SEINORMIGR

Seine-Normandie Migrateurs

Suivi et estimation du recrutement de la Seine en Anguille européenne (*Anguilla anguilla*)

SUIVI 2017

<u>Partenaires financiers et techniques</u> :

- **Fédération Nationale de la Pêche en France**
- **Agence de l'eau Seine-Normandie**
- **Hydrowatt**
- **Voies Navigables de France**
- **Fédération de l'Eure pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques**

Résumé

Dans le cadre du Plan de Gestion des Poissons Migrateurs, le recrutement de la Seine en Anguille européenne a été suivi durant 4 années consécutives sur le barrage de Poses-Amfreville, dans le département de l'Eure (27). C'est le premier ouvrage sur la Seine depuis la mer, il marque ainsi le fond de l'estuaire. Afin de faire franchir le barrage par les anguilles, une passe spécifique à cette espèce est présente sur ce barrage, cette étude vise donc à savoir si ce dispositif de franchissement est fonctionnel et à évaluer quantitativement et qualitativement le recrutement de la Seine en Anguille européenne.

En 2017, 10 740 anguilles ont été capturées grâce à la passe à anguilles située en rive gauche du barrage. L'année précédente, 13 642 individus ont été dénombrés contre 4 915 en 2015 et 12 398 en 2014.

L'installation d'un système de piégeage passif et trois campagnes de capture-marquage-recapture (CMR) ont été réalisées. Ces méthodes ont permis de mettre en évidence un passage des anguilles par les écluses situées en rive droite et une sélection de la passe à anguilles de la rive gauche sur les plus jeunes individus. La première opération de CMR a permis d'évaluer le comportement des anguilles au sein de la passe. En effet, les anguilles marquées ont été relâchées dans le premier collecteur du dispositif et ce sont 38,5 % des anguilles marquées qui ont été recapturées. Les deux autres opérations visaient à traduire l'accessibilité des rampes par des taux d'accès. Ainsi, ce sont respectivement 5,6 % et 9,6% des anguilles marquées qui se sont représentées au piège.

Les hypothèses émises les années précédentes quant à l'accès difficile et l'inconfort de la passe à anguilles de la rive gauche ont été confirmées cette année grâce aux différentes méthodes utilisées cette année.

Mots-clés : *Anguilla anguilla,* recrutement fluvial, Seine, passe à anguilles, capture-marquage-recapture, flottang

Abstract

Within the Migratory Fish Management Plan, the recruitment of the European eel in the Seine river was followed for 4 consecutive years on the dam of Poses-Amfreville, in the department of Eure. This is the first dam on the Seine river from the sea thereby it marks the end of the estuary. In order to cross the dam by the eels, a specific pass for this species is present on the dam, this study therefore aims to find out if this crossing device is functional and to evaluate quantitatively and qualitatively the recruitment of the European eel in the Seine river.

In 2017, 10,740 eels were caught using the eel pass on the left bank of the dam. In the previous year, 13,642 individuals were counted compared to 4,915 in 2015 and 12,398 in 2014.

The installation of a passive trapping system and two capture-mark-recapture (CMR) campaigns have been completed. These methods highlighted a passage of eels through the locks on the right bank and a selection of the eel pass on the youngest individuals. The first CMR operation evaluated the behavior of eels within the pass. Indeed, the marked eels were released in the first collector of the device and 38.5% of the marked eels were recaptured. The other two operations aimed to translate the accessibility of the ramps by access rates. Thus, 5.6% and 9.6% of the marked eels were respectively recaptured in the trap.

The assumptions made in previous years regarding about the complicated access and discomfort of eel pass have been confirmed this year thanks to the different methods used this year.

Keywords: *Anguilla anguilla*, fluvial recruitment, eel pass, capture-mark-recapture, flottang

Sommaire

Résumé 2
Abstract 3
Sommaire 4
Introduction 1
I. L'anguille européenne 3
1. Cycle de vie 3
2. Une espèce en danger critique d'extinction 3
II. Le site d'étude : barrage de Poses 4
1. Présentation du barrage 4
2. Passe à poissons 6
III. Recrutement de la Seine en anguille européenne 6
1. Matériels et méthodes 7
a) Dispositif de franchissement et de piégeage 7
b) Fréquence de suivi du piège 9
c) Entretien des dispositifs de piégeage 9
d) Paramètres environnementaux 9
e) Fonctionnement du dispositif de piégeage 10
f) Efficacité des passes à anguilles 11
g) Analyses statistiques 15
2. Résultats 15
h) Effet des paramètres environnementaux 24
Discussion - Conclusion 26
Bibliographie 28
Annexes 30

Table des illustrations

Figure 1 : Localisation du barrage de Poses-Amfreville……2
Figure 2 : Cycle de vie de l'Anguille européenne (Anguilla anguilla) (Imbert, 2008)……..3
Figure 3 : Vue aval du barrage de Poses (Eure, 27)……...5
Figure 4 : Vue aérienne légendée du barrage de Poses…….....5
Figure 5 : Des visiteurs au Seinoscope……..6
Figure 6 : Salle de vidéo-comptage de la rive gauche……...6
Figure 7 : La passe à anguilles de Poses……8
Figure 8 : Biométrie des anguilles……...10
Figure 9 : Tamisage des anguilles……11
Figure 10 : Flottang sur les berges de la Seine……11
Figure 11 : Anguille marquée au VIE jaune, éclairée à l'aide d'une lampe UV…….14
Figure 12 : Effectifs journaliers et cumulés d'anguilles capturées en 2017……16
Figure 13 : Histogramme des effectifs (%) en fonction des classes de taille (mm) des individus capturés en 2017……....16
Figure 14 : Histogrammes des classes de tailles des anguilles piégées à Poses par mois……17
Figure 15 : Résultats des opérations de CMR de 2017……19
Figure 16 : Histogramme des effectifs d'anguilles capturées durant le suivi 24h……...20
Figure 17 : Effectifs et classe de taille des individus marqués au VIE jaune (suivi 24h) puis recapturés……..20
Figure 18 : Effectifs et classe de taille des individus marqués au VIE rose (déversement 200 m aval) puis recapturés…….21
Figure 19 : Courbes des effectifs cumulés d'anguilles qui se sont présentées au piège lors de la période du 1er avril au 19 août des cinq années de suivi……..22
Figure 20 : Histogrammes des classes de tailles des anguilles capturées à Poses lors des différentes années de suivi……23
Figure 21 : Effectifs journaliers (rive droite) et température de la Seine, du 1er juillet au 17 août 2018……...24
Figure 22 : Aval du barrage de Poses, côté usine hydroélectrique (rive gauche)……26

Tableau 1 : Résumé du protocole des opérations de CMR de 2017……14
Tableau 2 : Résultats des marquages 24h des années 2015, 2016 et 2017……..23
Tableau 3 : Résultats des marquages 200 m aval des années 2015, 2016 et 2017……..23

Introduction

La mystérieuse migration de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) jusqu'à la mer des Sargasses est l'une des plus grandes migrations effectuée parmi tous les animaux. C'est une des raisons pour lesquelles les scientifiques portent un grand intérêt pour cette espèce. Une autre raison de la préoccupation mondiale de l'anguille européenne est que, depuis 1960, cette population se fragilise (Righton *et al.*, 2016). Aujourd'hui, l'anguille européenne est en danger critique d'extinction d'après la liste rouge des espèces menacées de l'IUCN. Si l'espèce est en danger, c'est est en partie dû aux actions anthropiques (surpêche, présence d'ouvrages infranchissables, pollution, destruction d'habitats, parasitisme) exercées sur les mers et les cours d'eau (Jacoby et Gollock, 2014). En 2015, un rapport de l'ICES souligne que les niveaux de recrutement des anguilles européennes sont bien en dessous de ceux de 1960. Toutefois, une légère amélioration a été mise en évidence durant les trois dernières années qui ont précédé ce dernier rapport. Le recrutement des anguilles est passé d'environ 4% à 12% du taux de recrutement de 1960 en Europe (ICES, 2015).

Ces améliorations sont dues à une prise de conscience de l'urgence de la situation car ce ne sont pas que les anguilles qui sont menacées mais une grande partie des poissons migrateurs amphihalins. Le 29 juin 1984, une loi pionnière (Loi Pêche du 29 juin 1984) visant à protéger les milieux aquatiques et la faune aquatique a été votée. Celle-ci a imposé une meilleure gestion piscicole et la construction de passe à poissons sur les ouvrages qui bloquent le passage des poissons migrateurs (www.legifrance.gouv.fr). Au fil des années, de plus en plus de lois et de plans de gestion visant à protéger les milieux aquatiques sont apparus. En 2010, un plan de gestion spécifique à l'anguille a été mis en place au niveau européen, c'est le Plan de Gestion Anguille : règlement (CE) n°1100/2007.

Les connaissances en faune piscicole se sont affinées depuis 1984. En ce qui concerne les anguilles, il a été découvert que leur mode et leurs vitesses de nage ne leur permettent pas de passer par la plupart des passes à poissons (Knights et White, 1998) édifiées dans le cadre de la loi Pêche 1984. Des passes à anguilles ont donc été supplémentées aux passes à poissons existantes. C'est par exemple le cas du barrage de Poses-Amfreville, dans l'Eure (27), où, en 2013, une passe à anguilles a été ajoutée à la passe à poissons existante.

Ce barrage est le lieu de l'étude présentée. Construit à 160 km du littoral, il représente le premier obstacle à la continuité écologique de la Seine (Figure 1).

Figure 1 : Localisation du barrage de Poses-Amfreville

L'objectif de l'étude est de fournir un indicateur sur le recrutement de la Seine en Anguille européenne pour le Comité de Gestion des Poissons Migrateurs (COGEPOMI). Le COGEPOMI a pour principale mission l'élaboration d'un plan quinquennal de gestion des poissons migrateurs (PLAGEPOMI). C'est pourquoi cette étude incorpore plusieurs problématiques :

- Les dispositifs de franchissement des anguilles à Poses sont-ils fonctionnels et quels en sont les limites ?
- Quel est le recrutement de la Seine en anguille européenne, qualitativement et quantitativement ? De quelle manière évolue-t-il ?

2017 est la quatrième année d'étude sur le dispositif de montaison des anguilles sur le barrage de Poses en rive gauche. Ce suivi, comme les trois précédents, a eu pour but d'estimer le recrutement de la Seine en Anguille européenne, de suivre l'évolution temporelle de l'activité migratrice de l'espèce, d'identifier les pics de migration et d'évaluer l'effet potentiel des facteurs environnementaux sur la migration des individus.

Pour ce faire, la biométrie des individus utilisant ces dispositifs a été effectuée dans un premier temps. Dans un second temps une méthode de capture-marquage-recapture des anguilles fut employée et enfin l'installation de pièges passifs a permis d'évaluer l'accessibilité et le franchissement des dispositifs par les différents stades de développement de l'espèce.

I. L'anguille européenne

1. Cycle de vie

L'anguille européenne, *Anguilla anguilla*, est une espèce amphihaline thalassotoque. En effet, celle-ci se reproduit en mer et croît en rivière. L'anguille prendrait naissance dans la Mer des Sargasses (Schmidt, 1922), au large de la Floride. Dès la naissance, la larve leptocéphale de l'anguille commence à migrer vers le continent européen de manière passive et grâce aux courants du Gulf Stream. Après environ un an de migration (Lecomte-Finiger, 1992), la leptocéphale, à l'approche du talus continental européen, effectue se première métamorphose. Elle passe alors au stade de civelle et acquiert une nage active et commence à migrer le long de l'estuaire. A la fin de l'hiver, lorsque les températures augmentent, la civelle acquiert une pigmentation. Dès lors, la civelle devient une anguillette (Adam *et al*. 2008). En grandissant, ces dernières deviennent des anguilles jaunes. Celles-ci se sédentarisent dans les cours d'eau pour y croître durant 3 à 14 ans pour les mâles et 6 à 18 ans pour les femelles. Après cette période, l'anguille effectue sa deuxième métamorphose appelée « l'argenture ». L'argenture est un phénomène de modifications physiologiques et morphologiques qui a lieu dans le but de se préparer à la migration transatlantique (Bruslé et Quignard, 2013). Une fois la métamorphose finit, l'anguille dévale les cours d'eau pour rejoindre la Mer des Sargasses, s'y reproduire et y mourir (Durif *et al.*, 2008)(Figure 2).

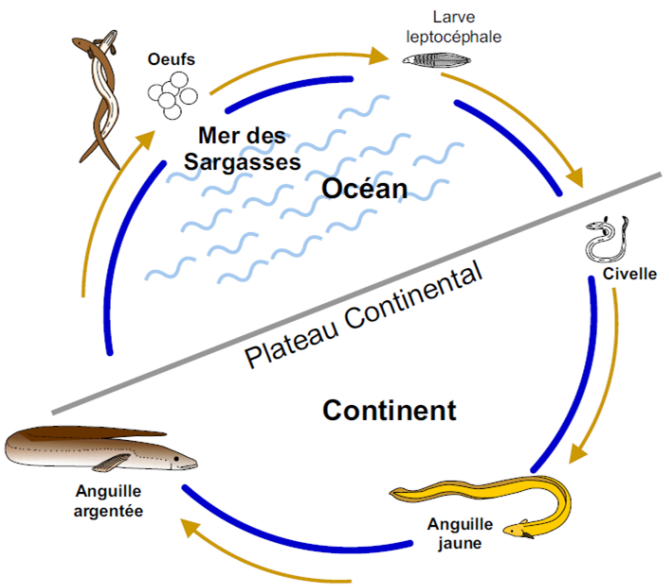


Figure 2 : Cycle de vie de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) (Imbert, 2008)

2. Une espèce en danger critique d'extinction

D'après l'IUCN, l'Anguille européenne est une espèce en danger critique d'extinction. Ceci est en parti dû à son cycle de vie complexe. Tous les stades de ce cycle font face à des menaces d'origines naturelles et anthropiques :

- Origines « naturelles » :
    - Modifications hydroclimatiques
    - Prédation
    - Infestations parasitaires
    - Infections microbiennes
- Origines « anthropiques » :
    - Surpêche
    - Obstacles à la montaison et à la dévalaison (barrages, seuils, écluses …)
    - Modification de l'habitat (dragage, drainage, remodelage, extraction de granulats)
    - Pollution (métaux lourds, pesticides, hydrocarbures, détergents, phénols…)
    - Parasites allochtones (le nématode *Anguilicola crassus*)

Autrefois, les anguilles étaient abondantes dans nos cours d'eau, à tel point que celle-ci fut classée nuisible jusqu'en 1984 (Bruslé et Quignard, 2013). Depuis, le stock de civelles aurait diminué de plus de 90%.

II. Le site d'étude : barrage de Poses

1. Présentation du barrage

Le barrage de Poses-Amfreville (Figure 3), plus communément appelé « Barrage de Poses », a été construit en 1885 entre les communes de Poses (rive gauche) et d'Amfreville-sous-les-Monts (rive droite), dans le département de l'Eure (27). Le barrage, situé à 163 km de la mer, marque la fin de l'estuaire de la Seine. L'aval du barrage est donc soumis au marnage. L'infrastructure présente une hauteur de chute d'eau de 5 m et représente alors le premier obstacle infranchissable pour les poissons migrateurs. En rive droite du fleuve, deux écluses ont été bâties afin d'assurer le passage des bateaux sur la Seine. C'est en 1991 qu'une usine hydroélectrique (HYDROWATT) a été supplémentée à la rive gauche du barrage. Afin d'entrer en conformité avec la loi Pêche, une passe à poissons a été construite au même moment ainsi qu'une chambre d'observation. En 2013, cette passe s'est vu être équipée d'une passe à anguilles. Au vu des dimensions de l'ouvrage (490 m de long) (Figure 4) et de son emplacement, la construction d'une deuxième passe à poissons et à anguilles fut nécessaire. Les travaux devraient s'achever fin 2017 et permettront d'apporter de nouvelles réponses quant à la fonctionnalité des passes présentes en rive gauche et quant au recrutement de la Seine en anguilles.

Figure 3 : Vue aval du barrage de Poses (Eure, 27)

Figure 4 : Vue aérienne légendée du barrage de Poses (date de la prise de vue : 10/09/2015) (source : www.géoportail.gouv.fr)

2. Passe à poissons

Conformément à la loi Pêche du 29 juin 1984, une passe à poissons a été construite en rive gauche par la société Hydrowatt afin de permettre la libre circulation des poissons, migrateurs ou non. Il s'agit d'une passe à bassins successifs d'une longueur de 86m, constituée de 23 bassins avec un dénivelé de 30cm entre chaque bassin. Celle-ci a été munie d'une chambre d'observation divisée en deux parties. Une, créée dans un but pédagogique, est accessible au public. Elle est munie de vitres, permettant ainsi d'observer les poissons qui utilisent la passe. Cette salle est appelée « Seinoscope » (Figure 5). La deuxième salle a un rôle plus scientifique. C'est une salle de vidéo-comptage qui est munie d'une caméra qui enregistre le passage de chaque poisson. Ceci permet de réaliser un suivi quotidien des poissons qui empruntent la passe. Ils sont identifiés par ombre chinoise (car en contre-jour du rétro-éclairage), comptés et mesurés (Figure 6).

Figure 5 : Des visiteurs au Seinoscope (source : SEINORMIGR)

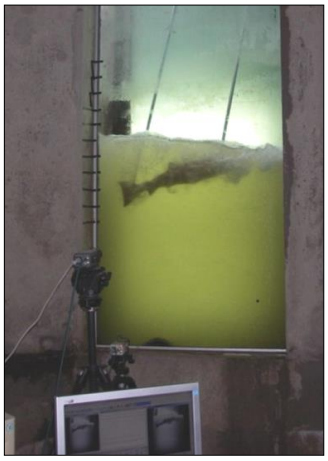


Figure 6 : Salle de vidéo-comptage de la rive gauche (source : SEINORMIGR)

À l'origine, cette passe ne permettait pas le passage des Anguilles européennes. C'est pourquoi une passe à anguilles a été construite en 2013 et ajoutée à la passe à poissons d'origine (Annexe 1).

III. Recrutement de la Seine en Anguille européenne

L'anguille européenne est un poisson migrateur en danger critique d'extinction d'après l'IUCN. Ce poisson colonise nos fleuves et rivières et dans le but de suivre l'état de sa population, un suivi pluriannuel du recrutement de la Seine en anguille est réalisé. Cette année sera la quatrième année de suivi de l'Anguille européenne sur la rive gauche.

Afin de permettre la migration de l'anguille sur la Seine, deux passes à anguilles ont été installées sur le premier ouvrage infranchissable du fleuve : le barrage de Poses. Cette étude a pour objectif de savoir si la passe de la rive gauche est efficace, fonctionnelle et accessible. Mais avant tout, elle vise à évaluer la population d'anguille européenne sur la Seine et ainsi de juger si les effectifs chutent ou, au contraire, se rétablissent au cours du temps.

1. Matériels et méthodes

a) Dispositif de franchissement et de piégeage

i. Rive gauche

La passe à anguilles de la rive gauche du barrage a été construite après la passe à poissons, c'est pourquoi elle y est superposée (étant construite par-dessus la passe existante, la conformation de l'ouvrage n'est pas idéal). Elle mesure au total 61 mètres et est divisée en trois parties (Figure 7) :

- Une partie aval constituée de trois rampes de type « brosse » inclinées à 45° (1 et 2 de la figure 7). Les brosses servent de substrats de reptation pour les anguilles. Mais encore, pour faciliter la montée des anguilles sur les rampes, de l'eau passe sur ces dernières grâce à un système de pompes à eau. La première rampe est constamment immergée dans la Seine, permettant ainsi aux anguilles de passer même en cas de forte marée descendante. De plus, chaque rampe est séparée par un bassin de repos, appelé « collecteur » pour qu'elles puissent se reposer avant d'entamer l'ascension de la rampe suivante. Enfin, la dernière rampe est surmontée d'un collecteur (3) permettant aux anguilles de passer à la section suivante :
- Le canal de liaison (3, 4, 5) est un tube en PVC d'une longueur de 56 m qui présente une pente négative de 2%. Il se déverse dans un autre collecteur (6).
- La partie amont est constituée d'une rampe inclinée à 35° (6, 7). Sur cette rampe se développent des Hépatiques des fontaines (*Marchantia polymorpha*). Cette végétation présente sur les brosses permet de garder une atmosphère très humide et de faire diminuer les variations de températures air/eau auxquelles les anguilles sont confrontées lorsqu'elles utilisent les rampes. L'aval de cette rampe est relié au collecteur où se déverse le canal de liaison (6) et son amont est relié à un autre collecteur lui-même relié à un filet (8).

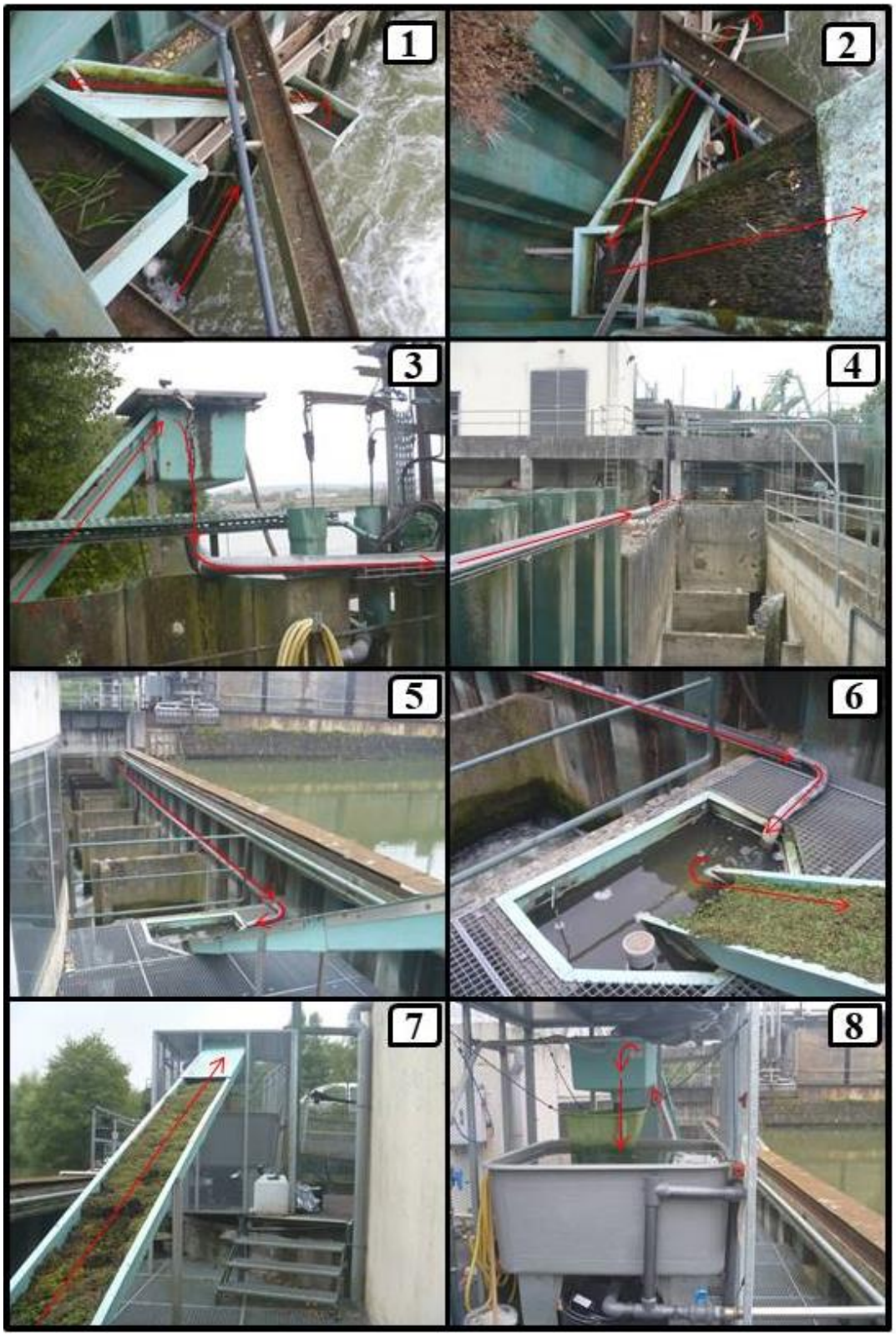


Figure 7 : La passe à anguilles de Poses. *Les flèches rouges indiquent le chemin pris par les anguilles* (source : SEINORMIGR)

b) Fréquence de suivi du piège

Le suivi de la passe à anguilles en rive gauche est assuré depuis 2014. Les trois années précédentes ainsi que l'analyse du vidéo-comptage ont mis en évidence une arrivée et une reprise de migration des anguilles à Poses à partir de mi-avril, lorsque la température de l'eau atteint les 14°C (Mullet, 2014 ; Lenoir, 2015 ; Flesselle, 2016). C'est pourquoi le suivi de l'activité de montaison s'est fait à partir du 16 avril 2018.

c) Entretien des dispositifs de piégeage

Afin d'assurer un bon fonctionnement du dispositif de piégeage, une vérification et un nettoyage du système sont réalisés à chaque relevé du piège. Les vérifications consistent à s'assurer que :

- Les pompes fonctionnent
- Les débits d'eaux, dans les répartiteurs et le canal de liaison, sont suffisants
- Les rampes sont alimentées en eau
- Le deuxième collecteur (rive gauche) ne déborde pas à cause du colmatage des crépines
- Les armoires électriques fonctionnent correctement

Le nettoyage de la passe à anguilles consiste à :

- Enlever le limon et autres débris s'accumulant dans le deuxième collecteur et dans le vivier
- Nettoyer les crépines dans les viviers
- Débarrasser les répartiteurs des déchets aspirés. Ils peuvent s'y accumuler et gêner la bonne répartition des eaux
- Nettoyer les rampes de tous obstacles (déchets, mauvaises herbes, algues…)
- Nettoyer les filets de piégeage

d) Paramètres environnementaux

Différents paramètres environnementaux sont relevés afin d'établir une corrélation entre ces derniers et le comportement migrateur des anguilles.

i. Température

La température de la Seine est mesurée grâce à une sonde automatique qui mesure la température de l'eau toutes les 6 heures.

ii. Hydrodynamie

Le débit est récupéré sur la banque Hydro (www.hydro.eaufrance.fr). La station de mesure se situe à Vernon, dans l'Eure (27) (code station : H8100021).

e) Fonctionnement du dispositif de piégeage

Afin de quantifier et d'évaluer l'âge des d'anguilles qui utilisent les passes, la biométrie des anguilles piégées est réalisée à chaque relevé. Les individus sont mesurés à l'aide d'un ichtyomètre (précision 1 mm) et pesés grâce à une balance (précision 0,1 g). Au préalable, les anguilles sont anesthésiées dans une solution d'eugénol. La méthode de comptage diffère selon le nombre d'individus piégés :

- Moins de 50 individus : la biométrie de chaque individu est réalisée (Figure 8).

Figure 8 : Biométrie des anguilles (source : SEINORMIGR)

- Plus de 50 individus : les anguilles sont séparées en trois groupes grâce à deux tamis de mailles 3 ou 6 mm (Figure 9) :

  - Tamis 3 mm : individus de l'année (ils mesurent alors moins de 80 mm)
  - Tamis 6 mm : individus âgés d'un été (ils mesurent entre 80 et 150 mm)
  - Refus de tamis : individus âgés au moins de deux étés (ils mesurent plus de 150 mm)

  Si le nombre d'anguille dans chaque groupe est inférieur à 50, alors chaque individu est mesuré et pesé. Si dans un groupe, le nombre d'individu est supérieur à 50, alors la biométrie est effectuée sur 50 individus échantillonnés au hasard. Les autres anguilles sont pesées ensemble et sont dénombrées grâce à un calcul utilisant le poids moyen des 50 individus dont la biométrie a été réalisée précédemment.

Figure 9 : Tamisage des anguilles (source : SEINORMIGR)

f) Efficacité des passes à anguilles

C'est en 2015 que le suivi de l'efficacité de la passe a commencé en rive gauche grâce à une méthode de capture-marquage-recapture (CMR). En complément, une méthode de piégeage passif a été faite depuis 2016. Ces méthodes ont permis d'émettre différentes hypothèses quant à la difficulté d'accès et de franchissement des rampes, mais aussi quant à la sélection de la passe sur les plus petits individus.

Les opérations de CMR permettent d'évaluer l'accès et la franchissabilité du dispositif présent en rive gauche. Ainsi, on obtiendra deux taux, le premier dit de « refranchissement » qui traduira la faculté de l'anguille à refranchir le dispositif après l'avoir remise dans le premier collecteur, et le deuxième dit « d'accès » qui évaluera l'accessibilité des rampes. En outre, cette méthode permettra d'apprécier le comportement des anguilles au sein des rampes.

Les pièges passifs sont utilisés cette année pour compléter les données obtenues jusque-là. Ces données indiquaient que les petits individus restaient bloqués à l'aval du barrage et avaient du mal à se rendre à la passe à anguilles. Cette année va permettre de confirmer ou d'infirmer ces hypothèses. De plus, le placement d'un piège passif en amont des écluses permettra de savoir si des anguilles franchissent le barrage par les écluses situées en rive droite.

i. Franchissabilité de la passe à anguilles

Pour répondre à cette question, des flottangs ont été utilisés (Figure 10). Un flottang est un piège passif basé sur le principe de l'habitat artificiel. Cet habitat est propice aux plus jeunes stades de l'anguille (< 120mm). Le principe de cet outil

Figure 10 : Flottang sur les berges de la Seine (source : SEINORMIGR)

repose sur l'assemblage de treillis tridimensionnels. Dix carrés de treillis mesurant 50 × 50 cm sont joints par quatre flotteurs. Ils sont installés le long des berges et les anguilles s'y glissent pour se cacher et se reposer avant de reprendre la migration vers l'amont. Ce piège a été développé en 2014 par la Cellule Migrateurs Charente Seudre (Schaal, 2014).

La disposition des flottangs autour du barrage de Poses a été choisie pour des raisons particulières. Un flottang a été placé en aval de la passe pour savoir si celle-ci s'accumulent à ce niveau-là, mais aussi, en comparant avec les effectifs obtenus par la passe piège, cela permettra de confirmer l'hypothèse sur la sélection de cette passe sur les petits individus. Un autre flottang a été placé au sein même de la passe à poissons afin de savoir si les anguillettes s'engagent dans la passe à poissons. Un autre piège a été placé en amont des écluses et permettra de savoir si les anguillettes utilisent les écluses pour franchir le barrage. Les flottangs ont été installés du 20 juillet 2017 au 25 août 2017.

Pour récupérer les anguilles dans les flottangs, ces derniers sont péchés à l'aide d'une épuisette de 60 cm de diamètre pour éviter que les anguilles ne s'échappent. Si le flottang n'est pas atteignable par une épuisette, alors celui-ci est simplement tiré hors de l'eau sans réceptacle pour les anguilles. Une fois que le flottang est hors de l'eau, il est placé verticalement dans un bac pour permettre aux anguilles d'y tomber par gravité. Tous les individus qui étaient piégés sont anesthésiés dans une solution d'eugénol pour être mesurés à l'aide d'un ichtyomètre.

ii. Capture-marquage-recapture des anguilles

Lors de la première année de suivi (en 2014), 11 762 ont été anguilles capturées au piège. Ce chiffre a alors permis d'émettre trois hypothèses majeures :

- Le recrutement de la Seine en anguille européenne est faible
- L'accès aux rampes est trop compliquée à cause des forts courants émis par l'usine hydroélectrique qui viennent s'écraser contre une berge faites de palplanches.
- La passe à anguilles est peu fonctionnelle et laisse échapper un grand nombre d'anguillettes.

L'année suivante, la décision d'effectuer deux campagnes de capture-marquage-recapture a été prise afin de conclure quant à ces deux dernières hypothèses.

Cette année sera donc la troisième année de mise en place de cette méthode. En effet, utiliser la CMR permet d'évaluer le taux de refranchissement et d'accès de la passe à anguilles mais aussi de déterminer le temps nécessaire aux anguilles pour franchir les rampes.

<u>Le marquage au VIE :</u>

La méthode de marquage doit être soigneusement sélectionnée et doit répondre à plusieurs exigences. En effet, les individus marqués sont jeunes, ainsi le marquage ne doit pas affecter leur croissance. La méthode ne doit pas non plus affecter leur survie, leur

comportement et leur probabilité de capture. Toutefois, les marques doivent être visibles et lisibles. Elles ne doivent pas non plus se dégrader avant la fin de l'étude et comme les anguilles peuvent retarder leur migration jusqu'aux années suivantes, l'idéal serait que la marque puisse rester pendant quelques années. Enfin, la méthode doit être adaptée aux conditions de terrains et de faible coût. C'est alors l'utilisation du Visible Implant Elastomer (VIE) (Imbert *et al.*, 2007) qui semble la plus adaptée à notre étude. L'utilisation du VIE (Northwest Marine Technology Inc., Shaw Island, WA, USA) est une méthode spécialisée dans le marquage d'animaux aquatiques dans le cadre de techniques de CMR, que ce soit en laboratoire ou sur le terrain. Le marquage au VIE confère plusieurs avantages (Imbert *et al.*,2007 ; Delcourt *et al* ., 2011 ; Simon et Dörner, 2011) :

- C'est un matériau élastomère avec un large panel de couleurs dans le spectre visible. Certaines de ces couleurs sont fluorescentes aux rayons ultraviolets (UV).
- Il est stable dans le temps.
- Il est injecté dans des zones du corps translucides, ce qui permet une identification externe rapide.
- Aucun effet n'a été observé sur le comportement, la mortalité et la croissancedes individus.
- C'est une méthode fiable pour le marquage individuel des jeunes anguilles.
- Il est utilisé sur le terrain.
- C'est une méthode simple, rapide et de faible coût.

Toutefois, cette méthode présente aussi des inconvénients non négligeables et reste adaptée à des faibles effectifs à contrôler :

- Nécessite une manipulation individuelle de chaque poisson capturé pour le marquage
- La lecture de la marque nécessite une observation minutieuse du poisson

<u>Protocole de marquage :</u>

En 2015, un protocole de marquage a été élaboré. C'est ce même protocole qui a été suivi en 2017 :

Pour préparer l'élastomère, un colorant et un durcisseur sont mélangés dans un bécher. La quantité de durcisseur ajouté est de 1/10ème de celle du colorant. Ce mélange est ensuite transféré dans une seringue de 0,3 ml, elle-même placée dans un injecteur manuel pour faciliter l'injection de produit. Avant d'être marquées, les anguilles sont anesthésiées dans une solution d'eugénol puis mesurées. En effet, la visibilité de la marque dépend de la pigmentation de la peau et de la profondeur de l'injection (Imbert *et al.*, 2007). De plus, la pigmentation des anguilles augmente avec leur taille, c'est pourquoi les anguilles sélectionnées ne doivent pas être trop grandes (inférieures à 110 mm environ). Sur les anguilles, le VIE est injecté sous-cutané, entre l'anus et la queue, sur la partie ventrale de l'individu qui est la moins pigmentée (Figure 11).

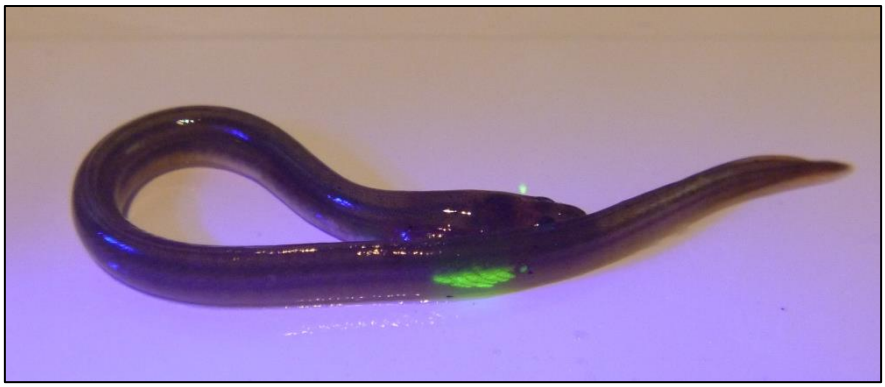


Figure 11 : Anguille marquée au VIE jaune, éclairée à l'aide d'une lampe UV (source : SEINORMIGR)

Pour vérifier si le marquage n'a aucun impact sur les anguilles, un test de mortalité est réalisé. Pour ce faire, 22 anguilles marquées ont été prises aléatoirement et mises dans un bac muni d'un bulleur durant 15 jours.

Au total, ce sont 3 campagnes de marquage qui ont eu lieu. Une fois les anguilles marquées, celles-ci étaient relâchées soit au début de la passe à anguille (1er collecteur), soit 200 m plus à l'aval. Le tableau 1 récapitule les différentes opérations de marquage de 2017.

Tableau 1 : Résumé du protocole des opérations de CMR de 2017

Date de déversement	Nombre d'individus marqués	Couleur de l'implant	Lieu de déversement
03/07/2017	72	Rouge	200m à l'aval de la passe
11/07/2017	96	Jaune	1er collecteur de la passe
21/07/2017	125	Rose	200m à l'aval de la passe

La première campagne a eu lieu le 3 juillet 2017. 72 anguilles ont été marquées au VIE rouge, mesurées et pesées. Elles ont ensuite été relâchées 200 m à l'aval du barrage, en rive gauche. Ayant un nombre trop faible d'anguilles marquées, une autre campagne de ce type a été réalisée de 21 juillet. Cette fois-ci, ce sont 125 anguilles qui ont été marquées au VIE rose, dont 22 ont été prélevées pour le test mortalité. Les relâcher 200m à l'aval permet de mieux déterminer l'accessibilité de la passe à anguilles.

Dans le cas de la CMR du 11/07/2017, un suivi sur 24 h a été réalisé. Ceci a permis de connaître le temps que mettent les anguilles pour traverser toute la passe. En effet, les dispositifs de passe à anguilles pourraient, de par leurs longueurs importantes, ralentir la dynamique de migration des anguilles. Celles-ci ont un comportement photonégatif et migrent la nuit, mais la longueur des passes induirait une arrivée dans les viviers en journée. L'objectif ici est donc de déterminer le rythme de migration nycthémérale de l'anguille au niveau du barrage de Poses, d'obtenir un temps de franchissement et un taux de survie des individus marqués.

Pour cela, 96 individus ont été marqués au VIE jaune. Les anguilles ont ensuite été relâchées en dans le premier collecteur de la passe à anguilles rive gauche, à 13h00. Puis à chaque heure, jusqu'à 12h00 le lendemain, le filet était relevé et les anguilles qui s'y trouvaient étaient anesthésiées, mesurées, pesées puis relâchées (sans oublier de vérifier s'il y avait présence d'une marque jaune).

g) Analyses statistiques

Dans le but de mettre en évidence l'effet des paramètres environnementaux sur la dynamique de migration des anguilles, le test de corrélation de Spearman a été utilisé. Ce test a été utilisé pour vérifier l'effet de la température de la Seine et du débit sur l'activité migratoire des anguilles.

Pour réaliser ces tests statistiques, le logiciel R (version 3.3.2) a été utilisé.

Ces tests ont été réalisés avec les chiffres obtenus durant la période du 1er mai au 15 juillet car celle-ci englobe le début de la migration et le pic de migration qui est survenu en juin.

2. Résultats et discussion

i. Fonctionnement du dispositif de piégeage

Du 6 avril 2018 jusqu'au 30 octobre 2017, ce sont au total **10 740** anguilles qui ont utilisés les rampes. Le plus gros pic de migration a été observé le 23 juin avec 3672 individus capturés dans la passe-piège ce jour-là. Ce pic pourrait être expliqué par l'arrivée des individus de l'année au barrage de Poses. La figure 12 présente un histogramme des effectifs journaliers additionné à une courbe représentant l'effectif cumulé d'anguilles.

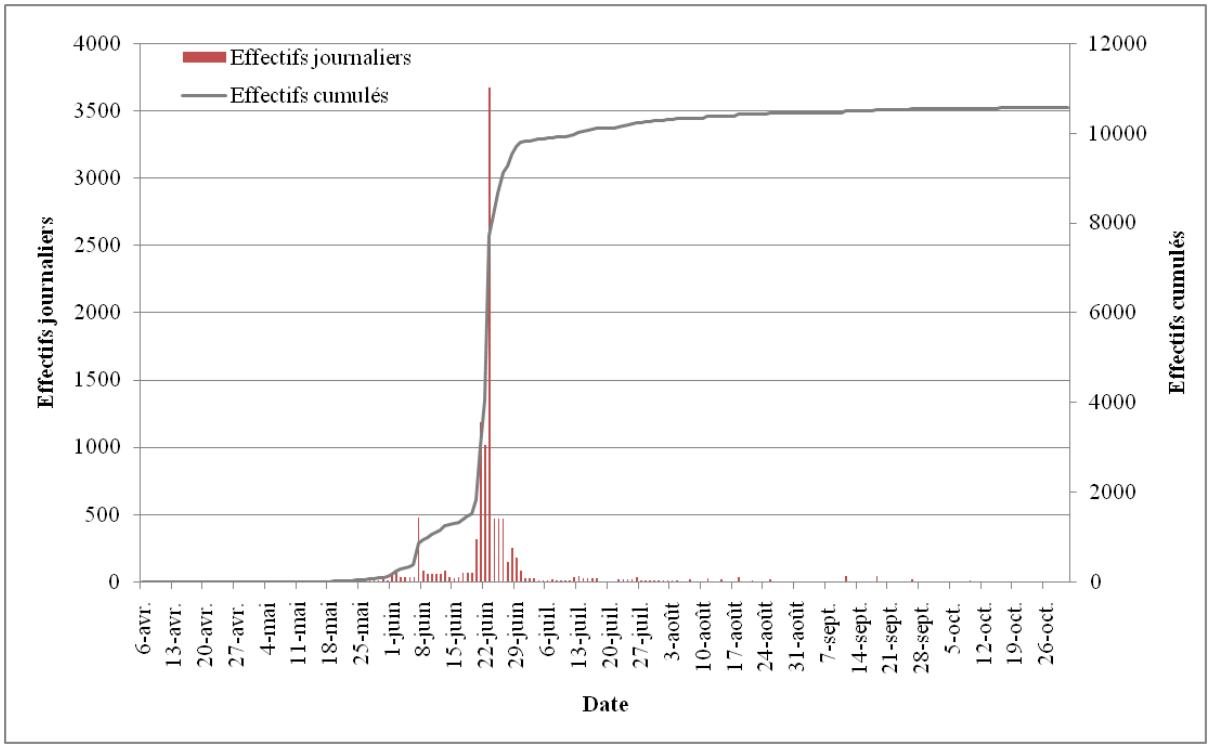


Figure 12 : Effectifs journaliers et cumulés d'anguilles capturées en 2017

Parmi ces 10 740 anguilles, 38 % étaient des anguilles âgées d'un été ou moins (taille inférieure à 100 mm) (Figure 13). C'est-à-dire qu'ils sont arrivés aux abords de l'estuaire à la fin de l'hiver 2016. Les 62 % restant sont des individus issus du recrutement des années précédentes et étaient donc en reprise de migration. La classe de taille la plus représentée cette année était celle comprise entre 91 et 95 mm et la majorité des ces individus ont été capturés lors du pic de migration du mois de juin.

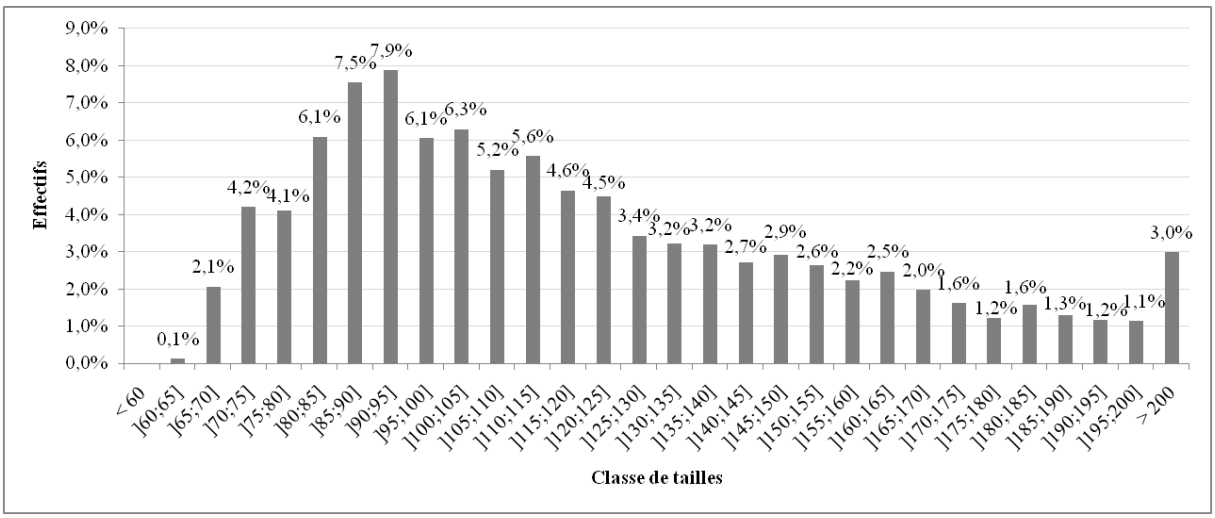


Figure 13 : Histogramme des effectifs (%) en fonction des classes de taille (mm) des individus capturés en 2017

La plus petite anguille piégée mesurait 63 mm tandis que la plus grande mesurait 380 mm. En effet, on distingue deux cohortes, la première, composée de plus grands individus (>100 mm) issus du recrutement des années précédentes, surtout présente au début du printemps mais aussi tout le long du suivi. La deuxième elle est composée de jeunes individus (un été ou moins), majoritairement présente au début de l'été (Figure 14).

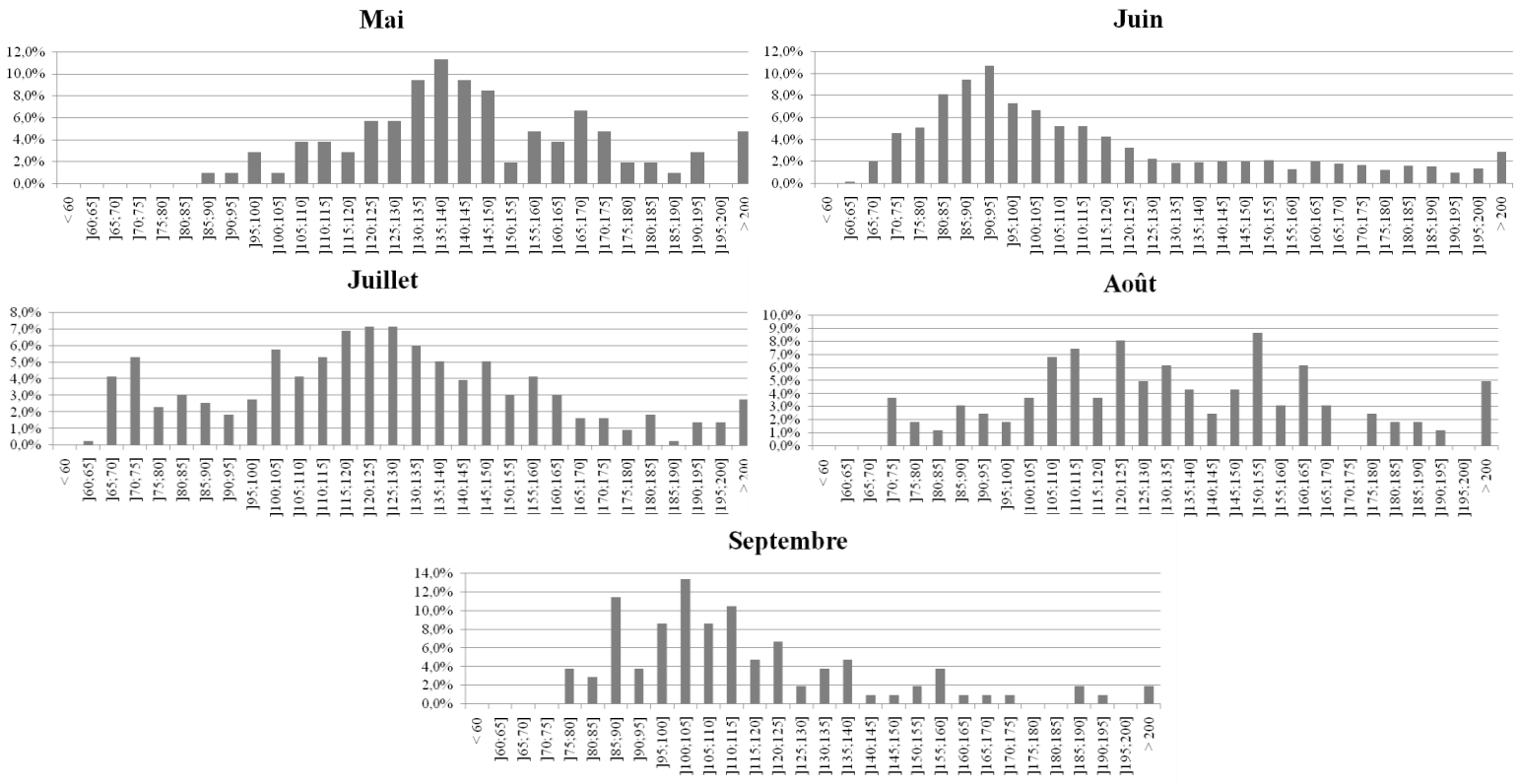


Figure 14 : Histogrammes des classes de tailles des anguilles piégées à Poses par mois. *En abscisse : les classes de tailles ; en ordonnée : les effectifs mesurés*

ii. Piégeage passif

Afin de confirmer les hypothèses des années précédentes quant à la sélection des plus jeunes anguilles au pied du dispositif, un système de piégeage passif qui se sert de flottangs a été utilisé. Un flottang a été installé au pied de la passe pour mieux répondre à cette question. De plus, pour savoir si les anguilles s'engagent dans la passe à poissons, un flottang a également été disposé dans le premier bassin de celle-ci. Enfin, pour savoir s'il y a un échappement des anguilles par les écluses, un dernier flottang a été installé en amont de celles-ci.

Les années précédente avait déjà montré une accumulation des anguilles au pied de l'ouvrage et une sélection des plus jeunes. En effet, en juillet 2016 il y a eu deux jours où les anguilles furent nombreuses dans le flottang situé en aval de la passe puisque le 25 et le 26 juillet, ce sont plus de 800 anguilles qui ont été piégées dans ce flottang. De plus, ces forts effectifs sont intervenus deux jours avant qu'un millier d'anguilles franchissent les rampes à

anguilles. Ces forts effectifs retrouvés dans les flottangs démontrent bien une accumulation des anguilles au pied de la passe et donc une difficulté pour trouver la rampe, dont l'attrait est rarement fonctionnel et masqué par les courants de l'usine hydroélectrique et de la passe à poissons. L'année dernière (2016), en juillet et août (période d'utilisation des flottangs), 26,7 % des individus capturés dans le vivier mesuraient entre 71 et 95 mm. A l'inverse et durant cette même période, les flottangs ont révélés que 83 % des individus qui s'y trouvaient faisaient partie de cette même classe de taille. Cette année, la même proportion d'anguilles de 71 à 95 mm a été retrouvée (82,8 %) dans le flottang en aval de la passe. Seulement 14,2 % des anguilles capturées dans le vivier appartenaient à cette cohorte. Bien que les flottangs soient plus propices à accueillir les petites anguilles, on note tout de même une forte différence de proportion de jeunes individus entre ceux capturés par les flottangs et ceux capturés à la passe piège. Ainsi, les rampes seraient bel et bien sélectives vis-à-vis des jeunes individus.

En ce qui concerne le flottang disposé dans la passe à poissons, quelques anguilles furent capturées, elles s'engageraient donc dans la passe à poissons. Celles capturées mesuraient moins de 85 mm et le courant et les remous présents dans la passe étant trop fort, ces dernières n'auraient pas pu franchir le barrage par cet endroit.

Le flottang situé en amont des écluses a, quant à lui, permis de capturer quelques anguilles. Cela laisse alors penser que des anguilles passent par les écluses pour franchir le barrage. Ainsi, l'estimation faite chaque année sur le recrutement de la Seine en Anguille européenne mesuré à Poses, ne reflète pas l'intégralité de ce recrutement puisque les anguilles utilisent d'autres moyens pour franchir le barrage. La prochaine mise en fonctionnement d'une nouvelle passe à anguilles située en rive droite devrait donner une idée plus précise de ce recrutement.

iii. Capture-Marquage-Recapture

Pour mieux comprendre la source du problème (accès ou confort des rampes), des opérations de capture-marquage-recapture ont été effectuées.

Trois opérations de CMR ont été conduites en 2017. Une consistait en un suivi 24h (marquage jaune), permettant de mieux comprendre le comportement des anguilles au sein du dispositif, d'estimer la vitesse de montaison du piège et d'obtenir un taux de refranchissement grâce aux nombres d'anguilles marquées qui ont remonté le dispositif. Les deux autres opérations (marquage rouge et rose) consistaient à évaluer l'accès de la passe en relâchant les anguilles marquées à 200 m à l'aval de la passe. La figure 15 résume les résultats obtenus :

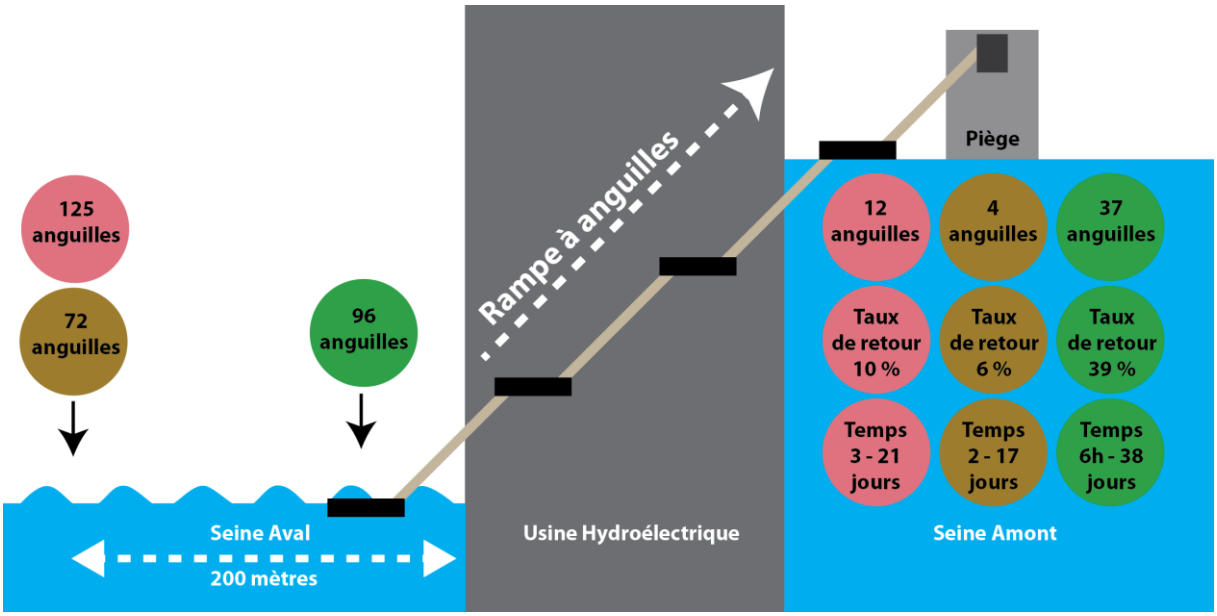


Figure 15 : Résultats des opérations de CMR de 2017 (source : SEINORMIGR).
Marron = 1er marquage du 03/07/17 au VIE rouge.
Vert = 2ème marquage du 11/07/17 au VIE jaune : suivi 24h.
Rose = 3ème marquage du 21/07/17 au VIE rose
La bulle « Temps » indique à quel moment la première anguille marquée et la dernière anguille marquée sont arrivées au piège.

Durant le suivi 24h, ce sont au total 19 anguilles marquées et 41 non marquées qui ont été capturées. Rien n'est parvenu au piège durant les deux premières heures (Figure 16). Les premières anguilles marquées sont arrivées au bout de 6 heures. On constate un léger pic de migration à ce moment-là, ce qui laisserait imaginer que les anguilles mettent entre 6 et 8 heures pour arriver au piège. Après ce suivi, des anguilles marquées au VIE jaune ont encore été capturées. Le jour suivant (H +48), 13 anguilles marquées ont été capturées contre 29 non marquées. La dernière anguille marquée au VIE jaune a été retrouvée le 18 août 2017, soit 38 jours plus tard. Au total, 37 anguilles sur 96, soit 39%, ont refranchi le dispositif. Ce chiffre montre un inconfort de la rampe. En effet, celles-ci sont fortement susceptibles de retomber dans la Seine en rampant sur le dispositif. De plus, au moment du relâcher des anguilles marquées, un crabe chinois a été aperçu dans le collecteur où les anguilles ont été déversées. Enfin, la fatigue post-marquage pourrait aussi affecter la remontée des anguilles.

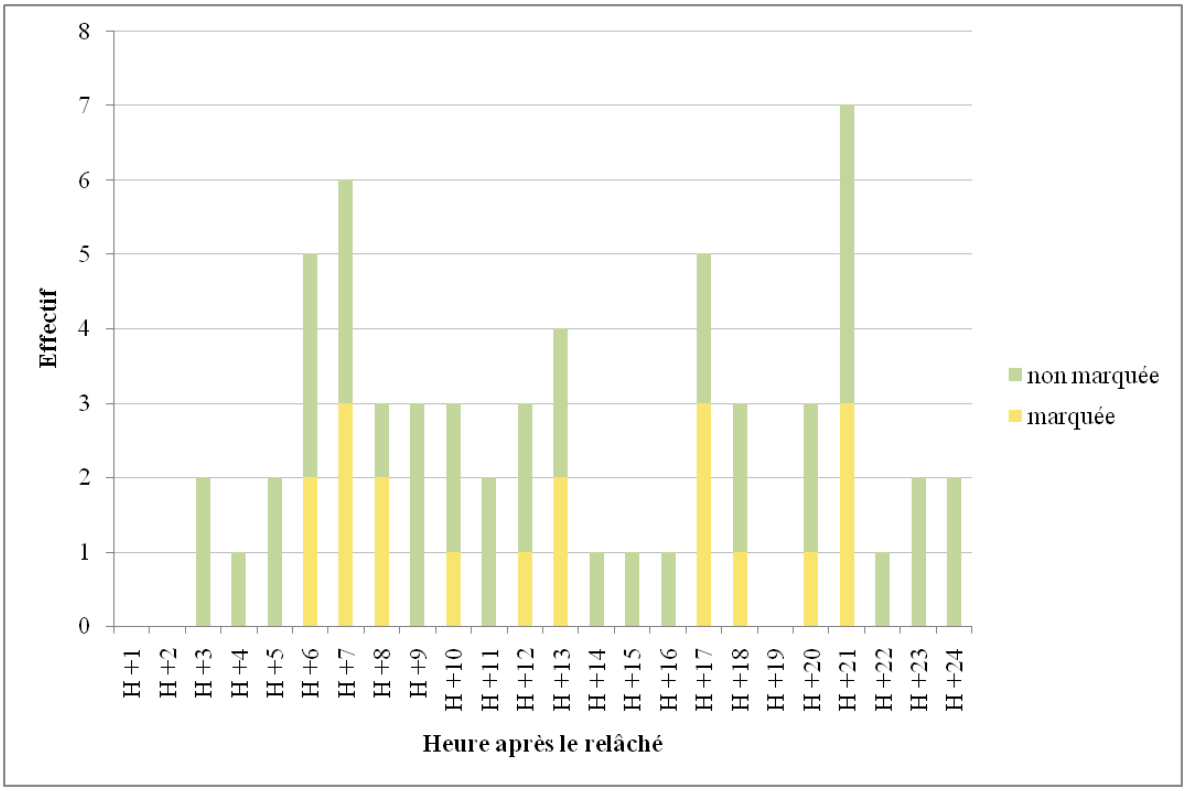


Figure 16 : Histogramme des effectifs d'anguilles européennes capturées durant le suivi 24h.

Pour les deux dernières opérations de CMR de 2017 (marquage jaune et rose), il faut noter qu'aucune anguille de moins de 105 mm n'a été recapturée (figure 17 et 18). On ne peut conclure pour le marquage au VIE rouge car les données de biométrie sont manquantes pour cette recapture.

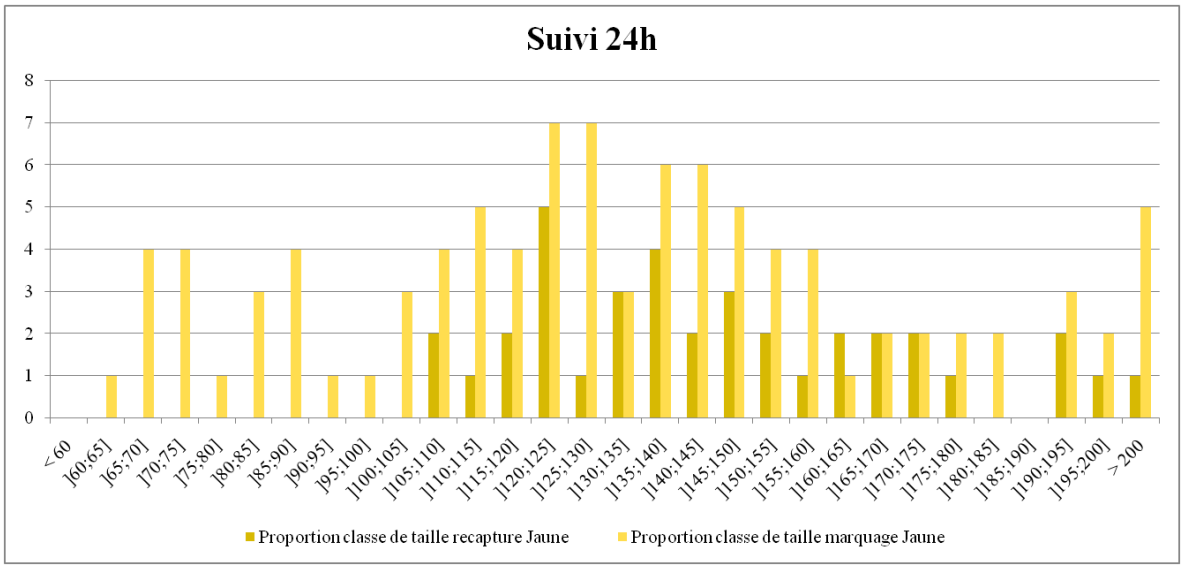


Figure 17 : Effectifs et classe de taille des individus marqués au VIE jaune (suivi 24h) puis recapturés

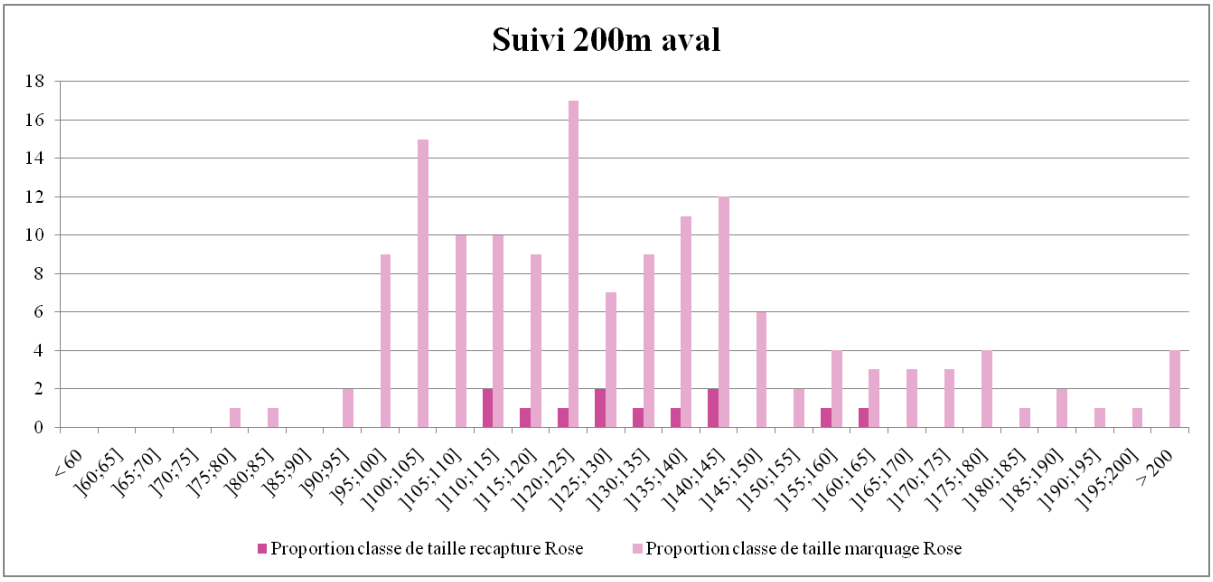


Figure 18 : Effectifs et classe de taille des individus marqués au VIE rose (déversement 200 m aval) puis recapturés.

L'histogramme présenté ci-dessus (figure 18) permet d'observer un faible taux de recapture. Pour ce marquage (rose), ce sont 125 anguilles qui ont été capturées et marquées pour seulement 12 anguilles recapturées. Le taux de recapture est donc de 10%. En ce qui concerne le marquage rouge, le taux de recapture est de 6% puisque 72 anguilles ont été marquées et seulement 4 ont été recapturées. Ces faibles taux de recapture ainsi que le fait qu'aucune anguille de moins de 105 mm n'est été capturée indiquent un problème d'accès aux rampes. Le dispositif se situe à côté d'une usine hydroélectrique qui émet de forts courants et induit de fortes turbulences. En effet, l'anguille n'a pas une forte capacité natatoire à contre-courant et se sert donc de substrats rugueux pour se mouvoir. Or, les palplanches présentes sur la berge à l'aval du dispositif de franchissement constituent un substrat lisse sur lesquels viennent s'écraser de forts courants. Toutes ces conditions rendent l'accès à la première rampe difficile, tout particulièrement pour les plus jeunes anguilles. Toutefois, il faut aussi prendre en compte la fatigue et le stress induit par le marquage qui ne permettrait pas aux anguilles de trouver et franchir une deuxième fois le dispositif.

iv. Comparaison des suivis interannuels

2017 est la quatrième année de suivi de l'Anguille européenne sur la Seine au niveau du barrage de Poses. Ce sont **10 740** anguilles qui ont été capturées durant la période du 1er avril au 31 octobre.

Pour la même période, en 2014, ce sont **12 398** anguilles qui ont franchi le barrage de Poses grâce à la passe à anguilles. En 2015, seulement **4 915** anguilles se sont présentées au piège. Enfin, en 2016, **13 642** anguilles ont franchi le dispositif.

Les courbes des effectifs cumulés de chaque année, présentes en figure 19, montrent que les premières anguilles arrivent surtout en juin. La taille de ces individus (Annexe 2) indique

qu'ils sont issus du recrutement des années précédentes, cela signifie qu'ils sont âgés de plus d'un été et qu'ils sont en reprise de migration. En effet, pour chaque année, on observe que les individus de l'année (qui font entre 60 et 85 mm) arrivent en juillet. Un dernier pic de migration, de plus ou moins grande amplitude, est survenu en août lors des années 2014, 2015 et 2016. En observant la répartition des tailles, on observe qu'en août, ce sont majoritairement des individus de l'année qui se sont présentés au piège, exceptée pour l'année 2015 et 2017. En observant, l'allure des histogrammes des classes de tailles de chaque années (Figure 20), on observe que 2015 et 2017 ont été des années plutôt pauvre en jeunes individus. Sur l'histogramme de 2016, on observe deux cohortes : une de taille plus petite, correspond aux anguilles issues du recrutement de cette année, et une taille plus grande, reflétant les individus âgés de plus d'un été.

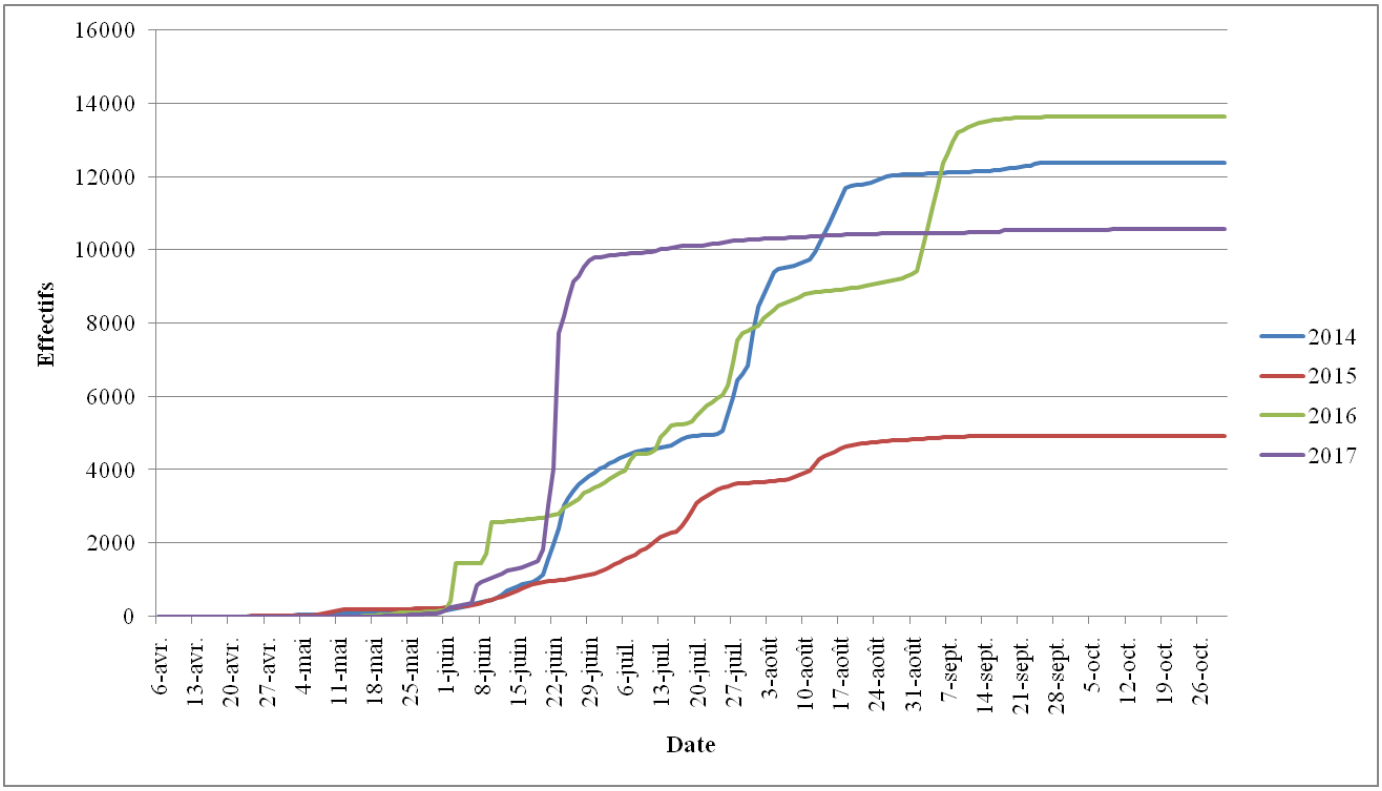


Figure 19 : Courbes des effectifs cumulés d'anguilles qui se sont présentées au piège lors de la période du 1er avril au 19 août des cinq années de suivi

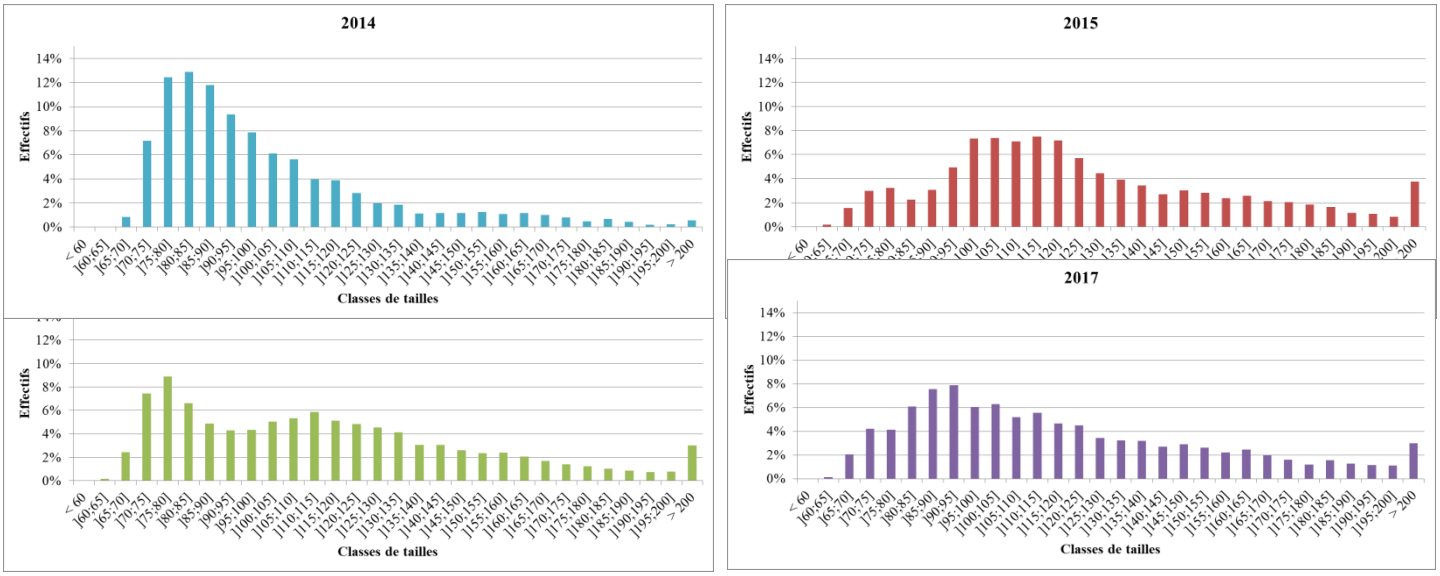


Figure 20 : Histogrammes des classes de tailles des anguilles capturées à Poses lors des différentes années de suivi

Les opérations de marquage ont lieu depuis 2015 dans le but de suivre l'efficacité de la passe à anguilles. Les résultats des opérations de capture-marquage-recapture sont présentés dans les tableaux 5 et 6.

Tableau 2 : Résultats des marquages 24h des années 2015, 2016 et 2017

	Marquage 24h		
Année	2015	2016	2017
Date	23/07/2015	12/07/2017	11/07/2017
Nombre d'individus marqués	51	100	96
Effectifs retours en 24h	12	48	19
Effectifs retours totaux	13	72	37
Taux de retour	25,5%	72,0%	38,5%
Premier individu recapturé	+5 heures	+2 heures	+6 heures
Dernier individu recapturé	+6 jours	+5 jours	+38 jours

Tableau 3 : Résultats des marquages 200 m aval des années 2015, 2016 et 2017

	Marquage 200 m aval passe			
Année	2015	2016	2017 (1)	2017 (2)
Date	27/07/2015	08/07/2016	03/07/2017	21/07/2017
Nombre d'individus marqués	152	200	72	125
Effectifs retours totaux	20	6	4	12
Taux de retour	13,2%	3,0%	5,6%	9,6%
Premier individu recapturé	+1 jours	+4 jours	+ 2 jours	+3 jours
Dernier individu recapturé	+15 jours	+44 jours	+ 17 jours	+21 jours

Dans la globalité, les résultats sont très variables et assez « mauvais ». Pour rappel, lors du marquage 24h, les anguilles marquées sont directement relâchées dans la passe à anguilles, au niveau du premier collecteur. Ainsi, même un taux retour de 72,0%, obtenu en 2016, n'est pas très bon et signifie que les anguilles retournent en Seine, soit en retombant des rampes lorsqu'elles les gravissent, soit directement lors du relâcher (l'épuisement post-marquage ferait qu'elles se laisseraient peut-être emporter par le faible courant présent dans le collecteur). Le marquage de 2016 permet de savoir que les anguilles sont capables de refranchir le dispositif en 2 heures. Les résultats du marquage 200 m aval sont mauvais et indiqueraient un accès trop compliqué (la complication étant en partie due à la fatigue des individus, accentuée en les relâchant à au pied de l'obstacle après le marquage) et un manque d'attractivité de la passe.

h) Effet des paramètres environnementaux

Pour vérifier l'effet des paramètres environnementaux, les effectifs obtenus lors de la période du 1er mai au 15 juillet 2017 ont été utilisés.

En observant la figure 21, on visualise graphiquement que la dynamique de migration des anguilles est corrélée avec la température de l'eau.

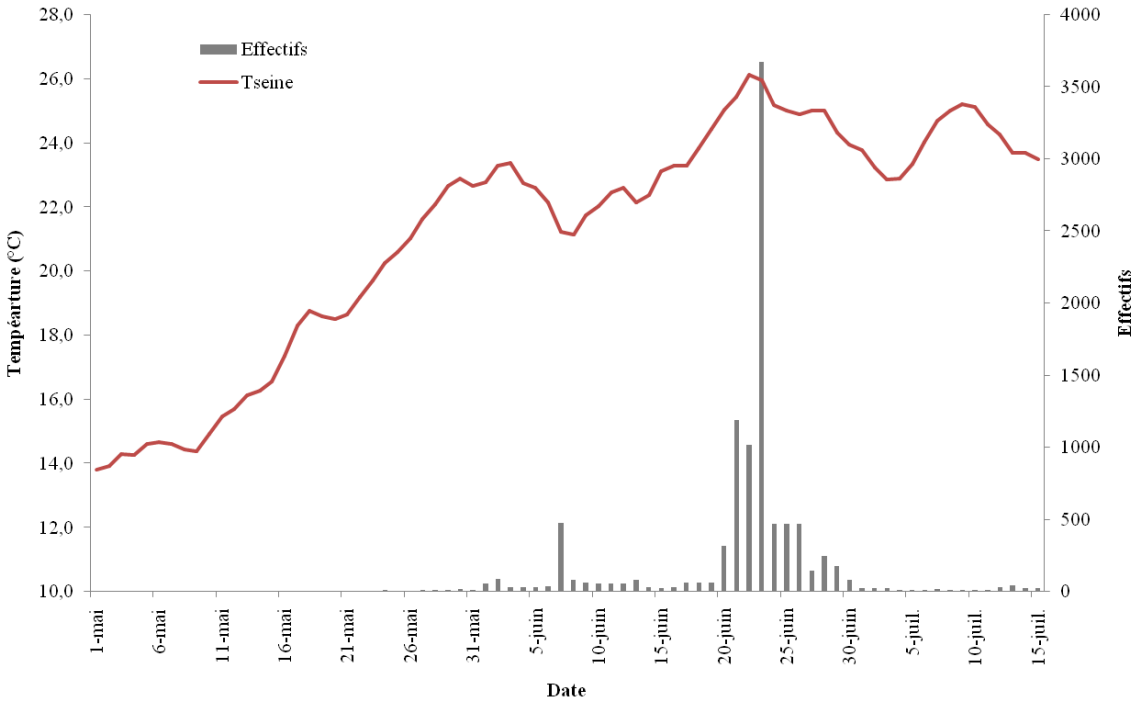


Figure 21 : Effectifs journaliers (rive droite) et température de la Seine, du 1er juillet au 17 août 2018.

D'après le test de Spearman, il existe bien une corrélation positive significative entre la température et la migration des anguilles (ρ = 0,75, p-value = $3{,}6.10^{-15}$). Le test indique aussi une corrélation négative significative avec le débit (ρ = -0,71, p-value = $4{,}2.10^{-13}$). Mais

comme le débit est corrélé à la température de l'eau (ρ = -0.81, p-value = $2{,}2.10^{-16}$), on ne peut savoir quel facteur a un effet sur la dynamique migratoire des anguilles. Toutefois, les suivis précédents ainsi que des études notamment décrite par Jonsson en 1991, indiquent que la température de l'eau joue un rôle majeur dans la migration anadrome des anguilles. En outre, le débit jouerait aussi un rôle, mais plus particulièrement sur les petits cours d'eau, ce qui n'est pas le cas de la Seine.

IV. Conclusion

Au cours de cette quatrième année de suivi, 10 740 anguilles ont été capturées dans le piège de la passe à anguilles de Poses (située en rive gauche du barrage). 38,1 % étaient des individus issus du recrutement de 2017. Ce recrutement est en accord avec la moyenne de 41,2% d'individus de l'année obtenue en comparant tous les suivis. Sur ce dernier point, 2014, la première année de suivi, fut assez exceptionnelle puisque ce sont 62,3 % des individus capturés qui étaient issus du recrutement de l'année (contre 25,4 % en 2015, 39,0 % en 2016 et 38,1% en 2017).

Les opérations de marquage mises en place durant ces années de suivi ont permis de calculer un taux d'accès aux rampes moyen de 7,85 %. Si l'on applique ce taux aux effectifs obtenus cette année, alors on peut estimer que si 100% des anguilles qui se présentaient au pied du barrage le franchisse, alors environ 137 000 anguilles seraient passées par la passe à anguille de Poses. Une forte proportion de ces anguilles restent donc bloquée au pied du barrage, ou doivent trouver un autre moyen pour le franchir. Les flottangs ont permis de mettre en évidence qu'il y avait un échappement des anguilles par les écluses. De plus, la forte capacité de reptation de cette espèce leur permettrait très probablement de franchir le barrage en rampant sur les parois de celui-ci. La CMR et le système de piégeage ont aussi permis d'affirmer la mauvais accessibilité et attractivité de cette passe à anguilles. En effet, les forts courants, les palplanches, les turbulences, l'attrait de la passe à poissons, la localisation de la première rampe (Figure 22) sont des facteurs qui ne favorisent pas l'arrivée des anguilles, surtout des plus jeunes. A ceci s'additionnent les problèmes techniques récurrents, les crépines du dernier collecteur sont fréquemment colmatées, les pompes sont fréquemment obstruées et ne permettent pas la bonne irrigation des rampes et du canal de liaison. Cette obstruction empêche aussi de créer un débit d'attrait au niveau de la première rampe.

Figure 22 : Aval du barrage de Poses, côté usine hydroélectrique (rive gauche). *Sur la photographie, on remarque le fort courant et les turbulences créent par l'usine hydroélectrique.*

Cette étude nous a aussi permis de démontrer l'effet de la température et du débit sur la migration anadrome des anguilles. Bien qu'il n'a pas été possible de différencier quel facteur a le plus d'effet, les suivis précédents et d'autres études ont démontré la corrélation positive entre la migration des anguilles et la température de l'eau.

La nouvelle passe à poissons et passe à anguilles située en rive droite, à Amfreville-sous-les-Monts, devraient être mise en fonctionnement d'ici la fin de l'année 2017. Ce dispositif de franchissement permettra de préciser le recrutement en Anguille européenne sur la Seine. Les conditions d'accès à cette passe sont plus favorables au passage des anguilles. En effet, la berge où se trouvent ces nouveaux dispositifs est faite d'enrochements, de plus, seul le courant d'attrait de la passe à poissons est présent et n'est pas assez fort pour gêner la progression des anguilles. Les résultats qui seront obtenus lors du prochain suivi sur cette rive devraient donc apporter plus de précisions quantitatives et qualitatives quant au recrutement de la Seine en Anguille européenne. Il sera aussi possible de comparer le fonctionnement des deux passes, et d'affirmer ou non le mauvais fonctionnement de celle de la rive gauche.

Bibliographie

Adam, G., Feunteun, E., Prouzet, P., & Rigaud, C. (2008). *L'anguille européenne: Indicateurs d'abondance et de colonisation*. Quae.

Bruslé, J., &Quignard, J. P. (2013). Biologie des poissons d'eau douce européens. Lavoisier, 2ème édition.

Delcourt, J., Ylieff, M., Bolliet, V., Poncin, P., &Bardonnet, A. (2011). Video tracking in the extreme: A new possibility for tracking nocturnal underwater transparent animals with fluorescent elastomer tags. *Behavior research methods*, *43*(2), 590.

Durif, C. M., Travade, F., Rives, J., Elie, P., &Gosset, C. (2008). Relationship between locomotor activity, environmental factors, and timing of the spawning migration in the European eel, Anguilla anguilla. *Aquatic Living Resources*, *21*(2), 163-170.

Flesselle, A. (2016). Suivi et estimation du recrutement en Anguille européenne (Anguilla anguilla). Mémoire de Master 2. Université de Rouen. 100p.

ICES/CIEM(2015). EU request on criteria for CITES non-detriment finding for European eel (*Anguilla anguilla*). *Report of the ICES Advisory Committee*, 2015.ICES Advice 2015, Book 9, Section 9.3.10. 5p.

Imbert, H., Beaulaton, L., Rigaud, C., &Elie, P. (2007). Evaluation of visible implant elastomer as a method for tagging small European eels. *Journal of Fish Biology*, *71*(5), 1546-1554.

Jacoby, D. & Gollock, M. (2014). *Anguilla anguilla*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014:e.T60344A45833138. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T60344A45833138.en. Downloaded on 23 March 2018.

Jonsson, N. (1991). Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. *Nordic journal of freshwater research*, *66*(1991), 20-35.

Knights, B., & White, E. M. (1998). Enhancing immigration and recruitment of eels: the use of passes and associated trapping systems. *Fisheries Management and Ecology*, *5*(6), 459-471.

Lecomte-Finiger, R. (1992). Growth history and age at recruitment of European glass eels (Anguilla anguilla) as revealed by otolith microstructure. *Marine Biology*, *114*(2), 205-210.

Lenoir, M. (2015). Suivi et estimation du recrutement en Anguille européenne (Anguilla anguilla). Mémoire de Master 2. Université de Rouen. 83p.

Loi n°84-512 du 29 juin 1984 relative à la pêche en eau douce et à la gestion des ressources piscicoles
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000692732>

Mullet, V. (2014). Suivi et estimation du recrutement en Anguille européenne (Anguilla anguilla). Mémoire de Master 2. Université de Caen Basse-Normandie.

Plan de Gestion Anguille de la France (2010). Application du règlement R(CE) n°1100/2007 du 18 septembre 2007. Volet national 3 février 2010

Règlement (CE) n°1100/2007 : P7_TA(2013)0358 Mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes. OJ C 93, 9.3.2016, p. 395–401
< http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A52013AP0358 >

Righton, D., Westerberg, H., Feunteun, E., Økland, F., Gargan, P., Amilhat, E., ...&Acou, A. (2016). Empirical observations of the spawning migration of European eels: The long and dangerous road to the Sargasso Sea. *Science Advances*, *2*(10), e1501694.

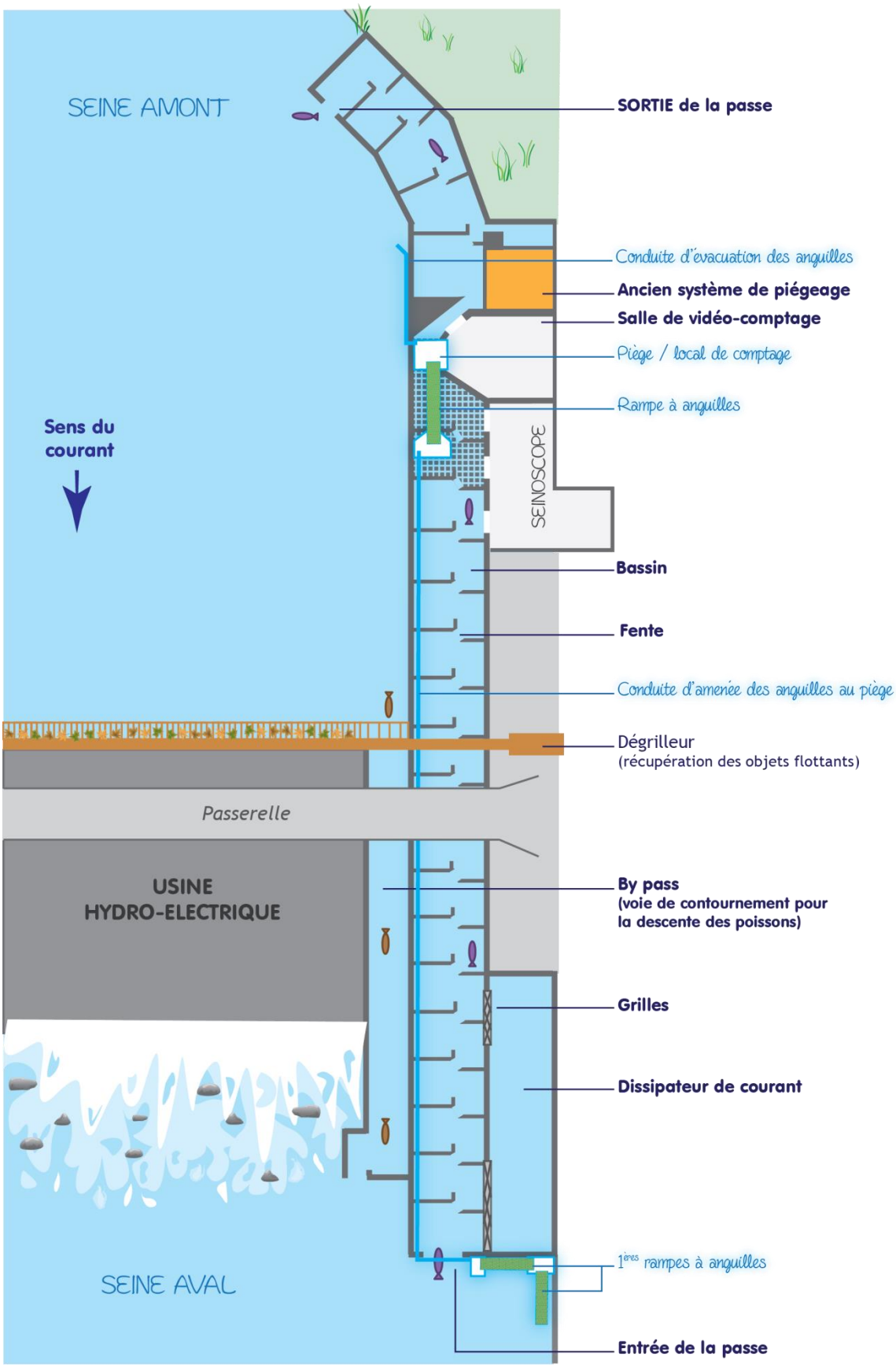
Schaal, A., 2014. Colonisation de l'anguille: recherche et mise en place d'une méthode de suivi par piégeage sur le bassin Charente. Rapport de stage Master 2 - Université de Grenoble. Groupement des Fédérations de pêche du Poitou-Charentes - Cellule Migrateurs Charente Seudre. 43p.

Schmidt, J. (1922). The breeding places of the eel. *Phil Trans R Soc*, 211 : 179-208.

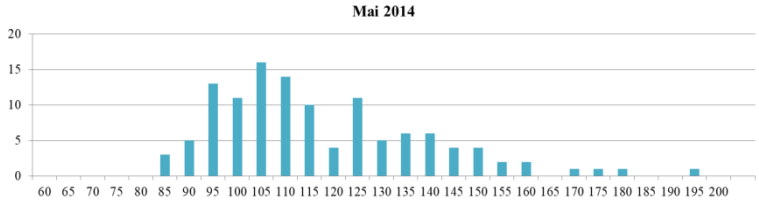
Simon, J., & Dörner, H. (2011).Growth, mortality and tag retention of small Anguilla anguilla marked with visible implant elastomer tags and coded wire tags under laboratory conditions. *Journal of Applied Ichthyology*, *27*(1), 94-99.

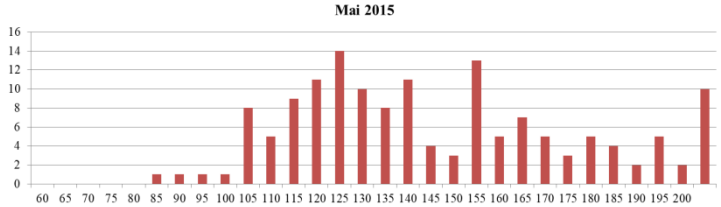
Annexes

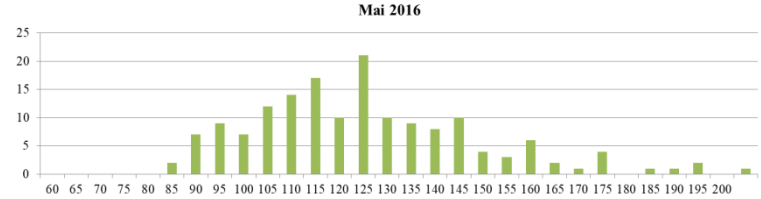
Annexe 1 : Schéma de la passe à poissons rive gauche (source : SEINORMIGR)

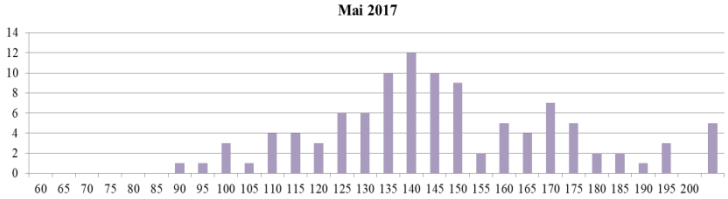


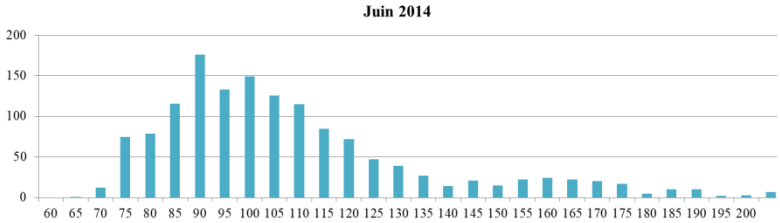
Annexe 2 : Histogrammes des effectifs mensuels d'anguilles en fonction de la classe de tailles. *En bleu : suivi 2014 ; en rouge : suivi 2015 ; en vert : suivi 2016 ; en violet : suivi 2017 ; en orange : suivi 2018*

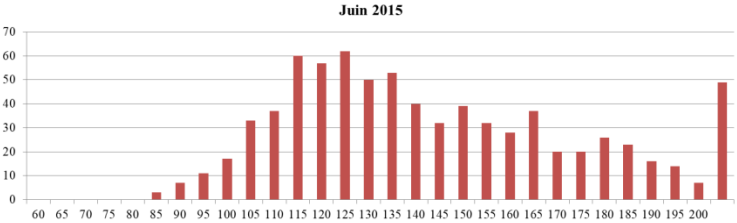


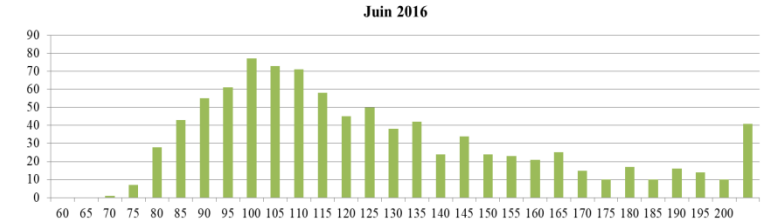


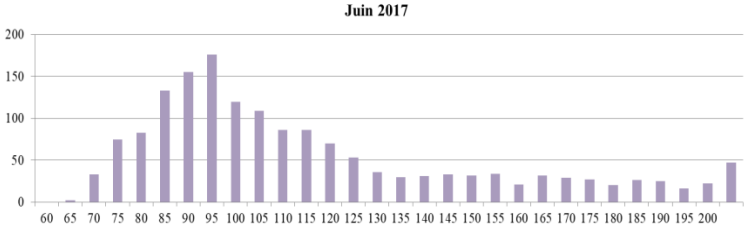


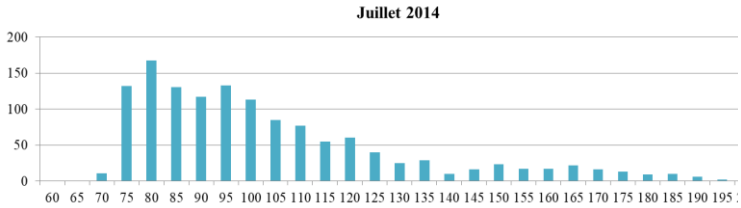


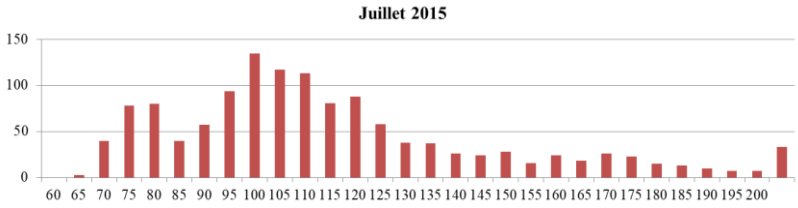


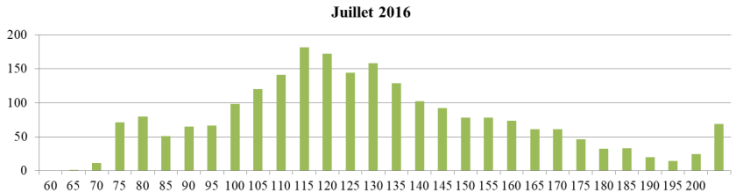


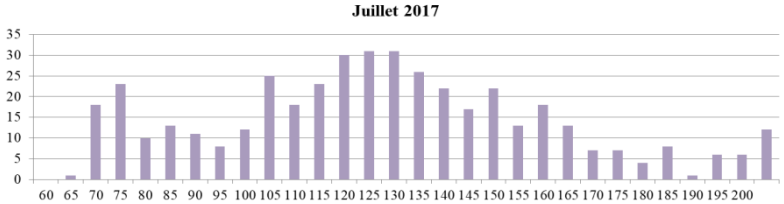


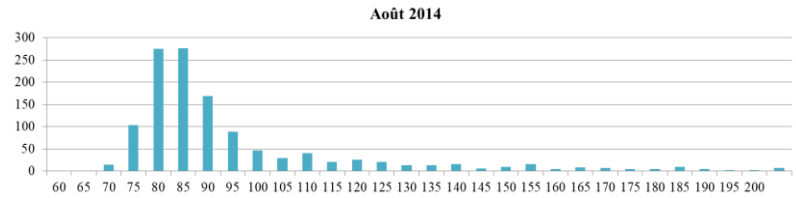


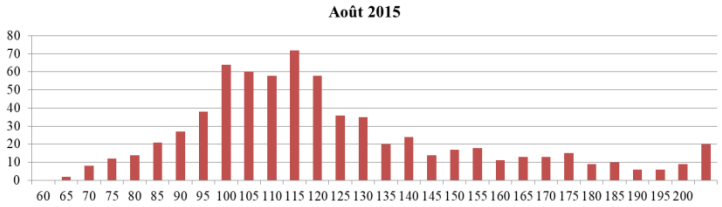


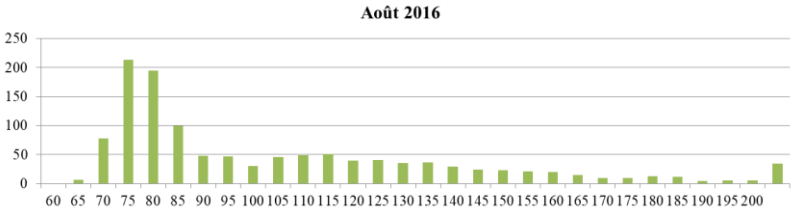


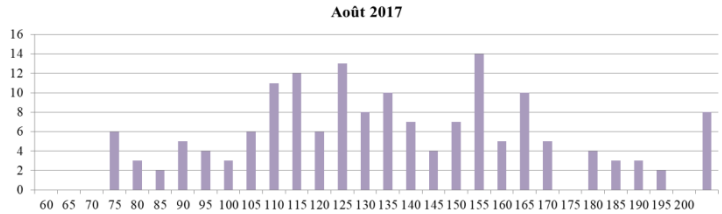





Août 2014
300
250
200
150
100
50
0
60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200


Août 2015
80
70
60
50
40
30
20
10
0
60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200


Août 2016
250
200
150
100
50
0
60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200


Août 2017
16
14
12
10
8
6
4
2
0
60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200