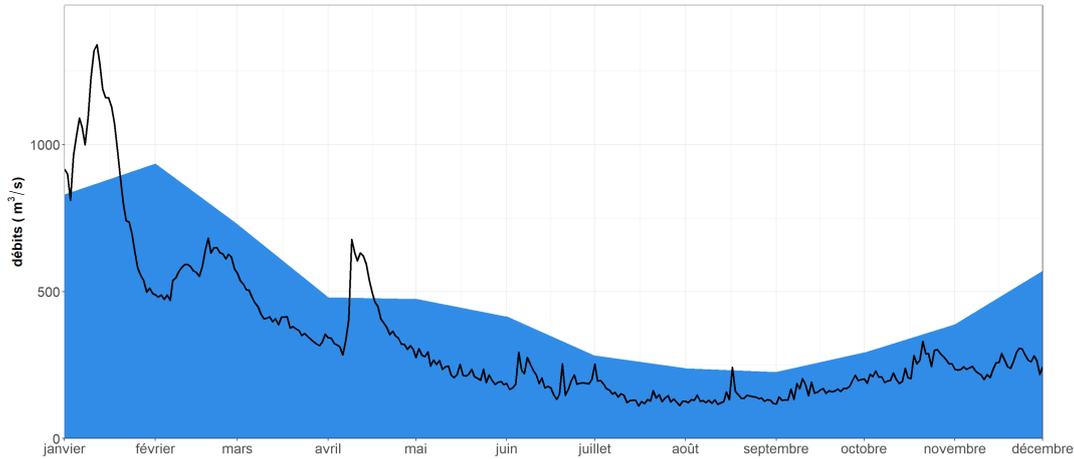


FIGURE 2 – Régime hydrologique de la Seine à Vernon, la moyenne interannuelle des dix années précédentes (2011 à 2021) est représentée en bleu, les débits journaliers de l'année sont présentés en noir

2.2. Situation des poissons grands migrateurs sur la Seine

La Seine et ses affluents furent démunis de tous poissons migrateurs, exception faite de l'anguille, pendant plus de 80 ans. Cependant l'application d'un ensemble de mesures de conservation sur les habitats et les espèces, combinée à l'amélioration de la qualité de l'eau via le traitement des effluents ces deux dernières décennies, ont contribué aujourd'hui au retour de presque toutes les espèces migratrices. Les effectifs sont encore modestes par rapport aux populations pristines mais les différents travaux de restauration entrepris ont permis de faire entrer l'hydrosystème de la Seine dans une phase de recolonisation progressive.

Les enjeux autour de la conservation des poissons grands migrateurs sont multiples. Ces espèces, de par leur biologie particulière, constituent un patrimoine écologique remarquable. Ces mêmes exigences biologiques et écologiques impliquent une certaine vulnérabilité aux perturbations de l'environnement, à tel point que la majorité des populations sont aujourd'hui menacées.

C'est par ailleurs logiquement que cette fragilité font des poissons migrateurs un indicateur pertinent de la qualité des milieux qu'ils fréquentent. Leur présence rend compte du bon fonctionnement et du bon état des écosystèmes aquatiques. L'image des migrateurs est d'ailleurs souvent associée à la restauration « réussie » des cours d'eau, constituant par conséquent un bon support d'éducation à l'environnement.

De plus, ces espèces représentent une ressource économique importante pour la pêche professionnelle et/ou amateur. L'Union Européenne a montré par exemple que l'exploitation de l'Anguille européenne générerait un revenu annuel de l'ordre de 183 millions d'euros.

Les mesures de conservation et de gestion s'appuient sur la connaissance des populations en place. C'est pourquoi, afin de permettre une recolonisation pérenne des espèces de poissons grands migrateurs dans ce système fluvial, il est indispensable de suivre son évolution. Pour ce faire, il s'agit de s'intéresser aux éléments clés liés aux phases du cycle biologique propres au domaine continental chaque année. Il est donc nécessaire de pouvoir estimer les effectifs migrants en différents points du bassin ; de recenser les frayères actives, et d'évaluer le succès reproducteur, comme le fait annuellement la Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques de l'Eure (FDAAPPMA 27) pour la Lamproie marine sur la Basse-Andelle, l'Eure et l'Epte (Sanson, 2009, 2010; Barault et Sanson, 2013; Sanson, 2013)(Figure 3) ; et dans l'ensemble d'identifier les zones recolonisées afin de situer les fronts de colonisation sur chacun des axes de migration. Les affluents de la Seine estuarienne (la Risle, l'Austreberthe, l'Andelle...) ont notamment un rôle particulier puisque leur proximité immédiate (malgré leur faible linéaire accessible) a permis de maintenir une population de poissons grands migrateurs sur le bassin et c'est certainement les générations issues de ces populations qui recolonisent le bassin versant.

Le barrage de Poses représente un point stratégique dans le suivi des effectifs de migration (Figure 1). Il s'agit en effet du premier ouvrage sur la Seine, à 160km de la mer et situe donc le premier point de



FIGURE 3 – A gauche, Lamproie marine à Romilly-sur-Andelle ; à droite, Lamproie marine de l'Andelle sur une frayère

passage obligatoire pour les migrateurs qui vont se disperser en amont, sur les 65 000 km² du bassin versant (de la Seine continentale). La présence d'une station de contrôle des migrations sur cet ouvrage, permet aujourd'hui d'identifier et de quantifier les poissons grands migrateurs en montaison chaque année sur l'axe Seine, à l'exception des géniteurs qui trouvent chaque année des zones propices à leur reproduction sur les affluents estuariens cités précédemment.

3. Matériels et Méthodes

3.1. Site de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

3.1.1. Barrage

Le barrage de Poses fut construit en 1885 sur un seuil naturel à des fins de navigation entre les communes de Poses et d'Amfreville-sous-les-Monts (Eure) (Figure 4). Il fixe la limite de marée dynamique, séparant donc, l'estuaire en aval, de la Seine continentale en amont. Long de 470 mètres, de berge à berge, et présentant une hauteur de chute de 5,4 mètres, l'ensemble de l'ouvrage se décompose en 3 parties : les écluses gérées par Voies Navigables de France (VNF) en rive droite, les vannes sur une distance de 235 mètres, et l'usine hydroélectrique gérée par HYDROWATT en rive gauche.



FIGURE 4 – Vue aérienne du barrage et des écluses de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

3.1.2. Dispositif de franchissement

A la construction de l'usine hydroélectrique en 1991, une passe à poissons a été construite afin de la mettre en conformité vis-à-vis de son installation sur la Seine (Figure 5). En effet, au titre de la loi sur l'eau du 16 décembre 1964, tous les ouvrages doivent satisfaire les exigences de libre circulation piscicole dans les cours d'eaux classés, dont la Seine fait partie. Ce classement a été réformé et est aujourd'hui encadré par la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA).

La passe est de type passe à bassins à fentes verticales, elle est composée d'un by-pass de dévalaison et de 23 bassins qui s'enchaînent sur une longueur de 86 mètres. En 2013, un dispositif spécifique pour le franchissement des anguilles a été construit (Figure 5). Il se découpe en 3 parties ; un système aval constitué de 3 rampes de type « tapis-brosse » séparées par des bassins de repos, les anguilles sont alors dirigés vers le deuxième système qui consiste en un canal de liaison d'une longueur de 56 m avec une pente négative (2%) débouchant sur la dernière partie de la passe, qui est un dispositif de piégeage.

En raison de la largeur de la Seine, VNF a construit un deuxième dispositif de franchissement piscicole en rive droite (Figure 6) qui vient compléter celui présent au niveau de l'usine hydroélectrique. Cet aménagement est fonctionnel depuis 2017. Ce dispositif se compose d'une passe à poissons et d'une passe à anguilles permettant d'assurer la libre circulation pour l'ensemble des poissons. La passe à poissons est également de type passe à bassins à fentes verticales. Elle est constituée de 28 bassins qui s'enchaînent sur une longueur de 60 mètres et une largeur de 28 mètres. La passe à anguilles est constituée en partie aval de deux rampes



FIGURE 5 – Dispositif de franchissement en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. A gauche, passe à bassins à fentes verticales ; à droite, rampes de types « tapis-brosse »



FIGURE 6 – Dispositif de franchissement en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. A gauche, passe à bassins à fentes verticales ; à droite, rampes de types « tapis-brosse »

successives de type « tapis-brosse », séparée par un bassin de repos, amenant à un canal longeant la passe à poissons sur une centaine de mètres et débouchant sur un dispositif de piégeage (Figure 7).

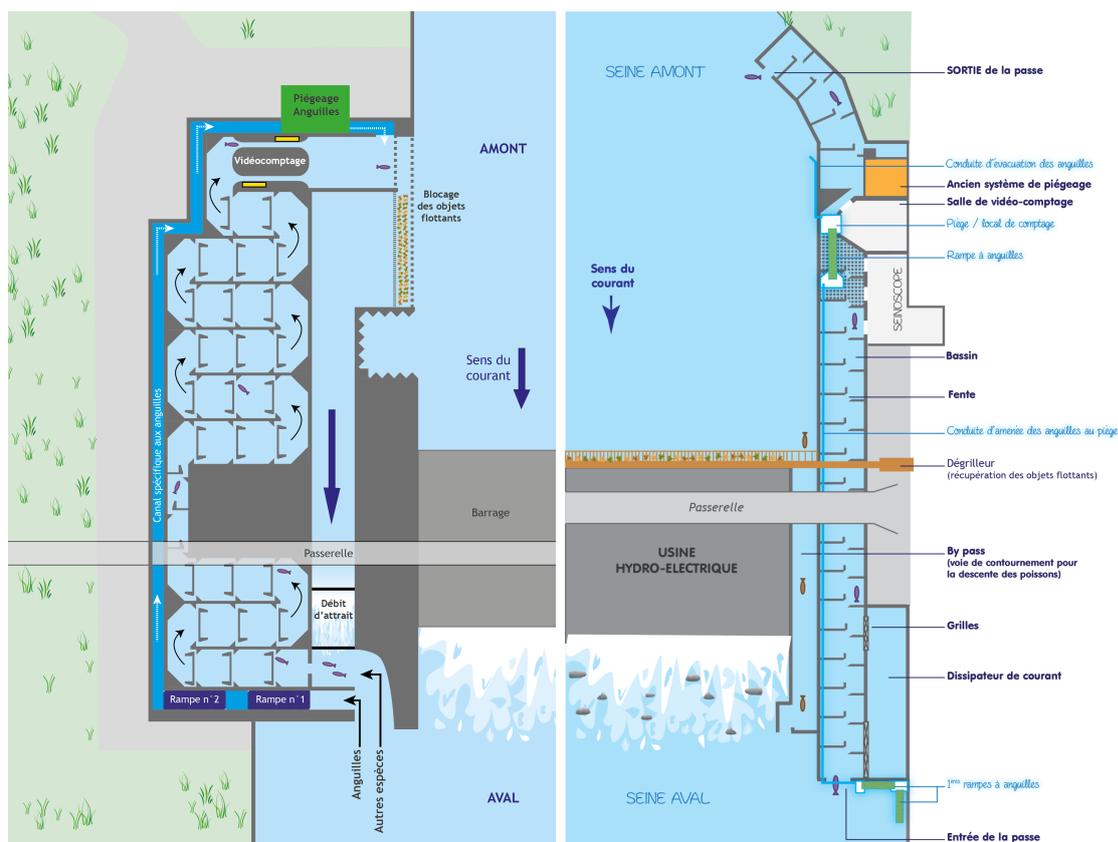


FIGURE 7 – A gauche, schéma de la passe à poissons en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts ; à droite, schéma de la passe à poissons en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

3.2. Contrôle des migrations

Le suivi des migrations est réalisé conjointement par l'association Seinormigr et par le syndicat mixte de la Base de Plein Air et de Loisirs de Léry-Poses. L'association Seinormigr contrôle les migrations à partir de trois dispositifs de contrôle, deux systèmes de piégeage spécifique pour les anguilles de chaque côté du fleuve ainsi qu'un système de vidéo-comptage en rive droite. Le syndicat mixte de Léry-Poses en Normandie gère le système de vidéo-comptage en rive gauche de la Seine. Cette année, l'association a pris en charge au cours de l'année le suivi du système vidéo en rive gauche et l'intégralité de son dépouillement qui n'était plus assuré par le syndicat suite à un problème de personnel. Différents paramètres environnementaux (débit, température, coefficient de marée...) sont relevés afin d'établir des corrélations avec les cinétiques migratoires des poissons.

3.2.1. Dispositif de vidéo-comptage

Afin de permettre le suivi des migrations piscicoles au niveau des passes à bassins, des dispositifs de contrôle sous forme d'un vidéo-comptage et d'un enregistrement informatique à déclenchement automatique sont en service depuis l'année 2008 en rive gauche et depuis l'automne 2017 en rive droite (Figure 8). Ce type de comptage numérique est une technique de comptage en continu sans manipulation des poissons qui permet un dénombrement en s'affranchissant des inconvénients majeurs du piégeage. Il consiste à faire passer les poissons dans une zone où ils sont suffisamment visibles pour être identifiables et dénombrables à chacun de leur passage.

Les avantages du comptage numérique sont multiples : absence de manipulation des poissons, possibilité de comptages des espèces difficiles à piéger (aloses), charge en personnel moins lourde que pour le piégeage,

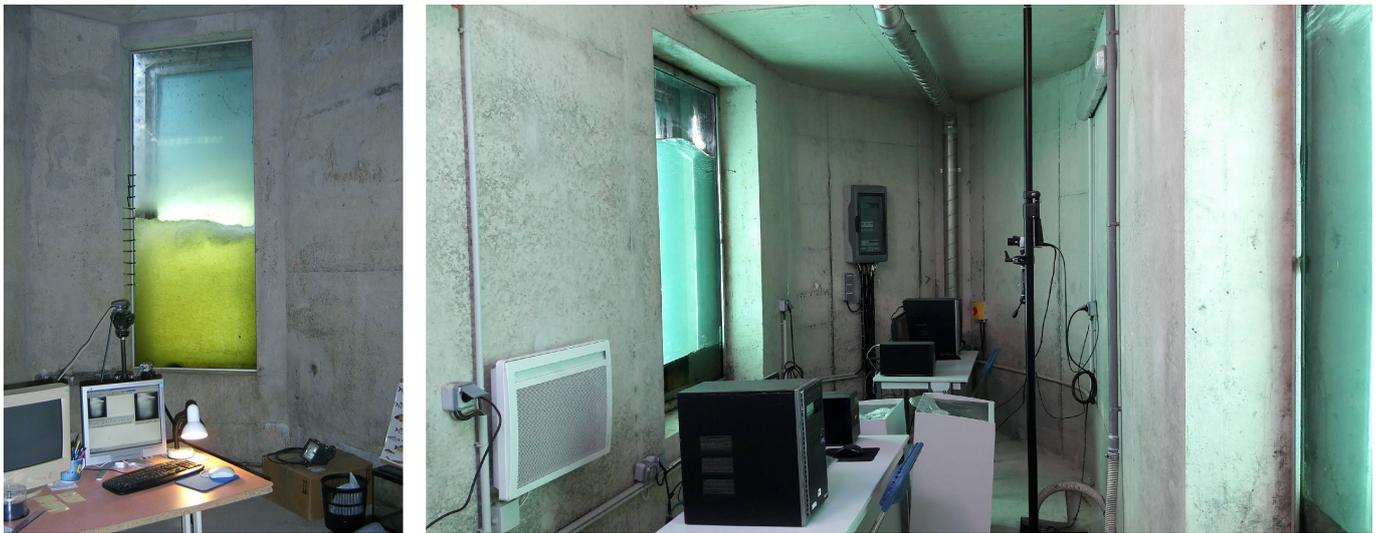


FIGURE 8 – Chambres de vidéo-comptage de la station de contrôle des migrations du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. A gauche, chambre de la rive gauche ; à droite, chambre de la rive droite

précision extrême sur la détermination des rythmes migratoires et sur le comportement de l'ensemble des espèces. Les inconvénients sont l'impossibilité de comptage par forte turbidité de l'eau et la difficulté de détermination de certaines espèces (petits cyprinidés). Pour les systèmes automatisés, on se heurte également à l'efficacité partielle de détection de certaines espèces et à la sensibilité du système aux corps dérivants (herbiers en particulier) qui provoquent des déclenchements intempestifs de l'enregistrement vidéo. Dans les zones où de nombreuses espèces sont présentes une grande partie de l'année, le travail de dépouillement des données vidéo reste relativement lourd et fastidieux.

Le dispositif de vidéo-comptage utilisé à la station de contrôle des migrations est basé sur le système SYSIPAP (CATTOEN, INP-ENSHEEIT) (Figure 9 et Figure 10). Le poisson est amené à s'engager dans un couloir de vision muni de part et d'autre de deux parois vitrées, derrière lesquelles se trouvent en vis-à-vis un rétroéclairage et une caméra filmant ainsi en continu la colonne d'eau où le poisson se présentera. La passe à bassins en rive gauche est munie d'une vitre d'observation tandis que la passe de la rive droite est munie d'un double couloir de visualisation permettant de maintenir des vitesses de courant compatibles au franchissement piscicole. Il y a donc deux systèmes de comptage indépendants en rive droite. Lorsqu'un objet transite par un des couloirs de vision, celui-ci est alors détecté par un analyseur d'images qui, selon le seuil de détection qui lui a été imposé, déclenche l'enregistrement, lequel se poursuit tant qu'un objet est toujours visible et/ou détectable. Chaque séquence vidéo (10 Mo) est alors stockée dans un serveur de stockage de données informatiques prévu à cet effet. Le rôle du système de rétroéclairage disposé derrière la vitre opposée est ainsi d'accentuer le contraste afin de faciliter la détection et la reconnaissance de l'objet. Néanmoins un certain nombre de réglages doivent être appliqués, afin d'étalonner le dispositif en fonction des caractéristiques du site et des espèces de poissons présentes dans le milieu.

La fiabilité de détection du poisson devant la vitre dépend de divers paramètres de milieu (éclairage, turbidité de l'eau pour laquelle un minimum de 0,70 m au disque de Secchi est requis) et des espèces de poissons considérées (en fonction de leur taille, de leur couleur, de leur vitesse et de leur profondeur de nage). En moyenne, dans de bonnes conditions de visibilité, la fiabilité de détection est excellente (90% à 100%) pour les salmonidés, les aloses et les cyprinidés de taille supérieure à 25 cm, bonne (70% à 90%) pour les lamproies, barbeaux et cyprinidés de taille comprise entre 10 cm et 25 cm, et moyenne (50% à 70%) pour l'anguille et les poissons de taille inférieure à 10 cm (Travade et Larinier, 1992).

Une surveillance régulière est nécessaire pour contrôler les réglages des dispositifs, nettoyer les vitres de visualisation et les zones de passage des poissons.

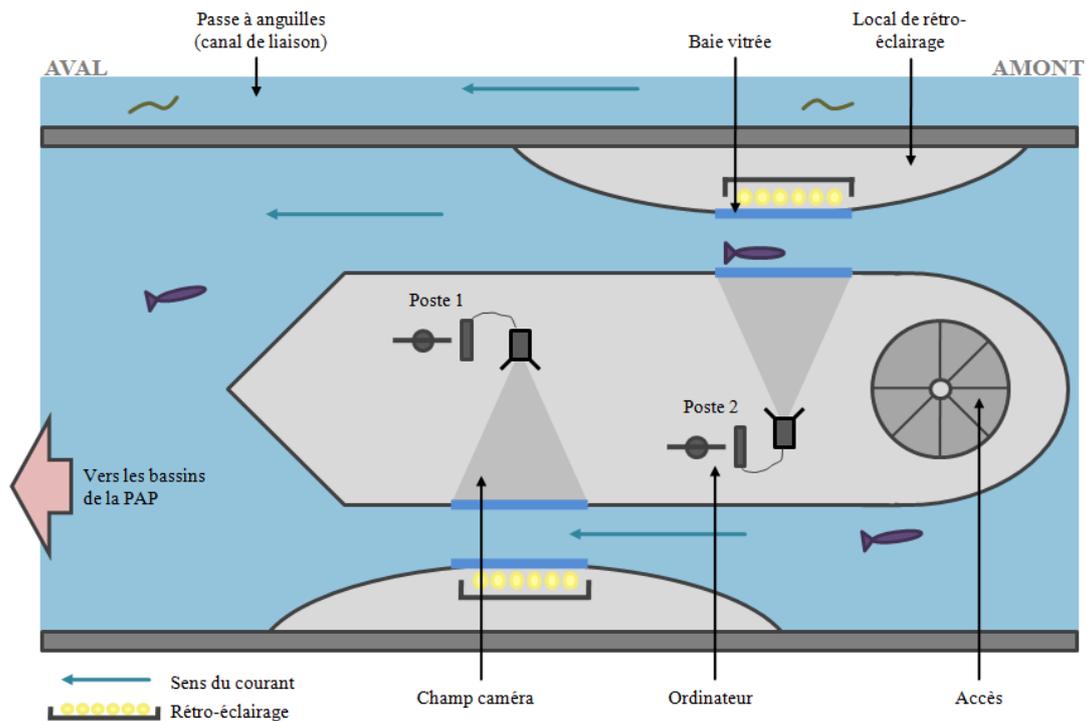


FIGURE 9 – Schéma du système de vidéo-comptage de la station de contrôle des migrations en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

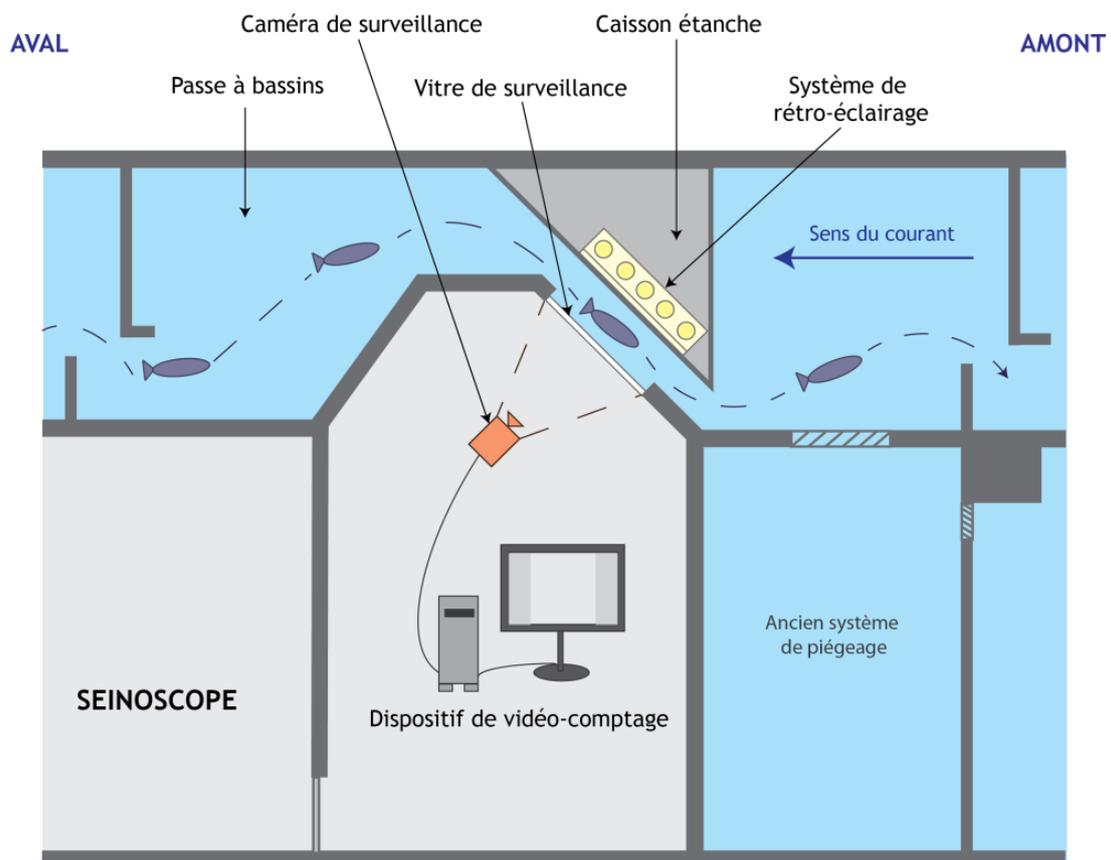


FIGURE 10 – Schéma du système de vidéo-comptage de la station de contrôle des migrations en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

3.2.2. Dépouillement des données de vidéo-comptage

Suite à l'enregistrement des séquences vidéo, celles-ci sont récupérées par un opérateur en vue de leur dépouillement sous le logiciel WPOIS. Cette phase de dépouillement consiste en l'analyse de ces vidéos afin d'identifier et de comptabiliser les poissons traversant la passe.

Les durées de dépouillement sont très variables. En réalité ces valeurs sont fonctions des conditions de milieu (visibilité, déclenchements parasites par des corps dérivants) et surtout des espèces comptabilisées (facilité de distinction des espèces, vitesse de passage, passages isolés ou en bancs, allers et retours, stabulation devant la vitre). A l'expérience des comptages *in situ*, il ressort qu'en moyenne les durées de dépouillement sont de l'ordre de 4% à 10% du temps réel de surveillance (soit 1 h à 2,5 h par 24 h de suivi) pour les faibles passages (inférieurs à 400 poissons/jour) et de l'ordre de 15% à 20% du temps réel (soit 3,5 h à 5 h par 24 h de suivi) pour les passages nombreux (3 000 à 5 000 poissons/jour) (Travade et Larinier, 1992).

Tous les poissons franchissant les passes sont dénombrés et identifiés lors du vidéo-comptage. L'identification se fait à l'espèce ou à la famille, notamment dans le cas de passages importants de cyprinidés.

A l'issue de cette phase de dépouillement, l'ensemble des données est compilé dans un fichier unique puis importé dans le logiciel stacomir, afin d'en assurer le traitement et l'analyse (<http://stacomir.r-forge.r-project.org/>).

3.2.3. Dispositif de piégeage des anguilles

Les systèmes de piégeage sont installés sur la partie amont des dispositifs de franchissement spécifiques aux anguilles. En rive droite, il se trouve à l'amont du canal à anguilles et, en rive gauche, en amont du canal de liaison. Ils sont constitués d'une rampe à « tapis-brosse » débouchant sur un vivier (Figure 11). L'alimentation de la rampe et le débit d'attrait sont fournis par une pompe. Ces systèmes sont débrayables et sont mis en service uniquement pendant la période de migration des anguilles, du mois d'avril jusqu'à l'automne selon les températures de la Seine. En effet, les suivis réalisés sur la passe en rive gauche montrent une reprise de la migration à partir d'une température de 14°C (Mullet, 2014; Lenoir, 2015; Flesselle, 2016; Sanmartin, 2018).



FIGURE 11 – Passe piège à anguilles en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts



FIGURE 12 – Passe piège à anguilles en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

3.2.4. Protocole de suivi

Pendant la période de migration, le piège est relevé tous les jours, hors week-end et jours fériés excepté lors des pics de migrations. Lors de la relève du piège, la biométrie des anguilles est réalisée (Figure 13). Les individus sont préalablement anesthésiés avec une solution d'eugénol avant d'être mesurés (précision 1 mm) et pesés (précision 0,1 g). Le protocole de biométrie appliqué diffère selon la quantité d'anguilles capturées :

- Moins de 60 anguilles : biométrie individuelle
- Entre 60 et quelques milliers d'anguilles : Création de 2 lots par tamisage avec une maille de 6 mm. Pour le lot tamisé, la biométrie est effectuée sur 2 sous-lots de 30 individus et les individus restants sont pesés ensemble. Les individus du refus sont mesurés et pesés individuellement.
- Plusieurs milliers d'anguilles : Création de 3 lots de 30 individus prélevés aléatoirement, les individus des lots sont biométrés individuellement et le reste des individus est pesé globalement.
- Pic de migration exceptionnel : Un poids global est réalisé et le nombre d'anguilles est estimé en utilisant les données des suivis des jours précédents.



FIGURE 13 – A gauche, tamisage des anguilles en différents lots de classe de taille ; à droite, biométrie des anguilles capturées sur le barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

4. Suivi des migrations 2022

4.1. Récapitulatif des effectifs des poissons migrateurs contrôlés

Le tableau 1 présente le bilan des passages des poissons migrateurs à Poses dans les différents dispositifs de comptage. Les effectifs des Salmonidés en montaison sont de 61 individus, **32** saumons et **29** truites de mer. Les aloses sont remontées en faible nombre avec un effectif contrôlé de **261** poissons. L'effectif des lamproies marines comptabilisé est de **945** individus sur l'ensemble du barrage et celui des lamproies fluviatiles est de **234**. Les mulets porcs ont été **1 686** à franchir le barrage. Concernant les anguilles, **379 816** individus en montaison ont été capturés dans les passes pièges dont 343 769 en rive droite. La somme des anguilles jaunes ayant transitées par les passes à poissons est de **6** et l'effectif des anguilles argentées dévalantes est de **40** individus.

TABLEAU 1 – Effectifs des poissons migrateurs contrôlés au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

Espèces	Effectifs rive gauche	Effectifs rive droite	Total
Alose	79	182	261
Anguille argentée	-27	-13	-40
Anguille en montaison (passe piège)	36 047	343 769	379 816
Anguille jaune (vidéo-comptage)	2	4	6
Lamproie fluviatile	234	0	234
Lamproie marine	351	594	945
Mulet porc	1 336	350	1 686
Saumon atlantique	22	10	32
Truite de mer	12	17	29

4.2. Saumon atlantique (*Salmo salar*)

Le premier saumon a franchi la passe à poissons le 24 février et le dernier passage a eu lieu le 19 octobre. Au total, 32 individus ont été recensés en montaison. La migration s'est étalée sur une période de 8 mois, de février à octobre (Figure 14).

La migration du saumon s'organise en deux vagues successives : une vague « printanière », qui représente cette année 96,9% des effectifs, suivie d'une vague « automnale », beaucoup moins importante avec seulement 3,1% des individus. L'écart d'effectifs entre les deux vagues de migration continue à augmenter, par rapport aux débuts des suivis où les deux vagues étaient relativement équivalentes.



FIGURE 14 – Saumon observé en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.

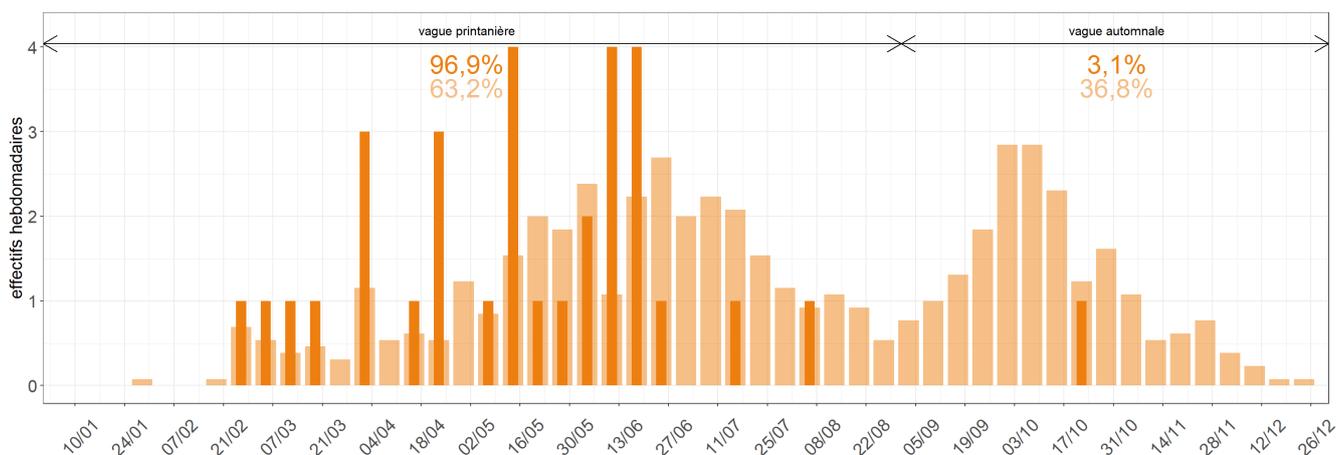


FIGURE 15 – Rythmes migratoires des saumons au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En orange pâle, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires ; en orange foncé, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année.

Les tailles mesurées à l'aide du logiciel de dépouillement sont comprises entre 575 mm et 923 mm, avec une moyenne de 732 mm. La répartition des classes de taille (Figure 16) montre une distribution en adéquation avec les données historiques avec une proportion importante de la classe 700-750 mm. Les études scalimétriques ont aidé à démontrer que chez le poisson, hors conditions particulières, la taille d'un individu est corrélée à son âge. Le saumon peut être classé aisément en trois catégories : les « castillons » remontant le fleuve après seulement un hiver en mer dépassent rarement 700 millimètres ; au-delà les petits « saumons de printemps » séjournent en mer durant deux hivers ; et enfin les plus vieux individus, dont la taille dépasse 850 mm, qui entreprennent leur migration génésique au terme d'une phase marine d'au moins trois hivers.

Cette année les individus sont majoritairement des petits saumons de printemps puisqu'ils représentent près de deux tiers du contingent (Figure 17). La migration des saumons est essentiellement diurne (Figure 18).

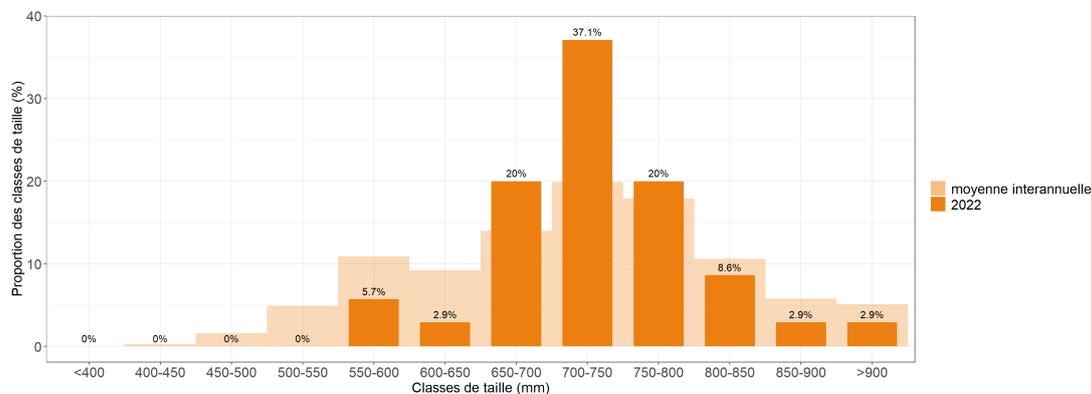


FIGURE 16 – Répartition des effectifs de saumon par classe de taille. En orange pâle, répartition moyenne par classe de taille (2008 à 2021) ; en orange foncé, répartition par classe de taille de l’année.

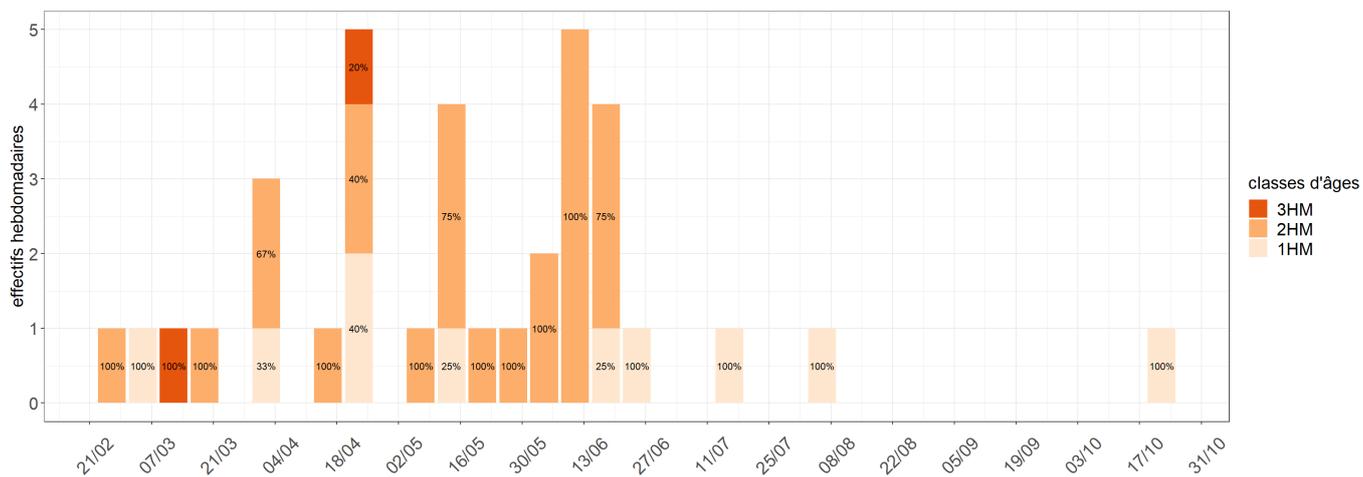


FIGURE 17 – Rythmes migratoires des saumons par classe d’âges au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts (1HM : 1 hiver en mer, 2HM : 2 hivers en mer, 3HM : au moins 3 hivers en mer).

Les effectifs comptabilisés sont stables depuis 4 ans avec un peu plus de trente individus par an, loin du niveau des premières années de suivi en rive gauche qui ne laissaient déjà que peu d'espoir quant à l'existence d'une reproduction en amont du bassin (Figure 19).

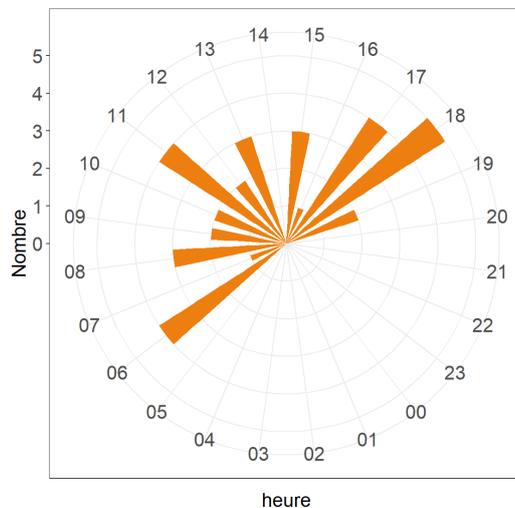


FIGURE 18 – Horaires de migration des saumons en 2022

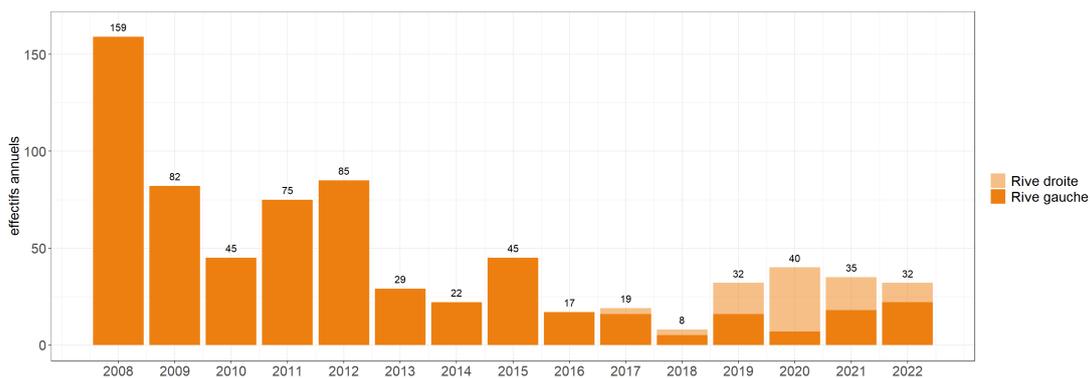


FIGURE 19 – Evolution interannuelle des effectifs de saumon en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

4.3. Truite de mer (*Salmo trutta trutta*)

Le premier individu s'est présenté le 15 avril au barrage de Poses, afin d'amorcer la première vague de migration dite « printanière » (Figure 20). En effet, au même titre que le saumon, l'activité migratoire de la truite de mer s'articule autour de deux vagues de migration au printemps et à l'automne, pour lesquelles, les pics d'activité étaient calés sur la deuxième quinzaine de juin et la première quinzaine d'octobre. Cependant depuis plusieurs années et comme pour le saumon, la migration printanière est devenue prédominante et ce phénomène est particulièrement marqué cette année.

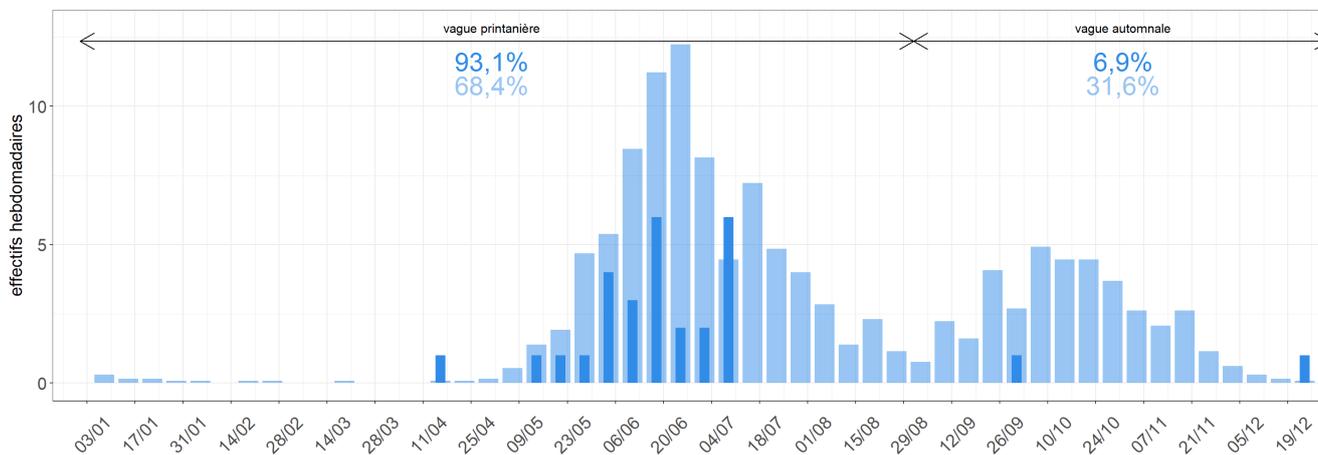


FIGURE 20 – Rythmes migratoires des truites de mer au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En bleu pâle, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires ; en bleu foncé, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année.

En effet, la vague printanière regroupe 93,1% des géniteurs. Cette année a vu le dernier individu remonter le 19 décembre. Au total, ce sont 29 truites de mer qui ont franchi les passes à poissons de Poses en 2022 (Figure 21).

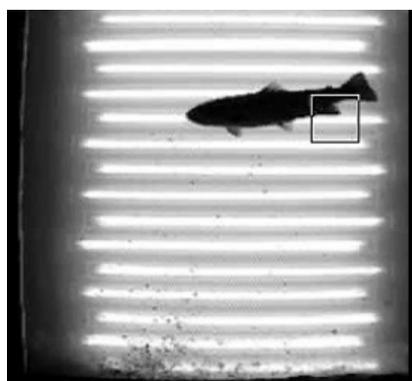


FIGURE 21 – Truite de mer observée en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.

Comprise entre 303 et 710 mm, la taille moyenne de la population atteint 563 mm. On observe cette année un nombre important d'individus dans les petites classes de taille (Figure 22).

Chez la Truite de mer, la lecture des écailles (scalimétrie) permet de classer les individus en plusieurs catégories. En premier, un finnock est un poisson ayant passé de 4 à 6 mois en mer avant sa première remontée, ces poissons ne dépassent pas 43 centimètres. Ensuite les poissons ayant passés 1 hiver en mer et qui mesurent entre 43 et 68 centimètres puis les individus d'au moins 2 hivers en mer qui peuvent mesurer jusqu'à plus de 900 mm. La migration des truites de mer est majoritairement diurne avec une activité majoritaire en première partie de journée (Figure 24).

La population de truite de mer est habituellement « plus remarquable » sur le fleuve, avec des effectifs interannuels qui sont près du double de la population de celle de saumons. Ce n'est pas le cas cette année

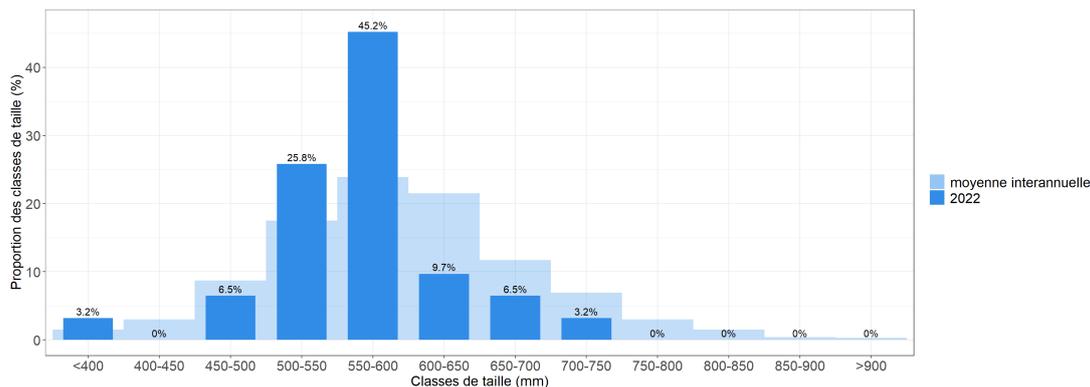


FIGURE 22 – Répartition des effectifs de Truite de mer par classe de taille. En bleu pâle, répartition moyenne des classe de taille (2008 à 2021) ; en bleu foncé, répartition des classe de taille de l’année.

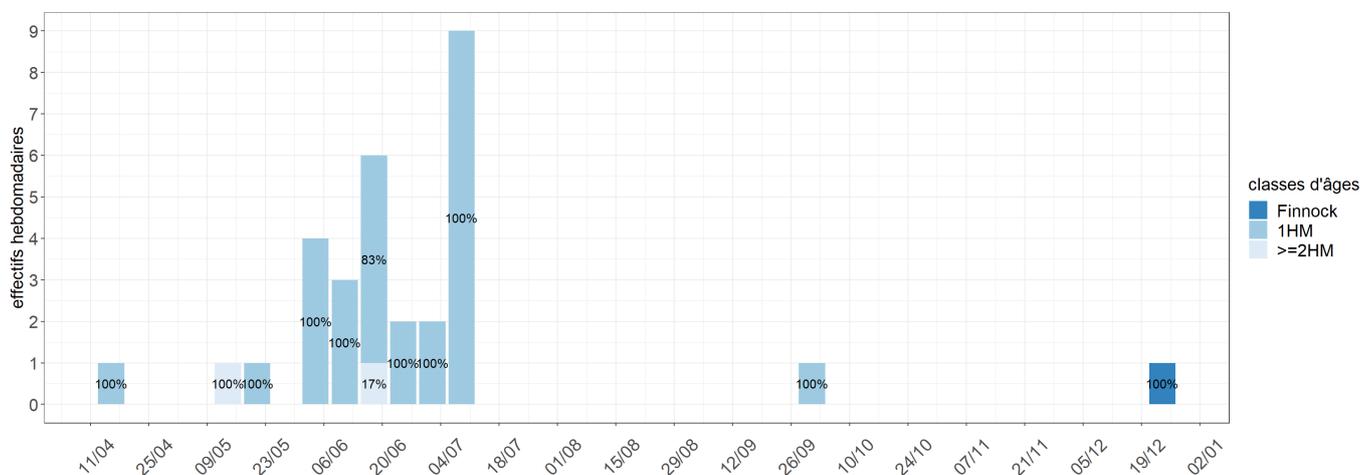


FIGURE 23 – Rythmes migratoires par classe d’âge des truites de mer au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. Finnock : individu de quelques mois de mer, depuis sa dévalaison au printemps, remontant généralement en juillet ; les plus gros sont matures et participeront à la reproduction. 1HM : 1 hiver strict passé en mer. >=2HM : au moins 2 hivers de mer.

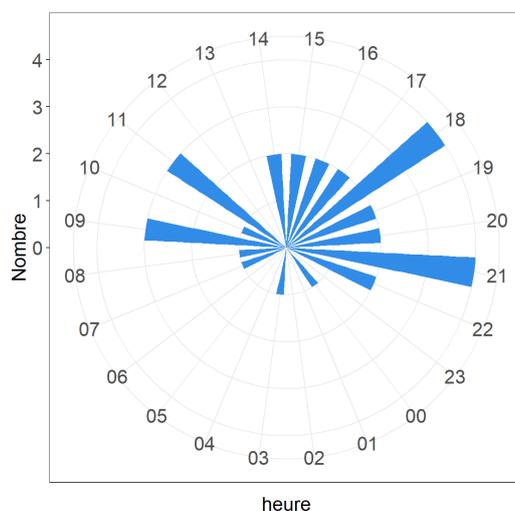


FIGURE 24 – Horaires de migration des truites de mer en 2022

puisque les remontées ont été faibles, le plus bas niveau depuis 2008 (Figure 25). Cette faible migration semble générale d'après les autres observations sur les STACOMI du bassin Seine-Normandie.

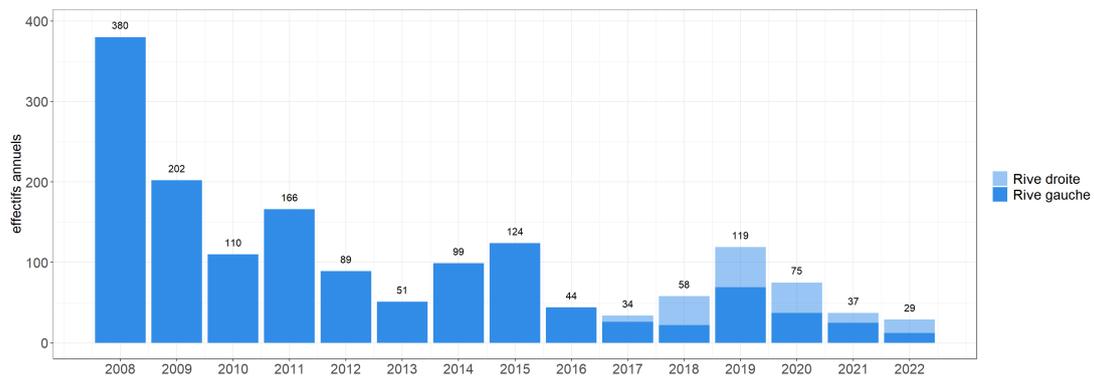


FIGURE 25 – Evolution interannuelle des effectifs de truite de mer en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

4.4. Aloses (*Alosa alosa* et *Alosa fallax*)

Les deux espèces d'aloses, la grande et la feinte, sont présentes sur le bassin de la Seine. Bien que relictuelle, la présence d'*A. fallax* a été confirmée lors d'inventaires réalisés en Basse Seine en 1996 (Rochard et al., 1996), 2002 et 2003 (données non publiées). La précision des informations relevées par vidéo-comptage ne permet pas en revanche, de les distinguer clairement (Figure 26).



FIGURE 26 – Alose observée en vidéo-comptage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.

Les premiers individus se sont présentés le 18 avril et la vague de migration s'est étalée jusqu'au mois de juillet (Figure 27). L'essentiel du contingent de 261 individus a franchi l'ouvrage en avril et mai. Comprise entre 326 et 605 mm, la taille moyenne de la population atteint 481 mm (Figure 22). La migration des aloses est très majoritairement diurne avec une activité plus intense l'après-midi (Figure 29).

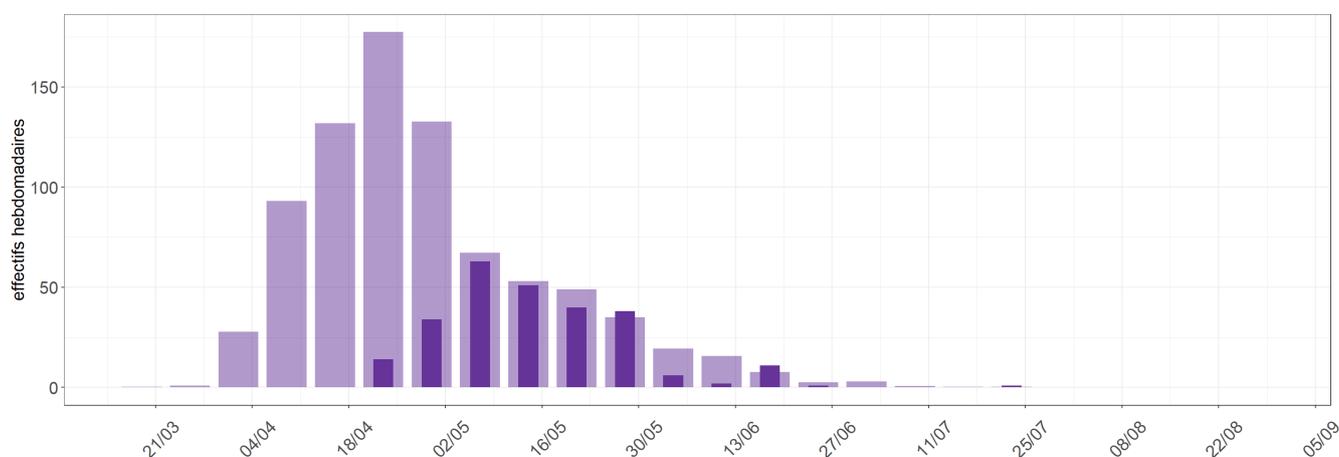


FIGURE 27 – Rythmes migratoires des aloses au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En violet pâle, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires ; en violet foncé, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année.

Historiquement les effectifs d'aloses en montaison ont une variabilité importante avec une moyenne interannuelle d'environ 240 individus contrôlés en rive gauche (Figure 30). Les années 2019 et 2020 ont été exceptionnelles avec des effectifs qui ont approché, voir dépassé les 4 000 individus. Cette augmentation n'est pour l'instant pas expliquée mais pourrait être à relier aux changements climatiques actuelles (déplacement des populations vers le Nord). Dès 2007, Rochard et al. ont montré que la Seine constituerait un environnement favorable pour l'alose dans un contexte de réchauffement climatique. L'année précédente les effectifs, bien que plus faible que ces 2 années hors normes, sont restés remarquables. Cette année montre un retour à une migration "habituelle". La préférence pour la passe en rive droite se confirme encore et s'explique par sa conception plus adaptée à l'espèce et par le fait que les zones de turbulence créées par les remous de l'usine hydroélectrique leurs soient défavorables (Baglinière et Elie, 2000). Comme les récentes dernières années,

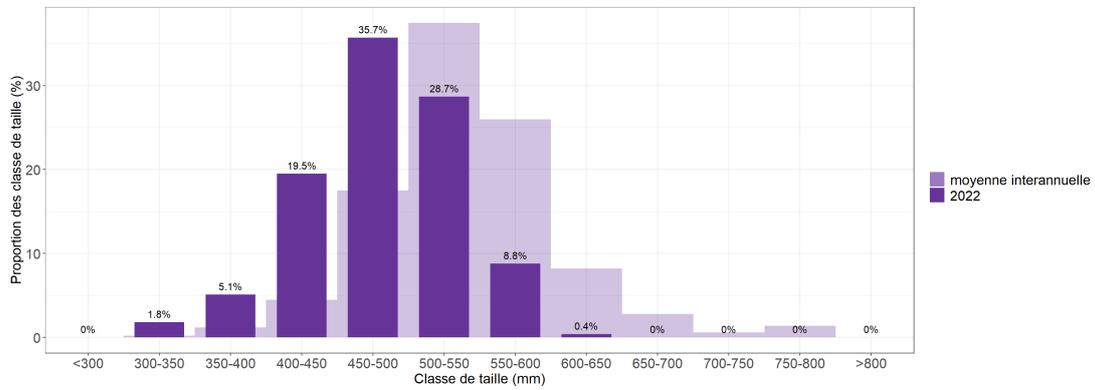


FIGURE 28 – Répartition des effectifs d’aloses par classe de taille. En violet pâle, répartition moyenne par classe de taille (2008 à 2021) ; en violet foncé, répartition par classe de taille de l’année.

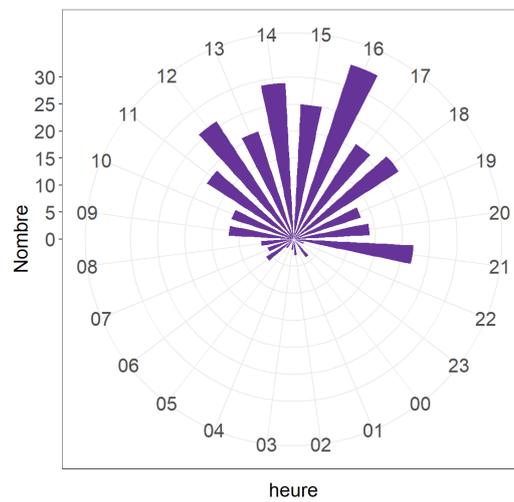


FIGURE 29 – Horaires de migration des aloses en 2022

des individus se sont dispersés sur l'amont du bassin avec une dizaine d'individus qui ont été contrôlés sur la STACOMI de Carandean.

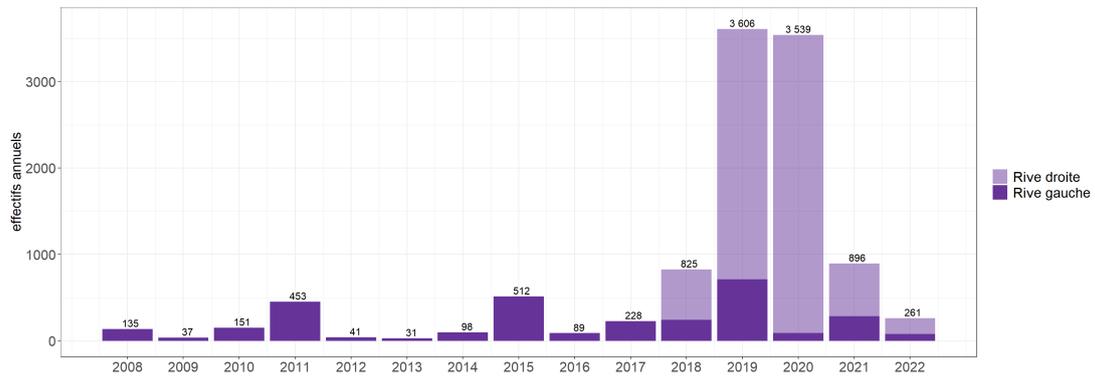


FIGURE 30 – Evolution interannuelle des effectifs d'alse en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

4.5. Lamproie marine (*Petromyzon marinus*)

La lamproie marine (Figure 31) est l'espèce anadrome la plus présente sur le bassin de la Seine avec près d'un millier d'individus qui franchissent le barrage de Poses chaque année (Garot, 2015) et plusieurs sites de reproduction naturelle sont identifiés à ce jour sur des affluents estuariens : l'Eure, l'Andelle et la Risle. Des frayères ont été également observées sur l'Epte, seul affluent de la Seine à l'amont de l'estuaire mais de façon plus anecdotique.

La détection de certains individus peut être problématique en raison des fréquents allers-retours des individus devant les caméras, notamment en rive gauche où les conditions de détection ne sont pas optimales (large couloir et bullage important). Malgré cela, l'effectif total de 945 lamproies marines sur l'ensemble du barrage est bien représentatif des effectifs réels. C'est la première fois depuis la mise en service de la rive droite que les lamproies marines utilisent majoritairement cette voie de passage.



FIGURE 31 – Lamproie marine observée en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.

Au niveau du rythme migratoire, les données historiques en rive gauche de Poses montrent un passage entre la fin du mois de mars jusqu'à juillet avec un pic d'activité ayant lieu entre mai et juin. Les données de cette année sont donc cohérentes avec un passage des lamproies du 02 janvier jusqu'au 02 juin avec un pic d'activité au mois de mai (Figure 32). La migration a été assez précoce avec des premières arrivées significatives à partir de la deuxième semaine d'avril. L'activité horaire est essentiellement nocturne chez cette espèce avec des passages qui peuvent néanmoins s'étaler jusque dans la matinée (Figure 33).

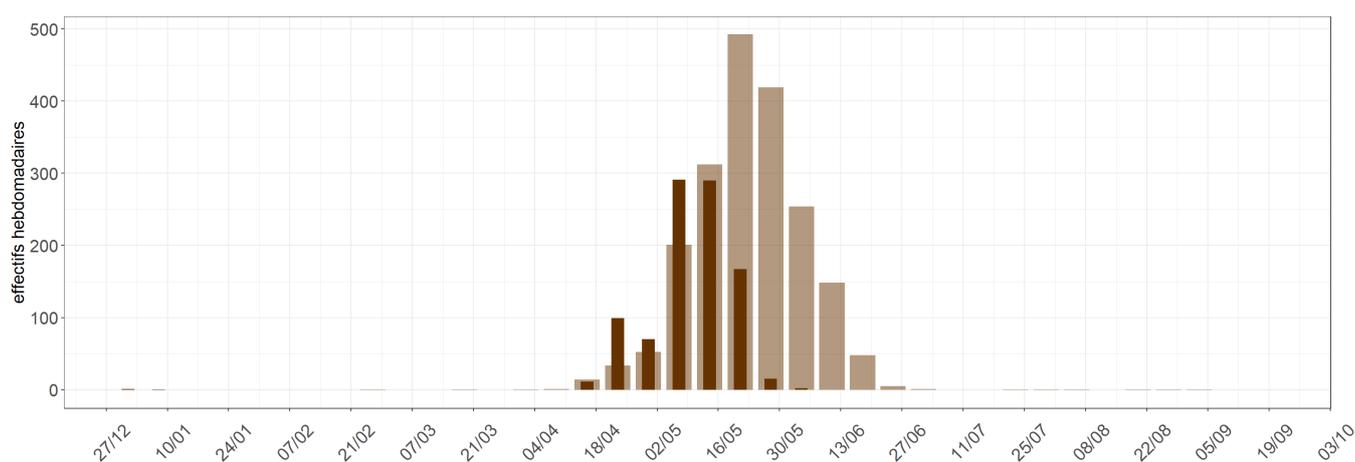


FIGURE 32 – Rythmes migratoires des lamproies marines au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En marron pâle, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires ; en marron foncé, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année.

Les données historiques de la rive gauche donnent une moyenne interannuelle des effectifs en montaison de plus de 2 000 individus (Figure 34) avec une baisse importante depuis 2016. Au regard des dernières

années, les effectifs sont donc plutôt moyens. Au niveau national, les effectifs des lamproies marines subissent actuellement une baisse généralisée (Carry et al., 2017; BGM, 2019). Cela semble donc également être le cas sur la Seine puisque les suivis de reproduction effectués sur les affluents de la Seine aval montrent des effectifs en déclin même si cette baisse est moins marquée que sur d'autres grands bassins français.

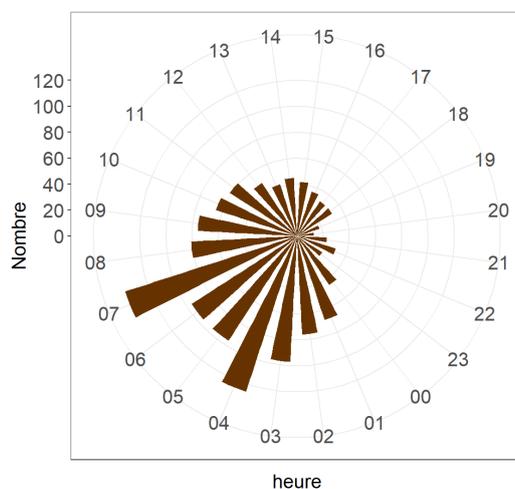


FIGURE 33 – Horaires de migration des lamproies marines en 2022

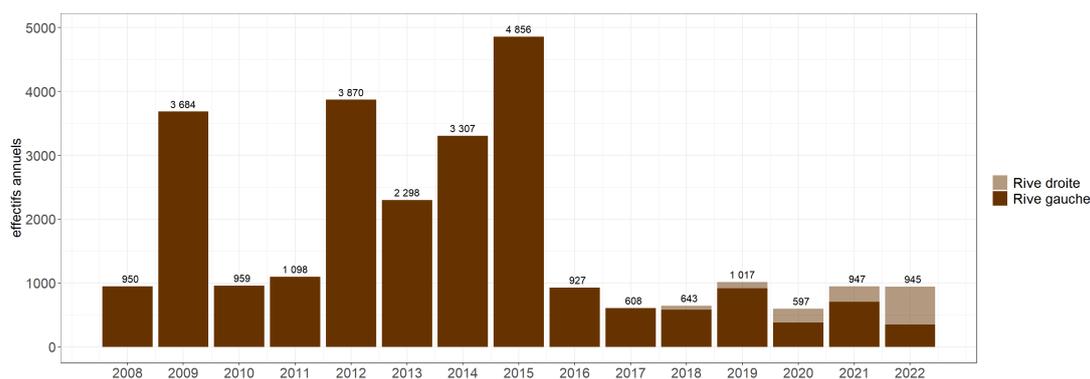


FIGURE 34 – Evolution interannuelle des effectifs de lamproie marine en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

4.6. Lamproie fluviatile (*Lampetra fluviatilis*)

La lamproie fluviatile, autre espèce de la famille des Petromyzontidae, est également recensée sur le bassin de la Seine (Figure 35). Son dénombrement est assez peu significatif sur le barrage, notamment en rive gauche. En effet, en plus de la turbidité, le comportement de l'espèce qui effectue des allers-retours devant les vitres entraîne des mauvais décomptes. Par exemple un individu peut être compté comme dévalant s'il n'a pas été détecté en montaison (en raison de la turbidité et/ou d'un passage du côté de la vitre opposée à la caméra) mais qu'il a ensuite été détecté en dévalaison. Cette année malgré la turbidité, 234 lamproies fluviatiles ont été observés. Depuis la mise en place de la passe à bassins en rive droite, les individus sont assez peu nombreux à l'emprunter mais c'est la première fois que les passages se font uniquement par la rive gauche. Ce phénomène pourrait s'expliquer par les défaillances des organes permettant un débit d'attrait optimal à l'entrée de la passe, qui est d'autant plus important quand les débits du fleuve sont élevés.



FIGURE 35 – Lamproie fluviatile, fixée sur une alose, observée en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.

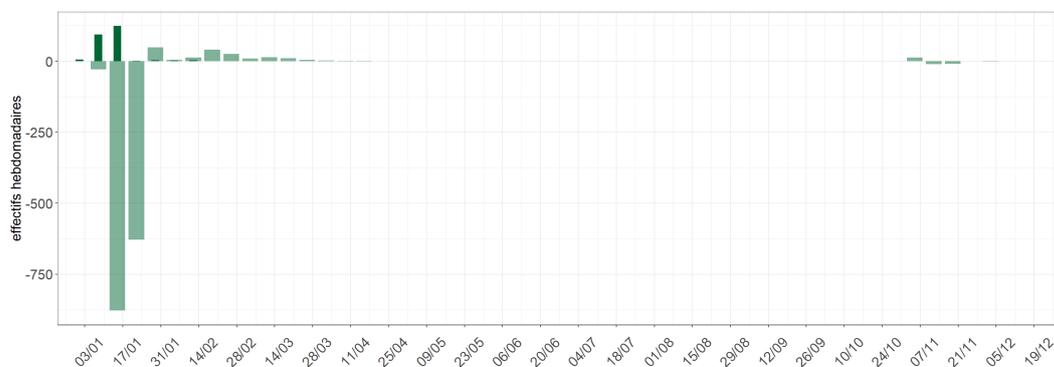


FIGURE 36 – Rythmes migratoires des lamproies fluviatiles au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En vert pâle, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires ; en vert foncé, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année.

Les activités migratoires de l'espèce sont plus précoces que la lamproie marine avec, selon les données historiques, des premières montaisons commençant généralement en janvier, voir avant comme en 2013 où des individus ont été contrôlés dès novembre, et pouvant s'étaler jusqu'en avril. Cette année, les quelques individus ayant été détectés ont franchi le barrage entre le 01 janvier et le 14 février (Figure 36). Comme la lamproie marine, sa migration est principalement nocturne des passages en journée sont courants notamment quand la turbidité est importante (Figure 37).

Historiquement en rive gauche de Poses, malgré les difficultés de détection et à titre de comparaison, les données montrent une variabilité assez importante pouvant aller d'une dizaine d'individus jusqu'à plusieurs centaines selon les années (Figure 38). Cependant cette espèce n'a pas un comportement de montaison systématique et les zones de reproduction sont généralement cantonnées sur les parties aval des bassins, en

raison notamment de ses capacités de nage et de franchissement limitées. Les effectifs contrôlés au barrage ne sont donc pas représentatifs des remontées globales des lamproies fluviatiles sur le bassin.

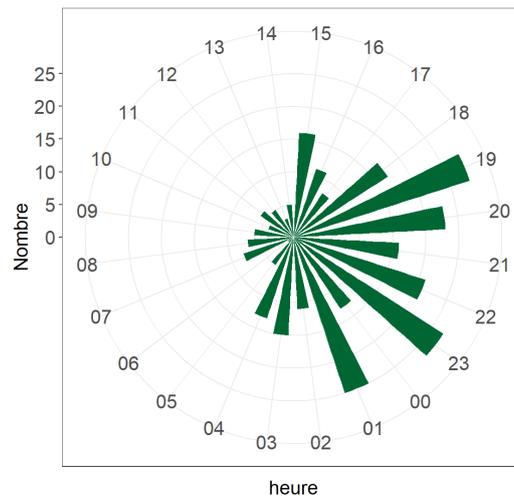


FIGURE 37 – Horaires de migration des lamproies fluviatiles en 2022

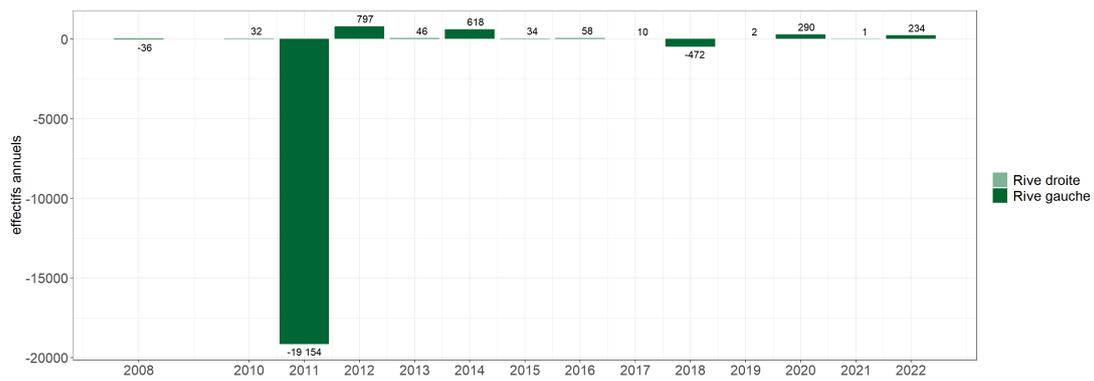


FIGURE 38 – Evolution interannuelle des effectifs de lamproie fluviatile en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

4.7. Mulet porc (*Chelon ramada*)

Le Mulet porc, de la famille des Mugilidae, est la seule des cinq espèces de muges européens dont la catadromie a été mise en évidence (Figure 39). De par sa grande capacité d'adaptation en terme de salinité, de température et d'alimentation, le mulet ne possède aucun statut de protection à l'échelle nationale ou européenne. Cependant une tendance à la baisse des effectifs des Mugilidés est observée depuis les années 1990-2000 dont les causes probables sont la destruction des habitats, la surpêche et la pollution chronique d'origine agricole et industriel (Bartulović et al., 2011).

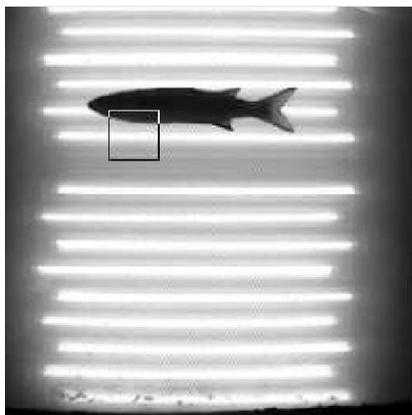


FIGURE 39 – Mulet porc observée en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.

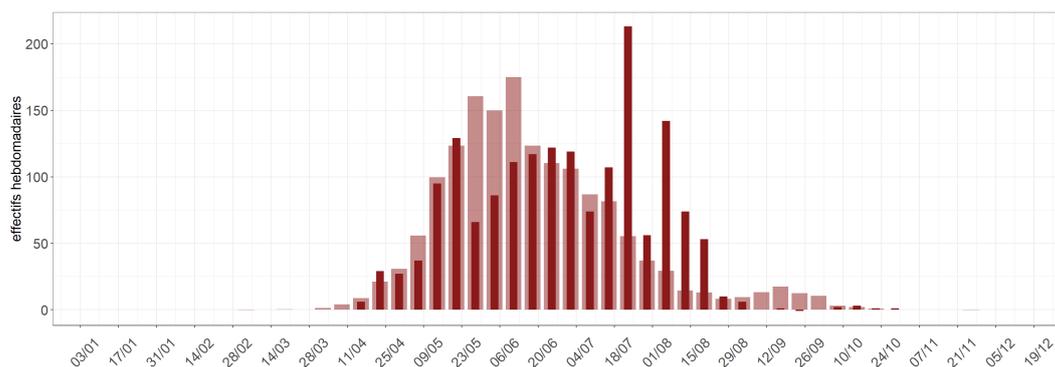


FIGURE 40 – Rythmes migratoires des mulets porcs au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En rose, moyenne inter-annuelle des montaisons hebdomadaires ; en rouge brique, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année.

Les premiers des 1 686 individus comptabilisés se sont présentés au mois de avril et les derniers ont franchi l'ouvrage au mois de octobre (Figure 40). Cette année est assez typique avec une migration qui a commencé au début du mois d'avril. Des passages importants et inhabituels ont été observés au cours de l'été (mi-juillet à mi-août). L'activité horaire est diurne avec un pic d'activité en fin de journée (Figure 41).

Bien que l'essentiel de la population des mulets soit cantonné à la partie estuarienne de la Seine, les effectifs de l'espèce chutaient de façon pratiquement continue depuis la mise en place du suivi par vidéo-comptage. Après une année 2020 ayant été la plus mauvaise dans la chronique de données, les effectifs de ces deux dernières années montrent un certain rebond.

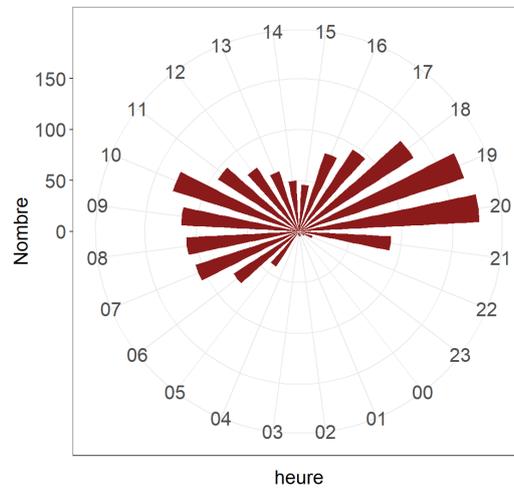


FIGURE 41 – Horaires de migration des mulets en 2022

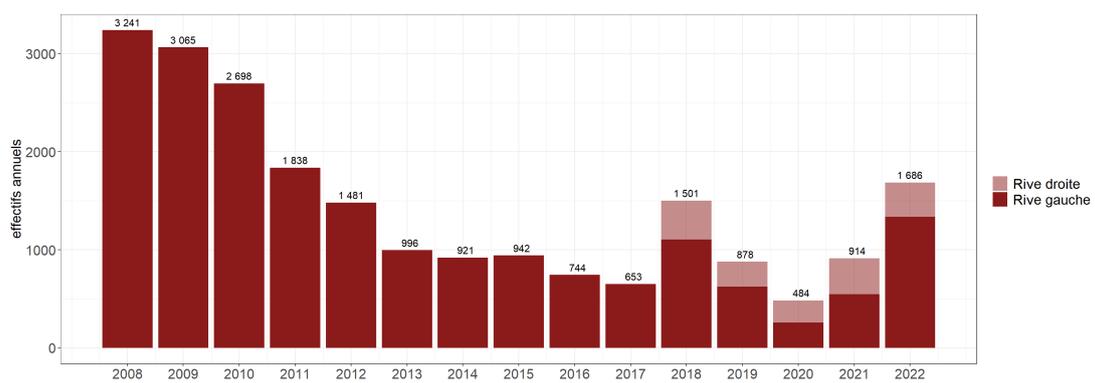


FIGURE 42 – Evolution interannuelle des effectifs de mulet porc en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

4.8. Anguille européenne (*Anguilla anguilla*)

Au niveau du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts, les anguilles peuvent être contrôlées au niveau des quatre dispositifs de comptage, les passe pièges spécifique à anguille et les systèmes de vidéo-comptage. Les anguilles empruntant les rampes à brosses sont des jeunes individus (entre 0 et quelques années en eau douce) et qui sont en phase de migration active. Les individus empruntant la passe à poissons sont des anguilles jaunes ou des anguilles argentées. Les anguilles jaunes peuvent être des individus ayant déjà séjourné plusieurs années en eau douce et étant toujours en migration active ou des anguilles sédentarisées en recherche de nourriture, de zones de repos, d'habitats etc. Ces déplacements peuvent se faire dans les deux sens et il est donc possible d'obtenir des sommes de migration négatives certaines années. Les anguilles argentées sont des anguilles dévalantes de taille importante qui effectuent leur migration génésique catadrome (Figure 43).

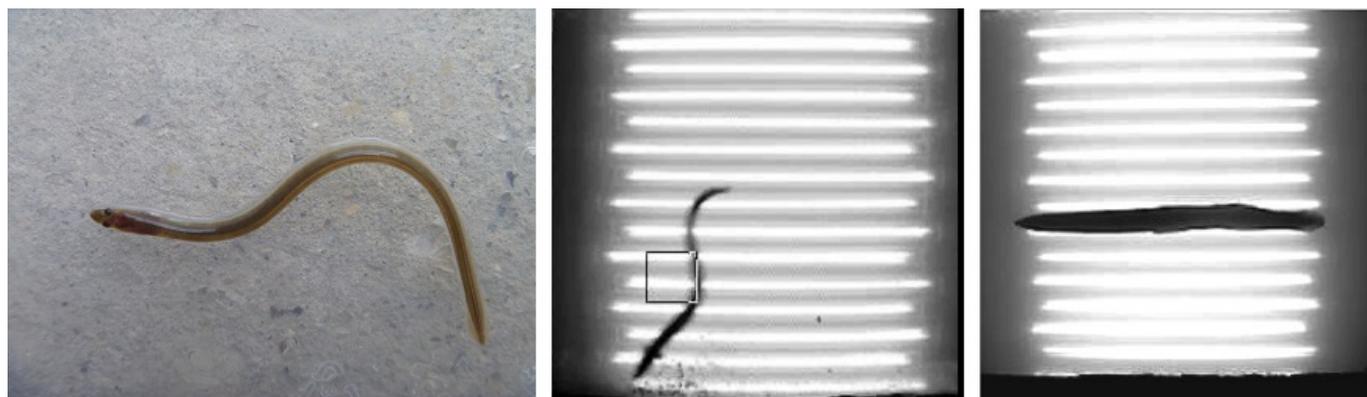


FIGURE 43 – Anguilles observées au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. A gauche, anguillette capturée dans la passe piège spécifique; au milieu, anguille jaune observée en vidéocompage; à droite, anguille argentée dévalante observée en vidéocomptage

4.8.1. Anguille en montaison (passe piège)

En rive droite, les premières arrivées d'anguillettes ont eu lieu le 01 avril et les captures se sont terminées le 10 octobre. Au total, 343 769 anguilles ont franchi le dispositif de franchissement (Figure 44). Cette année la majorité de la migration s'est déroulée lors de 3 pics, à la fin de juillet, à la moitié et à la fin du mois d'août.

En rive gauche, les premières arrivées d'anguillettes ont eu lieu le 19 avril et les captures se sont terminées le 14 octobre. Au total, 36 047 anguilles ont été comptabilisées sur le dispositif de franchissement (Figure 45). La cinétique de migration est identique à celle de la rive droite.

En rive droite, les individus échantillonnés ont une taille comprise entre 61 mm et 394 mm et la majorité ont une taille inférieure à 100 mm. Environ 41% des anguilles capturées sont des individus supposés de l'année (<80 mm), ce qui est conforme avec les observations des années précédentes. En rive gauche, les individus échantillonnés ont une taille comprise entre 64 mm et 395 mm, la taille médiane est de 90 mm contre 85 mm en rive droite. Environ 30% des anguilles capturées sont des individus supposés de l'année. Les petites classes de taille sont plus représentées en rive droite avec notamment la classe de taille 70-75 mm qui est majoritaire et une taille médiane inférieure, malgré cela la distribution des tailles est assez proche entre les 2 rives (Figures 46, 47).

Au niveau de l'évolution des tailles au cours de la saison, on retrouve en rive droite le pattern habituel qui voit la taille médiane et l'hétérogénéité des échantillons décroître jusqu'à l'été puis une stabilisation ou une légère hausse de ces variables jusqu'à la fin des suivis (Figure 48). Celui-ci s'explique par la capture d'individus ayant arrêté leur migration l'année précédente et étant en attente en aval immédiat de l'ouvrage au début de la saison puis l'arrivée progressive des individus de l'année qui vont ensuite faire baisser la taille moyenne de la population piégée.

En rive gauche, les données historiques montrent des effectifs bien plus faibles que les premières données en rive droite avec une moyenne interannuelle d'environ 10 000 anguillettes, dont une majorité d'individus

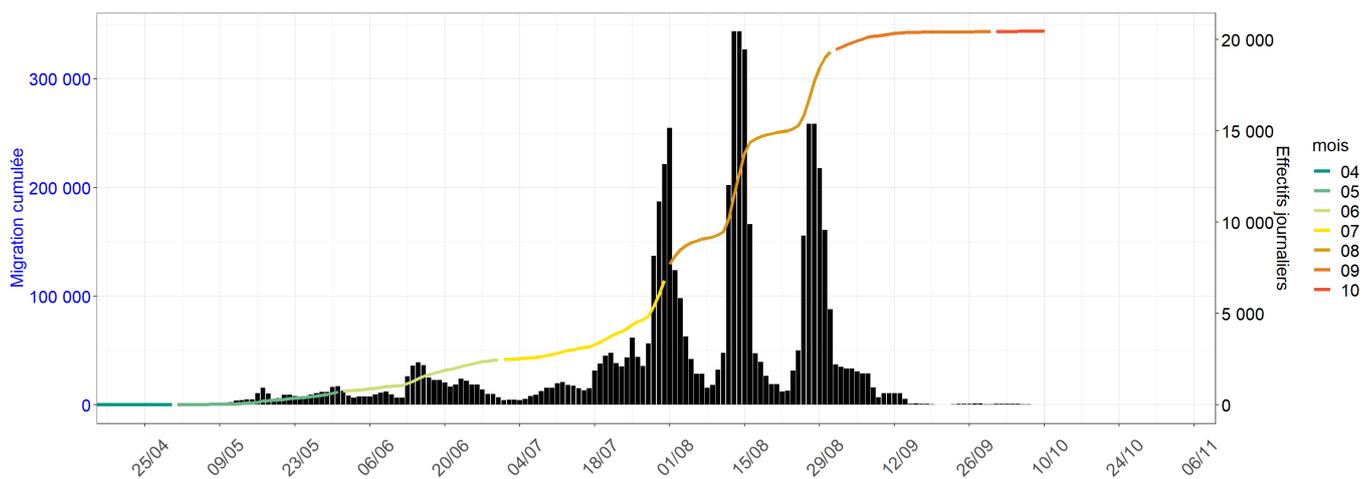


FIGURE 44 – Rythmes migratoires des anguilles en montaison dénombrées sur la passe piège en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

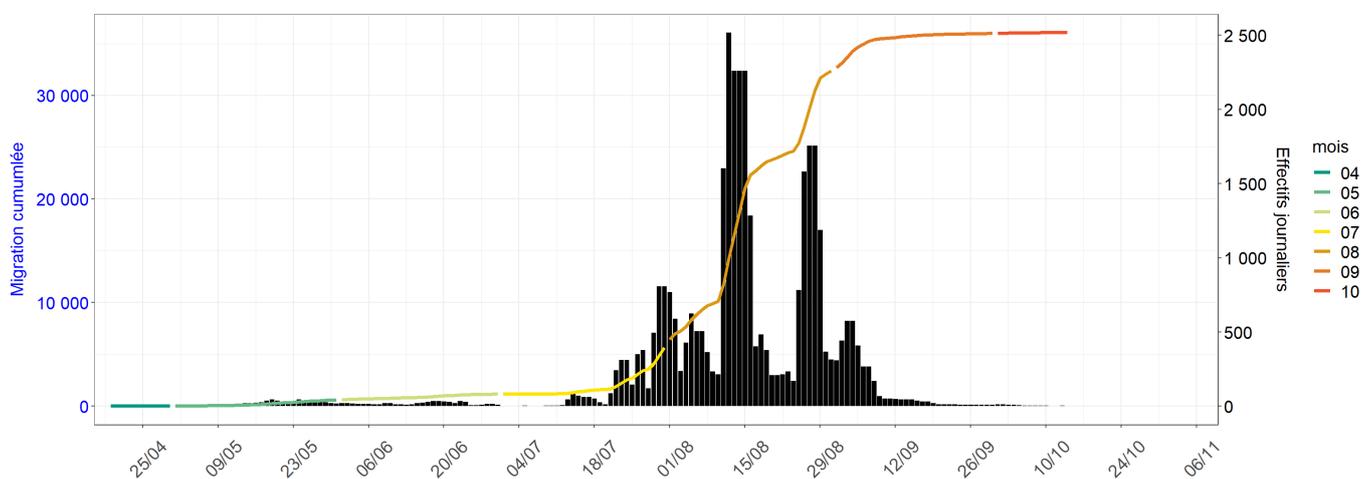


FIGURE 45 – Rythmes migratoires des anguilles en montaison dénombrées sur la passe piège en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

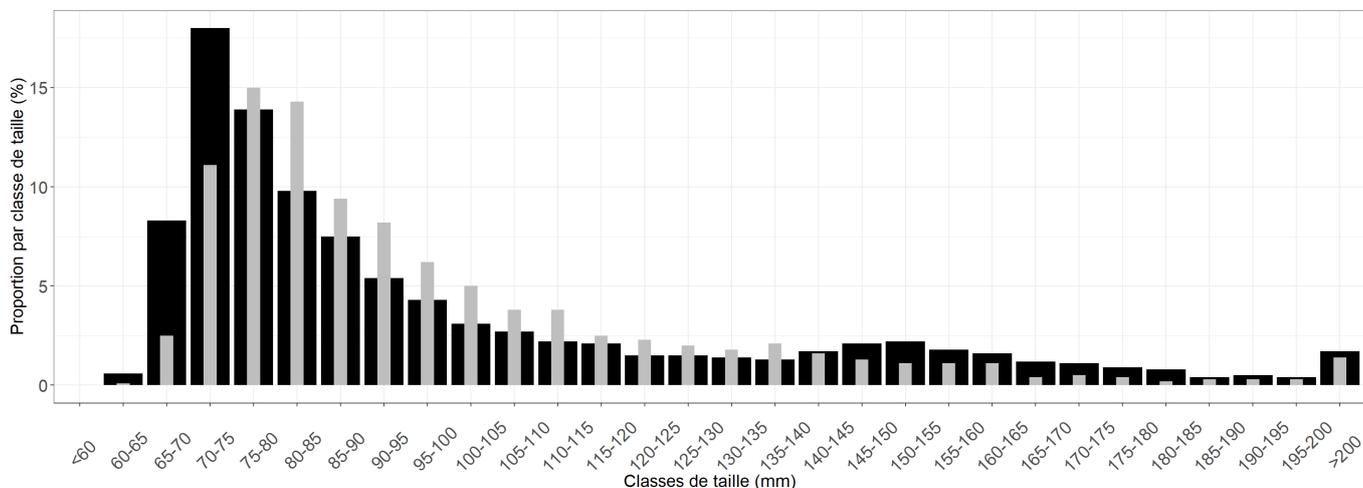


FIGURE 46 – Classes de taille des anguilles en montaison capturées au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En noir, classes de taille des anguilles en rive droite ; en gris, classes de taille des anguilles en rive gauche.

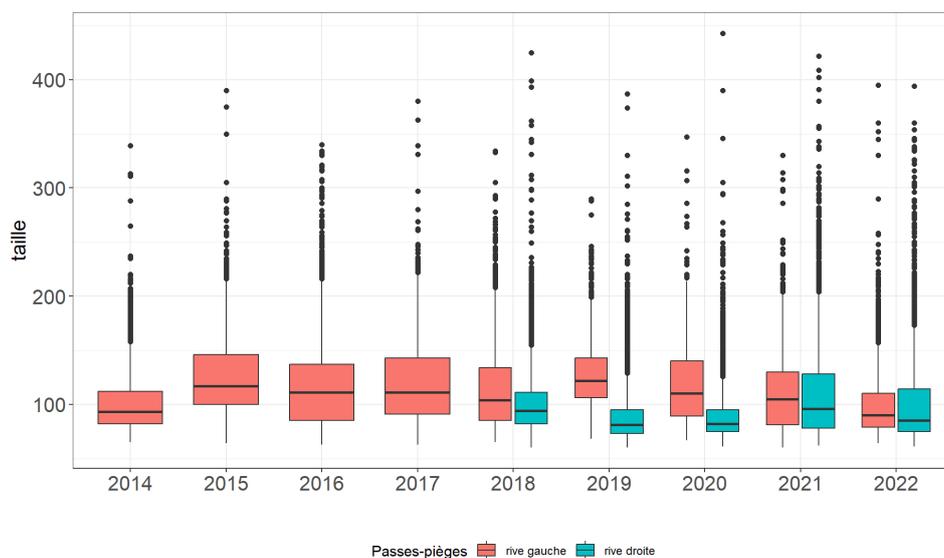


FIGURE 47 – Box plot des tailles (mm) des anguilles en montaison par année et par dispositif de comptage

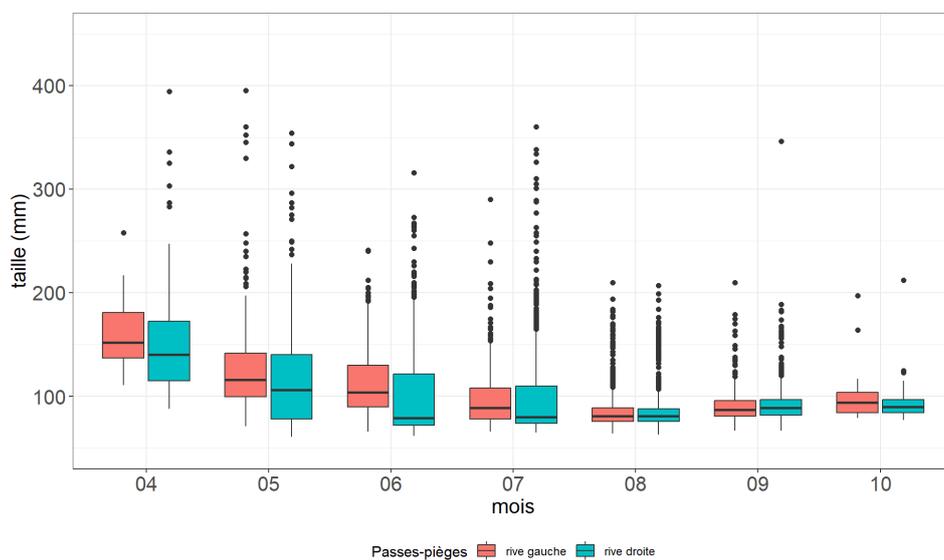


FIGURE 48 – Box plot des tailles mensuelles des anguilles en montaison (en mm) en 2022 mesurées sur les passes pièges du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.

ayant au moins une année de vie continentale (Figure 49). Plusieurs facteurs expliquent les faibles remontées au niveau de cette rive. En premier lieu, la berge en aval de l'ouvrage est composée de palplanches lisses, le fort courant, dirigé contre elles, est rédhibitoire pour le déplacement des anguilles qui se servent habituellement des surfaces rugueuses pour progresser à contre-courant. De plus, le turbinage de l'usine hydro-électrique génère un fort débit d'attrait en comparaison de celui de la rampe à anguille, ce qui rend difficile de trouver l'accès aux tapis brosses.

Des opérations de capture-marquage-recapture, réalisées depuis 2015, ont permis de confirmer la difficulté pour les anguilles d'accéder à la passe et également de la franchir. En effet, le taux de retour des anguilles marquées et relâchées à 200 mètres en aval de l'ouvrage varie entre 0% (en 2018) et 13% (en 2015) avec une moyenne de 6,3%. Le taux de retour de 2018 est à prendre avec précaution puisque l'observation individuelle de chaque anguille est fastidieuse, le risque de non-lecture d'une marque augmente avec le nombre d'individus à contrôler. Les effectifs importants de 2018 ont donc pu faire baisser la fiabilité de ces opérations et montrent les limites de la méthode utilisée. Le taux de retour des anguilles déposées dans le premier collecteur de la rampe, à la sortie des rampes à brosses, est également faible avec un taux de retour moyen d'environ 45%. L'accès et le franchissement de la rampe sont très sélectifs pour les anguilles et notamment pour les jeunes stades qui ne disposent pas de capacité de nage importante. Relativement à ces problèmes chroniques, la migration a été importante puisque c'est la meilleure saison depuis 2014, année de la mise en place du comptage sur cette rive.

En rive droite, après une année 2021 alarmante les effectifs capturés sont revenus à un niveau proche des deux premières années de suivis avec près de 350 000 individus capturés. Alors que les années précédentes la migration se concentrait en un seul pic de migration, cette fois-ci 3 pics de migration corrélés avec des coefficients de marée ont eu lieu entre fin juillet et fin août. Un suivi par flottang est réalisé chaque année pour vérifier notamment d'éventuels problèmes d'accumulation des individus en pied d'ouvrage. Ce phénomène n'a pas été mis en évidence cette année (Brasseur, 2022). Une fois encore, les captures de la rive droite confirment la meilleure efficacité de la nouvelle rampe avec des données bien plus représentatives de la situation réelle, en termes d'effectifs et de structure de la population, pour un fleuve du gabarit de la Seine.

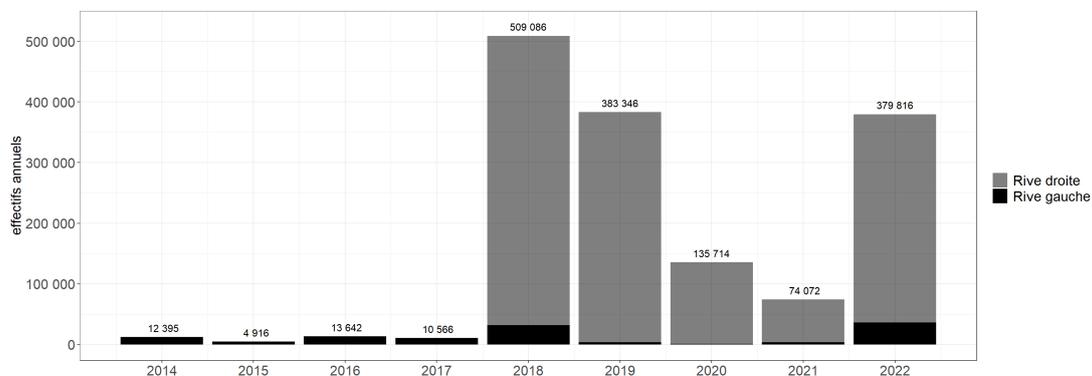


FIGURE 49 – Evolution interannuelle des effectifs des anguilles capturées dans les passes pièges au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

4.8.2. Anguille jaune (vidéo-comptage)

Dans les passe à bassins, 6 anguilles ont été comptabilisés. Les individus observés peuvent être en phase de migration active ou être sédentaires et effectuer des déplacements dans un but trophique, en montant ou en dévalant la passe à poissons. Le décompte brut, c'est-à-dire le nombre d'anguilles jaunes observées en montaison ou en dévalaison est de 168. L'activité se concentre entre le mois de mars et le mois de septembre (Figure 50), avec des intensités plus importantes au printemps, période concomitante à l'augmentation des températures de la Seine. L'activité horaire est quant à elle nocturne (Figure 51).

Les données historiques en rive gauche montrent des effectifs assez variables selon les années mais dans des gammes relativement similaires, de quelques dizaines à quelques centaines d'individus (Figure 52).

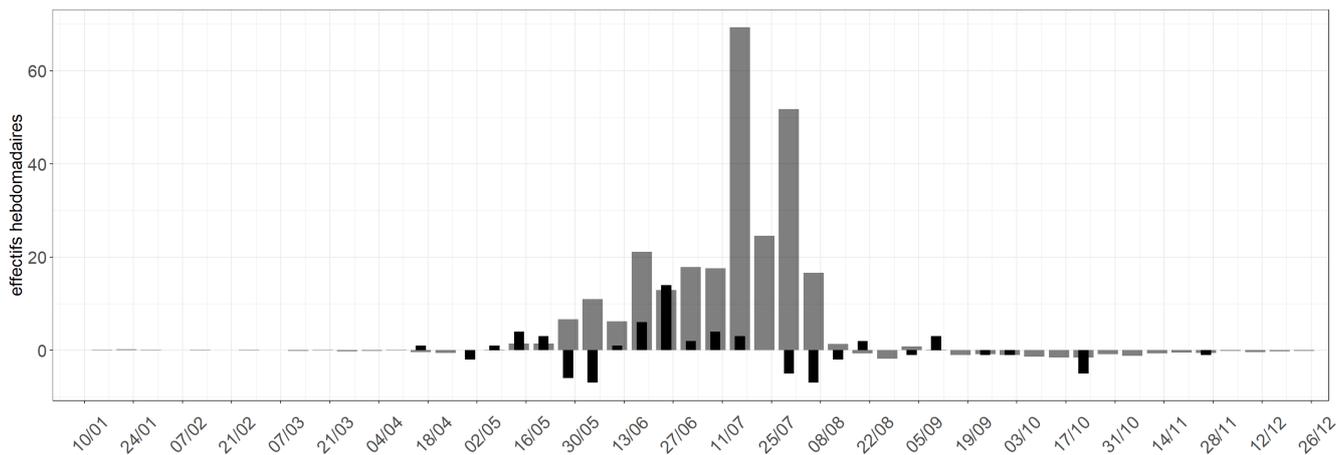


FIGURE 50 – Rythmes migratoires des anguilles jaunes au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En gris, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires; en noir, effectifs hebdomadaires des montaisons de l’année en rive droite et gauche.

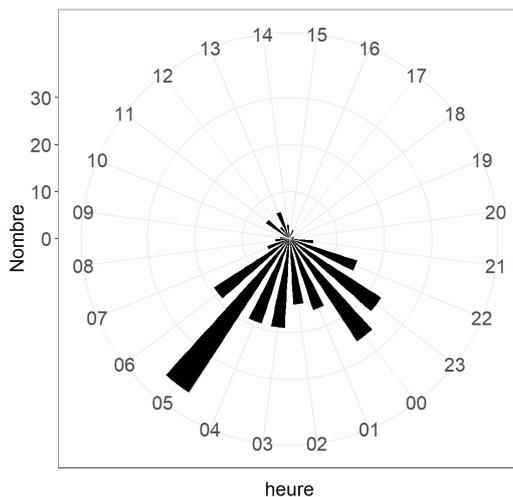


FIGURE 51 – Horaires de migration des anguilles jaunes en 2022

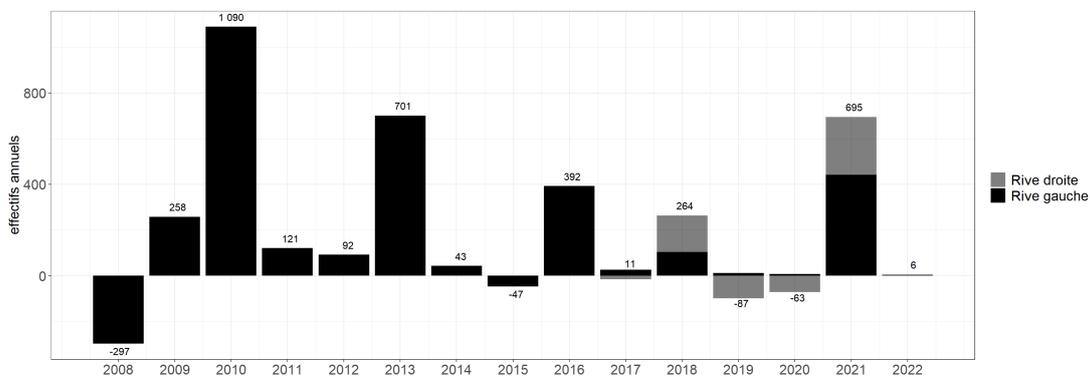


FIGURE 52 – Evolution interannuelle des effectifs des anguilles jaunes franchissant les passes à poissons du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

4.8.3. Anguille argentée (vidéo-comptage)

Durant l'année 2022, c'est seulement 40 anguilles argentées qui ont dévalé les passes à bassins. La cinétique de migration a été assez atypique avec quelques observations d'individus dévalants au cours de l'été en rive droite et une migration plus importante en rive gauche au cours du mois de novembre (Figure 53). L'activité nocturne de l'espèce est encore plus marquée en phase de dévalaison (Figure 54).

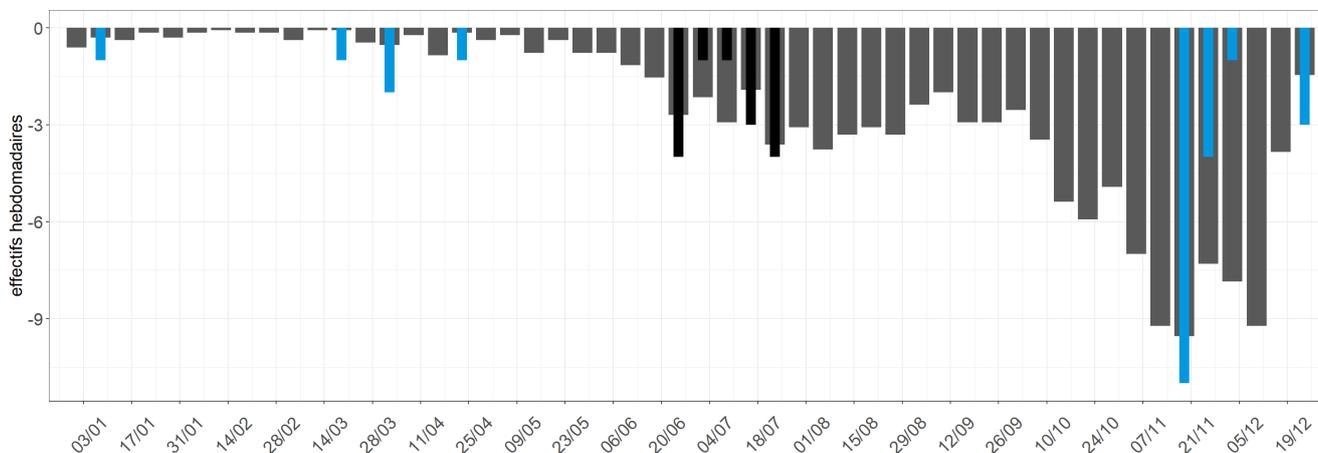


FIGURE 53 – Rythmes migratoires des anguilles argentées dévalant au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En gris, moyenne interannuelle des dévalaisons hebdomadaires ; en noir, effectifs hebdomadaires des dévalaisons de l'année en rive droite ; en bleu, effectifs hebdomadaires des dévalaisons de l'année en rive gauche.

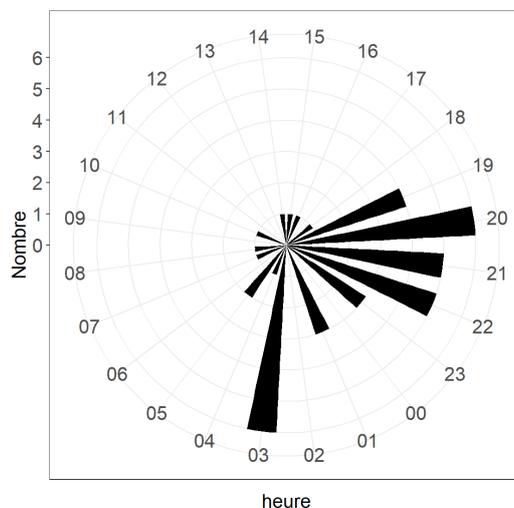


FIGURE 54 – Horaires de migration des anguilles argentées en 2022

La production d'anguille argentée en amont de Poses est estimée, à partir du modèle EDA, à environ 90 000 individus pour l'année 2012 (Briand et al., 2015; Thinus et al., 2016). Le nombre d'individus contrôlé à Poses n'est donc pas représentatif de la production réelle en anguille argentée du bassin de la Seine puisque seule une fraction de la population dévalante passe par les systèmes de passe à poissons. Il existe plusieurs voies de passage pour les anguilles se présentant en amont de l'ouvrage ; les passes à poissons, l'exutoire de dévalaison en rive droite, les écluses, les turbines de l'usine et le barrage. Des études menées sur le gave de Pau (Bau et al., 2012) ont montré que la voie de franchissement utilisée par les anguilles est fortement dépendante du rapport de débit entre débit total de la rivière et celui des évacuateurs de crue, de la configuration de la prise d'eau de la turbine etc. Si le rapport est en faveur de la prise d'eau, les anguilles vont franchir l'ouvrage majoritairement par les turbines alors que si le débit du cours d'eau est au moins 1,5 fois plus élevé que celui

turbiné par l'usine, cette voie de passage devient minoritaire. Un comportement de ce type est à supposer au niveau du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En effet au-delà d'un débit d'environ $600 \text{ m}^3/\text{s}$, VNF ouvre les vannes du barrage ; seuil auquel les passages d'anguilles dévalantes dans la passe à poissons deviennent pratiquement inexistantes (Figures 55 et 56). Cette année, les quelques anguilles dévalantes ont été contrôlées principalement en rive gauche, ce qui est à mettre en relation avec les débits de la Seine qui sont restés très faibles ce qui a favorisé la dévalaison par le côté usine.

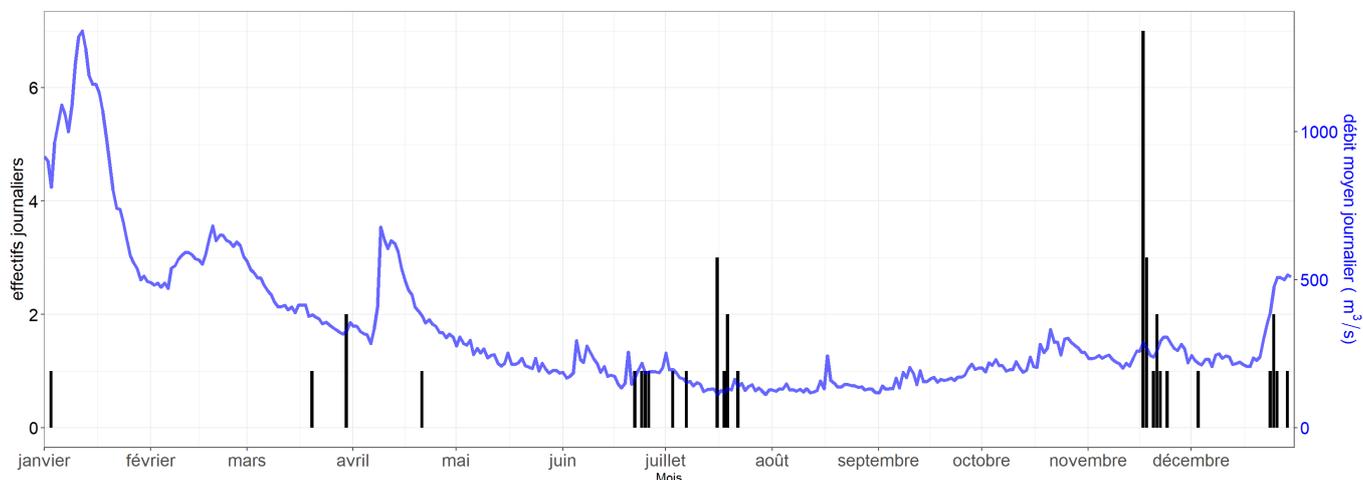


FIGURE 55 – Rythmes migratoires journaliers des anguilles en dévalaison dénombrées sur la passe à poissons en rive droite et en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts en fonction des débits de la Seine à Vernon

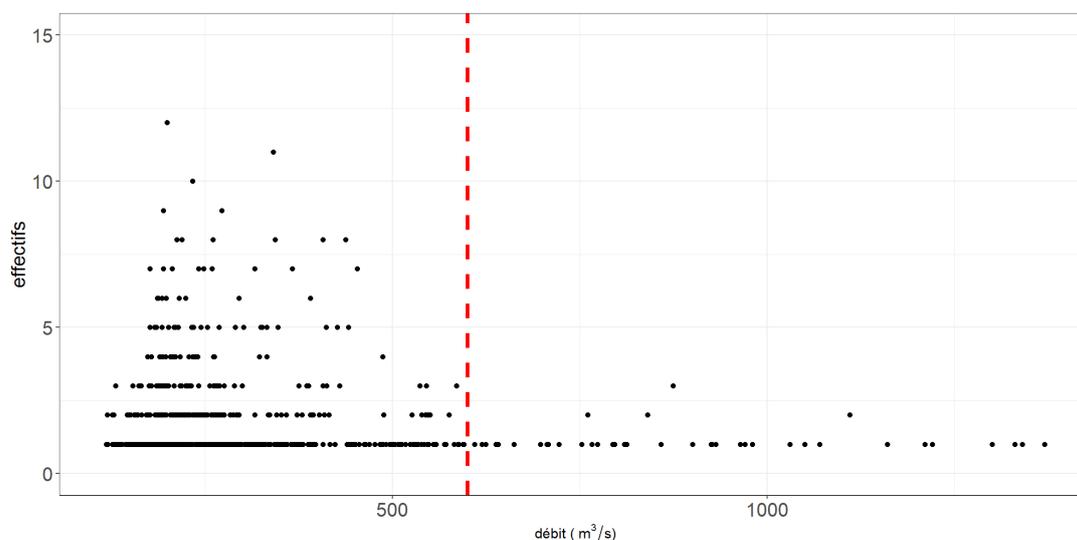


FIGURE 56 – Nombre d'anguilles en dévalaison dénombrées sur les passe à poissons en rive gauche (2008 à 2022) et en rive droite (2018-2022) du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts en fonction des débits de la Seine. La ligne en pointillé rouge représente la limite de $600 \text{ m}^3/\text{s}$ de débit, seuil au-delà duquel VNF ouvre les vannes du barrage

Les données obtenues cette année en rive droite sont cohérentes avec les données historiques de la rive gauche puisque le nombre d'anguilles dévalantes varie entre 3 et 474 individus selon les années (Figure 57).

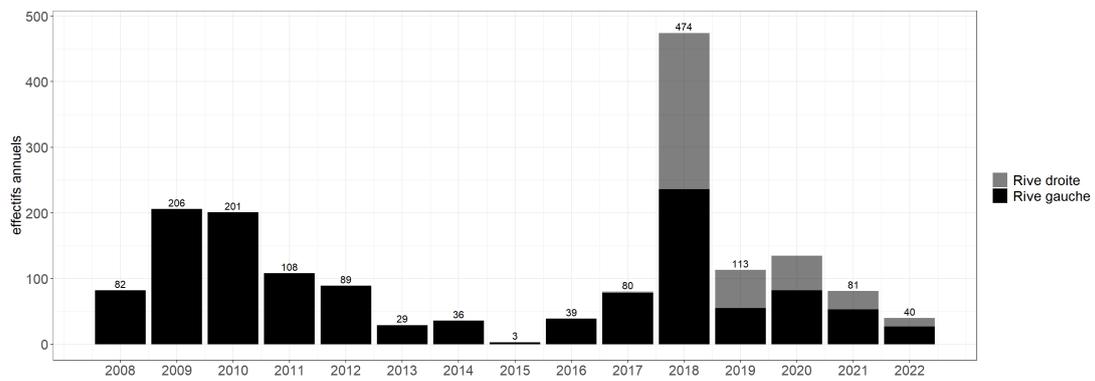


FIGURE 57 – Evolution interannuelle des effectifs des anguilles argentées dévalant les passes à poissons du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

4.9. Autres espèces

Hormis les grands poissons migrateurs, d'autres espèces empruntent les passe à poissons du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts afin de transiter entre l'estuaire et la Seine fluviale (Tableau 2). L'effectif correspond au nombre de fois où l'espèce a été observée par les caméras, que ça soit en montaison ou en dévalaison.

TABLEAU 2 – Activités des espèces recensées, autres que les poissons grands migrateurs, en rive droite et gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.

Espèces	Effectifs
Amour blanc	5
Aspe	1
Barbeau fluviatile	483
Brème commune	9 761
Brochet	1
Carassin commun	9
Carpe commune	50
Chevesne	19
Crabe chinois	4
Cyprinidé indéterminé	102 243
Hotu	18
Ide mélanote	4 597
Perche	162
Perche soleil	0
Sandre	1
Silure glane	349

5. Suivi et fonctionnement technique des dispositifs de contrôle

5.1. Fonctionnement des dispositifs de comptage

Le fonctionnement des systèmes de comptage est conditionné par différents facteurs, environnementaux ou matériels qui peuvent entraîner des arrêts partiels ou complets du système. Les temps de fonctionnement des différents dispositifs sont présentés dans la figure 58. Les postes de vidéo-comptage 1 et 2 ont respectivement fonctionné pendant 88.3% et 86.3% du temps. Les causes des dysfonctionnements sont des coupures électriques régulières sans que l'origine soit identifiée, ces coupures ont commencé en fin d'année où les migrations sont faibles et ne remettent pas en cause les comptages. En rive gauche, le système a fonctionné pendant 99.3% du temps. La période de dysfonctionnement correspond à des problèmes d'éclairages, qui ont été réglés en changeant les néons par des spots LED.

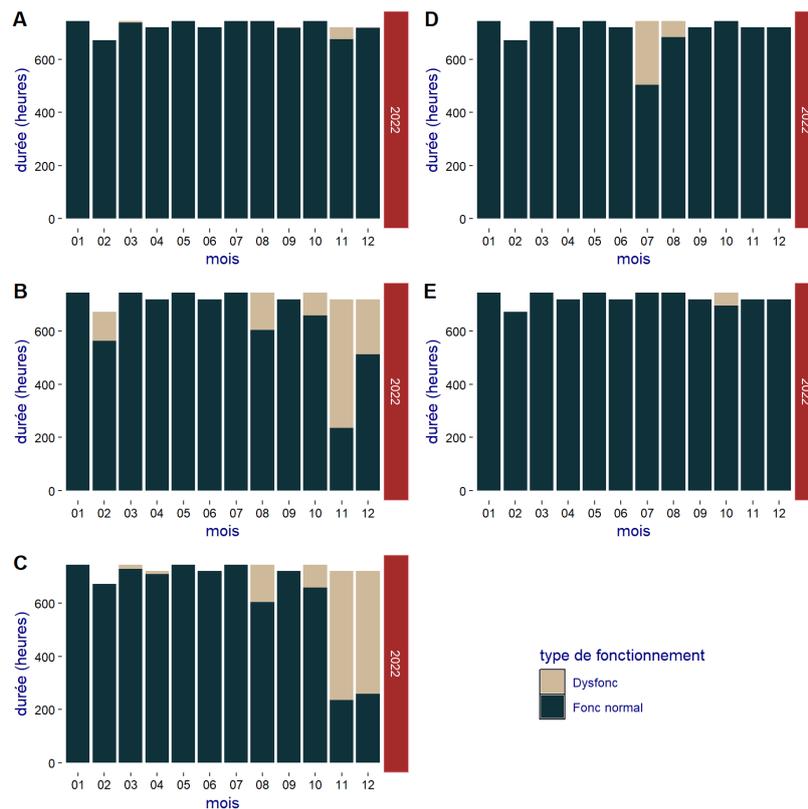


FIGURE 58 – Durée de fonctionnement des dispositifs de comptage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts (A : Poste de vidéo-comptage en rive gauche, B : Poste 1 de vidéo-comptage en rive droite, C : Poste 2 de vidéo-comptage en rive droite, D : passerelle à anguilles en rive gauche, E : passerelle à anguilles en rive droite).

Le problème de fonctionnement de la passerelle à anguilles en rive droite est dû à un bris de la pompe alimentant le système en fin de saison, cette avarie a entraîné la fin du suivi. En rive gauche, les dysfonctionnements sont aussi dus à des problèmes de pompes qui se colmatent et qui entraînent des baisses du débit d'attrait.

5.2. Entretien des vitres du couloir de vision en rive droite

Au cours de l'année 2022, 14 interventions pour effectuer un nettoyage des vitres de la chambre de visualisation ont été nécessaires en rive droite et 6 en rive gauche, ces opérations se déroulent en binôme. La fréquence de nettoyage dépend de la saison, en hiver le biofilm algale ne se développe pas ou très peu alors qu'en été, un entretien bimensuel est optimal afin de maintenir des bonnes conditions pour détecter et identifier les poissons transitant dans les couloirs de vision. Le rétro-éclairage est moins important en rive gauche et donc le développement algale est moins intense de ce côté.

5.3. Volume de données généré

Le suivi de vidéo-comptage a permis de contrôler 121 982 activités de poissons dont 4 279 poissons grands migrateurs. C'est au total 7 042 fichiers vidéo qui ont été générés par le système d'acquisition en rive droite et 18 674 en rive gauche soit un volume d'environ 240 Go de données. Concernant le suivi des anguilles en montaison, 8 457 anguilles ont été biométrées sur les 379 816 contrôlés.

5.4. Perspectives pour optimiser les suivis des migrations

Afin d'optimiser la qualité des suivis sur les dispositifs de contrôle en rive droite, plusieurs améliorations pourraient être apportées sur la station de contrôle.

Au niveau du système de piégeage des anguilles, la priorité est de remplacer le vivier de la passe piège dont le volume a été sous-dimensionné. En effet lors d'un pic de migration, l'accumulation des anguilles peut entraîner des mortalités importantes, notamment si ce pic a lieu pendant un week-end. Ensuite, une solution doit être trouvée concernant l'alimentation des rampes à brosses afin d'éviter d'inonder le local de piégeage en permanence et d'améliorer le confort des opérateurs. Un diagnostic de ce dispositif est en cours afin de proposer différentes solutions avec un rendu courant 2023.

Au niveau des systèmes de vidéo-comptage, l'installation d'une liaison internet est primordiale afin de vérifier le bon fonctionnement des postes d'acquisition des vidéos, de télécharger les données vidéos à distance et également de contrôler l'état des vitres des chambres de visualisation afin de programmer les nettoyages. Suite à la découverte des problèmes de détection des lamproies en rive droite, le réglage des caméras a été modifié en 2018 et de nouveau en 2020. Ces modifications semblent améliorer la détection sur la partie basse des vitres mais un nettoyage régulier est impératif puisque c'est précisément ces zones qui se salissent le plus rapidement. L'installation de systèmes de nettoyage automatiques de vitres permettrait de régler ce problème et d'éviter les mises en assec des passes à poissons lors des nettoyages manuels pouvant être dommageables pour les poissons présents dans la passe.

En rive gauche, la conception de la zone amont du couloir de vidéo-comptage, avec notamment un angle droit sur lequel le flux d'eau vient rebondir, provoque des remous et un bullage permanent devant la vitre. Ceci nécessite de baisser les seuils de détection du logiciel d'acquisition sous peine de provoquer un déclenchement continu et donc un enregistrement permanent de séquences vidéo. A cela s'ajoute un problème de luminosité, en effet l'accès à l'intérieur de la vitre côté rétro-éclairage est difficile et ne permet pas d'y faire un nettoyage régulier. L'accumulation de salissures en bas de cette vitre provoque une disparité de la luminosité qui va également perturber le fonctionnement du vidéo-comptage (présence d'un halo lumineux au centre et zone sombre autour). Une étude globale sur ce site est à réaliser puisqu'autres problèmes, de vétusté notamment, existent.

6. Conclusion

Cette nouvelle année de suivi complète des migrations sur les deux rives du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts confirme dans un premier temps le bon fonctionnement des deux dispositifs de franchissement en rive droite, la passe à bassins successifs et la rampe à anguilles. Néanmoins plusieurs défaillances sur les organes de régulation du débit d'attrait impactent probablement la migration piscicole et entraînent des retards de migrations.

Au niveau des passes à bassins, l'ensemble des poissons grands migrateurs connus sur le bassin ont de nouveau été observés. Pour les saumons, la tendance est stable avec un faible effectif de 32 individus. Pour la truite de mer, les résultats sont encore en baisse puisque les effectifs sont inférieurs à ceux des saumons alors qu'ils sont historiquement en moyenne deux fois supérieurs. Après deux années exceptionnelles en 2019 et 2020, les aloses sont remontées en faible nombre avec seulement 261 individus observés. La situation préoccupante des lamproies marines se confirme, en adéquation avec la tendance nationale puisque l'effectif migrant n'a encore pas dépassé les 1000 individus cette année. Les remontées des lamproies fluviales ont été estimées à 234 individus uniquement dans la passe à poissons en rive gauche. Les effectifs de mulot porc sont de nouveaux plus nombreux à franchir l'ouvrage cette année avec près de 1 700 poissons observés.

Au niveau des dispositifs spécifiques à l'anguille, les effectifs dénombrés s'élèvent à environ 380 000 individus dont 36 000 en rive gauche soit la meilleure année depuis sa mise en fonctionnement. La structure de la population échantillonnée est conforme à ce qui est observé depuis la mise en service de la rive droite, c'est à dire en grande partie constitué de jeunes individus de l'année ou d'un an de vie continentale. Le recul est encore faible sur ce dispositif et l'accumulation de séries temporelles en rive droite permettra d'affiner les connaissances sur le recrutement annuel moyen de la Seine. La création d'un réseau de pêche électrique spécifique anguille à l'échelle du bassin, dont la mise en place est prévue en 2023, va permettre également de suivre l'évolution de la population, notamment dans le but de surveiller la dispersion des individus franchissant plus facilement l'estuaire de la Seine.

Références

- Baglinière, J.L., Thibault, M., et Dumas, J. 1990. Réintroductions et soutiens de populations du saumon atlantique (*Salmo salar* L.) en France. *Revue d'écologie* .
- Baglinière, J.L. et Elie, P. 2000. Les aloses (*Alosa alosa* et *Alosa fallax* spp.) : écobiologie et variabilité des populations. Institut national de la recherche agronomique, Paris. OCLC : 846947114.
- Barault, A. et Sanson, G. 2013. Suivi de la reproduction de la Lamproie marine (*Petromyzon marinus*) dans le département de l'Eure - Rivière : Andelle, l'Epte et Eure - 2012. Rapport technique, FDAAPPMA 27.
- Bartulović, V., Dulčić, J., Matić-Skoko, S., et Glamuzina, B. 2011. Reproductive cycles of *Mugil cephalus*, *Liza ramada* and *Liza aurata* (Teleostei : Mugilidae). *Journal of Fish Biology* **78**(7) : 2067–2073. doi : 10.1111/j.1095-8649.2011.02953.x.
- Bau, F., Drouineau, H., Gomes, P., Baran, P., Larinier, M., Alric, A., Travade, F., et De Oliveira, E. 2012. Suivi par radiopistage de la dévalaison de l'anguille argentée sur le Gave de Pau au niveau des ouvrages hydroélectriques d'Artix, Biron, Sapso, Castetarbe, Baigts et Puyoo (2007-2009). Rapport de synthèse, IRSTEA.
- Belliard, J., Marchal, J., Ditché, J.M., Tales, E., Sabatié, R., et Baglinière, J.L. 2009. Return of adult anadromous allis shad (*Alosa alosa* L.) in the river Seine, France : A sign of river recovery? *River Research and Applications* **25**(6) : 788–794. doi :10.1002/rra.1221.
- Belliard, J. 1994. Le Peuplement ichtyologique du bassin de la Seine : role et signification des échelles temporelles et spatiales. thesis, Paris 6.
- BGM 2019. Site internet de Bretagne Grands Migrateurs <http://www.observatoire-poissons-migrateurs-bretagne.fr/lamproies>.
- Billen, G., Garnier, J., Servais, P., Brion, N., Ficht, A., Even, S., Berthe, T., et Poulin, M.B. 1999. Programme scientifique Seine-Aval : L'oxygène : Un témoin du fonctionnement microbiologique, 5. Ifremer.
- Boët, P., Belliard, J., Berrebi-dit Thomas, R., et Tales, E. 1999. Multiple human impacts by the City of Paris on fish communities in the Seine river basin, France. In *Man and River Systems : The Functioning of River Systems at the Basin Scale*, édité par J. Garnier et J.M. Mouchel, Springer Netherlands, Dordrecht, Developments in Hydrobiology, pp. 59–68. doi :10.1007/978-94-017-2163-9_7.
- Brasseur, T. 2022. Suivi et estimation du recrutement de la Seine en anguille européenne (*Anguilla anguilla*; Linnaeus, 1758) au barrage de Poses (Eure) pour la période 2022. Rapport technique, Seine Normandie Migrateurs, Université Clermont Auvergne.
- Briand, C., Beaulaton, L., Chapon, P.M., Drouineau, H., et Lambert, P. 2015. Eel density analysis (EDA 2.2) Estimation de l'échappement en anguilles argentées (*Anguilla anguilla*) en France. Rapport technique, EPTB-Vilaine, ONEMA-INRA, IRSTEA.
- Carry, L., Filloux, D., et Caut, I. 2017. Suivi de la lamproie marine sur la Dordogne et la Garonne. Rapport technique, MIGADO.
- Duhamel, S., Gouneau, N., Lefrançois, T., Mayot, S., Perrot, Y., et Feunteun, E. 2004. Le peuplement ichtyologique de l'estuaire amont. Rapport scientifique Seine-Aval **3** : 53.
- Euzenat, G., Pénil, C., et Allardi, J. 1992. Migr'en Seine. Stratégie pour le retour du saumon en Seine. Rapport Conseil Supérieur de la Pêche/SIAAP : 38 p .
- Flesselle, A. 2016. Suivi et estimation du recrutement de la Seine en Anguille européenne (*Anguilla anguilla*). Mémoire de Master 2, Université de Rouen.

- Garot, G. 2015. Contrôle des migrations en montaison sur la Seine en rive gauche du barrage de Poses-Amfreville-sous-les-Monts 2008-2012. Rapport technique, Seine Normandie Migrateurs.
- Gousailles, M. 2009. L'impact de l'assainissement en île-de-France sur la qualité de le Seine.
- Jonsson, B., Waples, R.S., et Friedland, K.D. 1999. Extinction considerations for diadromous fishes. *ICES Journal of Marine Science* **56**(4) : 405–409. doi :10.1006/jmsc.1999.0483.
- Keith, P. et Allardi, J. 2001. Atlas des poissons d'eau douce de France. Collection patrimoines naturels .
- Legrand, M., Briand, C., et Besse, T. 2019. stacomR : a common tool for monitoring fish migration. *Journal of Open Source Software* **4**(40) : 791. doi :10.21105/joss.00791.
- Lenoir, M. 2015. Suivi et estimation du recrutement de la Seine en Anguille européenne (*Anguilla anguilla*). Mémoire de Master 2, Université de Rouen.
- Lichatowich, J., Mobrand, L., et Lestelle, L. 1999. Depletion and extinction of Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) : A different perspective. *ICES Journal of Marine Science* **56**(4) : 467–472. doi :10.1006/jmsc.1999.0457.
- Limburg, K.E. et Waldman, J.R. 2009. Dramatic Declines in North Atlantic Diadromous Fishes. *BioScience* **59**(11) : 955–965. doi :10.1525/bio.2009.59.11.7.
- McDowall, R.M. 1999. Different kinds of diadromy : Different kinds of conservation problems. *ICES Journal of Marine Science* **56**(4) : 410–413. doi :10.1006/jmsc.1999.0450.
- McKinnell, S.M. et Karlström, Ö. 1999. Spatial and temporal covariation in the recruitment and abundance of Atlantic salmon populations in the Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science* **56**(4) : 433–443. doi : 10.1006/jmsc.1999.0456.
- Moreau, E. 1898. Les poissons du département de l'Yonne. *Bull Soc. Sci. Hist. Nat. Yonne* **52** : 2.
- Moreau, É. 1881. Histoire naturelle des poissons de la France, volume 2. G. Masson.
- Mouchel, J.M., Boet, P., Hubert, G., et Guerrini, M.C. 1998. Un bassin et des hommes : une histoire tourmentée. *La Seine en son bassin* pp. 77–125.
- Mullet, V. 2014. Suivi et estimation du recrutement de la Seine en Anguille européenne (*Anguilla anguilla*). Mémoire de Master 2, Université de Caen Basse Normandie.
- Nehlsen, W., Williams, J.E., et Lichatowich, J.A. 2011. Pacific Salmon at the Crossroads : Stocks at Risk from California, Oregon, Idaho, and Washington. *Fisheries* .
- Parrish, D.L., Behnke, R.J., Gephard, S.R., McCormick, S.D., et Reeves, G.H. 2011. Why aren't there more Atlantic salmon (*Salmo salar*) ? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* doi :10.1139/d98-012.
- Pomfret, J.R., Elliott, M., O'Reilly, M.G., et Phillips, S. 1991. Spatial and temporal patterns in the fish communities in two UK North Sea estuaries. In *Estuaries and Coasts : spatial and temporal intercomparisons*, édité par M. Elliott et J.P. Ducrotoy, Olsen and Olsen, Fredensborg, Denmark, International Symposium Series.
- Poplin, R. 1952. Le peuplement des eaux de l'Yonne moyenne. *Bulletin Français de Pisciculture* **164** : 109–114. doi :10.1051/kmae:1952011.
- Rochard, E., Marchal, J., Pellegrini, P., Béguer, M., Ombredane, D., Gazeau, C., Baglinière, J.L., Menvielle, E., et Croze, O. 2007. Identification éco-anthropologique d'espèces migratrices, emblématiques de la reconquête d'un milieu fortement anthropisé, la Seine. Rapport technique, Cemagref EPBX, Rennes Agrocampus, Muséum National d'histoire Naturelle.

- Rochard, E., Boet, P., Castelnaud, G., Gauthiez, F., Bigot, J.F., et Ballion, B. 1996. Premier inventaire ichtyologique de la partie basse de la Seine. Rapport exercice pp. 8–31.
- Rochard, E., Pellegrini, P., Marchal, J., Béguyer, M., Ombredane, D., Lassalle, G., Menvielle, E., et Baglinière, J.L. 2009. Identification of Diadromous Fish Species on which to Focus River Restoration : An Example Using an Eco-Anthropological Approach (The Seine Basin, France). American Fisheries Society Symposium p. 23.
- Sanmartin, M. 2018. Suivi et estimation du recrutement de la Seine en Anguille européenne (*Anguilla anguilla*). Mémoire de Master 2, Université de Clermont Auvergne.
- Sanson, G. 2009. Suivi de la reproduction de la Lamproie marine (*Petromyzon marinus*) sur l'Andelle - 2009. Rapport technique, FDAAPPMA 27.
- Sanson, G. 2010. Suivi de la reproduction de la Lamproie marine (*Petromyzon marinus*) sur l'Andelle - 2010. Rapport technique, FDAAPPMA 27.
- Sanson, G. 2013. Suivi de la reproduction de la Lamproie marine (*Petromyzon marinus*) sur l'Andelle - 2011. Rapport technique, FDAAPPMA 27.
- Saunders, R.L. 1981. Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Stocks and Management Implications in the Canadian Atlantic Provinces and New England, USA. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **38**(12) : 1612–1625. doi :10.1139/f81-211.
- Thinus, Z., Guillot, F., et Bernat-y Vicens, P. 2016. Impact à la dévalaison de l'anguille des centrales hydroélectriques de grande capacité de l'aval de la Seine. Rapport de synthèse, Cerema.
- 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. doi :10.1051/kmae:1992012.

Rapport Sweave L^AT_EX

packages R : StacomiR (Legrand et al., 2019)
L^AT_EX :Hmisc, xtable
graphiques : ggplot2, cowplot
traitements : stringr, lubridate, reshape2, dplyr, plyr, questionr

Dernière compilation : le 16 février 2024
R version 4.3.2 (2023-10-31 ucrt)
plateforme x86-64-w64-mingw32