

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

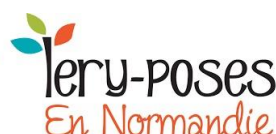
Barrage de Poses Amfreville-sous-les-Monts

Bilan des migrations 2020

Bassin : Seine

Année 2020

Partenariats sous conventions en rive gauche du barrage de Poses



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
📧 : contact@seinormigr.fr - www.seinormigr.fr

Contrôle des migrations des poissons grands migrateurs sur la Seine au barrage de Poses-Amfreville-sous-les-Monts, année 2020

Sébastien Grall^a, Geoffroy Garot^a, Florian Deshayes^a, Adrien Barault^a

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

Résumé

L'année 2020 est la troisième année de suivi complète des migrations sur l'ensemble du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. Le nouveau dispositif en rive droite, couplé à celui de la rive gauche, permet d'avoir une vision globale de l'effectif des poissons migrateurs ayant remonté l'estuaire de la Seine. Cette année a été marquée par des dysfonctionnements, le premier et le plus important est celui du système de vidéocomptage en rive gauche pendant le printemps, les chiffres des remontées des aloses et des lamproies marines sont donc fortement sous-évalués. Le deuxième concerne un problème de pompe alimentant la rampe à anguilles en rive droite en début de saison et qui a entraîné un démarrage tardif du suivi. Les **remontées d'anguilles s'élèvent à 135 714 individus** capturés dans les passes pièges en rive droite et gauche. Les suivis des passes à poissons ont permis de contrôler **29 anguilles argentées dévalantes**. Concernant les Salmonidés, **40 saumons et 75 truites de mer** ont franchi la passe à bassins. **Les aloses** ont quant à elles remonté l'estuaire au nombre de **3 539** pour accomplir la dernière phase de leur cycle de vie. Les effectifs **des lamproies marines** ont pu être contrôlés de façon plus exhaustive en rive droite grâce à un nouveau réglage des caméras, le chiffre total obtenu pour les deux rives est de **597 individus**. C'est également **290 lamproies fluviatiles** ainsi que **484 mulets porcs** qui 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	3
2.1	Le bassin de la Seine	3
2.2	Situation des poissons grands migrateurs sur la Seine	4
3	Matériels et Méthodes	6
3.1	Site de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	6
3.1.1	Barrage	6
3.1.2	Dispositif de franchissement	6
3.2	Contrôle des migrations	8
3.2.1	Dispositif de vidéo-comptage	8
3.2.2	Dépouillement des données de vidéo-comptage	9
3.2.3	Dispositif de piégeage des anguilles	11
3.2.4	Protocole de suivi	12
4	Suivi des migrations 2020	14
4.1	Récapitulatif des effectifs des poissons migrateurs contrôlés	14
4.2	Saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>)	15
4.3	Truite de mer (<i>Salmo trutta trutta</i>)	18
4.4	Aloses (<i>Alosa alosa</i> et <i>Alosa fallax</i>)	21
4.5	Lamproie marine (<i>Petromyzon marinus</i>)	24
4.6	Lamproie fluviatile (<i>Lampetra fluviatilis</i>)	26
4.7	Mulet porc (<i>Chelon ramada</i>)	28
4.8	Anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>)	30
4.8.1	Anguille en montaison (passe piège)	30
4.8.2	Anguille jaune (vidéo-comptage)	32
4.8.3	Anguille argentée (vidéo-comptage)	33
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 de migrations	39
6	Devenir des poissons migrateurs en amont de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	40
6.1	Avancement de la restauration de la continuité écologique	40
6.2	La station de contrôle des migrations de Choisy-au-Bac	41
6.3	Données de présence des migrateurs en amont de Poses	43
7	Conclusion	45

Liste des figures:

1	Le bassin Seine-Normandie, ses principaux cours d'eau et les stations de contrôle des migrations (STACOMI)	3
2	Régime hydrologique de la Seine à Vernon, la moyenne interannuelle des dix années précédentes (2009 à 2019) est représentée en bleu, les débits journaliers de l'année sont présentés en noir	4
3	A gauche, Lamproie marine à Romilly-sur-Andelle ; à droite, Lamproie marine de l'Andelle sur une frayère	5
4	Vue aérienne du barrage et des écluses de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	6
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 »	7
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 »	7
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	8
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	9
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	10
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	10
11	Passe piège à anguilles en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	11
12	Passe piège à anguilles en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	12
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	13
14	Saumon observé en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.	15
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.	15
16	Répartition des effectifs de saumon par classes de taille. En orange pâle, répartition moyenne des classes de taille (2008 à 2019) ; en orange foncé, répartition des classes de taille de l'année.	16
17	Rythmes migratoires des saumons par classes 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).	16
18	Horaires de migrations des saumons en 2020	17
19	Evolution interannuelle des effectifs de saumon en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	17
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. Les individus du début d'année sont placés arbitrairement dans la vague automnale même si certains individus, notamment ceux de février, peuvent faire partie de la vague printanière.	18
21	Truite de mer observée en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.	18
22	Répartition des effectifs de truite de mer par classe de taille. En bleu pâle, répartition moyenne des classes de taille (2008 à 2019) ; en bleu foncé, répartition des classes de taille de l'année.	19

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. M : 1 hiver strict passé en mer. MF : 2 hivers de mer dont 1 marque de frai qui signifie que le poisson est déjà venu se reproduire sur le continent l'hiver précédent. MFF : 3 hivers de mer dont 2 marques de frai. MM : 2 hivers stricts passés en mer.	19
24	Horaires de migrations des truites de mer en 2020	20
25	Evolution interannuelle des effectifs de truite de mer en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	20
26	Alose observée en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.	21
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.	21
28	Répartition des effectifs d'aloses par classe de taille. En violet pâle, répartition moyenne des classes de taille (2008 à 2019) ; en violet foncé, répartition des classes de taille de l'année.	22
29	Horaires de migrations des aloses en 2020	22
30	Migrations des aloses en fonction de l'heure et du niveau aval du barrage en 2020	22
31	Evolution interannuelle des effectifs d'alose en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	23
32	Passages de lamproie marine en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts ; à gauche, exemple de passage pouvant entraîner des erreurs de dénombrement	24
33	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.	25
34	Horaires de migrations des lamproies marines en 2020	25
35	Evolution interannuelle des effectifs de lamproie marine en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	25
36	Lamproie fluviatile, fixée sur une alose, observée en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.	26
37	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.	26
38	Horaires de migrations des lamproies fluviatiles en 2020	27
39	Evolution interannuelle des effectifs de lamproie fluviatile en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	27
40	Mulet porc observée en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.	28
41	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.	28
42	Horaires de migrations des mulets en 2020	29
43	Evolution interannuelle des effectifs de mulet porc en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	29
44	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	30
45	Rythmes migratoires des anguilles en montaison dénombrées sur la passe piège en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	31
46	Rythmes migratoires des anguilles en montaison dénombrées sur la passe piège en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	31

47	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.	31
48	Box plot des tailles des anguilles en montaison (en mm) en 2020 mesurées par mois en rive gauche (A) et en rive droite (B) sur les passes pièges du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.	32
49	Evolution interannuelle des effectifs d'anguille capturée dans les passes pièges au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	33
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 migrations des anguilles jaunes en 2020	34
52	Evolution interannuelle des effectifs d'anguille jaune franchissant les passes à poissons du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	34
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 migrations des anguilles argentées en 2020	35
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 2020) et en rive droite (2018-2020) 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	36
57	Evolution interannuelle des effectifs d'anguille argentée 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 1 de vidéo-comptage, B : Poste 2 de vidéo-comptage, C : passe piège à anguilles en rive droite, D : passe piège à anguilles en rive gauche, E : Poste de vidéo-comptage en rive gauche).	38
59	Etat d'avancement des travaux de restauration de la continuité écologique sur les ouvrages de VNF du bassin de la Seine (source : VNF).	40
60	Station de contrôle des migrations de Choisy-au-Bac implanté sur le barrage de Carandeu sur l'Aisne.	41
61	Estimation par la méthode du noyau (kernel density) des passages des aloses aux stations de Poses et de Carandeu. Les traites en pointillés représentent le temps médian de passage des aloses à chaque station.	42
62	Données ponctuelles de présence des poissons migrateurs (hors anguille) sur le bassin de la Seine en amont de Poses.	44

Liste des tableaux:

1	Effectifs des poissons migrateurs contrôlés au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts	14
2	Activités des espèces recensées, autres que les poissons grands migrateurs, en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts (postes de vidéocomptage 1 et 2 confondus).	37
3	Effectifs des poissons migrateurs contrôlés en 2020 à la station de Choisy-au-Bac sur l'Aisne	41

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 10 ans dans le suivi de la recolonisation du bassin de la Seine par les différentes espèces franchissant à nouveau l'estuaire, SEINORMIGR n'a eu de cesse que de chercher à perfectionner ce premier outil de contrôle disponible sur la Seine. Réglage du système de vidéo-comptage, amélioration des conditions de franchissement, analyse des migrations par espèce, l'association migrateurs a poussé les investigations notamment en prenant en charge l'intégralité du suivi de montaison des anguilles sur le barrage et en assurant le dépouillement des activités migratoires enregistrées sur la passe à poissons en rive droite du fleuve.

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 associent avec les données historiques afin de donner une vision globale de l'activité migratoire à l'entrée du bassin de la Seine.

2. Contexte de l'étude

2.1. Le bassin de la Seine

Longue de 776 km, la Seine prend sa source à Saint-Germain-Source-Seine en Côte d'Or (21) à 446 mètres d'altitude, pour se jeter dans la Manche au niveau du Havre (Figure 1). Elle draine une surface de 78 650 km² représentant 14% du territoire français. Ses principaux affluents sont l'Aube, l'Yonne, la Marne, l'Oise, l'Eure et la Risle.

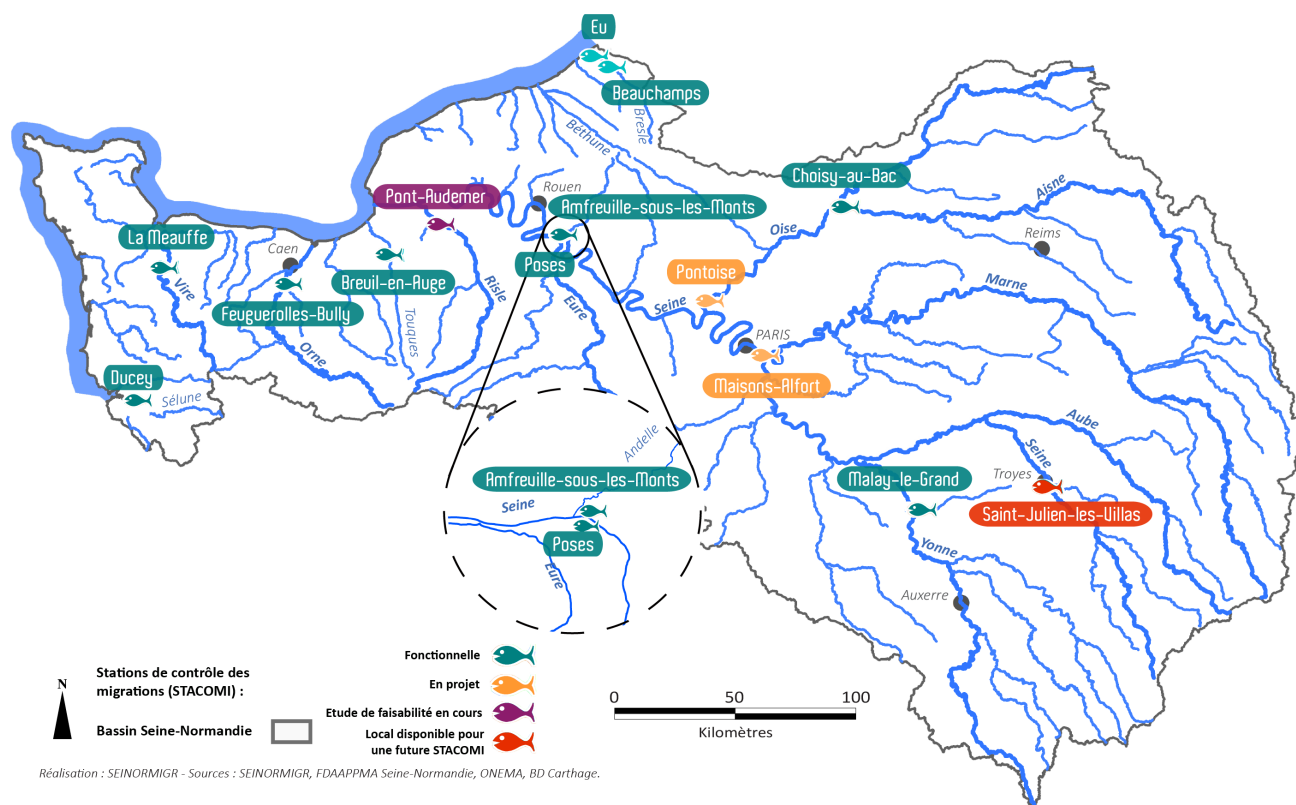


FIGURE 1 – Le bassin Seine-Normandie, ses principaux cours d'eau et les stations de contrôle des migrations (STACOMI)

En fond d'estuaire, le débit moyen du fleuve fluctue, ces dernières années, autour de 480m³/s. En raison de la chenalisation et des ouvrages de gestion des crues, les variations hydrologiques de la Seine restent de nos jours relativement modérées, avec une élévation des niveaux d'eau récurrente au cours de la période hivernale (Figure 2).

Le réseau hydrographique de la Seine parcourt en tête de bassin quelques massifs cristallins et métamorphiques dans les Ardennes et le Morvan ; mais s'étend principalement dans la cuvette sédimentaire qu'est le bassin parisien traversant des terrains à dominante calcaire, argileuse ou marneuse. Ce réseau présente les deux extrêmes en matière de densité de cours d'eau, avec des zones fortement densifiées sur les massifs anciens comme dans la Nièvre (58), et des zones crayeuses au drainage peu dense, mais avec un écoulement soutenu et régulier comme en Haute-Normandie.

La Seine est depuis plusieurs siècles une voie importante de communication et de commerce. Elle présente aujourd'hui 1 427 km de voies navigables, dont 496 km adaptées aux grands gabarits. C'est 50% du trafic national qui y transite, avec Paris qui est le 1^{er} port fluvial de France et le 2^{ème} en Europe.

Plus de 18 millions de personnes habitent sur le bassin versant, correspondant à 27% de la population nationale, dont 65% (11,8 millions) dans la seule région d'Île de France. La Seine est considérée comme le fleuve le plus anthropisé de France. Les impacts physico-chimiques (détergents, pesticides...) et morphologiques (artificialisation des berges, chenalisation, édifications d'ouvrages...) se ressentent aujourd'hui dans tous les compartiments de l'écosystème, de la source à l'estuaire, jusqu'en baie de Seine.

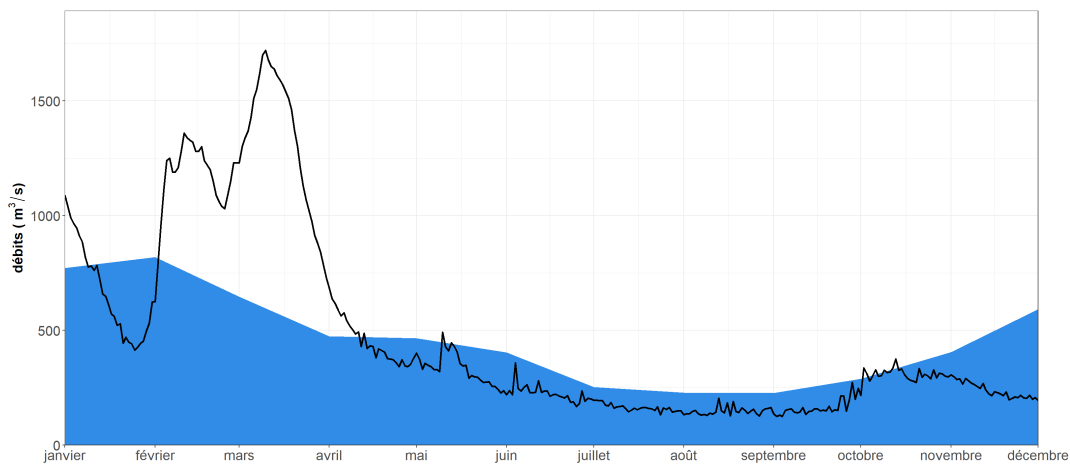


FIGURE 2 – Régime hydrologique de la Seine à Vernon, la moyenne interannuelle des dix années précédentes (2009 à 2019) est représentée en bleu, les débits journaliers de l'année sont présentés en noir

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. Ce groupe d'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).

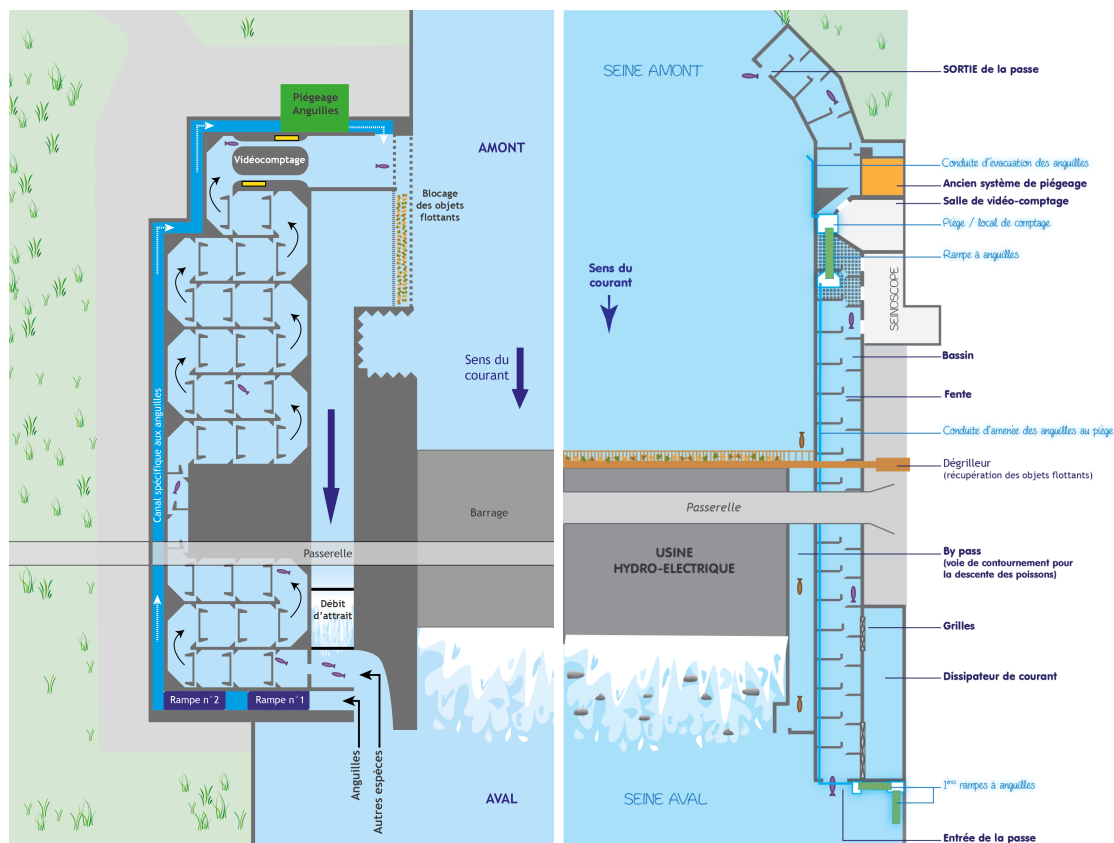


FIGURE 7 – A gauche, schéma de la passe à poissons en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts ; à droite, schéma de la passe à poissons en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

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. Différents paramètres environnementaux (débit, température, coefficient de marée) sont relevés afin d'établir des corrélations avec les cinétiques migratoire des poissons.

3.2.1. Dispositif de vidéo-comptage

Afin de permettre le suivi des migrations piscicoles au niveau des passe 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 soient 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, 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



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

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, l'aloise 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.

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.

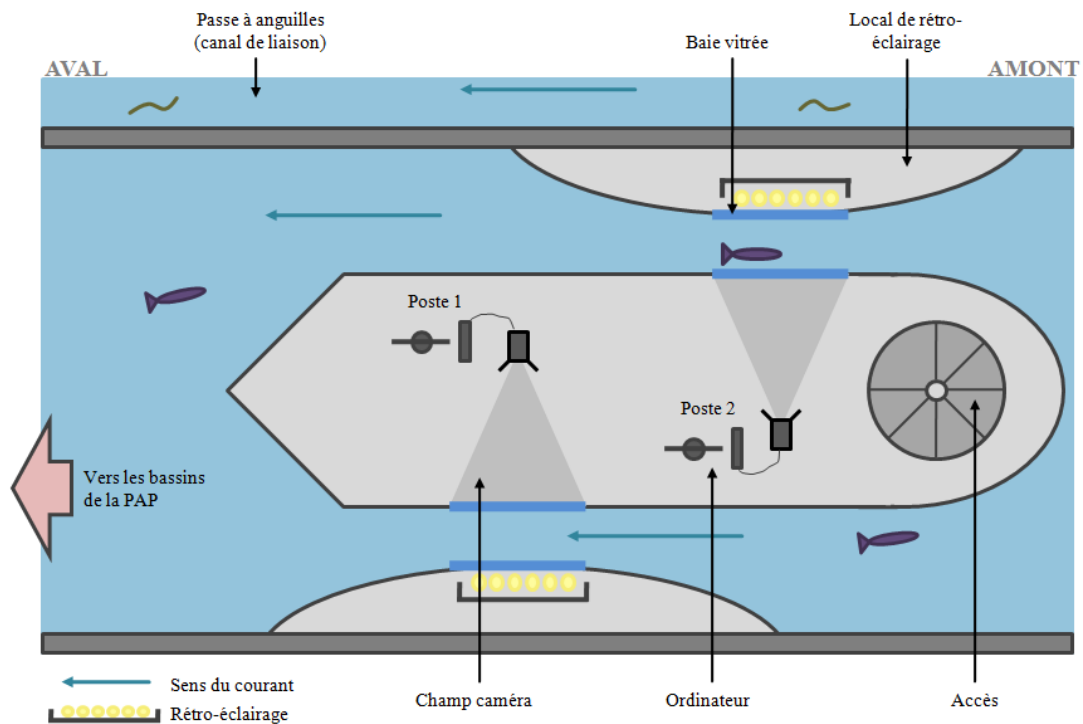


FIGURE 9 – Schéma du système de vidéo-comptage de la station de contrôle des migrations en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

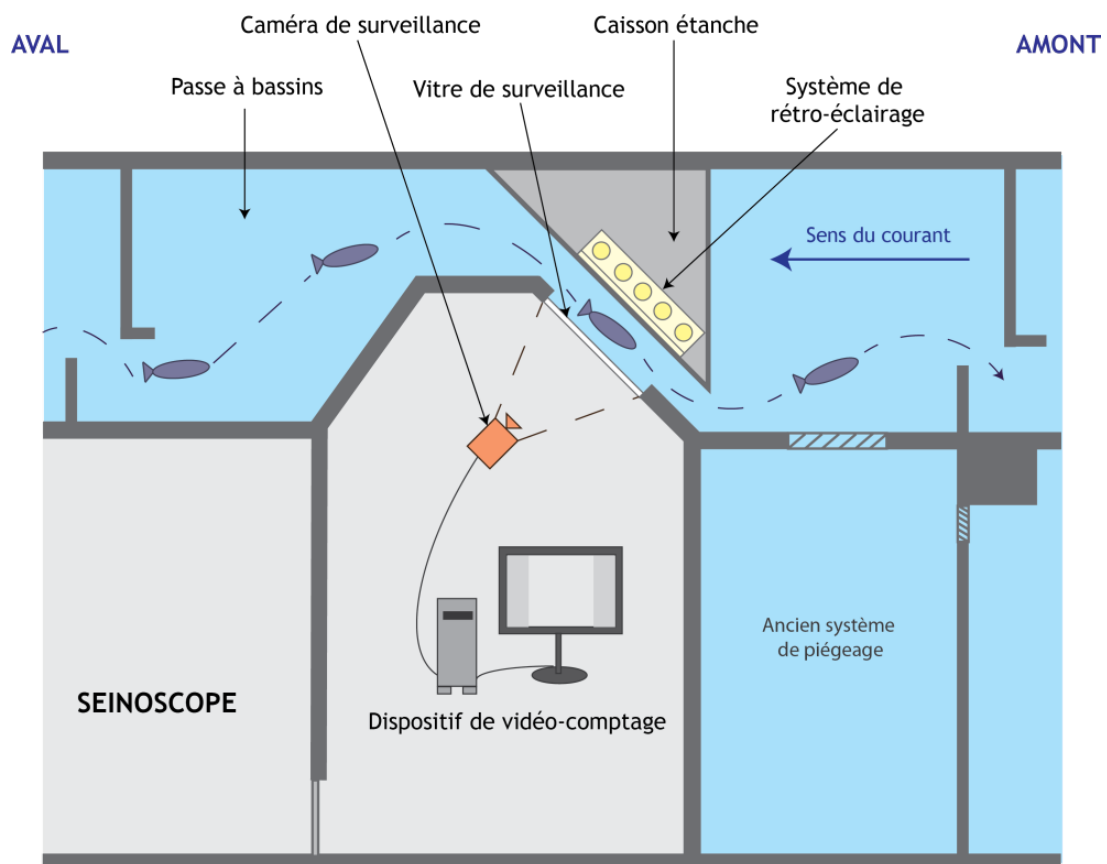


FIGURE 10 – Schéma du système de vidéo-comptage de la station de contrôle des migrations en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

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).

En rive droite, tous les poissons franchissant la passe 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. En rive gauche, seuls les poissons migrateurs et quelques espèces holobiotiques de tailles « remarquables » sont comptabilisés.

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 pesée 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 2020

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 115 individus, **40** saumons et **75** truites de mer. Les aloses sont remontées en nombre avec un effectif contrôlé de **3 539** poissons. La détection des lamproies marines a été plus exhaustive cette année grâce à un nouveau réglage de la caméra permettant de réduire la zone de non détection induite par le plancher incliné au niveau des couloirs de détection en rive droite, l'effectif obtenu est de **597** individus sur l'ensemble du barrage. En rive droite, uniquement 2 lamproies fluviatiles ont été observées sur les **290** comptabilisées. Les mulets porcs ont été **484** à franchir le barrage. Concernant les anguilles, **135 714** individus en montaison ont été capturés dans les passes pièges dont 134 972 en rive droite. La somme des anguilles jaunes ayant transitées par les passes à poissons est de **-63** et l'effectif des anguilles argentées dévalantes est de **29**.

Espèces	Effectifs rive gauche	Effectifs rive droite	Total
Alose	90	3 449	3 539
Anguille argentée	82	-53	29
Anguille en montaison (passe piège)	742	134 972	135 714
Anguille jaune (vidéo-comptage)	8	-71	-63
Lamproie fluviatile	288	2	290
Lamproie marine	381	216	597
Mulet porc	258	226	484
Saumon atlantique	7	33	40
Truite de mer	37	38	75

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

4.2. Saumon atlantique (*Salmo salar*)

Le premier saumon a franchi la passe à poissons le 10 avril et le dernier passage a eu lieu le 15 décembre. Au total, 40 individus ont été recensés en montaison. La migration s'est étalée sur une période de 8 mois, de avril à décembre (Figure 14).

La migration du saumon s'organise en deux vagues successives : une vague « printanière », qui représente cette année 77,5% des effectifs, suivie d'une vague « automnale », beaucoup moins importante avec seulement 22,5% 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.

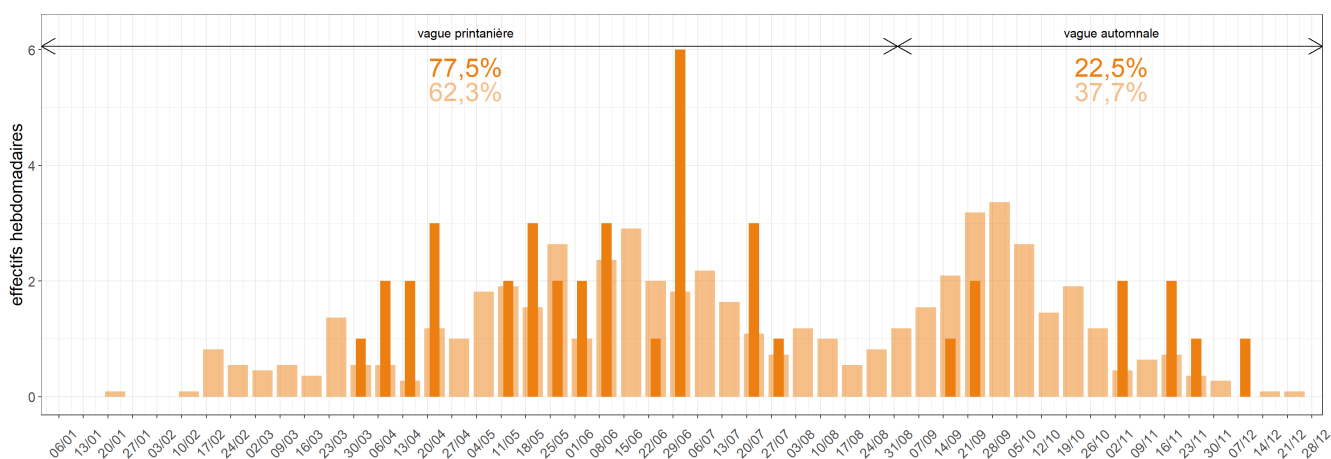


FIGURE 15 – Rythmes migratoires des saumons au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En orange pâle, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires ; en orange foncé, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année.

Les tailles mesurées à l'aide du logiciel de dépouillement sont comprises entre 490 mm et 850 mm, avec une moyenne de 706 mm. La répartition des classes de taille (Figure 16) montre une distribution en adéquation avec les données historiques mais avec cependant une augmentation de la proportion des petites classes de taille. 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 750 millimètres ; au-delà les petits « saumons de printemps » séjournent en mer durant deux hivers ; et enfin les plus vieux individus, dont la taille dépasse 900 mm, qui entreprennent leur migration génésique au terme d'une phase marine d'au moins trois hivers.

Aucun individu de trois ans de mer n'a été observé cette année. D'une manière générale, ces individus sont de plus en plus rares au niveau national (Figure 17). La migration des saumons est essentiellement diurne avec une préférence apparente pour la fin de journée (Figure 18).

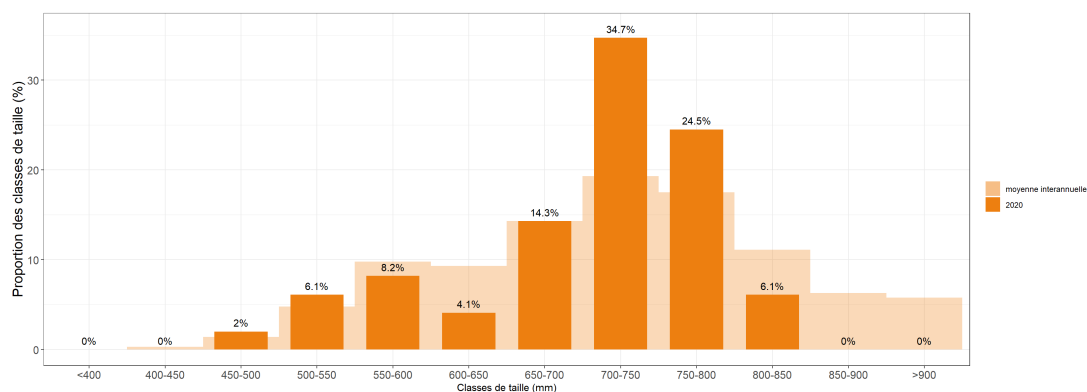


FIGURE 16 – Répartition des effectifs de saumon par classes de taille. En orange pâle, répartition moyenne des classes de taille (2008 à 2019) ; en orange foncé, répartition des classes de taille de l'année.

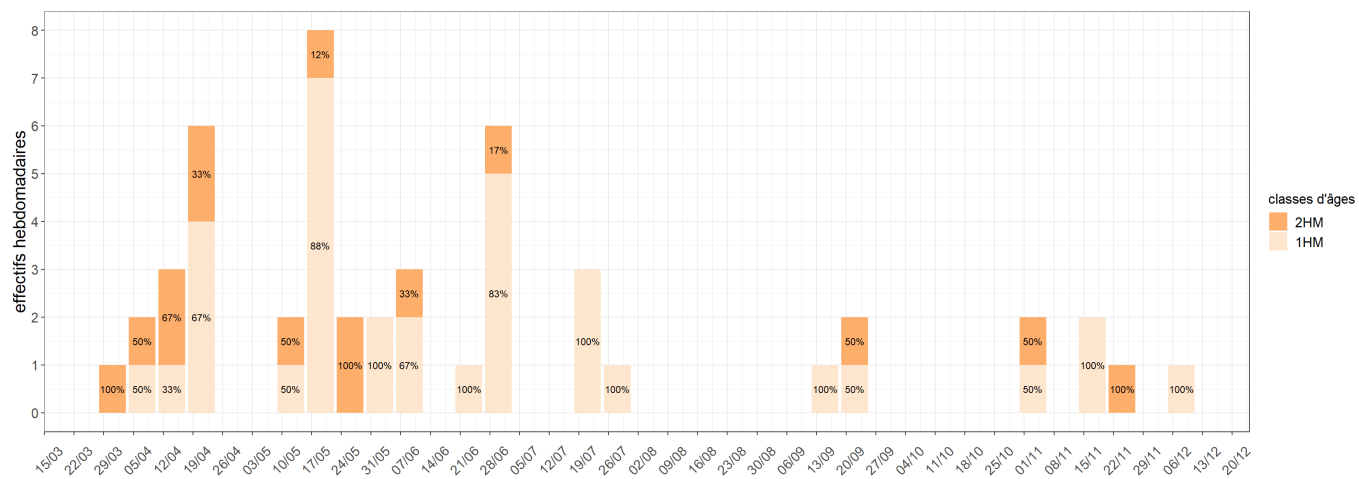


FIGURE 17 – Rythmes migratoires des saumons par classes d'âges au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts (1HM : 1 hiver en mer, 2HM : 2 hivers en mer, 3HM : au moins 3 hivers en mer).

Les effectifs comptabilisés cette année sont plutôt bons et en augmentation par rapport aux dernières données historiques, bien que 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).

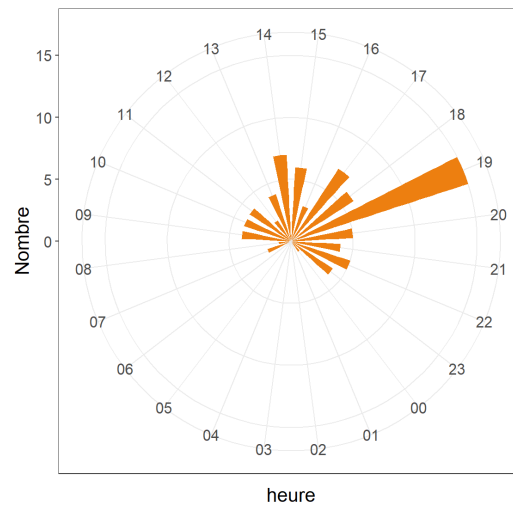


FIGURE 18 – Horaires de migrations des saumons en 2020

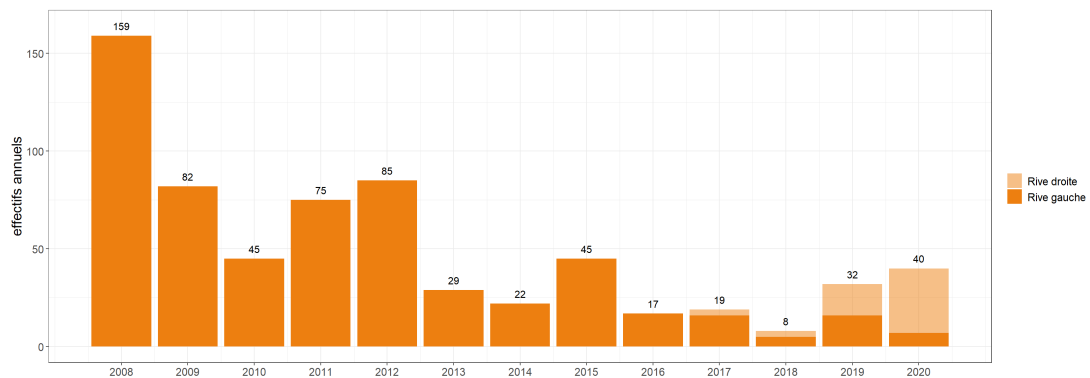


FIGURE 19 – Evolution interannuelle des effectifs de saumon en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

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

Le premier individu s'est présenté le 10 janvier 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 sont calés sur la deuxième quinzaine de juin et la première quinzaine d'octobre, d'après les données historiques. Cette année la migration printanière a été plus précoce et son importance, déjà observée depuis plusieurs années, se confirme par rapport à la vague automnale.

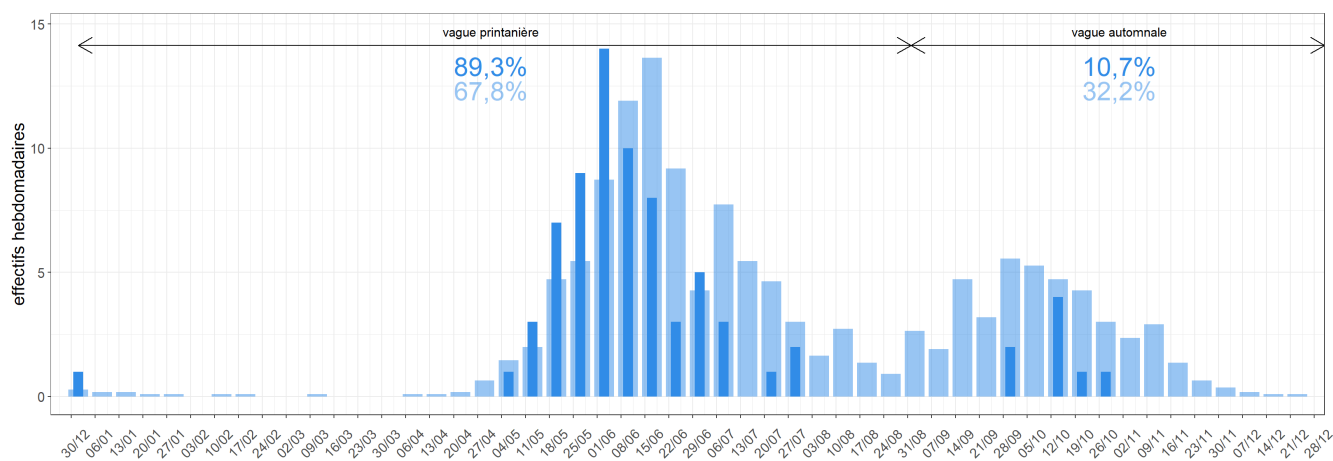


FIGURE 20 – Rythmes migratoires des truites de mer au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En bleu pâle, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires ; en bleu foncé, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année. Les individus du début d'année sont placés arbitrairement dans la vague automnale même si certains individus, notamment ceux de février, peuvent faire partie de la vague printanière.

En effet, la vague printanière regroupe 89,3% des géniteurs. Cette année a vu le dernier individu remonter le 06 novembre. Au total, ce sont 75 truites de mer qui ont franchi les passes à poissons de Poses en 2020 (Figure 21).

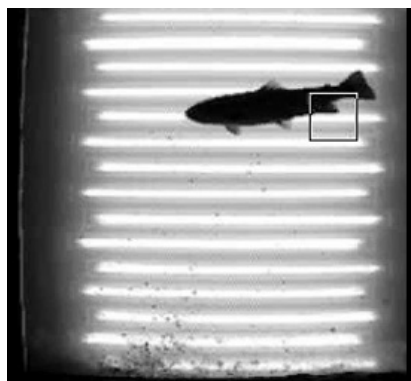


FIGURE 21 – Truite de mer observée en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.

Comprise entre 410 et 740 mm, la taille moyenne de la population atteint 605 mm. On observe cette année un nombre important d'individus dans les classes de taille 600-700 mm (Figure 22).

Chez la truite de mer, c'est au-delà d'une taille de 550 mm que l'on retrouve après lecture des écailles (scalimétrie) les premiers individus ayant frayé au moins une fois l'année passée et remontant à nouveau pour se reproduire sur le bassin. Au-delà de ces gabarits et jusqu'à plus de 900 mm, hormis les poissons au séjour marin de deux hivers en mer consécutifs, les autres se sont alors reproduits plusieurs fois, probablement jusqu'à 5 reprises pour les plus gros. Cela signifie que parmi la population comptabilisée sur l'ouvrage (Figure 23), 73,3% des individus sont venues plusieurs fois frayer ces dernières années sur les habitats du bassin (de la Seine ou d'un autre voisin) favorables à la reproduction de l'espèce et a priori potentiellement

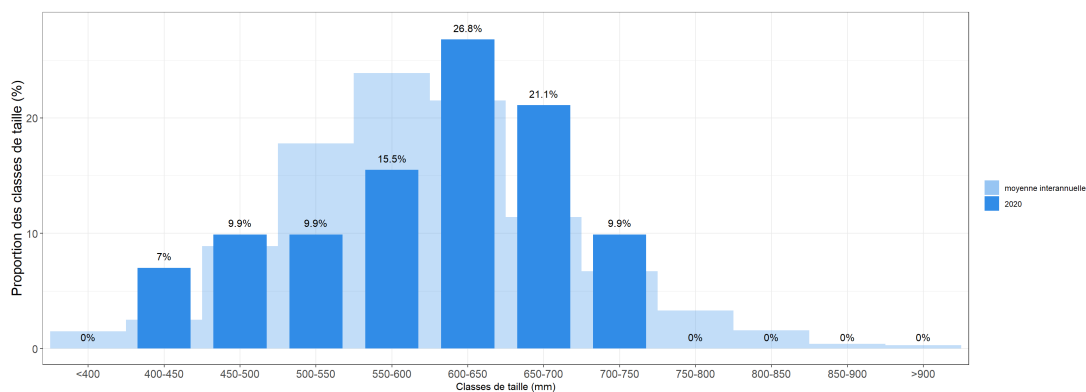


FIGURE 22 – Répartition des effectifs de truite de mer par classe de taille. En bleu pâle, répartition moyenne des classes de taille (2008 à 2019) ; en bleu foncé, répartition des classes de taille de l’année.

productifs. La migration des truites de mer est majoritairement diurne avec une activité concentrée sur la première partie de la journée (Figure 24).

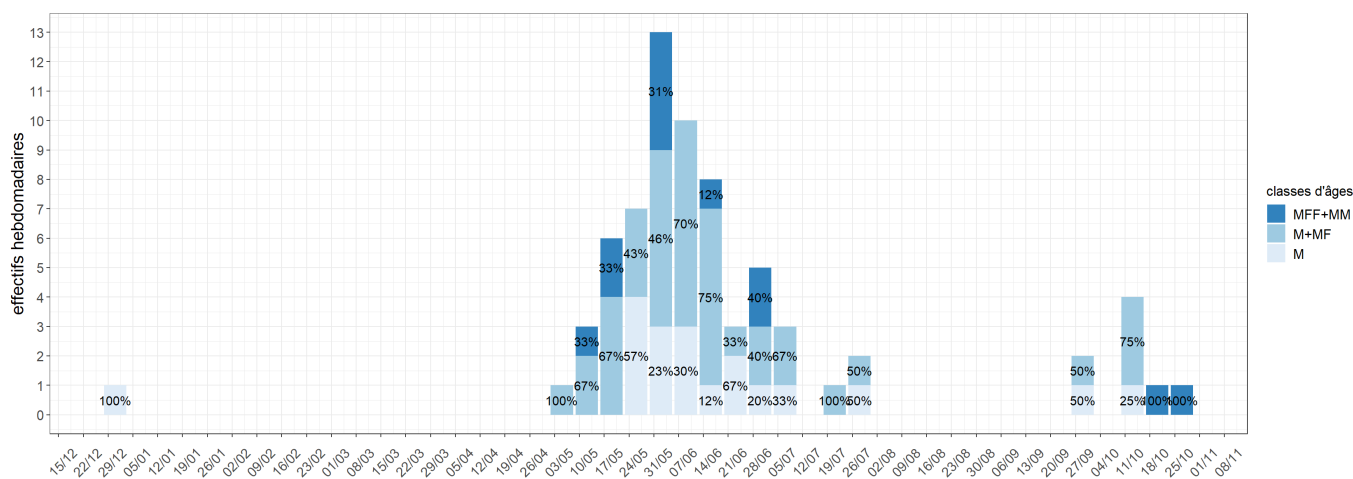


FIGURE 23 – Rythmes migratoires par classe d’âge des truites de mer au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. Finnock : individu de quelques mois de mer, depuis sa dévalaison au printemps, remontant généralement en juillet ; les plus gros sont matures et participeront à la reproduction. M : 1 hiver strict passé en mer. MF : 2 hivers de mer dont 1 marque de frai qui signifie que le poisson est déjà venu se reproduire sur le continent l’hiver précédent. MFF : 3 hivers de mer dont 2 marques de frai. MM : 2 hivers stricts passés en mer.

La population de truite de mer est « plus remarquable » sur le fleuve, avec des effectifs interannuels qui sont près du double de la population de celle de saumons en rive gauche. L’évolution des remontées de ces deux espèces semble similaire au fil des ans, avec une tendance à la baisse sur les 4-5 premières années et une relative stabilité depuis. Cette année s’inscrit bien dans cette continuité (Figure 25).

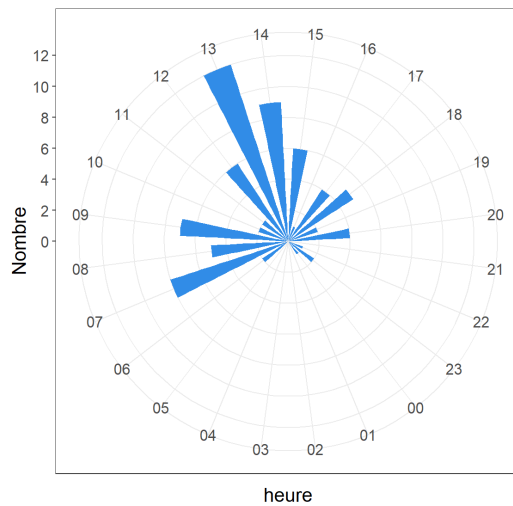


FIGURE 24 – Horaires de migrations des truites de mer en 2020

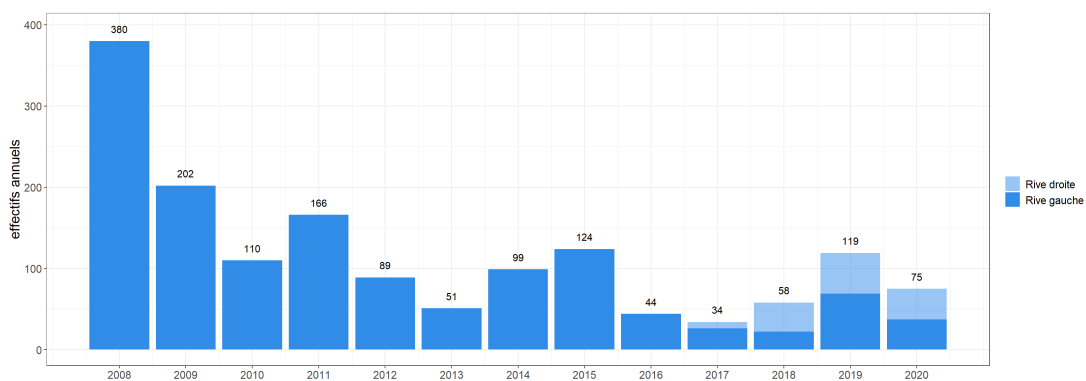


FIGURE 25 – Evolution interannuelle des effectifs de truite de mer en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

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).

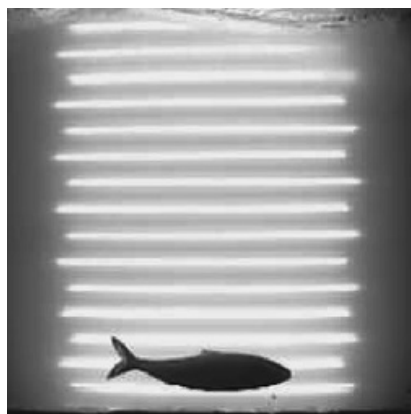


FIGURE 26 – Alose observée en vidéo-comptage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.

Les premiers individus se sont présentés au mois de mars et la vague de migration s'est étalée jusqu'au mois de juillet (Figure 27). L'essentiel du contingent de 3 539 individus a franchi l'ouvrage en avril et mai. Comprise entre 222 et 780 mm, la taille moyenne de la population atteint 551 mm (Figure 22). La migration des aloses est très majoritairement diurne (Figure 29) et les passages semblent se faire quand le niveau aval du barrage est supérieur à 7 mètres (Figure 30).

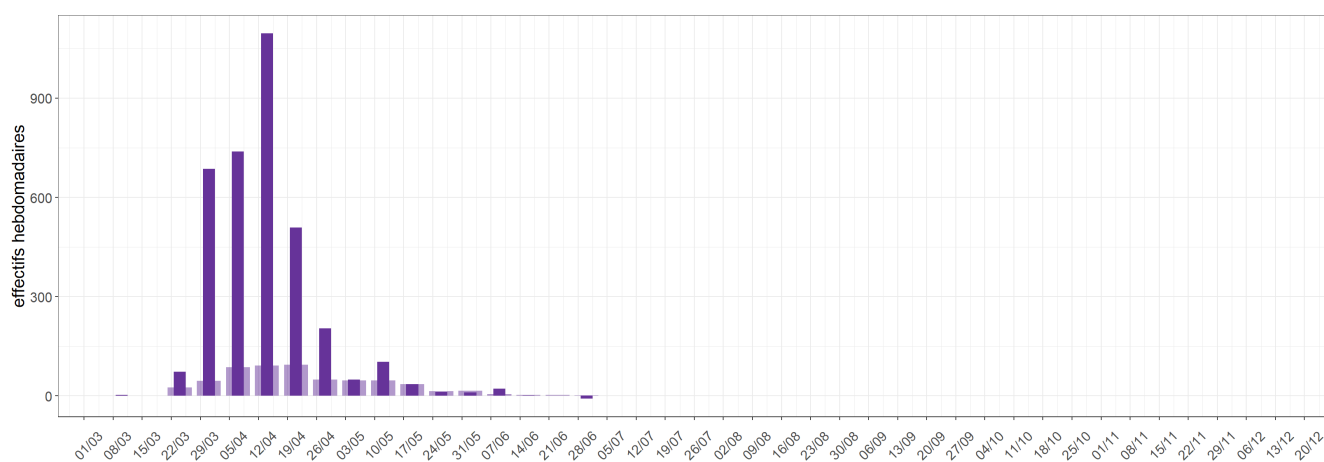


FIGURE 27 – Rythmes migratoires des aloses au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En violet pâle, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires ; en violet foncé, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année.

Historiquement les effectifs d'aloses en montaison ont une variabilité importante avec une moyenne interannuelle d'environ 240 individus contrôlés en rive gauche (Figure 31). L'année 2018 a été remarquable mais était concomitante avec l'ouverture de la nouvelle passe en rive droite, ce qui ne permettait pas de conclure entre une meilleure efficacité de cette passe et/ou une augmentation de l'effectif migrant. L'année 2019 a permis de répondre à ces interrogations puisqu'un effectif d'alse de plus de quinze fois la moyenne interannuelle a franchi le barrage de Poses (3606 individus) en majorité par la rive droite. De nouveau cette année, en prenant en compte la panne du dispositif de comptage en rive gauche, la migration a été exceptionnelle avec un effectif qui a très probablement 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

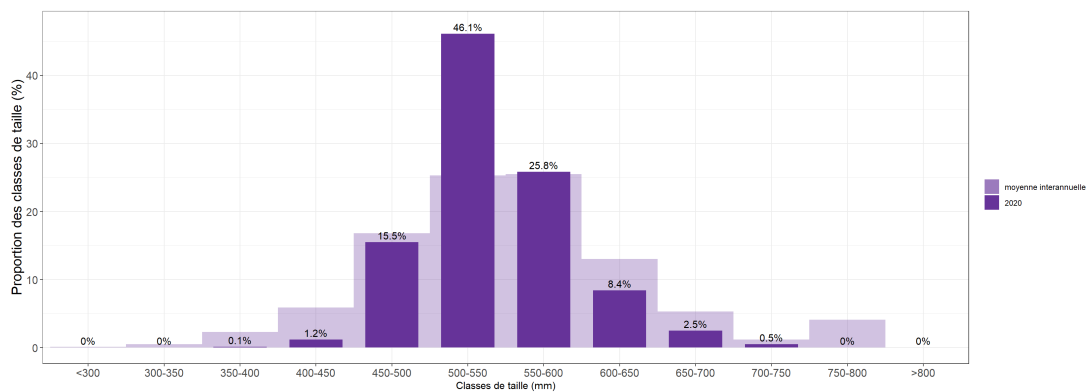


FIGURE 28 – Répartition des effectifs d’aloses par classe de taille. En violet pâle, répartition moyenne des classes de taille (2008 à 2019) ; en violet foncé, répartition des classes de taille de l’année.

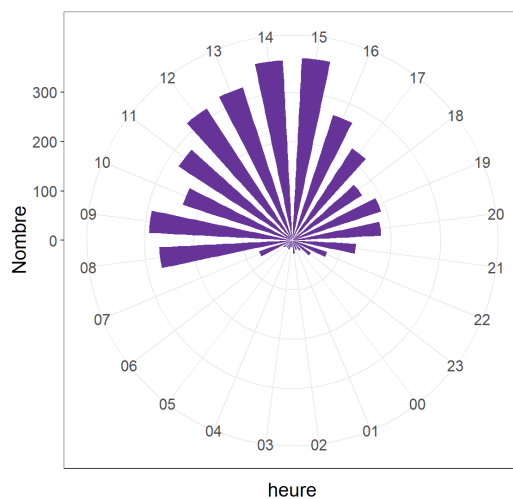


FIGURE 29 – Horaires de migrations des aloses en 2020

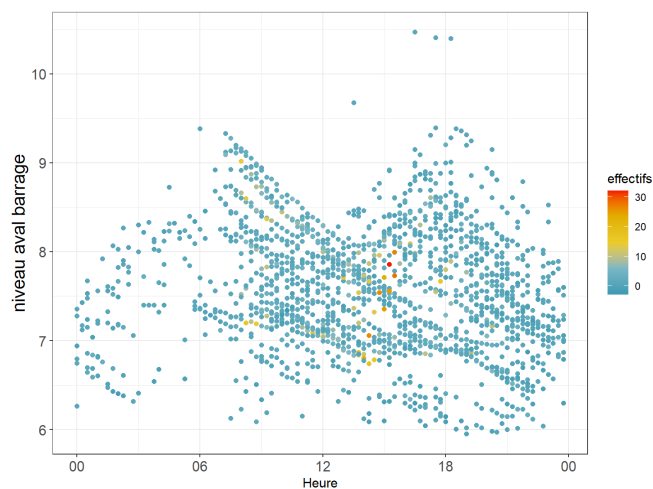


FIGURE 30 – Migrations des aloses en fonction de l’heure et du niveau aval du barrage en 2020

populations vers le Nord). Dès 2007, [Rochar et al.](#) ont montré que la Seine constituerait un environnement favorable pour l'alose dans un contexte de réchauffement climatique. La préférence pour la passe en rive droite peut s'expliquer 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](#)). Certains de ces individus se sont bien dispersés sur l'amont du bassin, bien que dans une moindre mesure sur l'Aisne par rapport à 2019 puisqu'environ 120 individus ont été contrôlés sur la stacomi de Carandeu (359 en 2019). Des individus ont de nouveau été pêchés en aval du premier barrage infranchissable sur l'axe Seine, le barrage de Suresnes. Une répartition plus importante sur cette axe n'est donc pas à exclure.

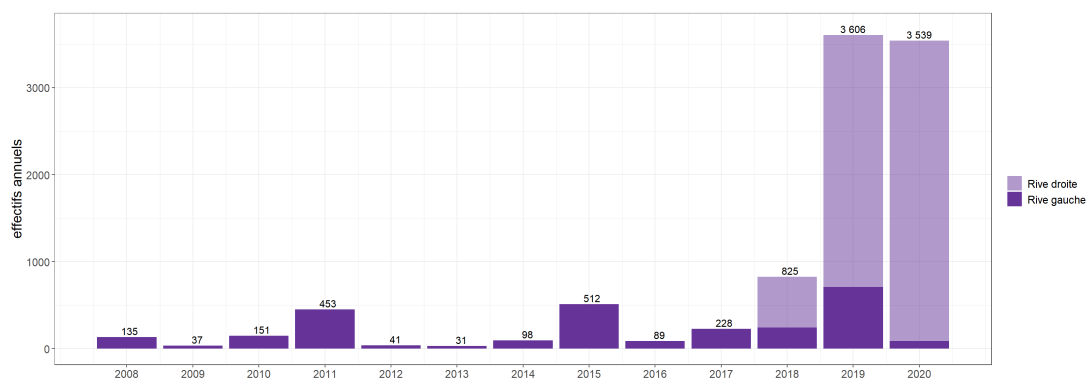


FIGURE 31 – Evolution interannuelle des effectifs d'alose en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

4.5. Lamproie marine (*Petromyzon marinus*)

La lamproie marine représentait jusqu'à récemment l'espèce anadrome la plus présente sur le bassin de la Seine avec quelques milliers d'individus qui franchissaient le barrage de Poses chaque année (Garot, 2015) et 5 sites de reproduction naturelle sont identifiés à ce jour : la Risle, sur son bras nord, à hauteur de Pont-Audemer (Eure) ; l'Eure avec des frayères localisées au pied des ouvrages du Vaudreuil (Eure) ; l'Andelle jusqu'en aval de Douville-sur-Andelle (Eure) ; et l'Epte, seul affluent de la Seine à l'amont de l'Estuaire, en plusieurs points jusqu'à Gommencourt (Yvelines).

Le dénombrement exhaustif des lamproies marines est compliqué sur le dispositif de comptage de la rive droite. En effet le plancher incliné au niveau du couloir de détection induit une zone de non détection par les caméras. Cela peut donc entraîner des effectifs négatifs en raison des fréquents allers-retours des individus devant les caméras. Un nouveau changement de position des caméras a été effectué en 2020 afin de pallier à ce problème, certains passages peuvent encore être problématique (Figure 32) mais le nombre de 216 lamproies marines en rive droite est représentatif des effectifs réels. En rive gauche, le système ayant été hors service pendant plus de la moitié de la migration, les effectifs recensés de 381 individus sont loin de représenter l'effectif réel et donc le total de 597 lamproies marines sur l'ensemble du barrage sous-évalue la migration, d'autant plus que l'espèce semble emprunter majoritairement la passe à poissons en rive gauche d'après les suivis des années précédentes.

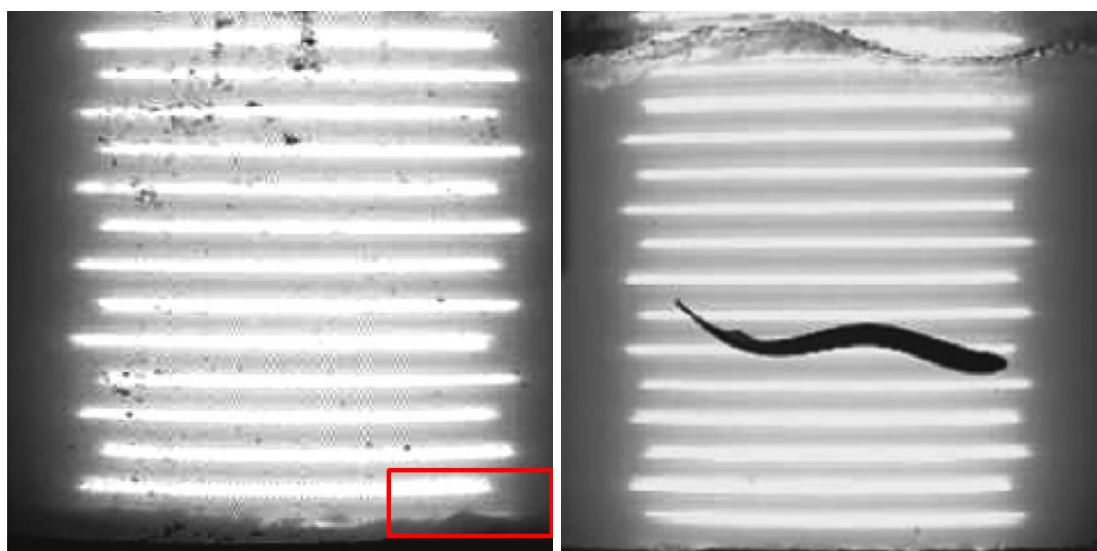


FIGURE 32 – Passages de lamproie marine en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts ; à gauche, exemple de passage pouvant entraîner des erreurs de dénombrement

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 10 mars jusqu'au 19 juin avec un pic d'activité au mois de mai (Figure 33). La migration est essentiellement nocturne chez cette espèce avec des passages qui peuvent néanmoins s'étaler jusque dans la matinée (Figure 34).

Les données historiques de la rive gauche donnent une moyenne interannuelle des effectifs de plus de 200 individus (Figure 35). Le dysfonctionnement du système en rive gauche ne permet pas de statuer sur la quantité réelle des montaisons de l'année.

Au niveau national, les effectifs des lamproies marines subissent actuellement une baisse généralisée (Carry et al., 2017; BGM, 2019). Cela semble donc également le cas sur la Seine puisque les suivis de reproduction effectués sur les affluents de la Seine aval montrent des effectifs en déclin.

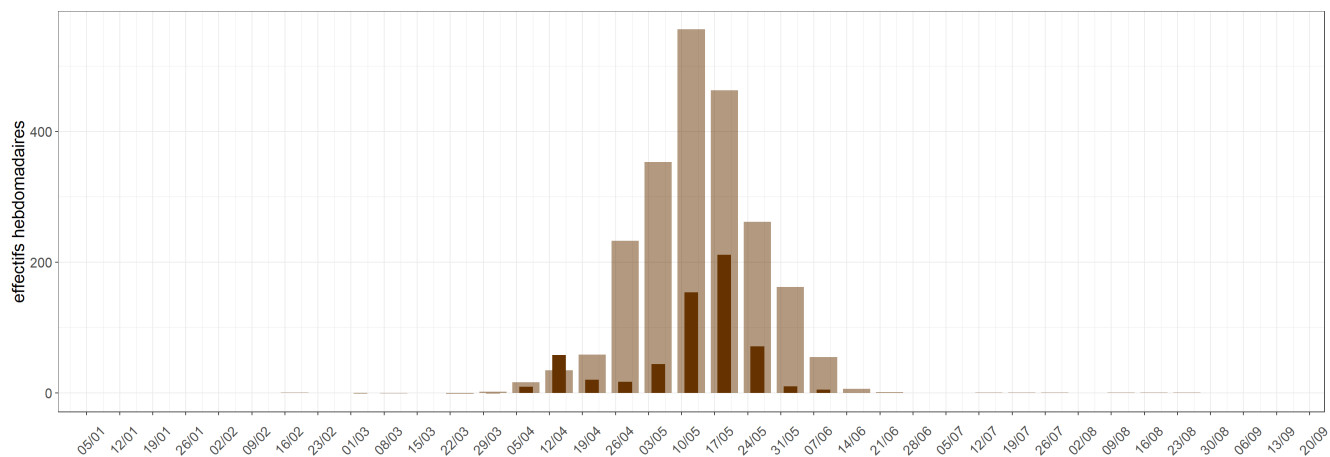


FIGURE 33 – Rythmes migratoires des lamproies marines au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En marron pâle, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires ; en marron foncé, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année.

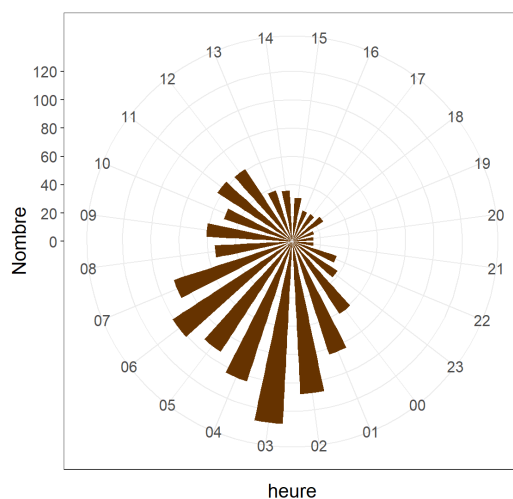


FIGURE 34 – Horaires de migrations des lamproies marines en 2020

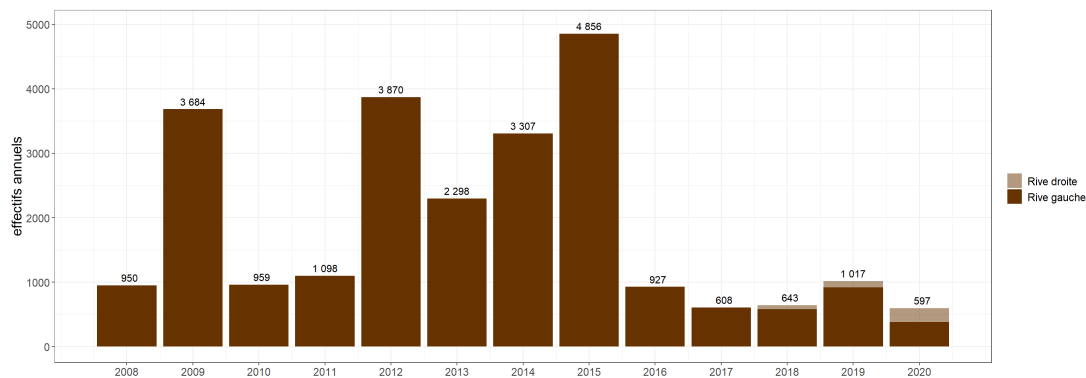


FIGURE 35 – Evolution interannuelle des effectifs de lamproie marine en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

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 36). 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. Ce problème est difficilement quantifiable donc l'effectif de 290 lamproies fluviatiles ayant franchi le barrage est à prendre avec précaution.



FIGURE 36 – Lamproie fluviatile, fixée sur une alose, observée en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.

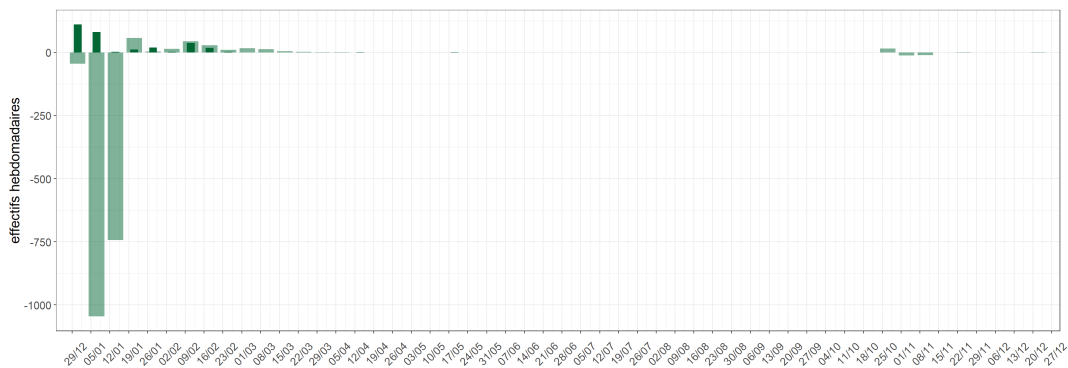


FIGURE 37 – Rythmes migratoires des lamproies fluviatiles au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En vert pâle, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires ; en vert foncé, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année.

Les activités migratoires de l'espèce sont plus anticipées 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 individus ont franchi le barrage entre le 07 janvier et le 28 mai (Figure 37). Comme la lamproie marine, sa migration est principalement nocturne avec des passages commençant dès la tombée du jour et se ralentissant dans le milieu de la nuit (Figure 38).

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 39). 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. On note toutefois que cette espèce montre aussi une préférence forte pour la rive gauche puisque les 2 seuls individus observés en rive droite étaient fixé à des aloses.

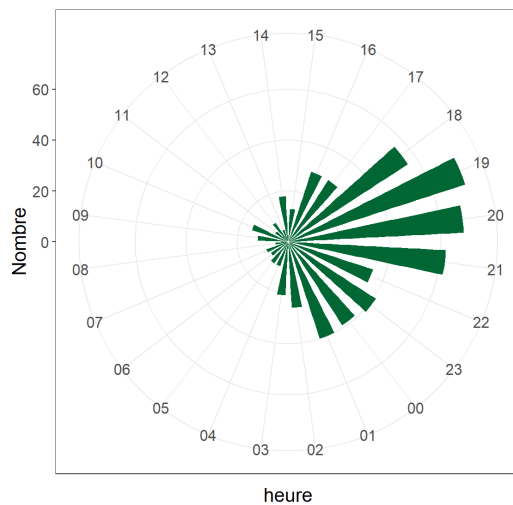


FIGURE 38 – Horaires de migrations des lamproies fluviatiles en 2020

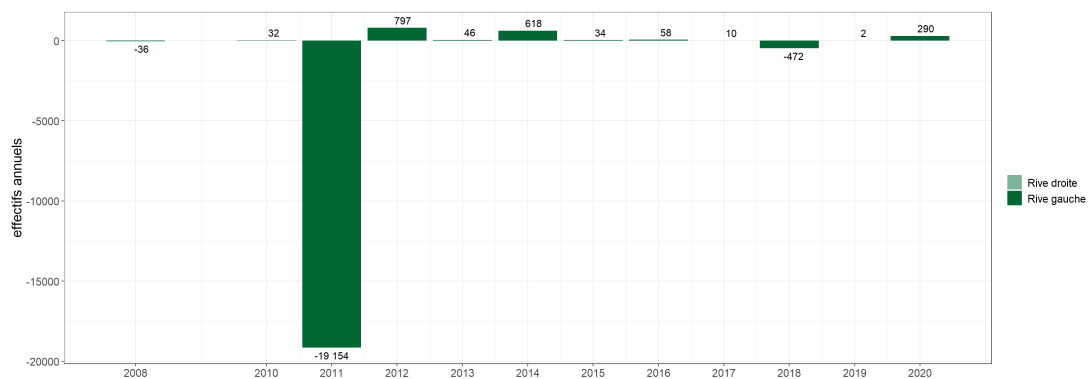


FIGURE 39 – Evolution interannuelle des effectifs de lamproie fluviatile en montagne au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

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 40). 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).

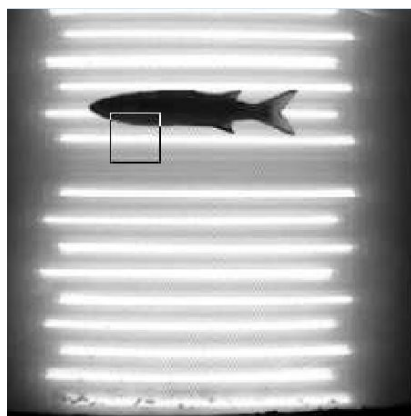


FIGURE 40 – Mulet porc observée en vidéocompage en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.

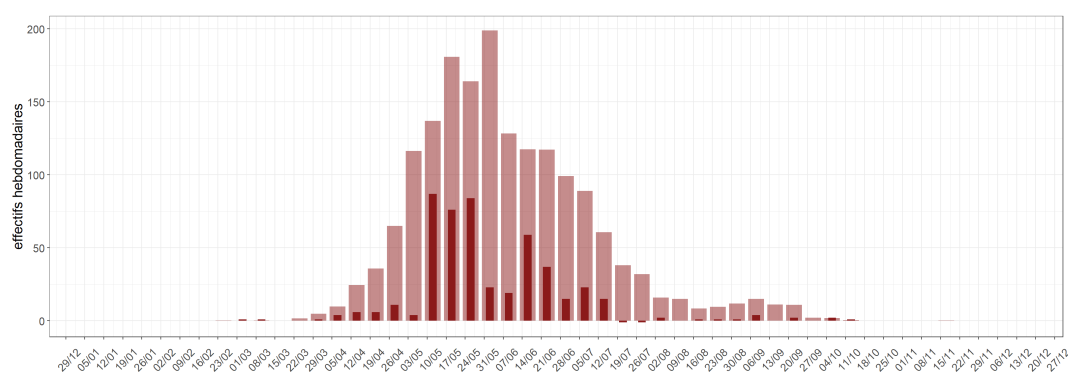


FIGURE 41 – Rythmes migratoires des mulets porcs au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En rose, moyenne inter-annuelle des montaisons hebdomadaires ; en rouge brique, effectifs hebdomadaires des montaisons de l'année.

Les premiers individus se sont présentés au mois de mars et la migration s'est étalée jusqu'au mois de octobre (Figure 41). L'essentiel du contingent de 484 individus a franchi l'ouvrage entre avril et juin. L'activité horaire est diurne avec un pic d'activité en fin de journée (Figure 42).

Bien que l'essentiel de la population des mulets soit cantonné à la partie estuarienne de la Seine, les effectifs de l'espèce chutent de façon pratiquement continue depuis la mise en place du suivi par vidéo-comptage et cette année est la plus mauvaise dans la chronique de données.

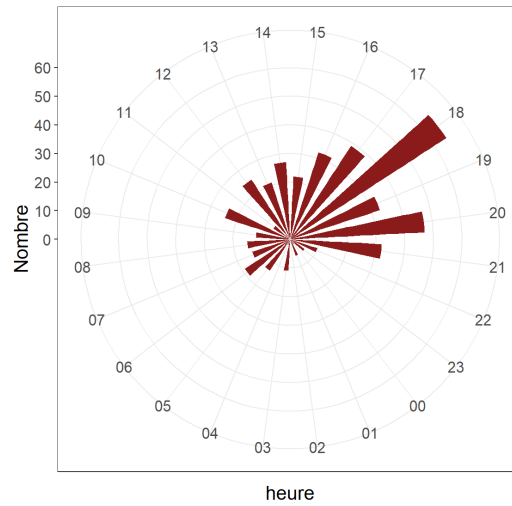


FIGURE 42 – Horaires de migrations des mulets en 2020

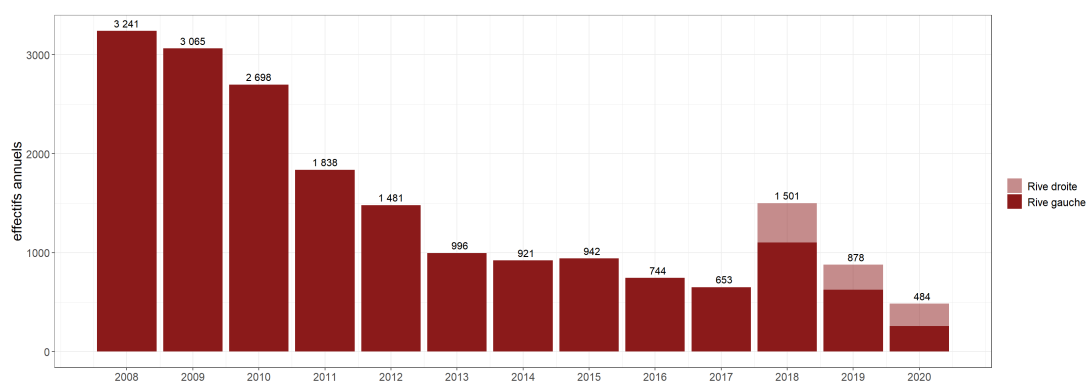


FIGURE 43 – Evolution interannuelle des effectifs de mulet porc en montaison au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

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 44).

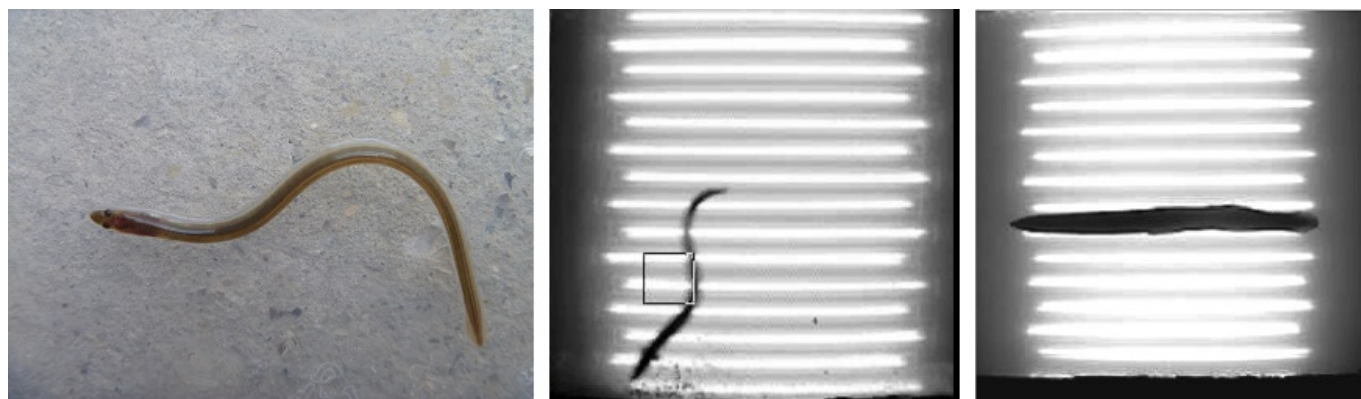


FIGURE 44 – Anguilles observées au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. A gauche, anguillette capturée dans la passe piège spécifique; au milieu, anguille jaune observée en vidéocompage; à droite, anguille argentée dévalante observée en vidéocomptage

4.8.1. Anguille en montaison (passe piège)

En rive droite, les premières arrivées d'anguillettes ont eu lieu le 25 juin et les captures se sont terminées le 02 novembre. Au total, 134 972 anguilles ont franchi le dispositif de franchissement (Figure 45). Les pics de migration les plus importants se sont déroulés dans la première quinzaine d'août.

En rive gauche, les premières arrivées d'anguillettes ont eu lieu le 15 juin et les captures se sont terminées le 19 octobre. Au total, 742 anguilles ont franchi le dispositif de franchissement (Figure 46). Même si cette passe n'est pas optimale pour les jeunes stades, les effectifs sont très faibles alors que le dispositif n'a pas présenté de dysfonctionnement majeur.

On observe bien une synchronisation des pics de migration entre les deux rives, aux alentours de début août mais on note des captures proportionnellement plus importantes en rive gauche pendant la fin de saison.

En rive droite, les individus échantillonnés ont une taille comprise entre 61 mm et 443 mm et la majorité ont une taille inférieure à 100 mm. Plus de 90% des anguilles capturées sont des individus supposés de l'année. En rive gauche, les individus échantillonnés ont une taille comprise entre 67 mm et 347 mm et la majorité ont une taille supérieure à 100 mm (Figure 47). Environ 70% des anguilles capturées sont des individus supposés de l'année. Les petites classes de taille (de 60 à 80 mm) sont plus représentées en rive droite, elles représentent 46% de la population contre 12% en rive gauche.

Au niveau de l'évolution des tailles au cours de la saison, le pattern habituelle 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 est peu visible cette année en raison du début tardif 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 en nombre qui vont ensuite faire baisser la taille moyenne de la population piégée.

En rive gauche, les remontées sont les plus faibles enregistrées depuis la mise en place du suivi en 2014. Les données historiques montrent des effectifs bien plus faibles que les premières données en rive droite avec

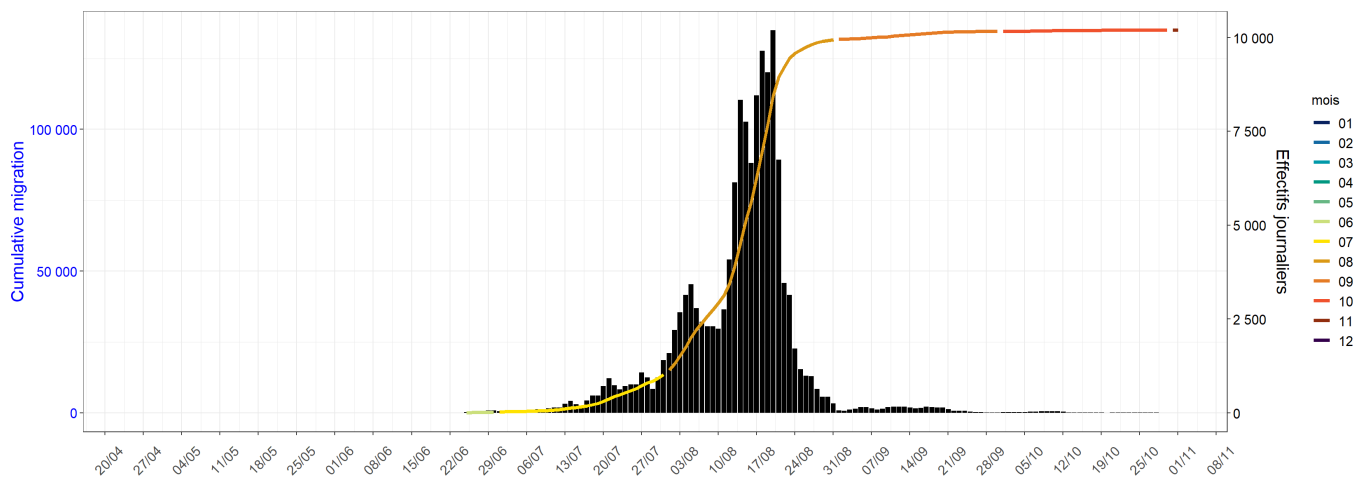


FIGURE 45 – Rythmes migratoires des anguilles en montaison dénombrées sur la passe piège en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

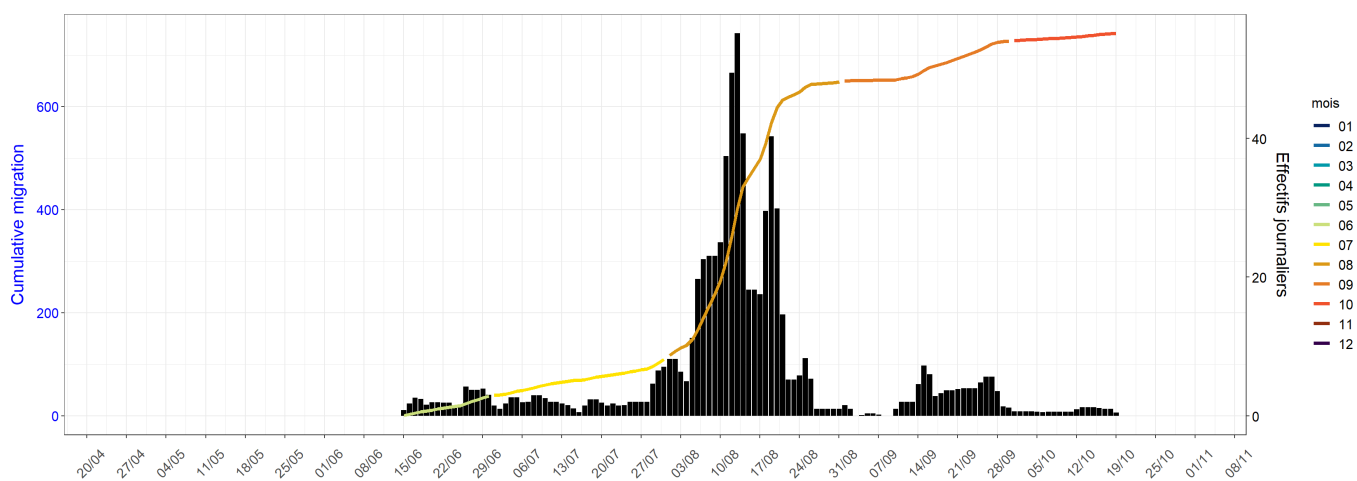


FIGURE 46 – Rythmes migratoires des anguilles en montaison dénombrées sur la passe piège en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

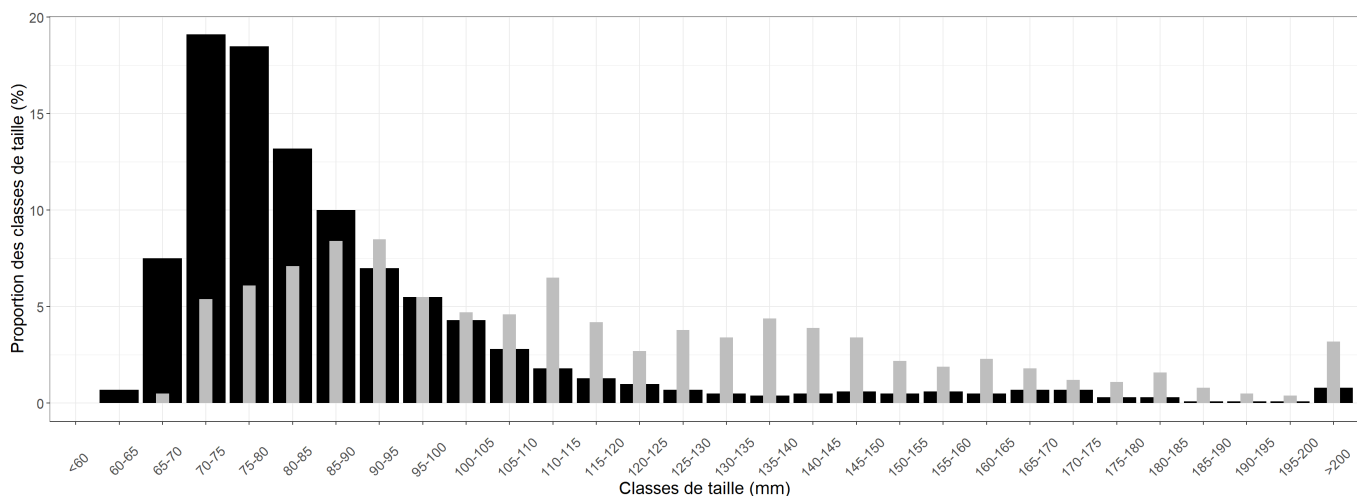


FIGURE 47 – Classes de taille des anguilles en montaison capturées au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En noir, classes de taille des anguilles en rive droite ; en gris, classes de taille des anguilles en rive gauche.

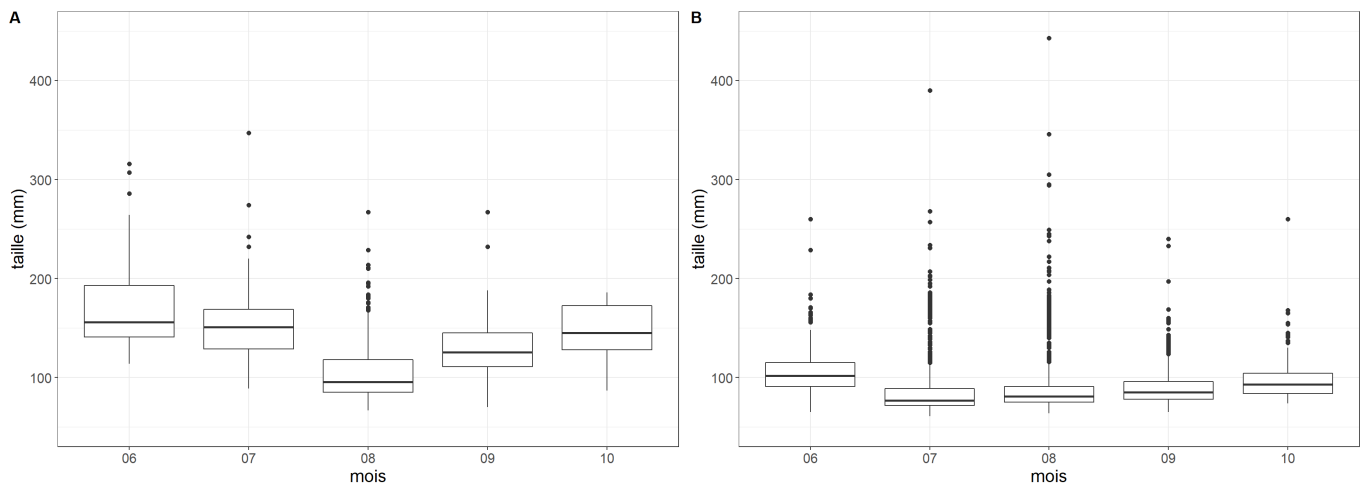


FIGURE 48 – Box plot des tailles des anguilles en montaison (en mm) en 2020 mesurées par mois en rive gauche (A) et en rive droite (B) sur les passes pièges du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.

une moyenne interannuelle d'environ 13 000 anguillettes, dont une majorité d'individus 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. Malgré ces problèmes chroniques, le contingent capturé cette année est très inférieur à la moyenne interannuelle sans qu'un problème technique majeur ne soit observé sur la rampe ou à l'aval immédiat du barrage.

En rive droite et même si le système de comptage a été démarré tardivement en raison d'un problème de pompe, les effectifs capturés sont faibles par rapport aux deux premières années de suivi sur cette passe. Le pic de migration le plus important a été de l'ordre de 11 000 individus en une nuit contre respectivement 30 000 et 70 000 en 2018 et 2019. Ces pics étant constitués des jeunes anguilles de l'année, le recrutement annuel a donc été relativement faible cette saison sur la Seine. Malgré cela, 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.

4.8.2. Anguille jaune (vidéo-comptage)

Dans les passe à bassins, -63 anguilles ont été comptabilisés. Ce décompte peut être négatif puisque 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 141. 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

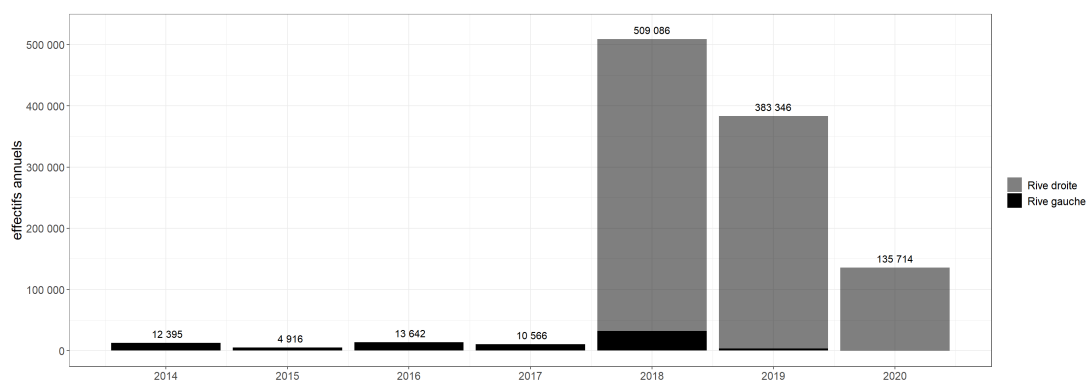


FIGURE 49 – Evolution interannuelle des effectifs d’anguille capturée dans les passes pièges au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

nocturne (Figure 51).

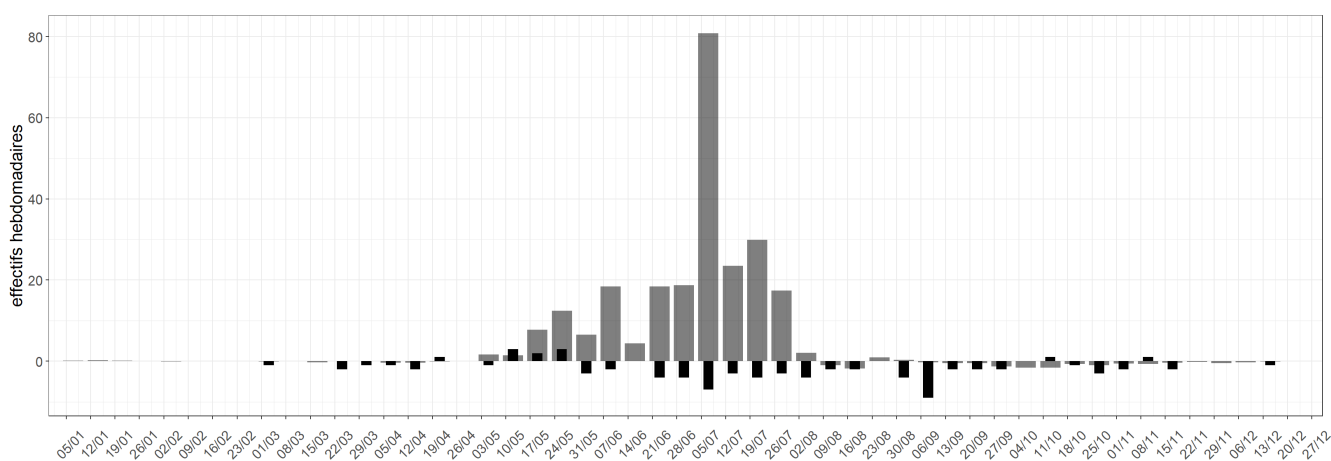


FIGURE 50 – Rythmes migratoires des anguilles jaunes au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En gris, moyenne interannuelle des montaisons hebdomadaires; en noir, effectifs hebdomadaires des montaisons de l’année en rive droite et gauche.

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).

4.8.3. Anguille argentée (vidéo-comptage)

Durant l’année 2020, c’est au total 135 anguilles argentées qui ont dévalé les passes à bassins. La cinétique de migration a été assez classique par rapport aux données historiques (Figure 53). L’activité nocturne de l’espèce est encore plus marquée en phase de dévalaison (Figure 54).

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

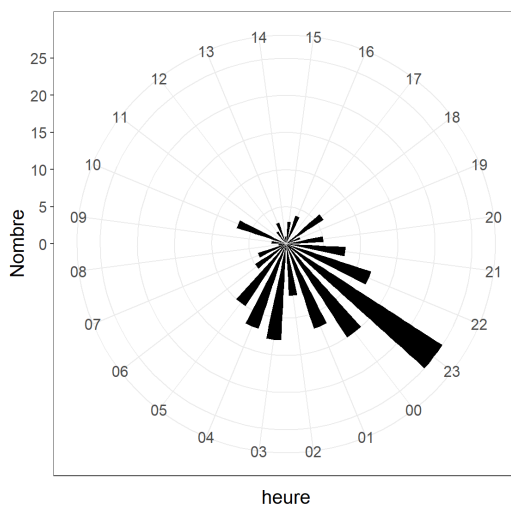


FIGURE 51 – Horaires de migrations des anguilles jaunes en 2020

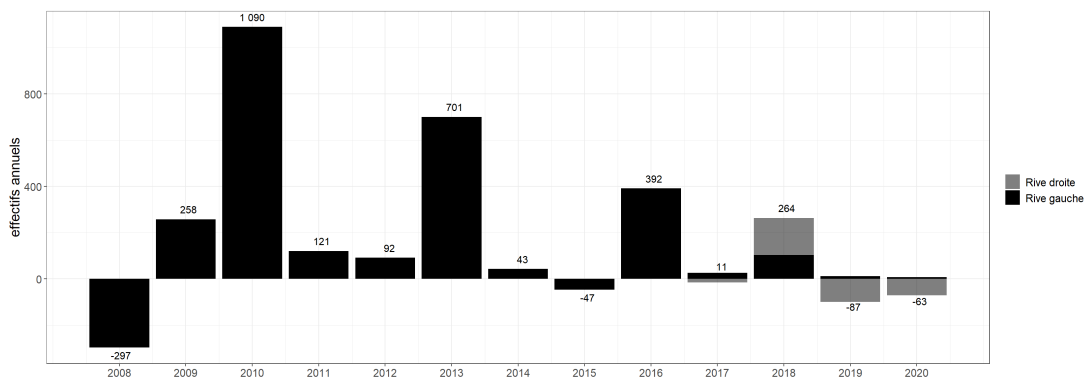


FIGURE 52 – Evolution interannuelle des effectifs d’anguille jaune franchissant les passes à poissons du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

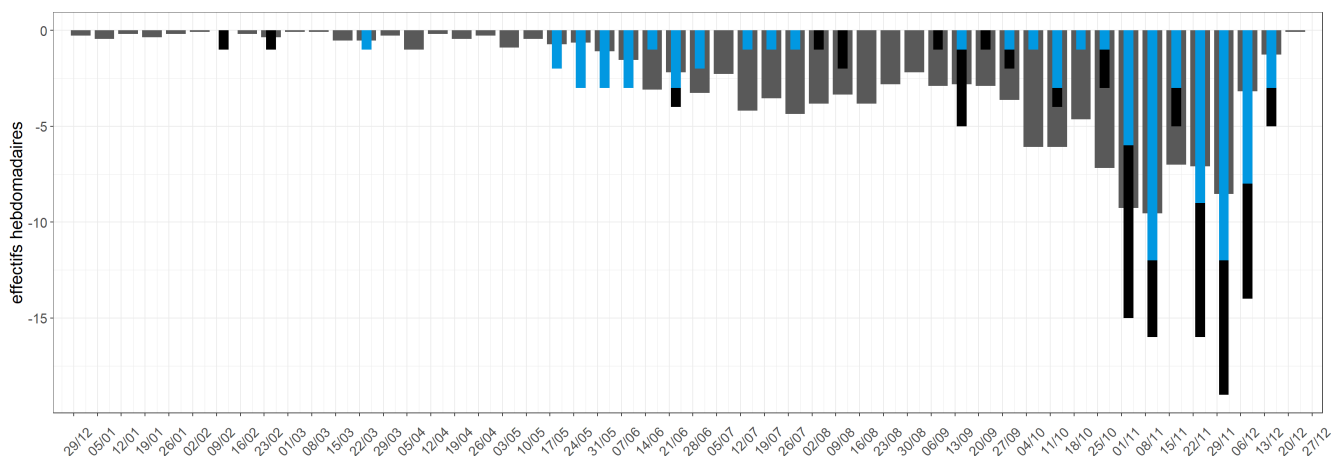


FIGURE 53 – Rythmes migratoires des anguilles argentées dévalant au barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts. En gris, moyenne interannuelle des dévalaisons hebdomadaires ; en noir, effectifs hebdomadaires des dévalaisons de l’année en rive droite ; en bleu, effectifs hebdomadaires des dévalaisons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

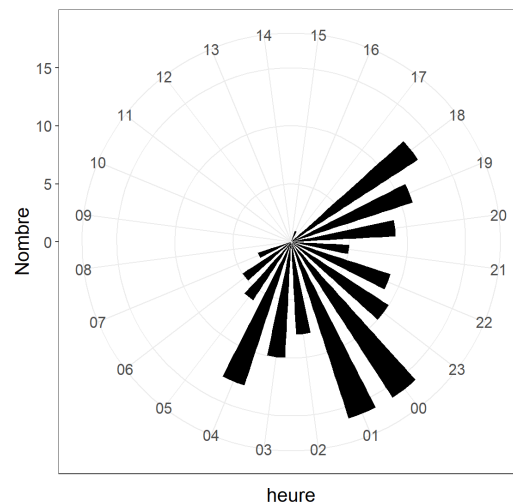


FIGURE 54 – Horaires de migrations des anguilles argentées en 2020

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 anguilles ont été contrôlées principalement en rive gauche, ce qui est à mettre en relation avec les débits de la Seine qui sont restés faibles ce qui a favorisé le franchissement par le côté usine.

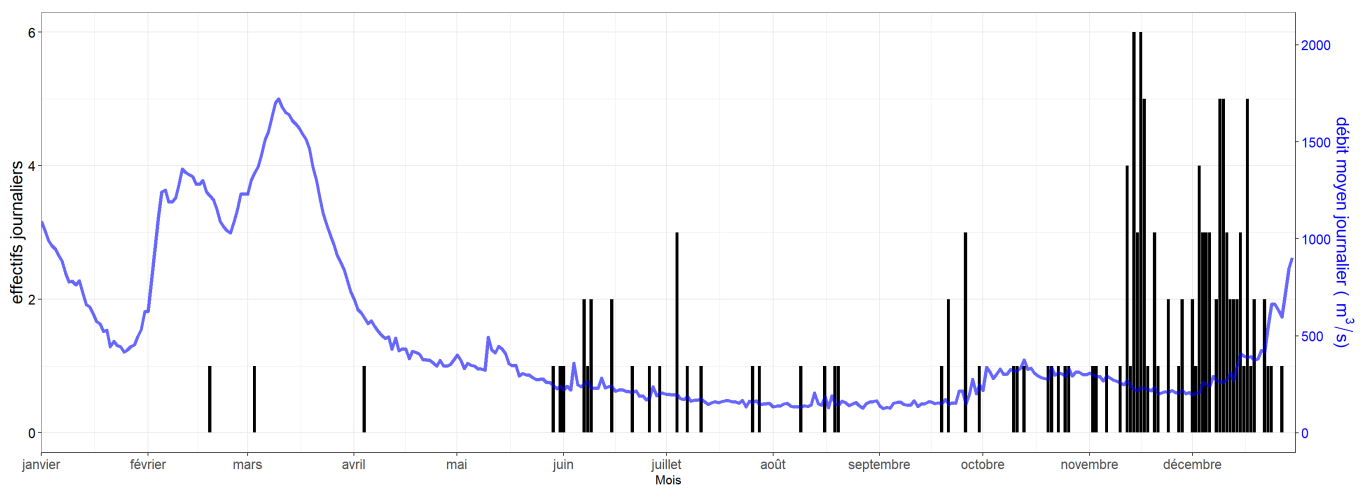


FIGURE 55 – Rythmes migratoires journaliers des anguilles en dévalaison dénombrées sur la passe à poissons en rive droite et en rive gauche du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts en fonction des débits de la Seine à Vernon

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).

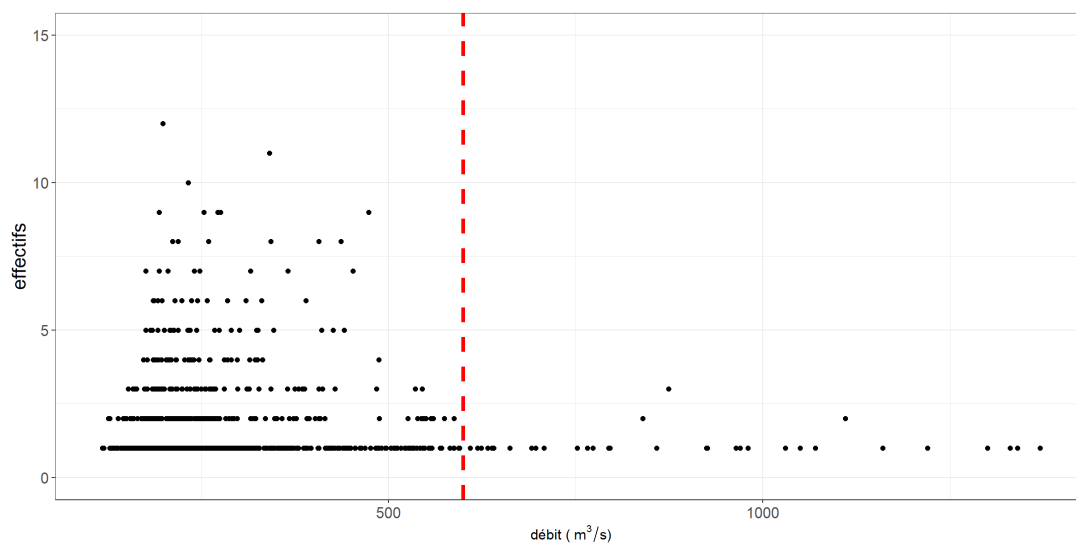


FIGURE 56 – Nombre d’anguilles en dévalaison dénombrées sur les passe à poissons en rive gauche (2008 à 2020) et en rive droite (2018-2020) du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts en fonction des débits de la Seine. La ligne en pointillé rouge représente la limite de $600\text{m}^3/\text{s}$ de débit, seuil au-delà duquel VNF ouvre les vannes du barrage

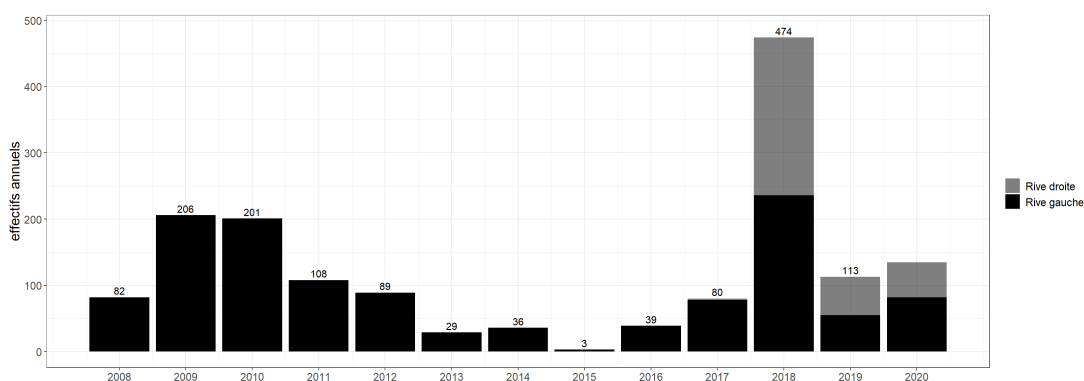


FIGURE 57 – Evolution interannuelle des effectifs d’anguille argentée dévalant les passes à poissons du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

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). Ces espèces sont uniquement dénombrées au niveau du vidéocomptage en rive droite. L'effectif correspond au nombre de fois où l'espèce a été observée par les caméras, que ça soit en montaison ou en dévalaison.

Espèces	Effectifs
Ablette	317
Amour blanc	3
Barbeau fluviatile	390
Brème commune	7 400
Brochet	35
Carassin commun	4
Carpe commune	128
Chevesne	27
Cyprinidé indéterminé	127 590
Esturgeon exotique indéterminé	1
Hotu	20
Ide mélanote	2 803
Perche	183
Sandre	9
Silure glane	202
Tanche	1
Truite fario	2

TABLEAU 2 – Activités des espèces recensées, autres que les poissons grands migrateurs, en rive droite du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts (postes de vidéocomptage 1 et 2 confondus).

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 parties 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 99,1% et 98,6% du temps. Les causes des dysfonctionnement sont une coupure électrique et un blocage de l'ordinateur du poste 2. En rive gauche les pannes sont d'origines électriques et sont arrivées durant les périodes de confinement lié à la pandémie de Covid-19 où l'opérateur en charge des suivis sur cette rive n'a pas réalisé de passages sur site pour vérifier l'intégrité du système. Le temps de fonctionnement effectif est donc de 81%.

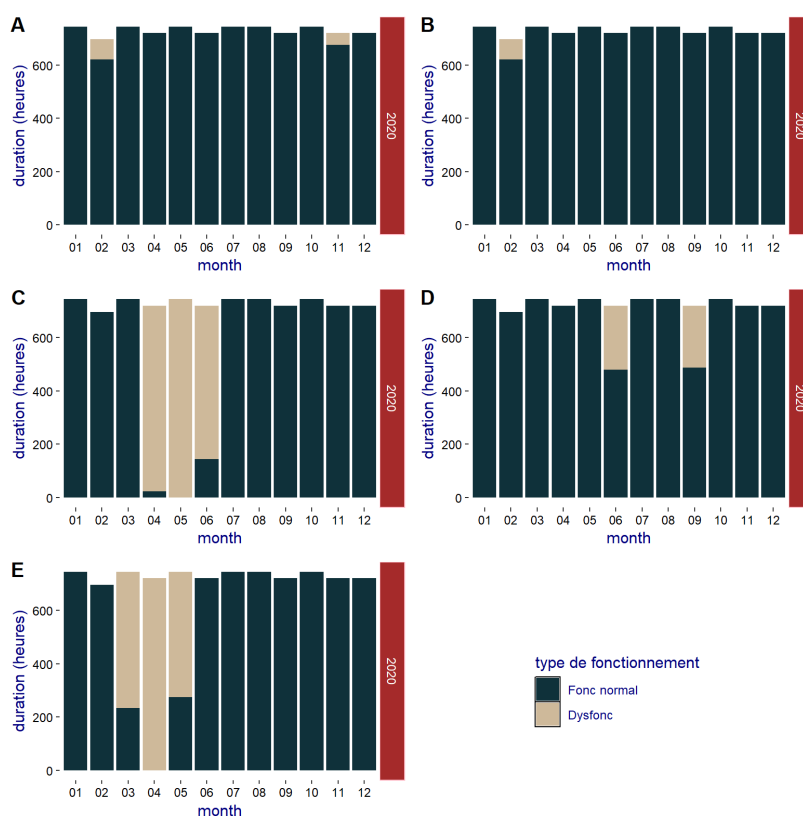


FIGURE 58 – Durée de fonctionnement des dispositifs de comptage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts (A : Poste 1 de vidéo-comptage, B : Poste 2 de vidéo-comptage, C : passe piège à anguilles en rive droite, D : passe piège à anguilles en rive gauche, E : Poste de vidéo-comptage en rive gauche).

Les problèmes de fonctionnement des passes-pièges à anguilles, que ça soit en rive droite ou en rive gauche, sont dus à des arrêts des pompes alimentant le système en eau et qui ont nécessité des changements de matériel. Les temps de fonctionnement sur la période effective de piégeage sont de 61,2% en rive droite et de 87,1% en rive gauche.

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

Au cours de l'année 2020, 13 interventions pour effectuer un nettoyage des vitres de la chambre de visualisation ont été nécessaires, 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 de bonnes conditions pour détecter et identifier les poissons transitant dans les couloirs de vision.

5.3. Volume de données généré

Le suivi de vidéo-comptage a permis de contrôler 144 113 activités de poissons dont 4 998 poissons grands migrateurs. C'est au total 10 737 fichiers vidéo qui ont été générés par le système d'acquisition soit un volume d'environ 100 Go de données. Concernant le suivi des anguilles en montaison, 4 573 anguilles ont été biométrées sur les 135 714 contrôlées. En rive gauche, le suivi de vidéo-comptage a généré près de 35 000 fichiers vidéo pour un total de 1 166 heures d'enregistrement.

5.4. Perspectives pour optimiser les suivis de 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. La solution qui consisterait à rehausser la digue du canal pour assainir le local serait un bon compromis. Sur le plus long terme, une étude sur l'installation d'un dispositif de comptage automatique est à envisager. Cela permettrait de réduire la manipulation des anguilles et de réduire significativement le temps humain passé. En parallèle, des opérations de captures ponctuelles permettraient de continuer à récolter des informations sur la structure de la population d'anguilles migrantes.

Au niveau du système 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 de la chambre de visualisation afin de programmer les nettoyages. Suite à la découverte des problèmes de détection des lamproies, le réglage des caméras a été modifié en 2018 et de nouveau cette année. Cette modification semble améliorer la détection sur la partie basse des vitres, la prochaine saison permettra de confirmer cela, sinon une intervention pour supprimer le plancher incliné pourrait être à envisager. Enfin, l'installation de systèmes de nettoyage automatiques de vitres permettrait d'éviter les mises en assec de la passe à poissons lors des nettoyages manuels pouvant être dommageables pour les poissons présents dans la passe.

6. Devenir des poissons migrateurs en amont de Poses - Amfreville-sous-les-Monts

6.1. Avancement de la restauration de la continuité écologique

Une fois le fond de l'estuaire franchi à Poses, la dispersion en amont des poissons grands migrateurs est conditionnée par l'aménagement des différents barrages sur l'axe Seine. Les travaux de restauration de la continuité écologique menés par VNF ont permis d'équiper plusieurs ouvrages de système de franchissement piscicole. Hormis pour les jeunes stades d'anguilles qui nécessitent des dispositifs spécifiques, les limites de colonisation théorique des poissons migrateurs lors de leur phase de montaison sont présentées sur la figure 59.

Le premier potentiel point de blocage en amont de Poses est le barrage de Denouval situé en aval d'un bras de la Seine, celui-ci n'est pas équipé de système de franchissement mais il n'empêche pas la remontée des poissons sur l'autre bras de Seine qui mène au barrage d'Andrézy, qui est, lui, équipé d'une passe à poissons. Une fois ce complexe d'ouvrages franchi, les poissons migrateurs peuvent s'engager sur le fleuve Oise ou continuer sur l'axe Seine. La limite de colonisation apparaît assez rapidement sur l'axe Seine, après avoir franchi le complexe d'ouvrages de Bougival - Chatou dont la configuration est du même type que celui de Denouval - Andrézy, les poissons se heurtent au barrage de Suresnes, non équipé et présentant une hauteur de chute comprise entre 3 et 5 mètres à une distance d'environ 350 km de la mer. Sur l'axe Oise, les différents ouvrages qui jalonnent la rivière sont équipés jusqu'à la confluence avec l'Aisne et au-delà jusqu'à Chauny (Aisne) à plus de 450 km de la mer où se trouve un ouvrage non franchissable. Sur l'Aisne, les poissons peuvent franchir 5 ouvrages, dont celui de Carandeu où est installé un système de vidéo-comptage, avant de se trouver bloqué au niveau du barrage de Vauxrot à 430 km de la mer.

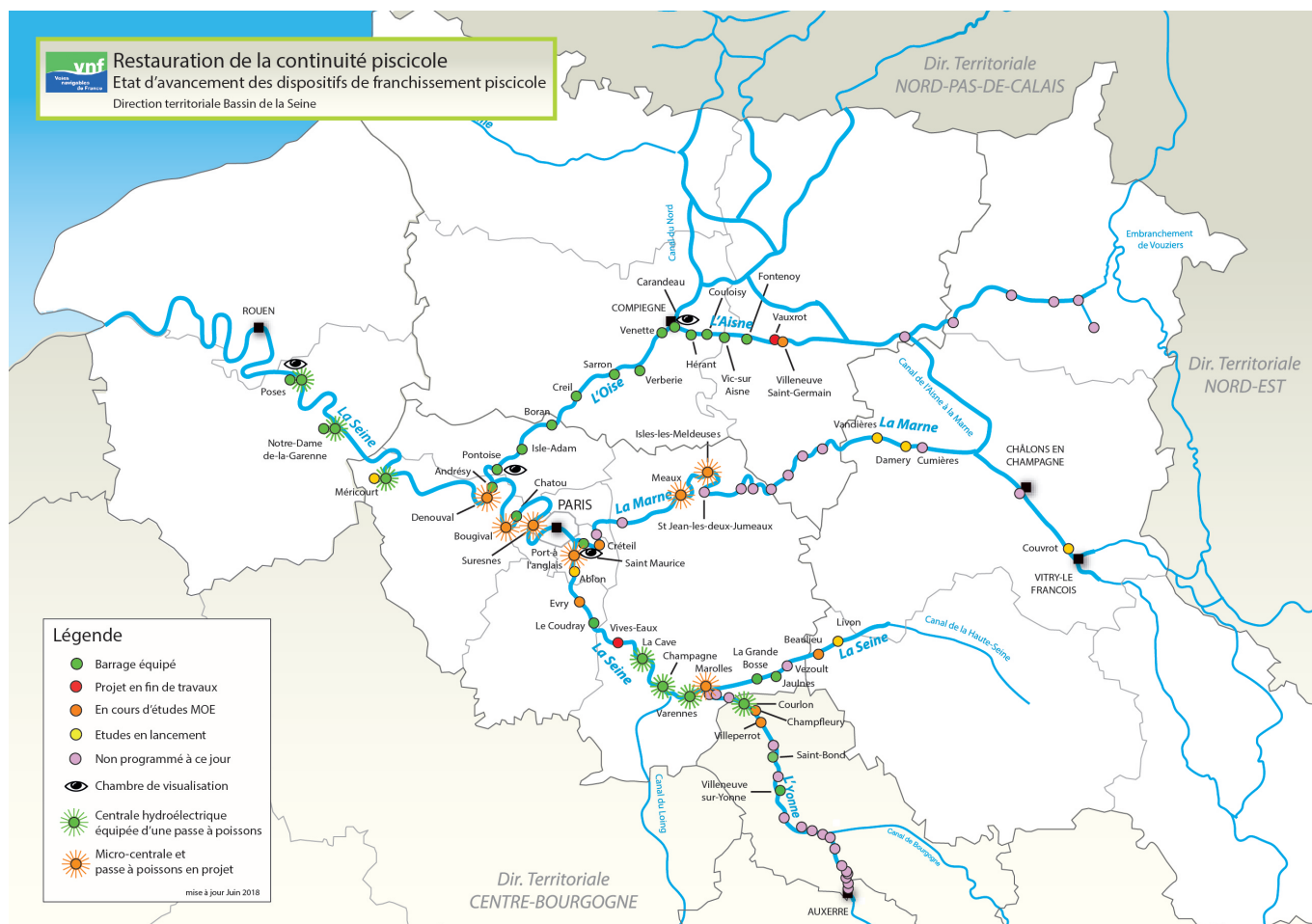


FIGURE 59 – Etat d'avancement des travaux de restauration de la continuité écologique sur les ouvrages de VNF du bassin de la Seine (source : VNF).

6.2. La station de contrôle des migrations de Choisy-au-Bac

La station de Choisy-au-Bac est située sur le barrage de Carandeanu, sur l'Aisne, à 2 km de la confluence de l'Oise et à 390 km de la mer (Figure 60). Les différents ouvrages à l'aval étant désormais franchissables, la station permet d'estimer la recolonisation du bassin versant de l'Aisne (près de 8 000 km²), d'évaluer l'efficacité des travaux de restauration de la continuité écologique réalisés et, en couplant les données avec la stacomi de Poses, d'obtenir des informations sur les vitesses de progression des poissons migrateurs lors de leur phase d'amontaison.



FIGURE 60 – Station de contrôle des migrations de Choisy-au-Bac implantée sur le barrage de Carandeanu sur l'Aisne.

Le système de contrôle des migrations, de type vidéo-comptage, est installé au niveau d'une passe à poissons, composée de 8 bassins et de 2 vitres de visualisation, et se base sur le système SYSIPAP. La mise en service a été effective en mars de l'année 2017 et le dépouillement des données est effectué par la FDAAPPMA 60. La station a permis de contrôler 5 espèces de poissons grands migrateurs en 2020 dont les effectifs sont présentés dans le tableau 3. Pour la première fois cette année, une lamproie marine est été observée.

Espèces	Effectifs
Alose	123
Anguille argentée	-36
Anguille jaune	38
Lamproie marine	1
Saumon	2
Truite de mer	8

TABEAU 3 – Effectifs des poissons migrateurs contrôlés en 2020 à la station de Choisy-au-Bac sur l'Aisne

Le nombre important d'aloses ayant remonté la Seine et franchi les deux stations de contrôle permet d'avoir une estimation plus globale du temps pour cette espèce d'aller du barrage de Poses à celui de Carandeanu, cette estimation est de 26 jours, soit une vitesse de 9 km/jour (Figure 61). Cette vitesse, qui peut paraître faible, est à bien mettre en relation avec la distance entre les deux barrages cités précédemment (230 km) et donc les phases de repos des poissons, mais surtout le nombre d'ouvrages à franchir entre les

deux. A titre comparatif, le déplacement des grandes aloses a été évaluée à une vitesse comprise entre 17 et 23 km/jour dans l'estuaire de la Gironde et à 21 km/jour sur la Loire (Baglinière et Elie, 2000). Toujours sur la Loire, la vitesse moyenne des saumons est d'environ 19 km/jour sans obstacle alors que sur la Canche, un petit fleuve du Pas de Calais, la vitesse moyenne de Salmonidés (17 truites de mer et 1 saumon) varie de 4,2 km/jour en période estivale à 7,2 km/jour en période automnale (Baril et Gueneau, 1986; Le Peru et al., 2015).

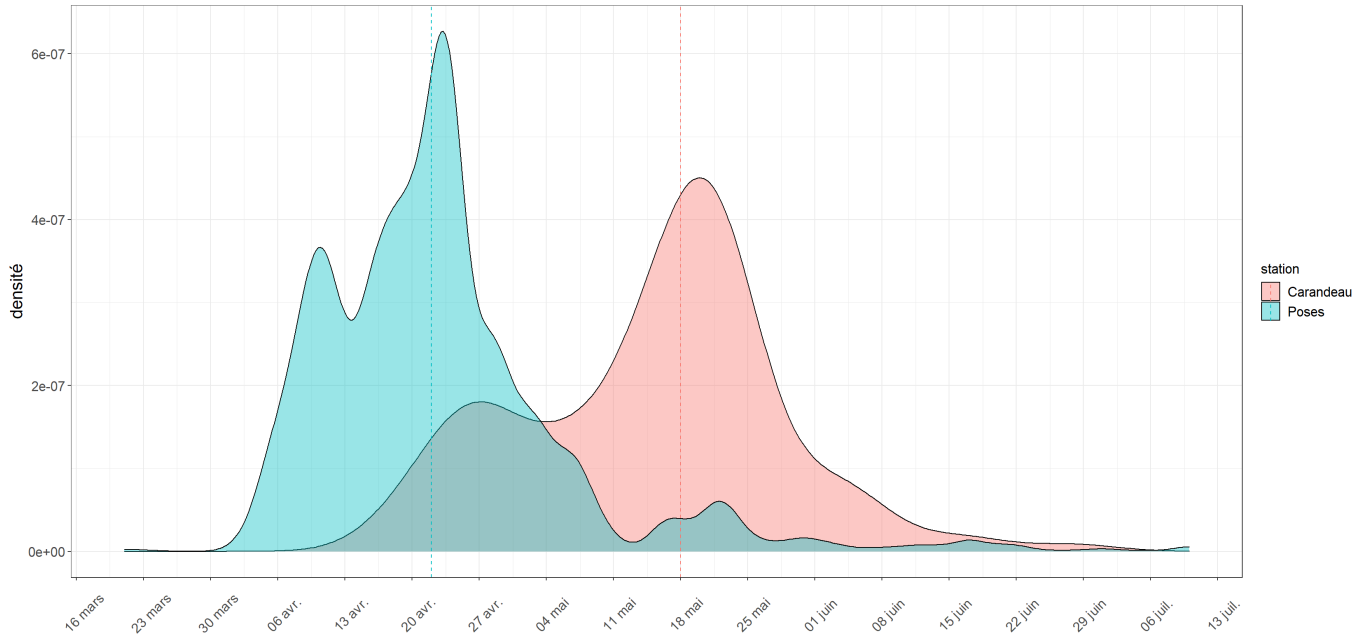


FIGURE 61 – Estimation par la méthode du noyau (kernel density) des passages des aloses aux stations de Poses et de Carandean. Les traits en pointillés représentent le temps médian de passage des aloses à chaque station.

La station de contrôle de Carandean permet également d'apporter une information sur l'efficacité moyenne des passes à poissons du bassin. En effet, bien qu'il soit relativement courant d'obtenir un taux de franchissement proche de 100% pour les Salmonidés, l'efficacité pour les aloses est toujours moindre. Ceci s'explique notamment par les capacités de nage plus réduite de cette espèce et par leur comportement moins exploratoire au pied d'un ouvrage. D'une manière générale, les études sur l'efficacité des passes à poissons ont tendance à sous-estimer celle-ci puisqu'il est rare de ne pas avoir de frayères entre les obstacles. Mise à part ça, l'amplitude du taux de franchissement est large puisqu'on trouve dans la littérature des valeurs allant de 6% à 70%. Cette gamme importante s'explique par la configuration de la passe à poissons, les modèles récents étant plus performants, et également par les conditions hydrauliques du cours d'eau, en effet un débit faible va renforcer l'attractivité de l'entrée de la passe et donc le taux de franchissement. Larinier et al. dans Baglinière et Elie (2000) écrivent que « seuls 3% des poissons franchissent une dizaine de barrages équipés de passes à poissons d'efficacité de 75%, ce résultat chutant à 0,1% lorsque les efficacités sont de 50% ». Or c'est près de 3,5% des poissons contrôlés à Poses qui ont été vu ensuite à la station de Carandean, ces aloses ont donc franchi onze passes à poissons, ce qui équivaut à une efficacité de 74% pour ces passes (68% en 2018 et 80% en 2019). Même si certains individus ont pu utiliser les écluses de navigation comme voie de passage, celles-ci ne font pas la mesure d'une gestion de type éclusée à poissons (création d'un débit d'attrait en ouvrant les vannes de remplissage, les portes aval restant ouvertes) et sont donc peu attractives pour les poissons puisque situées dans des zones calmes pour faciliter les manœuvres des bateaux. La proportion des poissons ayant profité des sas est probablement assez faible et ne doit faire baisser que légèrement le calcul du taux d'efficacité des passes à poissons. Ce taux est de toute façon sous-estimé puisqu'il ne prend pas en compte le nombre d'individus ayant continué leur migration sur l'axe Seine, nombre assez important au vu des témoignages de capture à Suresnes. Quoiqu'il en soit le taux de transfert des aloses sur une telle série d'obstacles est remarquable et témoigne de l'effet positif des travaux de restauration de la continuité écologique, il plaide même en la faveur du maintien des efforts de ces travaux sur des ouvrages en amont

des bassins. Il montre également un manque d'études sur l'efficacité des passes à poissons pour cette espèce puisque celles existantes ne font pas mention de taux d'efficacité des passes aussi importants.

6.3. Données de présence des migrateurs en amont de Poses

Parmi les espèces migratrices contrôlées sur la Seine, seules les lamproies marines ont des zones de reproduction identifiées à l'amont de Poses. Ces zones de frayère se situent sur l'Epte, premier affluent en rive droite de la Seine à 70 km en amont du barrage marquant la fin de l'estuaire. Les suivis réalisés ont permis de dénombrer ou d'estimer, à partir des frayères, la population de géniteurs à environ une quarantaine d'individus, nombre relativement faible au vu des effectifs dénombrés à la station de contrôle. Ce constat rend assez improbable la présence de reproduction naturelle plus en amont mais l'observation d'un individu à Carandeu cette année est révélateur de l'amélioration de la continuité écologique sur cet axe. Concernant les Salmonidés et les aloses, quelques données issues de pêcheurs à la ligne ou de pêche au filet maillant (Figure 62), témoignent d'une présence sporadique sur le bassin. La seule présence d'un géniteur de saumon sur la Seine, à l'amont de la confluence avec l'Oise, se situe en aval immédiat du barrage de Suresnes et remonte à l'année 2008. Pour la truite de mer, 2 individus ont été capturés sur des axes libres de tout obstacle infranchissable à Mantes-la-Jolie (Yvelines) et à Chauny (Aisne), limite de colonisation amont de l'Oise. La capture d'une truite de mer en 2018 au niveau de Melun (Seine et Marne) en amont de 4 ouvrages non équipés est quant à elle exceptionnelle, cet individu a probablement dû profiter des sassements d'écluse avant de voir sa migration génésique s'arrêter prématurément. L'espèce qui se distingue parmi les migrateurs est l'aloise puisque deux juvéniles ont été retrouvés à l'amont de Paris en 2011, année où les effectifs en montaison ont été importants (453). Le premier sur la rivière du Grand Morin, affluent de la Marne, et le deuxième au niveau de la commune de la Grande Paroisse, dans une carrière connectée avec la Seine. Suite aux remontées importantes de 2019 et de cette année, de nombreuses captures par des pêcheurs au pied du barrage de Suresnes ont eu lieu et des alosons ont été pêchés en avril 2020 en aval du barrage de Port-Mort. Ces constats de reproduction naturelle et les captures de géniteurs à d'autres endroits du bassin laissent penser que l'accomplissement du cycle de vie est possible lorsque les effectifs franchissant l'estuaire de la Seine dépassent quelques centaines d'individus.

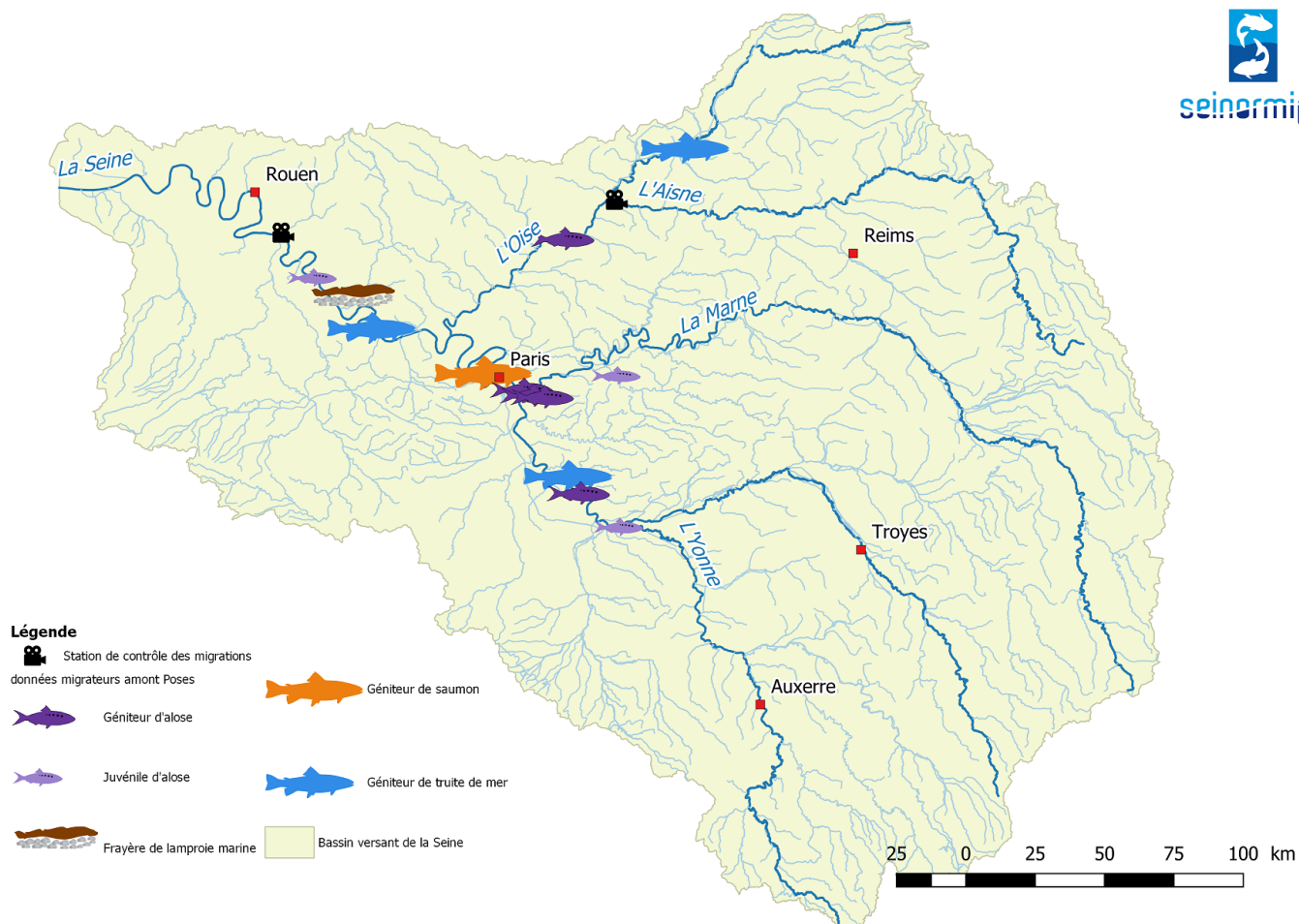


FIGURE 62 – Données ponctuelles de présence des poissons migrateurs (hors anguille) sur le bassin de la Seine en amont de Poses.

7. Conclusion

Cette troisième 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.

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 positive avec des effectifs en hausse et qui ont atteint 40 individus, ce qui n'était pas arrivé depuis 2015. Pour la truite de mer, les résultats sont moins bons même s'ils restent dans la moyenne des dernières années. Après déjà deux années exceptionnelles en 2018 et 2019, les aloses sont remontées en encore plus grand nombre avec près de 3 500 individus observés, sans doute plus de 4 000 en réalité en prenant en compte le dysfonctionnement de la rive gauche. De nouveau, des nombreux contacts en amont du bassin de la Seine ont été recensés ; qui sont à mettre en relation avec les travaux de restauration de la continuité écologique. La situation préoccupante des lamproies marines semble se confirmer, en adéquation avec la tendance nationale puisque l'effectif migrant n'a sans doute pas dépassé les 1000 individus. Malgré la variabilité des comptages de l'espèce, les remontées des lamproies fluviatiles semblent avoir été bonnes cette année. La chute des effectifs de mulot porc continue puisque le plus mauvais total depuis la mise en place du suivi vidéo est comptabilisé cette année (484).

Au niveau des dispositifs spécifiques à l'anguille, les effectifs dénombrés s'élèvent à environ 135 000 individus, ce qui est relativement faible par rapport aux deux années précédentes, le recrutement annuel en jeunes individus semblent donc mauvais cette année même si nous ne disposons pas d'un recul important. Ces chiffres mettent malgré tout bien en évidence le manque d'efficacité du dispositif implanté en rive gauche, qui a permis de capter 0,5% de la population migrante contrôlé sur les deux rives. L'accumulation de séries temporelles 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 à l'horizon 2022-2023, 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.
- Baril, D. et Gueneau, P. 1986. Radio-pistage de saumons adultes (*Salmo salar*) en Loire. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **302** : 86–105. doi :10.1051/kmae:1986006.
- 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](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.
- 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 .
- Le Peru, Y., Rigault, B., et Boucault, J. 2015. Suivi comportemental des Grands Salmonidés sur le bassin de la Canche en 2015. Rapport technique, FDAAPPMA 62.
- 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., Béguier, 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.