BLANC Jules

Année 2019-2020
Rapport de stage Master GESTE
Spécialité GEMAREC –2ème année

Suivi et estimation du recrutement de la Seine en anguille européenne

Réalisé du 1er Avril au 30 septembre 2020

dans l'Association Seine Normandie Migrateurs

sous la direction de :
M. GAROT Geoffroy
et de
M. DANGER Michaël

Mémoire soutenu le 8 septembre 2020 devant le jury composé de Messieurs Simon DEVIN, Michael DANGER et Geoffroy GAROT

Remerciements

Tout d'abord, quelques expressions :

S'il y a "anguille sous roche", c'est qu'on vous a caché quelque chose ! Telle l'anguille présente mais invisible!

"Rompre l'anguille au genou" : l'anguille symbolise la ruse, l'astuce qu'on ne peut vaincre par la force brutale.

"Prendre l'anguille par la queue", c'est faire le contraire de ce qu'il faudrait pour parvenir à ses fins.

"Echapper comme une anguille" : être agile et insaisissable.

Je tiens à remercier M. Daniel HANCHARD, président de l'association Seinormigr, pour avoir accepté ma candidature pour ce stage de fin d'étude. Merci aussi à Geoffroy GAROT, le responsable technique, pour m'avoir encadré durant ce stage, me permettant de participer aux pêches électriques et aux suivis lamproies marines. Je remercie particulièrement Sébastien GRALL, et Florian DESHAYES avec qui j'ai passé de très bons moments, sur le terrain comme au bureau. Travailler avec l'équipe de Seinormigr était très enrichissant et formateur. Merci pour votre confiance et l'autonomie que vous m'avez octroyée.
Merci aussi à toute l'équipe de la fédération de pêche de Seine Maritime, que j'ai côtoyé dans les locaux communs.

Merci à Simon DEVIN, mon responsable de formation, pour son soutien lors des périodes de doutes liées au COVID, ses conseils sur les statistiques, et aussi pour les heures passées en cours. Je remercie Michael DANGER, mon tuteur pédagogique, pour ses conseils et avis sur la construction du rapport. Merci également à Gérard MASSON, mon ancien maitre de stage de M1, pour les heures passées en enseignements, qui m'ont été bien utiles durant ce stage. J'en profite pour remercier également tous les professeurs et intervenants du Master GESTE. La formation m'a apporté beaucoup et m'ouvrira des portes qui jusque-là m'étaient closes.

Déclaration sur l'honneur contre le plagiat

(à joindre obligatoirement à tout travail de recherche ou dossier remis à un enseignant)

Je soussigné,

BLANC Jules

Régulièrement inscrit à l'Université de Lorraine

N° de carte d'étudiant : 1410030074K

Année universitaire : 2019-2020

Niveau d'études : Master 2

Parcours : GESTE Parcours GEMAREC

N° UE : 1001 Stage GEMAREC

Certifie qu'il s'agit d'un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité. Je certifie, de surcroît, que je n'ai ni recopié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Conformément à la loi, le non-respect de ces dispositions me rend passible de poursuites devant la commission disciplinaire et les tribunaux de la République Française.

Fait à Rouen, le 25/08/2020

Signature :

Sigles et abréviations :

Amphihalin (migrateur) : espèce migratrice dont le cycle de vie alterne entre les milieux marins et les eaux douces.

Anguille argentée : dernière forme du cycle de vie de l'anguille européenne, sous laquelle elle entreprend la migration de dévalaison et le retour à la mer des Sargasses.

Anguille jaune : forme sous laquelle l'anguille européenne effectue l'essentiel de sa croissance et de la colonisation des milieux continentaux.

Civelle : forme juvénile de l'anguille européenne, qui amorce la montaison dans la zone estuarienne et la partie aval des bassins versants.

Dévalaison : migration continentale au cours de laquelle les anguilles argentées regagnent l'embouchure des fleuves.

Échappement : biomasse d'anguille argentée qui gagne la mer. Le règlement anguille précise que l'objectif de chaque plan de gestion anguille sera de réduire la mortalité d'origine anthropique et d'atteindre 40 % d'échappement vers la mer de la biomasse d'anguille argentée, cela en fonction de la meilleure estimation sur le taux d'échappement qui aurait existé si aucune influence anthropique n'avait eu d'impact sur le stock.

Montaison : migration des civelles et des anguilles jaunes vers l'amont des bassins versants.

Population panmictique : tous les individus sont susceptibles de se rencontrer avec la même probabilité lors de la reproduction.

Rivière index : pour chacune des unités de gestion anguille, des rivières index ont été retenues. Ces sites répartis sur l'ensemble du territoire couvrent ensemble les différents types de milieux décrits par le Groupement d'intérêt scientifique sur les amphihalins (Grisam). Ils permettent de suivre tous les stades de l'anguille.

Recrutement estuarien: quantité de jeunes anguilles qui arrivent dans l'estuaire.

Sex ratio : proportion de femelles et de mâles dans une population.

Table des matières

I. Introduction 1

II. Contexte 2

I. L'anguille européenne 2

1. Classification: 2
2. Aire de répartition : 2
3. Cycle biologique : 3
4. Intérêts économique, social, et écologique de l'anguille : 5
5. Menaces : 6
6. Evolution des stocks : 7
7. Réactions au niveau européen : Le Plan anguille 8

II : Passes à poissons et anguille : 9

Comportement spécifique, capacité de reptation – nage : 9

III : La Seine : 10

1. Géographie : 10
2. Occupation du sol : 11
3. Géologie : 12
4. Climat : 13
5. Hydrologie de la Seine : 14
6. Peuplements de poissons : 14
7. Habitats pour l'anguille : 16

IV : L'ouvrage de Poses-Amfreville : 17

1. Passe rampe à anguilles en rive gauche : 19
2. Passe rampe à anguilles en rive droite : 21

III. Matériel et méthodes : 22

1. Fréquence de suivi des pièges : 22
2. Opérations effectuées sur les captures : 22
3. Protocole appliqué aux captures : 22
4. La biométrie 23
5. Les indicateurs de recrutement : 23
6. Flottangs : 23
7. Stockage et analyse des données : 24

IV. Résultats et interprétation: 25

1. Fonctionnement des dispositifs : 25
2. Comparaison des indices de migrations : 26
3. Caractéristiques des individus empruntant les passes 28
4. Classes de tailles des anguilles capturées : 29
5. Evolution saisonnière des classes de tailles capturées : 29
6. Calendrier de migration : 30
7. Influence des facteurs environnementaux : 32

8. Résultats des « flottangs » 33
9. Qualité du recrutement : Pathologies et parasitisme 34
V. Discussion Conclusion : 37
1. Limites et biais de l'étude : 37
2. Critique des résultats 2020 37
3. Perspectives : 38
4. Ouverture : 40
Bibliographie 41

Table des tableaux :

Tableau I : Classification biologique de l'anguille européenne 2
Tableau II : Effectifs annuels d'anguilles capturées sur chaque rive 26
Tableau III : Effectifs d'anguilles (A), nombre de jours de piégeage (N) et indices de migration(Im) en 2018 et 2019 (Im=A/N), ... 26
Tableau IV : p value des tests de Kruskal Wallis avec correction de Bonferroni sur les distributions de tailles dans les flottangs 34
Tableau V : Effectifs d'anguilles présentant des pathologies à Poses depuis 2019 34
Page suivante : Tableau VI: Bilan données rivières index 2018 35

Table des figures :

Figure 1: Aire de répartition de l'anguille européenne (Issue de GERMAIN et SCHMITT) 2
Figure 2: Photographie d'une larve leptocéphale d'anguille (Source Aquarium Tropical) 3
Figure 3: Photographie d'une civelle (Source: Seinormigr) 3
Figure 4: Schéma du cycle biologique de l'anguille européenne (Source: Seinormigr) 4
Figure 5: Schéma du cycle biologique de l'anguille européenne (Source: Seinormigr) 4
Figure 6 : Photographie d'une anguille argentée (en haut) et d'une anguille jaune (en bas) (Source: Seinormigr) ... 5
Figure 7: Graphique de l'évolution du recrutement en civelles en France de 1960 à 2018 (Source : AFB) 7
Figure 8 : Schéma général d'une passe-piège à anguille (Source : Rapport Imacof) 9
Figure 9: Carte du bassin versant de la Seine (Source : Wikipédia) 10
Figure 10: Cartographie de l'occupation du sol sur le bassin Seine Normandie (Sources : OGRE, AESN, DRIEE) 11
Figure 11: Carte géologique du bassin Seine Normandie (Source: SIGES Seine Normandie) 12
Figure 12: Cartographie de la pluviométrie du bassin Seine Normandie (Sources: MeteoFrance-AESN-DRIEE, 2013) 13
Figure 13: Diagramme en bâton du débit moyen de la Seine à Vernom (moyenne mensuelle de 2009-2020, station située en amont de Poses) 14
Figure 14: Cartographie des linéaires de cours d'eau colonisés par l'anguille sur le bassin versant de la Seine en 2020 (Source : J BLANC) 16
Figure 15: Localisation du barrage de Poses et des principaux obstacles à la montaison (Source : J BLANC) 17
Figure 16 : Vue aérienne annotée du barrage de Poses (Source : M. SANMARTIN) 18
Figure 17 : Schéma des passes à poisson de chaque rive (rive droite à gauche, rive gauche à droite). (Source : Seinormigr) 19
Figure 18: Photographie des différentes sections de la passe à anguille en rive gauche de Poses (Les flèches rouges indiquent le chemin pris par les anguilles) (Source : M. SANMARTIN) 20
Figure 19: Photographie des différentes sections de la passe à anguille en rive droite de Poses (Les flèches rouges indiquent le chemin pris par les anguilles) (Source : M. SANMARTIN) 21
Figure 20: Photographie du tri des anguilles (Source : J BLANC) 22
Figure 21 : Photographie du matériel de biométrie (Source : J BLANC) 23
Figure 22: Photographie d'un flottang installé 24
Figure 23: Emplacements des différents flottangs posés en 2020 24

Figure 24: Graphique présentant les périodes de fonctionnement de la rampe à anguilles rive droite pour 2020. 25
Figure 25 : Graphique présentant les périodes de fonctionnement de la rampe à anguilles rive gauche pour 2020 25
Figure 26 : Photographie de l'entrée de la rampe à anguilles en rive gauche, coté microcentrale (Source : Sanmartin)..... 27
Figure 27 : Boîte à moustaches des tailles d'anguilles en 2020 pour la rive gauche (102) et la rive droite (104, en bleu)..... 28
Figure 28: Diagramme en bâton des classes de tailles (mm) des anguilles pour chaque rive en 2020 (rive gauche en gris, rive droite en bleu)..... 29
Figure 29: Boîtes à moustaches des tailles d'anguilles capturées en rive gauche pour chaque mois en 2020 29
Figure 30: Boîtes à moustaches des tailles d'anguilles capturées en rive droite pour chaque mois en 2020..... 30
Figure 31: Graphique des migrations interannuelles en rive droite..... 31
Figure 32: Graphique des migrations interannuelles en rive gauche..... 31
Figure 33: Graphique des effectifs journaliers d'anguilles en rive droite et coefficients de marée de la Seine en 2020 32
Figure 34: Graphique des effectifs journaliers d'anguilles en rive droite et températures (°C) de la Seine en 2020 32
Figure 35:Effetifs d'anguilles piégées dans les flottangs lors de différents relevés (AME : Amont Ecluses, AVE : Aval Ecluses, AVR : Aval Rampe)..... 33
Figure 36: Boites à moustaches de la répartition des tailles d'anguilles sur les différents flottangs (AME : Amont Ecluses, AVE : Aval Ecluses, AVR : Aval Rampe) 33
Figure 37 : Tailles des anguilles présentant des pathologies (PB : Points blancs, ER : Erosions, PN : Points noirs, AG : Anomalies/Grosseurs, PL : Plaies, HE : Lésions hémorragiques, PA : Parasitisme, ZO : Etat pathologique multiforme)..... 35

Liste des annexes :

Annexe A : Arbre de décisions pour la biométrie des anguilles
Annexe B : Capture d'écran de l'interface StacomiJava
Annexe C : Schéma relationnel de la base STACOMI

Présentation de l'Association Seine Normandie Migrateurs

L'association a été créée en 2007 par la Fédération de Seine Maritime pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques. Elle regroupe les 17 Fédérations départementales de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques présentes sur le bassin Seine Normandie.

SEINORMIGR possède le statut d'association de protection de l'environnement. Elle fait partie des 9 « associations migrateurs » de France. En Haute Normandie, elle possède une habilitation pour prendre part aux débats environnementaux dans le cadre des instances consultatives régionales.
La structure s'occupe du suivi et de la gestion des populations de poissons migrateurs sur le bassin versant de la Seine et les fleuves côtiers Normands. Son territoire d'actions s'étend sur 89 130 km² et 44 000 km de cours d'eau.

Son siège social est à Rouen. Elle emploie 5 salariés :

- **Geoffroy GAROT**, Directeur
- **Adrien BARAULT**, Chargé d'études
- **Florian DESHAYES**, Chargé d'études
- **Sébastien GRALL**, Chargé d'études
- **Maxime POTIER,** Responsable technique

Le conseil d'administration est composé de bénévoles :

- Président : **Daniel HANCHARD**, membre du conseil d'administration de la FDAAPPMA de la Seine-Maritime
- Vice-Président : **Pierre RAGOT**, Vice-président de la FDAAPPMA de l'Aube
- Secrétaire : **Serge GIBOULET,** Président de la FDAAPPMA de l'Essonne
- Trésorier : **Jack JEANNOT**, Président de la FDAAPPMA des Yvelines

Missions générales :

Bien que les missions de Seine Normandie Migrateurs évoluent au fil du temps en fonction des orientations de gestion des populations de poissons migrateurs sur le bassin Seine-Normandie, celles-ci s'articulent toujours autour des mêmes axes :

1. Contribuer à la connaissance, l'évaluation et au suivi des populations piscicoles amphihalines sur le bassin Seine-Normandie et la région Normandie.

2. Favoriser la valorisation et la gestion des grands migrateurs, notamment avec un porter à connaissance technique et scientifique qui soit visible et accessible, en veillant au développement durable des pratiques halieutiques.

3. Participer et s'investir techniquement et/ou financièrement dans les projets de restauration des axes de circulation et des habitats de reproduction et de développement des poissons migrateurs en vue d'assurer leur sauvegarde et la recolonisation des cours d'eau.

4. Assister les maîtres d'ouvrages et les services instructeurs en matière technique et administrative dans tous les projets contribuant à l'accomplissement du cycle biologique des grands migrateurs.

5. Mener ou coordonner des études ou publications spécifiques en concertation avec les différents gestionnaires et pouvoirs publics en appui aux décisions politiques locales de l'eau afin de démontrer le bénéfice de l'action à consentir à toutes les échelles des cours d'eau.

6. Participer à la définition et la mise en œuvre des objectifs de restauration des populations de poissons migrateurs au sein du CO.GE.PO.MI. et de son PLA.GE.PO.MI. en collaboration étroite avec le secrétariat technique (DRIEE Île de France, Délégation de bassin) et les établissements publics de l'Etat (DREAL, OFB, Agence de l'Eau, DDTM, …).

7. Développer une large communication de synthèse des productions basées sur des données d'expertises, notamment à l'aide de mise à disposition d'outils de communication à différentes échelles des besoins qu'ils soient locaux, régionaux ou de bassins (publications de synthèse et d'évaluation de cours d'eau, tableaux de bord régionaux et de bassins, etc.).

De plus en lien avec les 5 axes stratégiques du plan de gestion des poissons migrateurs (PLA.GE.PO.MI.), SEINORMIGR intervient directement sur trois d'entre eux ;

- Reconquérir les axes de migrations
- Renforcer la connaissance des migrateurs
- Protéger et restaurer les habitats de production

À ces missions, et au regard des sollicitations et contributions de l'association, s'ajoute les missions de connaissances et d'expertises sur les spécificités des populations de poissons migrateurs en phase de recolonisation des cours d'eau du bassin Seine-Normandie et bien entendu la conduite d'actions auprès des pouvoirs publics.

I. INTRODUCTION

L'augmentation conjuguée de la population mondiale et de son niveau de vie génère une forte pression sur les milieux naturels et la biodiversité. Rien qu'en France, 26 % des espèces évaluées dans la liste rouge nationale étaient éteintes ou menacées en 2018, selon l'Observatoire National de la Biodiversité. L'activité humaine est la cause directe d'une extinction massive d'espèces animales et végétales à travers le monde. On parle aujourd'hui de crise de la biodiversité et d'une VIème extinction de masse. Les causes principales sont la réduction ou la dégradation des habitats, l'exploitation en excès des stocks d'espèces, l'invasion d'espèces exotiques et le changement climatique (Teyssèdre, 2004).

L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) est classée en danger critique d'extinction par l'IUCN. Les populations d'anguilles s'effondrent depuis les années 80, à tel point que les effectifs sont actuellement en dessous des limites biologiques acceptables pour la survie de l'espèce (Feunteun, 2002).

La situation critique des populations d'anguilles en Europe a donné lieu à la création d'un règlement européen, visant à enrayer le déclin de l'espèce et à retrouver des effectifs d'anguilles proches de ceux des années 1980.
Pour atteindre cet objectif, les Etats européens s'engagent à agir sur les différentes causes du déclin de l'espèce.

L'un des facteurs principaux du déclin de l'anguille européenne est la rupture de la continuité écologique (Feunteun, 2002). L'anguille est une espèce thalassotoque, par conséquent, le cycle biologique de l'anguille implique de longues migrations entre l'océan (zone de reproduction) et les eaux continentales (zone de grossissement). Les obstacles à la migration que l'espèce va rencontrer vont donc perturber ses migrations.

Sur la Seine, le premier ouvrage rencontré par les anguilles en montaison est celui de Poses-Amfreville-Sous-Les-Monts. Ce barrage est situé en limite de marée dynamique, à environ 160km de l'embouchure de la Seine. Sa hauteur de chute est de 4m50 et le barrage mesure 490m de long. Le franchissement par les poissons est donc quasiment impossible. C'est pourquoi, pour permettre aux poissons de franchir cet ouvrage, des passes à poissons ont été construites. L'ouvrage est équipé de passes à bassins à feintes verticales et de passes spécifiques pour les anguilles (une passe de chaque type sur chaque rive).

Les passes à anguilles sont équipées de pièges suivis par l'association Seinormigr dans le cadre du plan anguille. Le piège permet la capture des individus à la montaison. L'ouvrage de Poses est une Station de Contrôle des Migrations (STACOMI). Les effectifs de poissons migrateurs y sont suivis sur plusieurs années et donnent des tendances par espèces.

L'objectif du stage vise à suivre la montaison des anguilles à Poses. Les captures renseignent sur le recrutement fluvial pour la Seine. La problématique principale est donc :

Quel est le recrutement de la Seine en anguille européenne, qualitativement et quantitativement ? De quelle manière évolue-t-il ?

II. CONTEXTE

I. L'anguille européenne

1. Classification:

Tableau I : Classification biologique de l'anguille européenne

Règne	Animalia
Embranchement	Chordata
Sous-embranchement	Vertebrata
Super-classe	Osteichthyes
Classe	Actinopterygii
Sous-classe	Neopterygii
Infra-classe	Teleostei
Super-ordre	Elopomorpha
Ordre	Anguilliformes
Sous-ordre	Anguilloidei
Famille	Anguillidae
Genre	Anguilla

Anguilla anguilla est une espèce de poissons de la famille des Anguillidés (tab.I). Cette famille comporte une vingtaine d'espèces réparties à travers le monde. On rencontre par exemple des anguilles au Japon (*A. japonica*), en Nouvelle Zélande (*A. dieffenbachii*), en Amérique du Nord (*A. rostrata*) et en zone indopacifique (*A. marmorata*).

2. Aire de répartition :

L'aire de répartition de l'anguille européenne est assez large. On retrouve *A.anguilla* sur les côtes et les eaux continentales d'Afrique du Nord, d'Europe de l'Ouest, de Scandinavie ou encore en Méditerranée (fig.2).

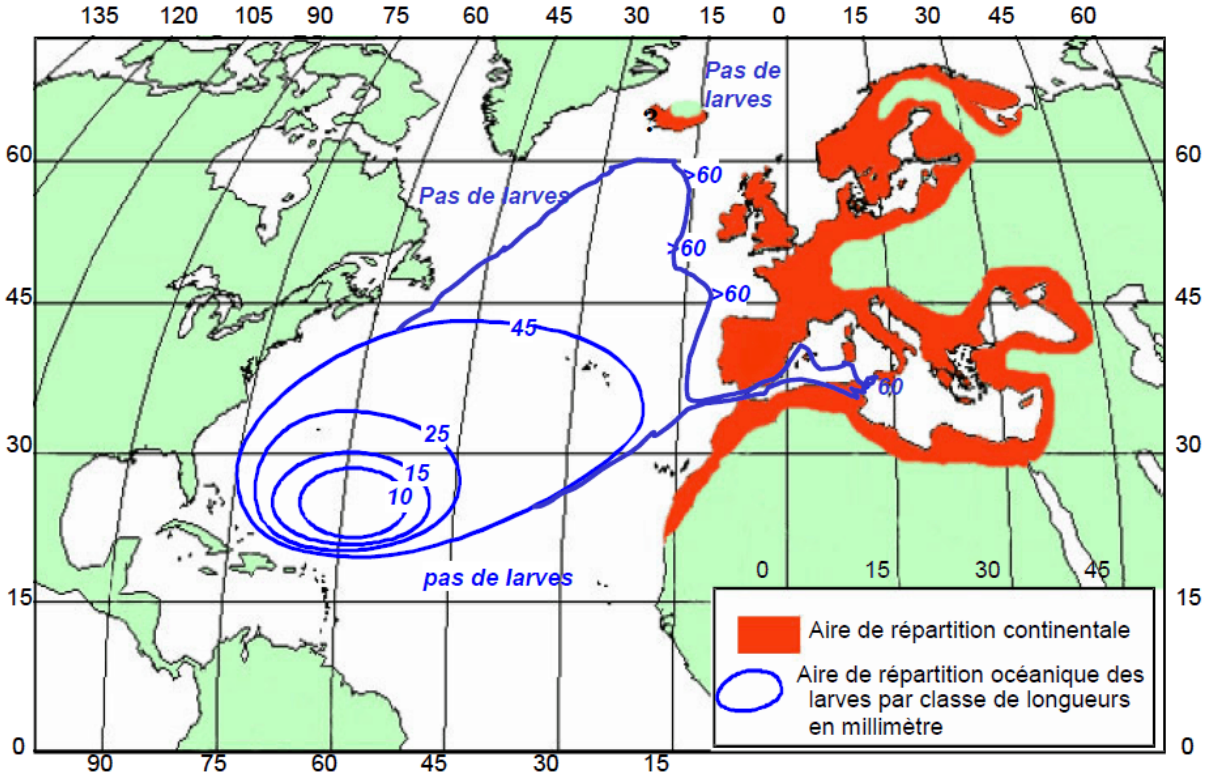


Figure 1: Aire de répartition de l'anguille européenne (Issue de GERMAIN et SCHMITT)

Cette large aire de répartition s'explique par le cycle biologique de l'espèce.

3. Cycle biologique :

Le cycle biologique de l'anguille (fig4) est très particulier et inclut plusieurs métamorphoses.

L'anguille européenne se reproduit en Mer des Sargasses, à 6000 km des côtes européennes. Les géniteurs peuvent provenir de l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce et se reproduire entre eux. L'hypothèse initiale de panmixie est désormais discutée, et remplacée par l'hypothèse qu'il existe plusieurs sous-populations, dans une vaste aire de reproduction. Les larves éclosent entre 400 et 600 m de profondeur. Ce sont des larves leptocéphales (fig.2), qui reviennent sur le plateau continental par dérive, portés par les courants marins, notamment le Gulf Stream. Cela assure une large dispersion des larves. Les larves mesurent environ 60 mm au bout d'un an (Adam & Feunteun, 2008).

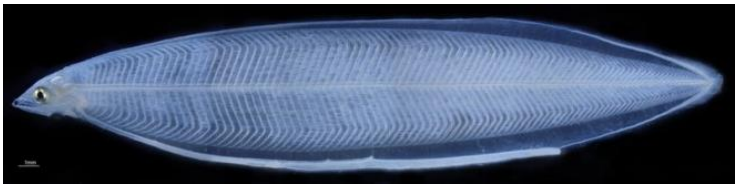


Figure 2: Photographie d'une larve leptocéphale d'anguille (Source Aquarium Tropical)

Une fois le talus continental atteint, une première métamorphose a lieu, la larve devient une civelle. Le corps s'allonge et est presque transparent, ce qui lui vaut le nom de « glass eel », traduction « anguille de verre ». Les civelles (fig.3) ne s'alimentent pas.

Figure 3: Photographie d'une civelle (Source: Seinormigr)

Lorsque la température de l'eau atteint 12°C, les civelles profitent des marées pour remonter les estuaires puis nagent pour coloniser les bassins versants (Gascuel, 1986). Les anguilles vont se mettre en mouvement à marée montante et se caler au fond à marée descendante. Les pics de montaison en estuaire sont influencés par les marées et la température (Briand et al., 2003). A noter que certaines civelles se sédentarisent en estuaire, dans les lagunes et les parties basses des fleuves (Adam & Feunteun, 2008).

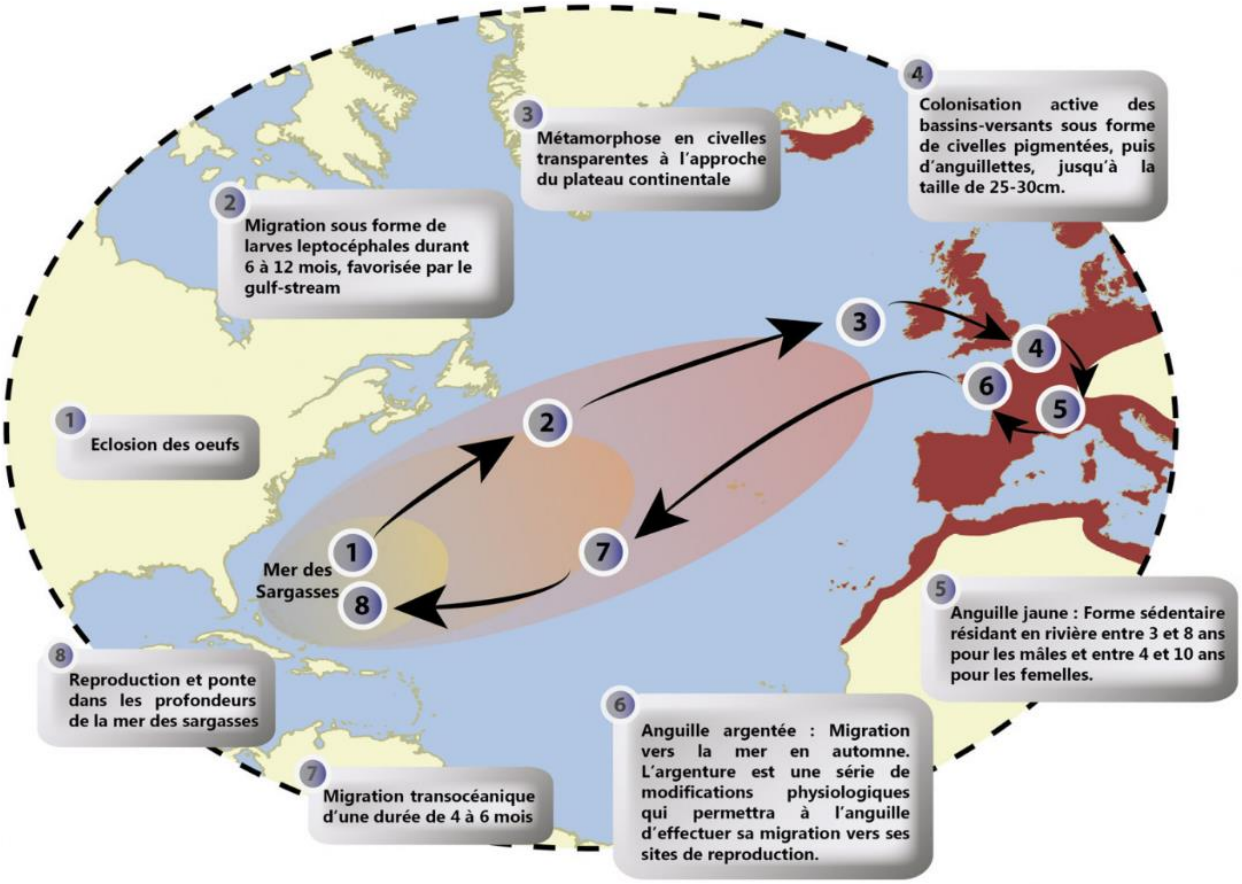


Figure 4: Schéma du cycle biologique de l'anguille européenne (Source: Seinormigr)

Les jeunes anguilles sont attirées par l'eau douce et le courant, cela les pousse à remonter les cours d'eau. Au fur et à mesure que les civelles quittent les eaux salées et progressent vers l'amont, elles se pigmentent. Les différents stades pigmentaires ont été décrit très précisément par Elie (Elie & Lecomte-Finiger, 1982) et permettent une classification des civelles jusqu'au stade anguillette (fig.5).

Figure 5: Schéma du cycle biologique de l'anguille européenne (Source: Seinormigr)

Sur la Seine, la saison de migration de civelles et d'anguillettes commence au mois d'avril et termine en septembre. Les premiers effectifs conséquents et réguliers arrivent lorsque la température de l'eau atteint 15°C. Quelques individus peuvent éventuellement arriver plus tard ou plus tôt.

Le stade anguille jaune (fig.6) est généralement atteint à une taille de 12cm. C'est la forme de vie sédentaire de l'anguille. Son nom vient de la pigmentation jaune des flancs et du ventre de l'animal. Le stade anguille jaune est associé à la phase de croissance en eau douce. Celle-ci dure plusieurs années et est très variable selon les individus

et les milieux de grossissement. Les individus femelles ont généralement une phase de croissance de 4 à 10 ans. Cette phase est moins longue chez les mâles (3 à 8 ans) (Adam & Feunteun, 2008). En conséquence, les mâles sont plus petits que les femelles à âge égal, et les plus grands individus (>45cm) sont toujours des femelles.
Durant cette phase de croissance, l'anguille se nourrit d'une large gamme de proies (insectes, crustacés, mollusques, annélides, petits poissons…) L'anguille est parfois cannibale ; en particulier lorsqu'elle est présente en forte densité (Knights, 1987). Les anguilles affectionnent généralement les zones de faible profondeurs aux fonds meubles sablo-vaseux ou les zones mixtes roches sédiments.

La différenciation sexuelle des gonades se fait durant la phase anguille jaune, lorsque les individus atteignent une taille de 30cm. Un phénomène densité-dépendant a lieu : si l'anguille est présente en forte densité dans le milieu, la proportion de mâles dans la population est plus élevée (Tesch, 1982).

Figure 6 : Photographie d'une anguille argentée (en haut) et d'une anguille jaune (en bas) (Source: Seinormigr)

Lorsque la phase de croissance est terminée, les anguilles effectuent une dernière métamorphose. Des modifications physiologiques et comportementales ont lieu, par contrôle hormonal et environnemental. La pigmentation change, le dos de l'animal devient noir, les flancs brillants. La peau s'épaissit, les cellules à mucus se multiplient. L'anguille accumule des graisses, cesse de se nourrir, ses muscles se développent. La vessie gazeuse s'épaissit, l'œil grossit. A ce stade, les gonades se développent, mais la maturation finale des gonades n'aura lieu qu'en milieu marin sous l'effet de la pression hydrostatique (Adam & Feunteun, 2008). Ces changements préparent l'anguille à son retour dans les eaux marines, et à sa longue migration de reproduction dans des eaux profondes. C'est le stade anguille argentée (fig.6). La dévalaison est fortement influencée par les augmentations de débit. Les individus quittent leurs zones de grossissement et se mettent à dévaler pour rejoindre l'océan.

Une fois la reproduction effectuée, on suppose que les reproducteurs meurent. Les conditions de la reproduction et le devenir des reproducteurs sont encore chargés de mystère, car cela n'a jamais été observé (Adam & Feunteun, 2008).
Le cycle de vie étant long et alternant entre milieu marin et eau douce, cela rend les mesures de gestion complexes, et leurs effets sur la population ne se font sentir que longtemps après leur mise en application.

4. Intérêts économique, social, et écologique de l'anguille :

L'anguille est une espèce emblématique dans de nombreuses régions européennes. Jusqu'il y a peu de temps, elle était fortement exploitée à tous les stades continentaux (civelles, anguillette, anguille jaune, anguille argentée) et représentaient une part importante en biomasse et en valeur dans les pêcheries européennes. Feunteun estime à 180 millions d'euros la valeur commerciale des pêches d'anguilles en Europe en 2002 (Feunteun, 2002). Plusieurs milliers d'emplois directs et indirects dépendaient de la pêche des anguilles.

L'anguille fait partie de la gastronomie des régions où on la rencontre. Elle est consommée à différents stades et dans des préparations variées. Le nord de l'Europe consomme plutôt l'anguille argentée, notamment fumée, alors que dans le Sud ce sont plutôt les civelles qui sont consommées, dans des plats comme les poêlées de « pibales », le nom local des civelles. La demande asiatique pour des jeunes anguilles génère aussi localement du braconnage, car les prix de l'anguille au marché noir sont très élevés.

Les demandes particulières en termes d'habitats et de continuité écologique font de l'anguille une espèce bio indicatrice de la qualité globale des milieux. Sa présence et son abondance renseignent sur le bon fonctionnement d'un écosystème. Certains auteurs estiment que la biomasse d'anguille pouvait constituer jusqu'à plus de 50% de la biomasse totale de poissons dans certains milieux dans les années 1980 (Moriarty & Dekker, 1997).

5. Menaces :

L'anguille européenne est soumise à de nombreuses pressions qui, combinées, constituent les causes de son déclin.

La surpêche : l'anguille est pêchée à tous les stades continentaux et dans la quasi-totalité de son aire de répartition. La pêche de civelles en aval de barrage infranchissable pouvait représenter un prélèvement de plus de 90% du stock fluvial en estuaire, comme à Arzal sur la Vilaine, à un niveau non durable (Briand et al., 2003). Les captures d'anguilles sont en chute libre depuis les années 1980 en Europe. L'effort de pêche a été considérablement réduit depuis la parution du règlement européen sur l'anguille en 2007, et ce, à tous les stades, pour les pêcheries professionnelles et amateures et dans tous les pays de l'Union. Il subsiste cependant du braconnage, surtout sur les jeunes stades. Les anguilles braconnées sont envoyées ensuite en Asie dans des fermes d'engraissement.

Le changement climatique : le changement climatique impacte les courants marins, notamment le Gulf Stream qui amène les larves d'anguilles à proximité du talus continental (Feunteun, 2002). Si le courant s'éloigne des côtes à cause des changements climatiques, les larves seront incapables de rejoindre leur aire de grossissement.

Le parasitisme : L'anguille européenne est très souvent infectée par le nématode *Anguillicola crassus.* Ce parasite de l'anguille japonaise serait vraisemblablement arrivé en Europe via le négoce de poisson dans les années 1980. Il infecte la vessie gazeuse de l'anguille et se nourrit du sang de ses parois (Peters & Hartmann, 1985). Le parasite compromet le succès de la migration océanique des anguilles argentées infestées en altérant la vessie gazeuse, utile au poisson pour réguler sa profondeur de nage (Feunteun, 2002). D'autres maladies et parasites existent.

Les polluants : L'anguille est un poisson gras et benthique. Cela en fait un poisson fortement bio accumulateur des polluants lipophiles, comme les PCB et les dioxines (Robinet & Feunteun, 2002). Cette accumulation rend les anguilles non consommables dans de nombreux endroits, comme en Belgique (Bilau et al., 2007). La consommation des anguilles de plus de 12cm est d'ailleurs interdite dans les eaux maritimes littorales et dans les eaux fluviales de la Seine, pour raison sanitaire, par arrêté préfectoral du 23 janvier 2008.
L'accumulation de polluants affecte la condition générale des animaux et compromet probablement aussi leur reproduction. L'anguille argentée en migration ne se nourrit plus, et utilise alors ses réserves de graisse. Dès lors, les forts taux de polluants relâchés dans l'organisme ont des effets tératogènes (Palstra et al., 2006; Robinet & Feunteun, 2002).
Dans le cas de pollutions aigues, de fortes mortalités peuvent être observées. Ce fut le cas lors de la pollution de Sandoz sur le Rhin, où 150 000 anguilles avaient péri sur le Rhin supérieur, seulement 4 jours après l'accident (Gautier).

L'hydroélectricité : Lors de la dévalaison, le passage des anguilles argentées dans les turbines génère de graves blessures ou mortalités (Clermont et al., 2012). Les poissons sont soumis à diverses contraintes : risques de chocs contre la turbine, accélérations et décélérations brutales. L'eau passe parfois à une vitesse de 3m/s en entrée de dispositif à 30m/s dans la turbine. Les poissons sont également soumis à des variations de pressions très importantes. Suivant le type de turbines, la mortalité varie, allant de plus de 90% dans les turbines Francis à moins de 5% dans des turbines Kaplan (Travade & Larinier, 1992).

La perte d'habitats : comme beaucoup d'espèces aquatiques, l'anguille souffre de la disparition ou de l'altération des zones humides. L'Europe a perdu 90% de ses zones humides durant le siècle dernier (Feunteun, 2002). Pour l'anguille, les zones humides comme les lagunes, les marais littoraux, les mares, les bras morts constituent des zones de grossissement et contribuent directement à la production du stock d'anguilles argentées. Dans le PLAGEPOMI Seine Normandie 2016-20121, le COGEPOMI estime cependant à 600 000 Ha les zones humides sur le bassin Seine Normandie, soit 6% du territoire.

Les obstacles à la migration : de par son statut de grand migrateur, la rupture de la continuité écologique est terrible pour l'anguille. Les obstacles peuvent gêner les poissons à la montaison des jeunes anguilles, et à la dévalaison des reproducteurs. L'équipement des ouvrages permet de réduire ces impacts sur les migrations.

C'est principalement dans ce cadre de montaison des jeunes anguilles, et de restauration de la continuité écologique, qu'a lieu le suivi de l'ouvrage de Poses.

6. Evolution des stocks :

Toutes ces menaces font de l'anguille une espèce en danger d'extinction. Les populations sont en chute libre partout en Europe depuis les années 1980, année de référence. A titre d'exemple, le graphique suivant présente l'évolution du recrutement en civelles au niveau français (voir fig.7).

Les niveaux actuels de biomasse sont à moins de 10% de ceux des années 1980.
En 2003, Dekker estimait un déclin de 99% par rapport au recrutement des stocks de 1960 (Dekker et al., 2003).
Tous les stades biologiques sont touchés par le déclin.

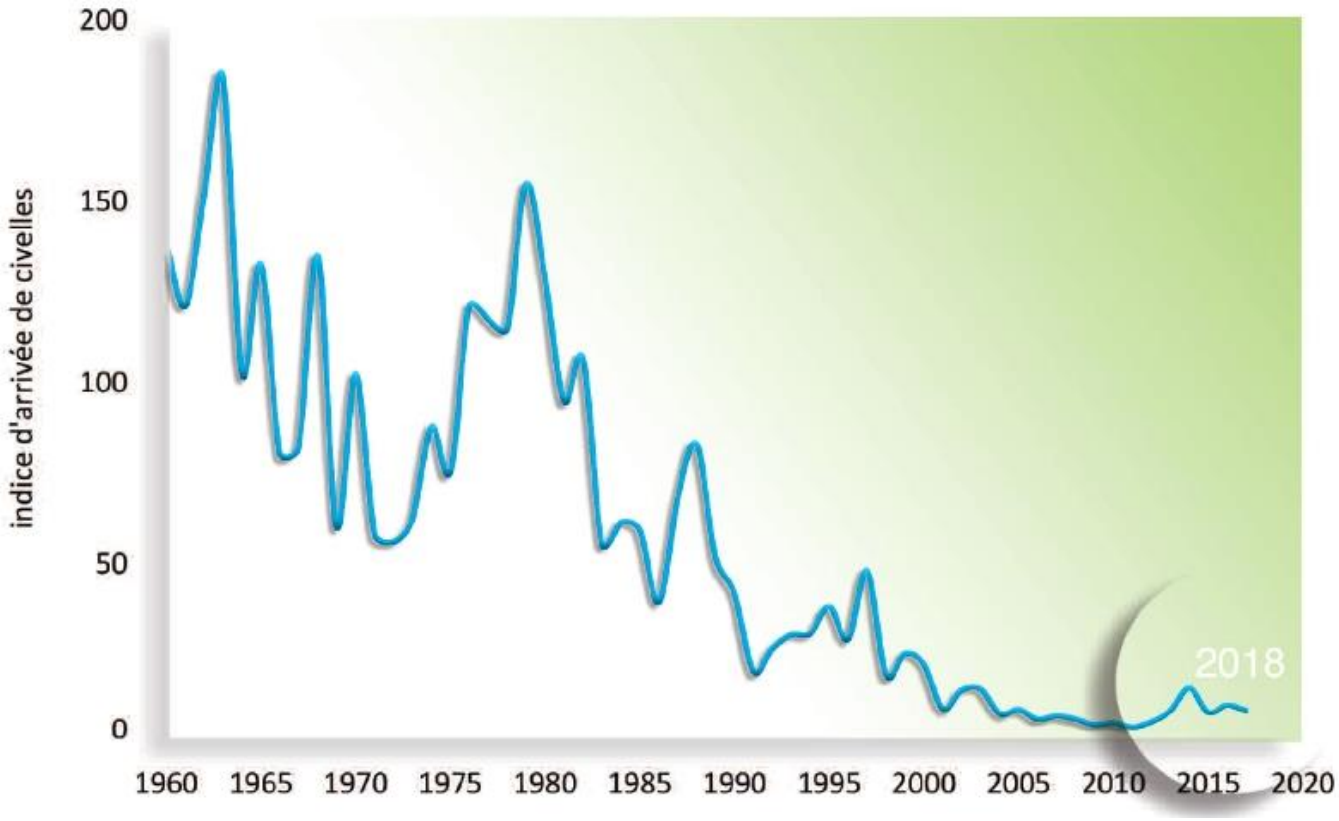


Figure 7: Graphique de l'évolution du recrutement en civelles en France de 1960 à 2018 (Source : AFB)

L'UICN classe l'anguille européenne « en danger critique d'extinction ».

7. Réactions au niveau européen : Le Plan anguille

De nombreux organismes de recherches, du monde de la pêche, de la protection de la biodiversité ont tiré la sonnette d'alarme et proposé des recommandations pour limiter le déclin, et ce, depuis 1998.

En 2007, l'anguille est classée à l'**Annexe II de la CITES** afin de règlementer son commerce au niveau international, et l'Union Européenne vote un **règlement européen sur l'Anguille**.

L'objectif à long terme est **d'atteindre une biomasse de géniteurs équivalente à 40% de celle qui aurait été produite dans un environnement non dégradé** (soit 40% du stock des années 1980). Chaque Etat européen a mis en place un Plan de Gestion Anguille (PGA).

Le règlement européen propose comme mesures d'actions :

- la réduction de l'activité de pêche commerciale,
- la limitation de la pêche récréative,
- les mesures de repeuplement,
- les mesures structurelles visant à permettre le franchissement des rivières et à améliorer les habitats dans les cours d'eau, conjointement avec d'autres mesures de protection de l'environnement,
- le transport des anguilles argentées des eaux intérieures vers des eaux d'où elles puissent migrer librement vers la mer des Sargasses,
- la lutte contre les prédateurs
- l'arrêt temporaire des turbines des centrales hydroélectriques,
- les mesures en faveur de l'aquaculture de repeuplement

En France, le plan se décline localement dans des Unités de Gestion Anguille, une par agence de l'eau. Les objectifs restent les mêmes pour chaque UGA :

- Une réduction de la mortalité par pêche de l'anguille de moins de 12 cm de 40% en 2012 (et de 60% en 2015),
- Une réduction de la mortalité par pêche de l'anguille jaune et de l'anguille argentée de 30% en 2012 (et de 60% en 2015),
- Une réduction de la mortalité liée aux autres causes anthropiques de 30 % en 2012 (de 50% en 2015).

Le plan de gestion précise également des Zones d'Actions Prioritaires (ZAP), où les mesures pour la préservation de l'anguille doivent être plus marquées. C'est le cas de la Seine.

Pour suivre l'évolution des populations d'anguilles au niveau national, il existe plusieurs rivières index anguille en France, une par Unité de Gestion Anguilles. Les unités de gestion sont calquées sur les bassins versants des agences de l'Eau.

Parallèlement, des Plans de Gestion des Poissons Migrateurs (PLAGEPOMI) sont mis en place dans chaque grand bassin versant. Ils intègrent les problématiques liées à d'autres espèces grandes migratrices comme les aloses (*Alosa sp*) ou le saumon atlantique (*Salmo salar*). Le PLAGEPOMI actuel du bassin Seine Normandie a démarré en 2016 et s'applique jusqu'en 2021.

Parmi les mesures mises en place, la construction de passes à anguille sur les ouvrages infranchissables figure en bonne place.

II : Passes à poissons et anguille :

Comportement spécifique, capacité de reptation – nage :
La jeune anguille n'a pas de capacité de sauts, et une capacité de nage assez réduite (50cm/sec pour les civelles (McCleave, 1980)). Elle possède cependant la capacité de reptation, même hors de l'eau sur terrain humide. Les civelles sont d'ailleurs capables d'escalader des parois verticales humides (Legault, 1988). L'anguille a du mal à emprunter la plupart des passes à poissons dédiées aux autres grands migrateurs (les passes à poissons classiques demandant une forte capacité de nage ou de saut), et des passes spécifiques (fig.8) sont donc nécessaires à l'espèce pour un franchissement optimal. Les modèles de passes à anguilles favorisent le comportement naturel d'hydrotropisme et de reptation.

Le départ d'une passe à anguilles est situé au pied d'un barrage. L'endroit où la passe est implantée a une grande influence sur son efficacité. Pour que les poissons trouvent la passe plus facilement, un flux d'eau à cet endroit attire les anguilles (que l'on nomme débit d'attrait). Les anguilles sont attirées sur une rampe humide et pentue, pourvue d'un substrat permettant la reptation. Le revêtement des rampes peut être de type macro-plots ou de type brosses. Pour les brosses, l'écartement des faisceaux de soies varient selon les stades des poissons concernés : 7mm pour les civelles, jusqu'à 14mm pour les anguillettes. (Clermont et al.,2012) La pente de la rampe est inférieure à 45°. La largeur de la rampe d'accès varie entre 20cm et 1m. Les anguilles remontent cette rampe qui les mène en amont du barrage ou dans notre cas, dans un bac de piégeage.

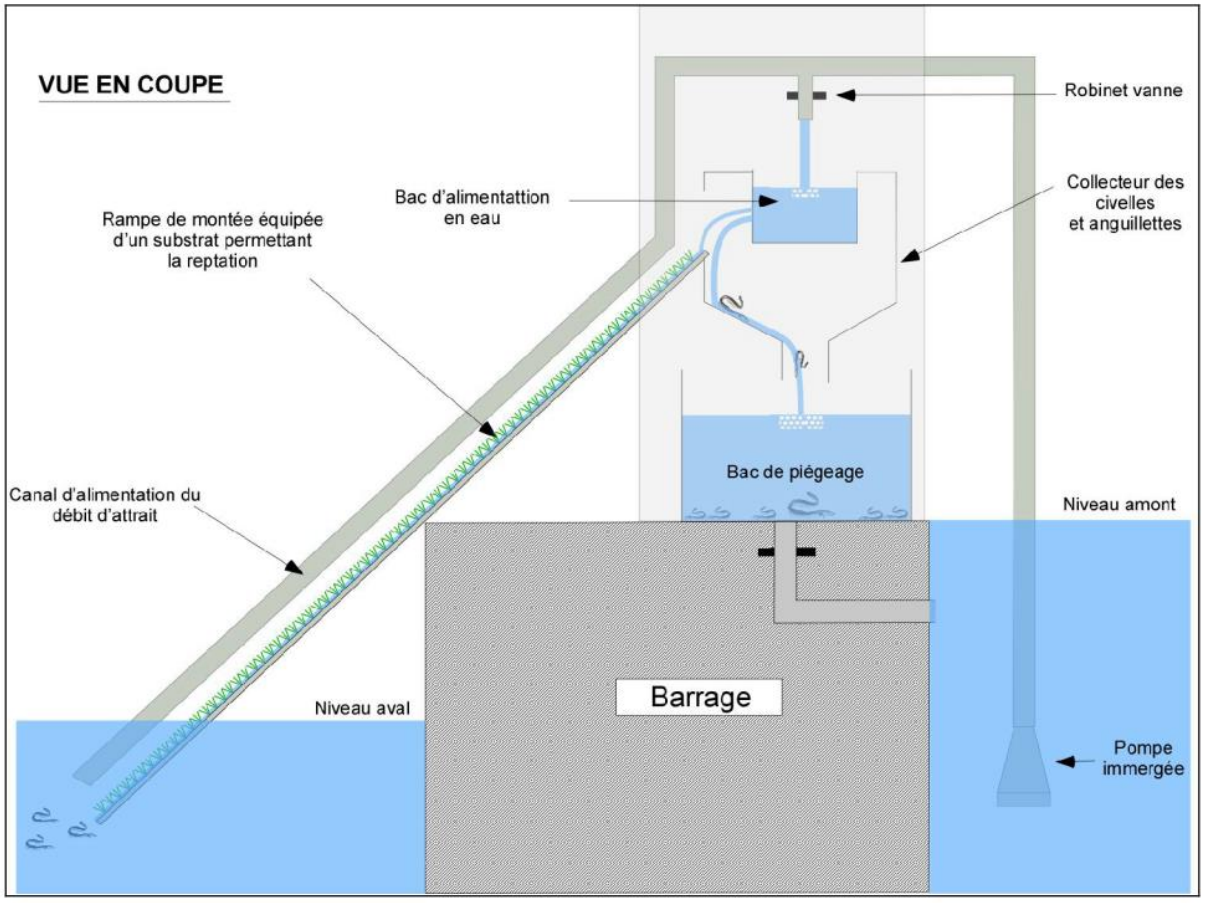


Figure 8 : Schéma général d'une passe-piège à anguille (Source : Rapport Imacof)

Ces passes améliorent la continuité écologique des rivières vis-à-vis de l'anguille. Un certain nombre d'axes prioritaires ont été choisis pour le décloisonnement. C'est le cas de la Seine.

III : La Seine :

1. Géographie :

La Seine est un fleuve français de 774km, coulant dans le bassin parisien. Ce fleuve prend sa source en Côte d'Or à 446m d'altitude, traverse Troyes, Paris, Rouen et rejoint la Manche entre le Havre et Honfleur. Le bassin versant de la Seine (fig.9) a une superficie de 79 000 km². Les principaux affluents de la Seine sont l'Aube, l'Yonne, la Marne, l'Oise, l'Eure.

On rencontre deux massifs montagneux dans le bassin versant de la Seine, aux extrémités nord-est (Ardennes) et sud-est (Morvan). Globalement, le relief est peu accentuée dans le bassin versant (90% de sa surface est située en dessous de 500m d'altitude). De ce fait, les écoulements sont plutôt calmes.

Figure 9: Carte du bassin versant de la Seine (Source : Wikipédia)

2. Occupation du sol :

L'occupation du sol sur le bassin Seine Normandie est présentée dans la carte suivante (fig.10). Le bassin de la Seine est très peuplé et fortement industrialisé (18 millions d'habitants). C'est principalement l'île de France qui regroupe les deux tiers des habitants du bassin. De nombreux sites industriels majeurs sont implantés le long des cours d'eaux. L'impact des agglomérations et de l'industrie sur la qualité de l'eau tend à diminuer grâce à l'amélioration des processus de traitement de l'eau. Les phénomènes de blocage chimique de migrations à Paris n'ont plus lieu. (Dans les années 1970, une zone anoxique de 100km était présente en aval de Paris, à cause des trop fortes quantités de matières organiques et de nutriments dans l'eau (données PLAGEPOMI 2016-2021)).

L'occupation des sols de l'Est du bassin est plutôt forestière. Une forte activité agricole en plaine pose des problèmes d'érosion, de rejets phytosanitaires, d'apport de matière en suspension et de nutriments dans les rivières. Les données disponibles depuis 2004 via EauFrance sur la physico-chimie de l'eau montrent une nette diminution des teneurs en orthophosphates et en ammonium. La diminution des teneurs en nitrate est moins marquée. Les taux d'oxygène dissous sont également en augmentation sur la chronique de suivi.

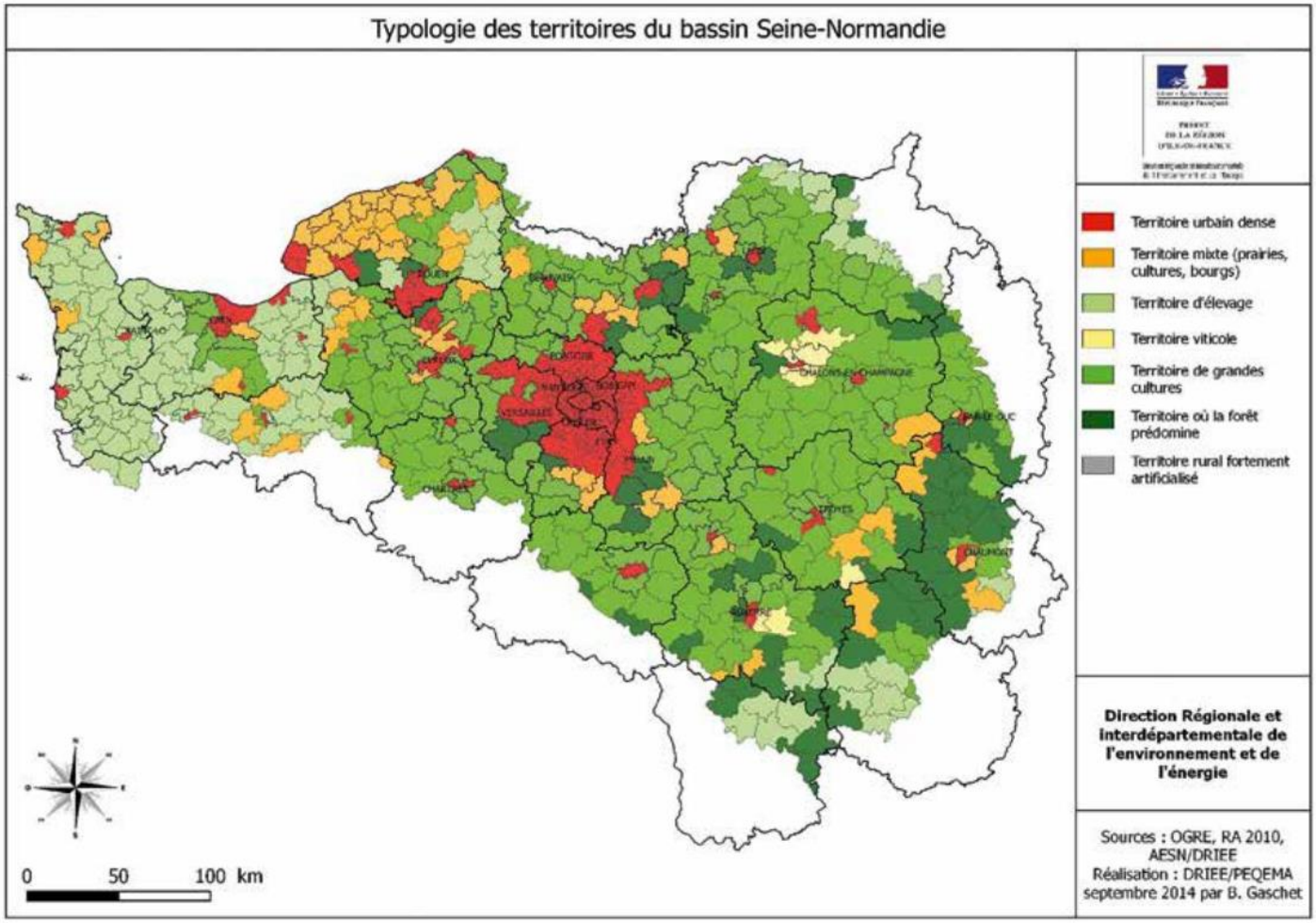


Figure 10: Cartographie de l'occupation du sol sur le bassin Seine Normandie (Sources : OGRE, AESN, DRIEE)

3. Géologie :

Quasiment l'intégralité du bassin versant de la Seine se situe dans le Bassin parisien. C'est une région géologique, une vaste dépression occupée autrefois par la mer, et un ancien bassin sédimentaire délimité par des massifs montagneux.

Les couches géologiques rencontrées dans le bassin de la Seine sont présentées dans la carte suivante (fig.11).

La géologie dominante dans le bassin versant de la Seine est consituée de roches alluvionnaires du tertiaire, du crétacé et du jurassique. Ce type de sol est globalement favorable à l'infiltration. De grands aquifères profonds se rencontrent sur le bassin versant, notamment la nappe de la craie.

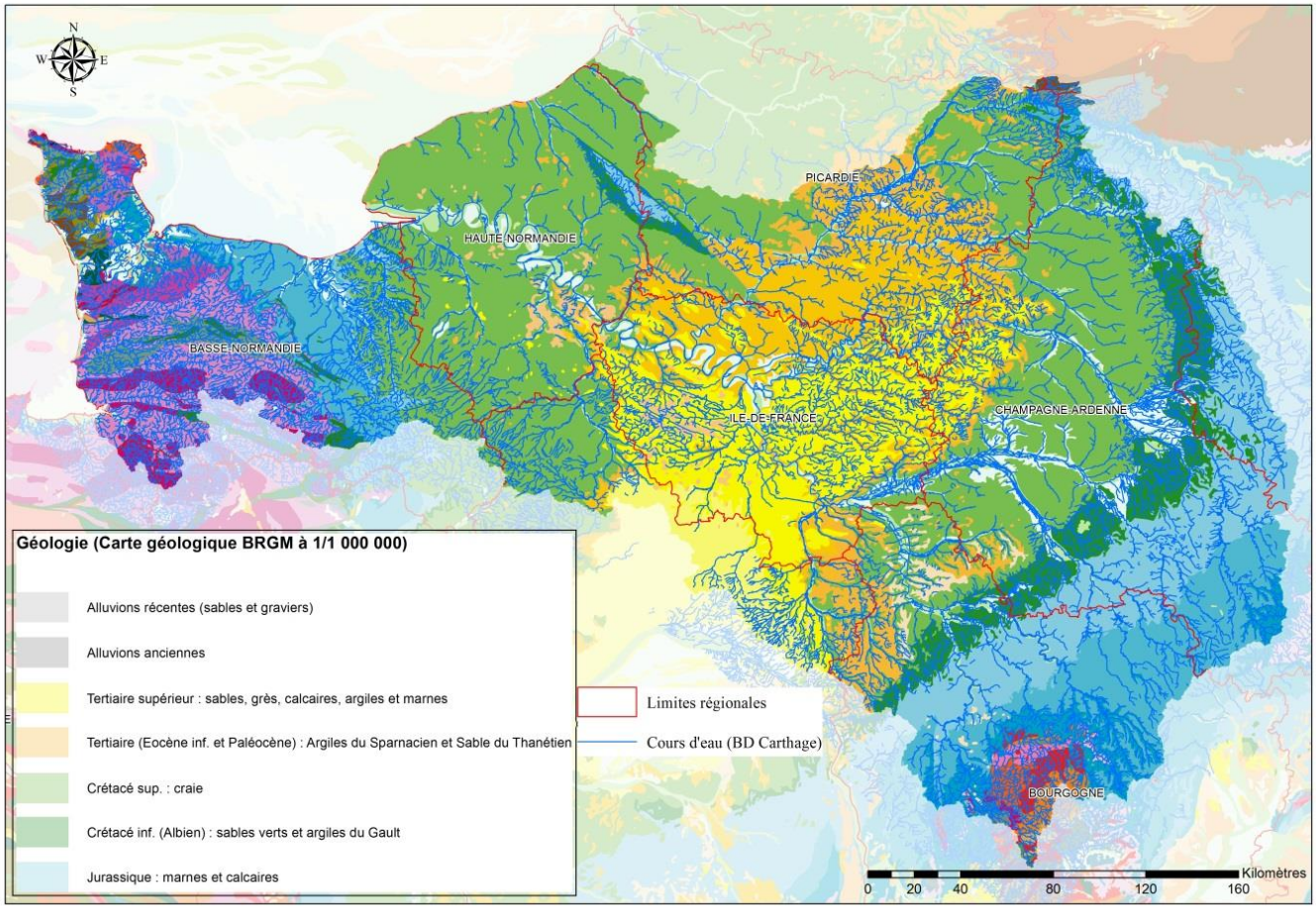


Figure 11: Carte géologique du bassin Seine Normandie (Source: SIGES Seine Normandie)

4. Climat :

Le bassin versant de la Seine bénéficie d'un **climat tempéré** et de **précipitations modérées**, en moyenne 720mm par an. La répartition générale des précipitations dans le bassin Seine Normandie est présentée dans la carte ci-dessous (fig.12). Certaines zones sont plus arrosées que d'autres, comme la côte normande, et l'Est (Meuse, Haute Marne) qui reçoivent plus de 1000mm d'eau par an. A l'inverse, le centre du bassin (Paris, Chartres, Evreux) reçoit moins de 600mm d'eau par an.

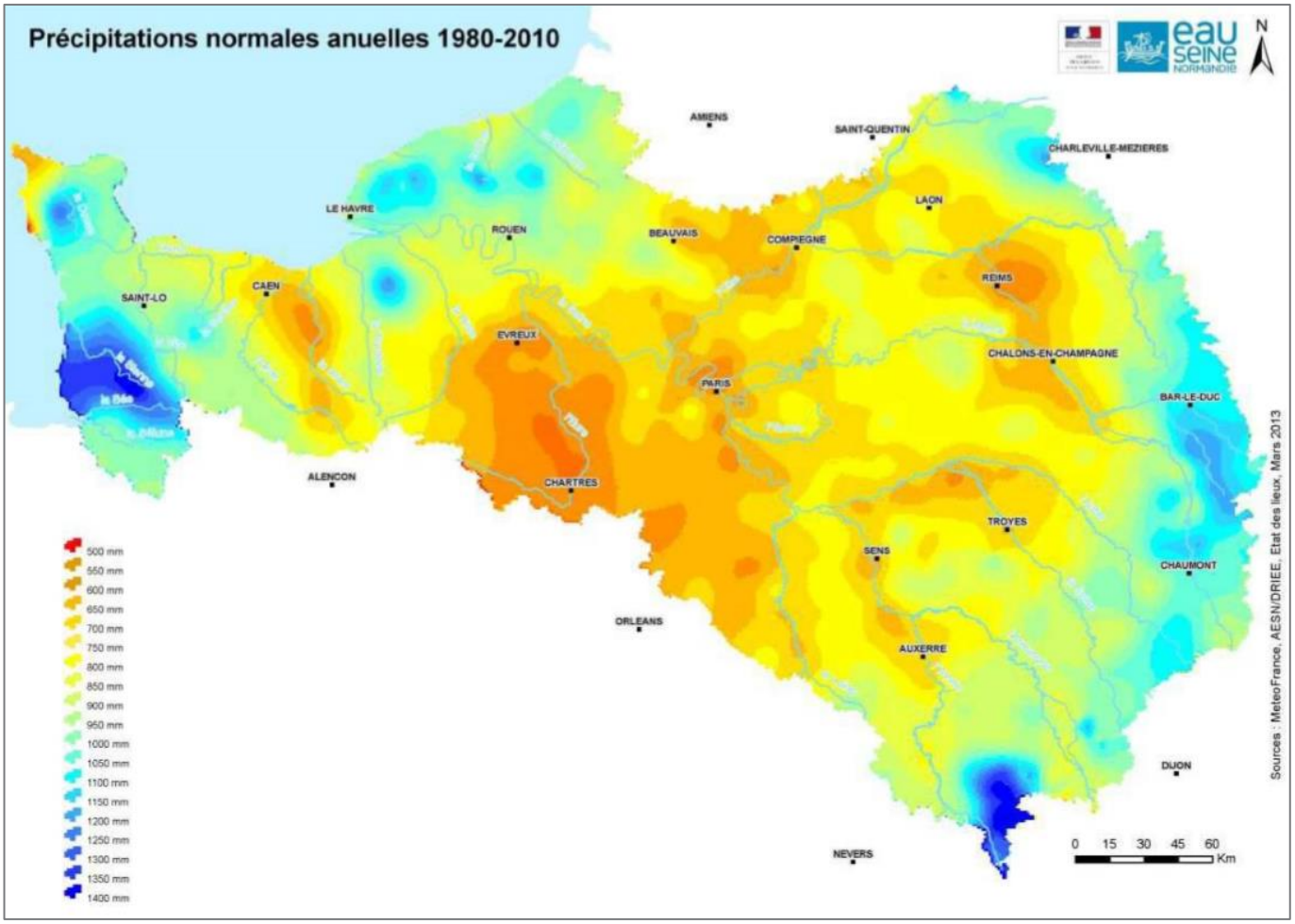


Figure 12: Cartographie de la pluviométrie du bassin Seine Normandie (Sources: MeteoFrance-AESN-DRIEE, 2013)

5. Hydrologie de la Seine :

La Seine est une rivière de plaine et son régime hydrologique est de type pluvial océanique. Ce sont les précipitations dans le bassin versant qui dictent les niveaux. L'évapotranspiration joue aussi un rôle important en été. Le débit moyen de la Seine est présenté dans le graphique suivant (fig.13). Les caractéristiques d'un tel régime hydrologique sont des hautes eaux marquées en hiver et des basses eaux en été. Il existe une forte variabilité inter annuelle due à l'irrégularité des précipitations. Les nappes souterraines contribuent au débit de la Seine à hauteur de 60% (Source : PIREN).

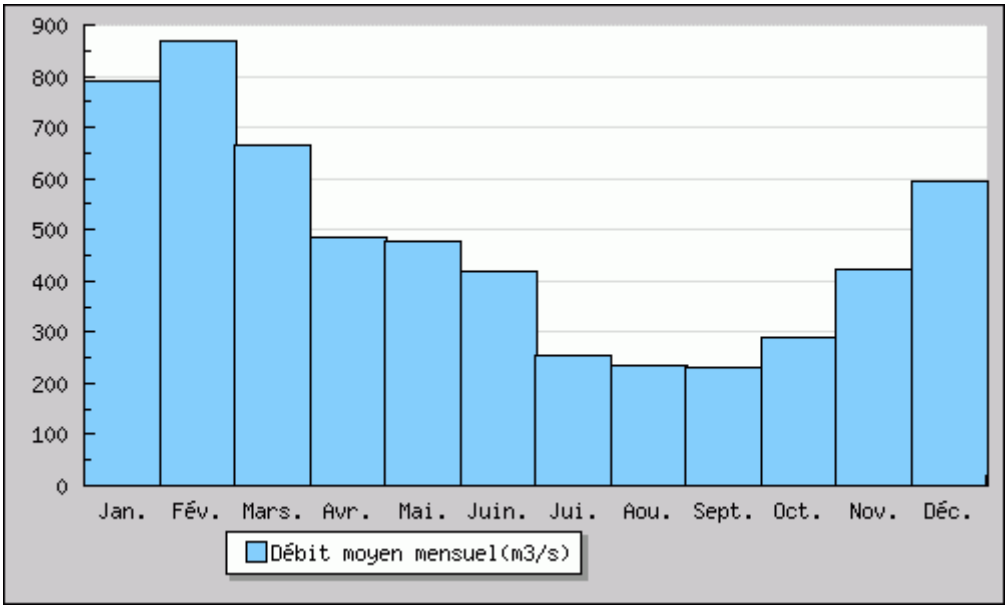


Figure 13: Diagramme en bâton du débit moyen de la Seine à Vernom (moyenne mensuelle de 2009-2020, station située en amont de Poses)

A noter que le débit de la Seine est partiellement régulé grâce à de grands réservoirs, le Lac du Der et les lacs de la Forêt d'Orient (voir fig.9). Ces réservoirs stockent l'eau en hiver et relâchent de l'eau en été. Cela permet d'éviter les inondations et de maintenir un niveau d'eau suffisant pour la navigation en été.

6. Peuplements de poissons :

Les peuplements de poissons de la Seine ont évolué dans le temps, avec l'arrivée de nouvelles espèces et le déclin d'autres. Ils sont contrôlés conjointement par des facteurs naturels et anthropiques. Ces facteurs déterminent le nombre d'espèces, leur répartition et leur typologie. La répartition des espèces évolue selon l'axe longitudinal, avec des zonations piscicoles, et des cortèges d'espèces se succèdent et se remplacent.

Il y a deux millions d'années, les périodes de glaciations ont appauvri la faune piscicole de la Seine, réduite alors à une trentaine d'espèces. Ces glaciations ont aussi relié des bassins versants par baisse du niveau de la mer, et permis ainsi la dissémination d'espèces entre bassins voisins.

Dans l'antiquité, des introductions d'espèces comme la carpe ont été réalisées. La Seine était pêchée et produisait du poisson pour les populations locales.

A partir du XIXème siècle, une implantation massive d'espèce exotique a eu lieu. A cette période, les introductions volontaires se faisaient dans un but aquacole ou halieutique. Des espèces originaires d'Amérique du Nord comme les poissons chat ou la perche soleil ont été introduites. La construction de canaux de navigation reliant des bassins versants différents a aussi permis l'arrivée de nouvelles espèces, notamment celles originaires du bassin du Danube, comme le sandre. A la fin du XXème siècle, 23 espèces de poissons nouvelles étaient rencontrées dans la Seine. La tendance à l'implantation d'espèces exotiques semble s'accélérer et devrait se poursuivre.

Parallèlement, des espèces migratrices autochtones ont disparues (Agence de l'eau Seine-Normandie et al., 2009). Ce sont les poissons grands migrateurs qui ont donné les signes les plus précoces et les plus importants de déclin.

L'aménagement du fleuve au XIXème siècle pour la navigation (barrages, écluses) ont fragmenté l'habitat, empêchant les migrateurs de rejoindre leurs zones de reproduction ou de grossissement. De plus, la Seine a été très polluée jusqu'à la fin du XXème siècle.

L'esturgeon, le saumon et la grande alose avaient ainsi disparu de la Seine au début du XIXème siècle. Dans les années 1990, 7 des 10 espèces migratrices avaient disparu.
Suite à la réduction récente des niveaux de polluants dans la partie aval de la Seine, certains poissons migrateurs comme les aloses, les saumons et les truites de mer ont amorcé la reconquête du fleuve. L'esturgeon européen a disparu du bassin. L'anguille n'a, elle, jamais disparu de la Seine.

A l'heure actuelle, le bassin versant de la Seine abrite environ une cinquantaine d'espèces de poisson d'eau douce. La qualité de l'eau s'améliore et permet le retour d'espèces sensibles à la pollution. Les politiques de continuité écologique décloisonnent progressivement la Seine. Les peuplements les plus diversifiés se retrouvent sur la partie moyenne du fleuve.

7. Habitats pour l'anguille :

L'anguille est capable de coloniser tous les cours d'eau en dessous de 1000m d'altitude (Feunteun, 2003).
Les habitats potentiels favorables à l'anguille sur le bassin versant de la Seine sont donc nombreux (fig.14).Au niveau estuarien, le marais Vernier, l'estuaire de la Seine et les affluents sont tous colonisés par l'anguille. Mais il existe aussi de nombreux habitats en amont. Ces habitats doivent être accessibles pour l'espèce. Les études menées dans le cadre du suivi de l'anguille montrent que les individus à l'intérieur des terres sont plutôt des grands individus.

L'atteinte des principaux affluents (Oise, Eure, Marne, Yonne, Aube) par les jeunes anguilles ne peut se faire que par la remontée de la Seine. Aussi, le fleuve est classé en Zone d'Action Prioritaire.

Pour permettre au front de colonisation de progresser vers l'amont du bassin versant, la restauration de la continuité écologique est nécessaire. La Seine compte une vingtaine de grands barrages qui font obstacles à la montaison des jeunes anguilles (PLAGEPOMI 2016-2021).

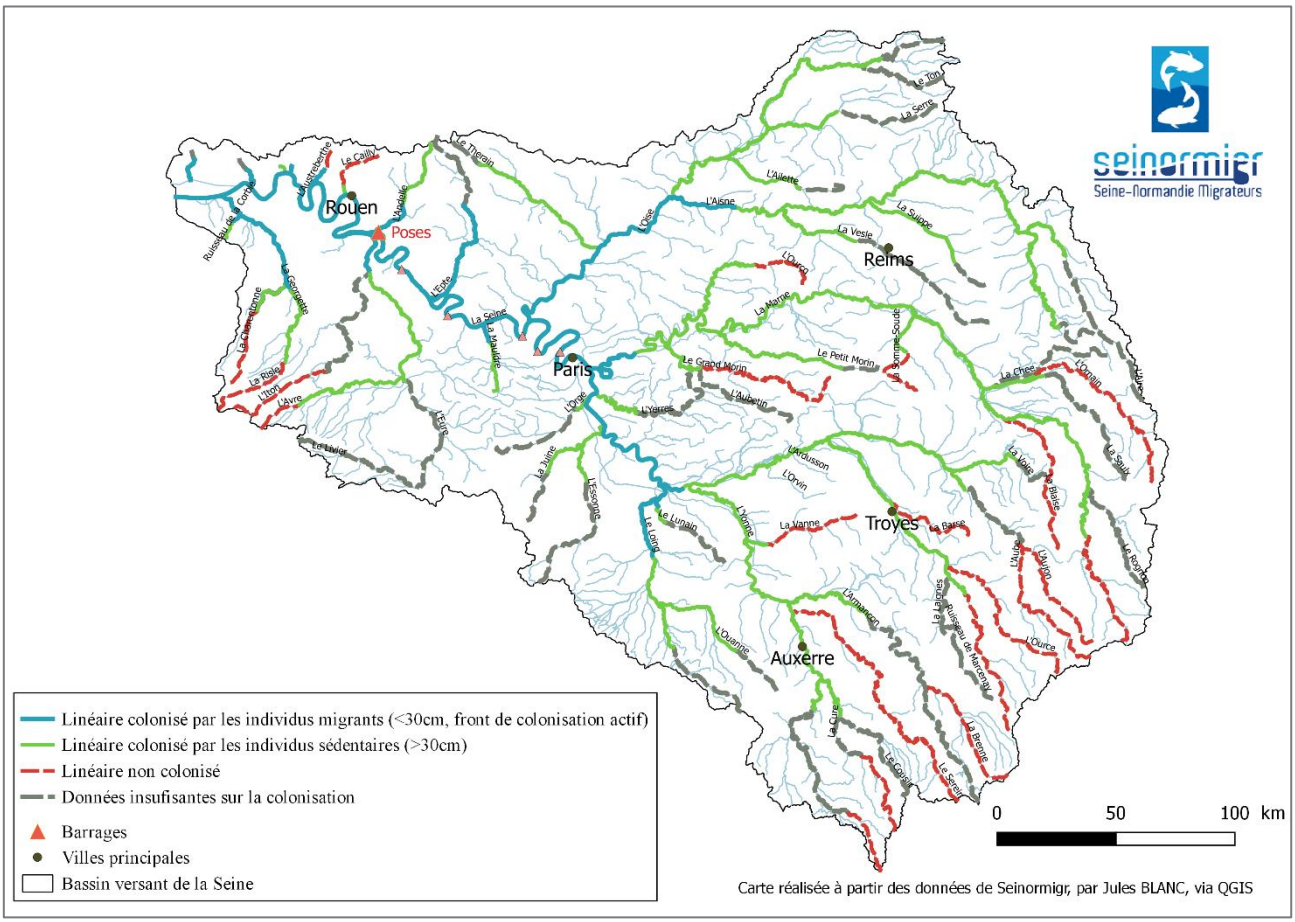


Figure 14: Cartographie des linéaires de cours d'eau colonisés par l'anguille sur le bassin versant de la Seine en 2020 (Source : J BLANC)

IV : L'ouvrage de Poses-Amfreville :

Le barrage de Poses (fig.15) marque le fond de l'estuaire de la Seine. Il est situé à 160km de la mer, et les effets de la marée se ressentent au pied de l'ouvrage. C'est le premier barrage rencontré en amont de l'embouchure.

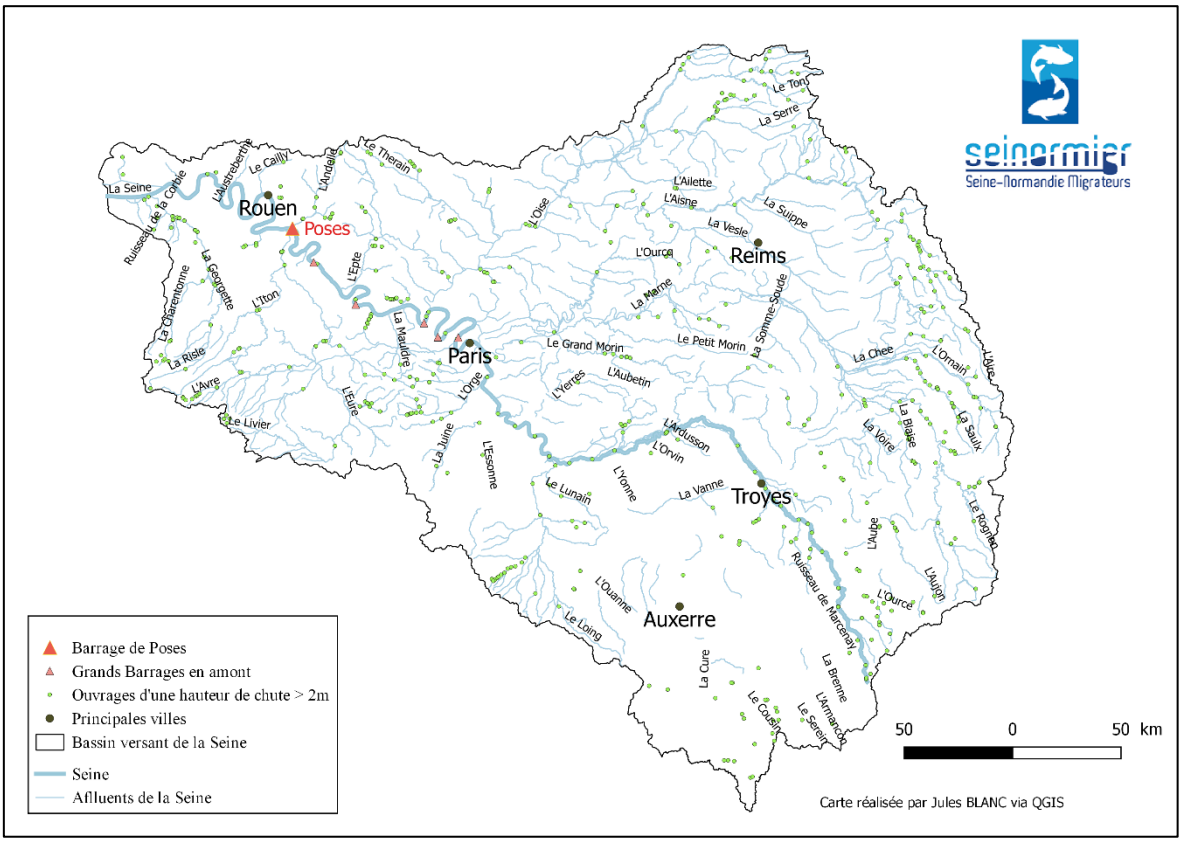


Figure 15: Localisation du barrage de Poses et des principaux obstacles à la montaison (Source : J BLANC)

Construit en 1885, l'ouvrage est situé entre les communes de Poses et d'Amfreville dans le département de l'Eure. Il mesure 490m de long et possède une hauteur de chute de 4m50. Il a deux fonctions, la navigation et la production d'électricité : en rive droite, il y a deux écluses de navigation, et en rive gauche une centrale hydroélectrique (fig.16).

Figure 16 : Vue aérienne annotée du barrage de Poses (Source : M. SANMARTIN)

De par la taille de l'ouvrage, chaque rive est équipée d'une passe à poissons et d'une rampe à anguilles. Les passes à poissons sont suivies par vidéo comptage et les passes à anguilles par piégeage. La rive gauche a été équipée de rampes à anguilles en 2014 et la rive droite en 2017. Le plan général des passes pour chaque rive est présenté dans la figure ci-dessous (fig.17).

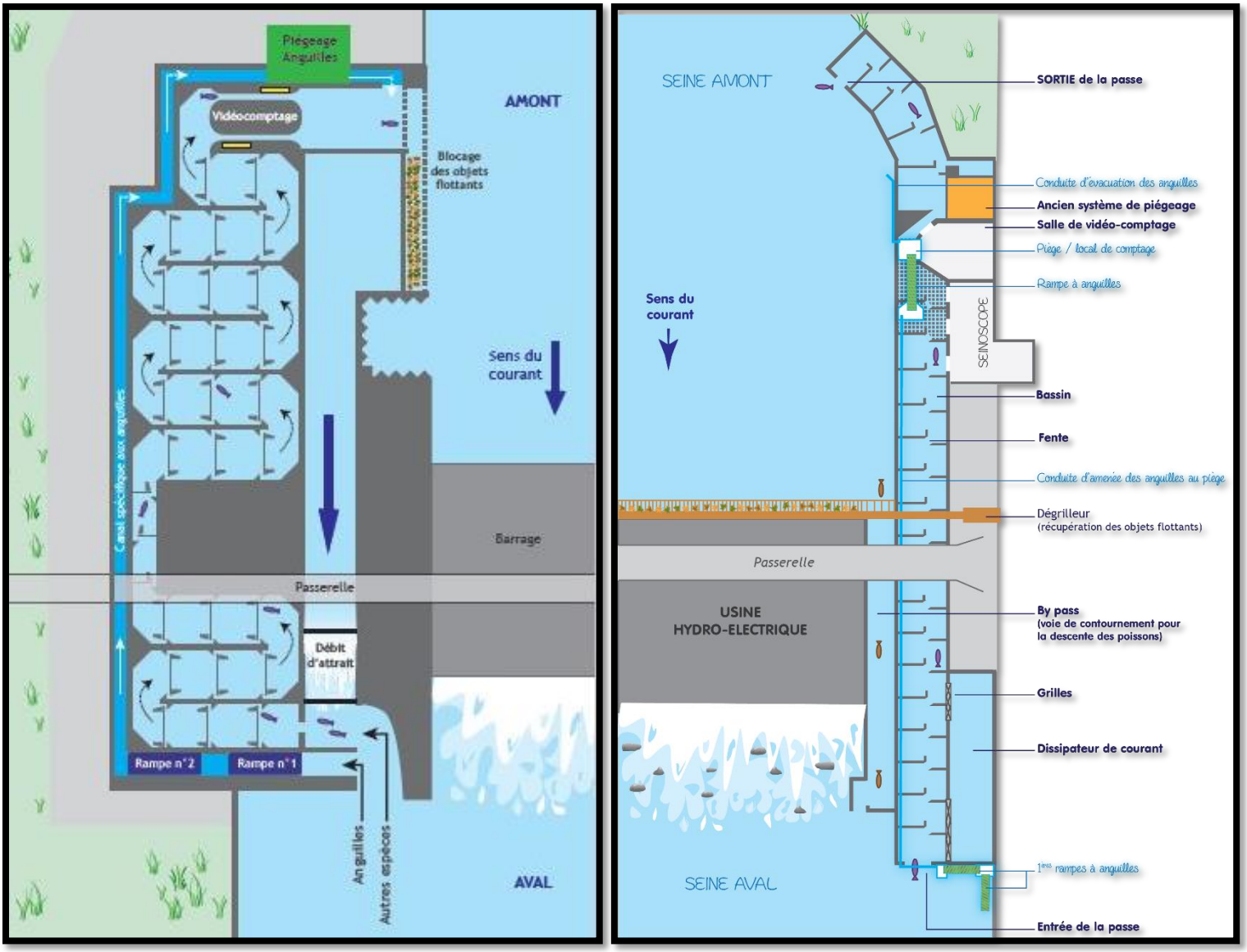


Figure 17 : Schéma des passes à poisson de chaque rive (rive droite à gauche, rive gauche à droite). (Source : Seinormigr)

Les systèmes de piégeage visent à quantifier le recrutement annuel fluvial de la Seine (les passes étant principalement empruntées par des jeunes individus).

1. **Passe rampe à anguilles en rive gauche :**

La passe à anguilles en rive gauche (2014) (fig.18) a été construite après la passe à bassins (1991). Comme elle n'était pas prévue au départ, elle vient se superposer à un ouvrage existant. La passe comporte trois parties :
-Une partie aval, constituée de 3 rampes «à brosses » inclinées à 45° (voir photos 1 et 2 de la fig. 18), alimentées par un filet d'eau. La base de la rampe la plus basse se trouve en permanence immergée dans la Seine. Les rampes sont séparées par un bassin de repos. La dernière rampe débouche sur un collecteur (voir photo 3).
-Le canal de liaison (voir photos 3, 4, 5) : C'est un tube en pvc de 56m, à pente négative (2°). Il se déverse dans un autre collecteur (photo 6).
- La partie amont est une dernière rampe à brosses, inclinée à 35° (6, 7). 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).

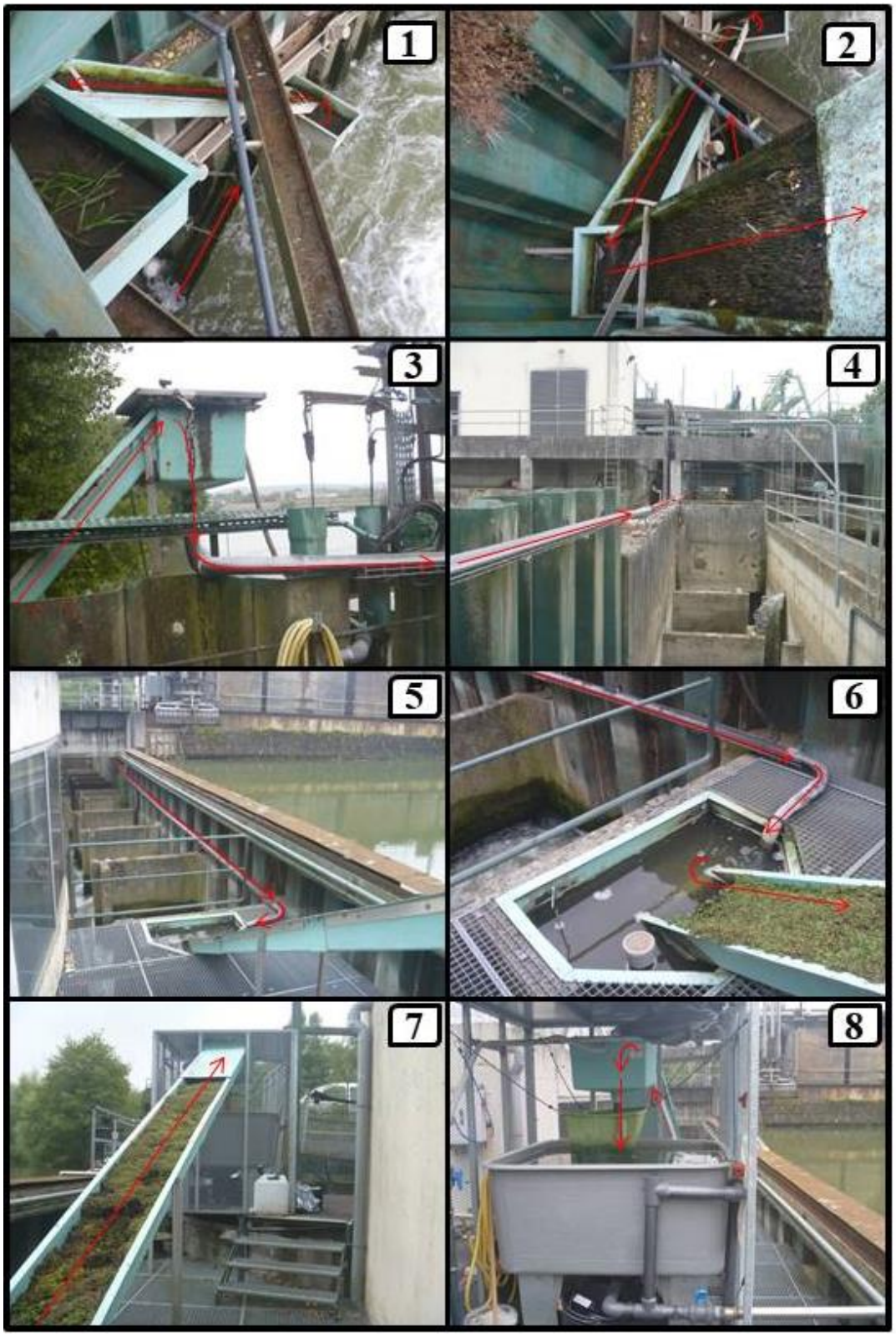


Figure 18: Photographie des différentes sections de la passe à anguille en rive gauche de Poses (Les flèches rouges indiquent le chemin pris par les anguilles) (Source : M. SANMARTIN).

La passe mesure 61 mètres.

2. Passe rampe à anguilles en rive droite :

La passe à anguilles en rive droite (fig.19) a été construite en même temps que la passe à bassins. La conception est légèrement différente de la passe en rive gauche. Elle comporte 3 parties :

- La partie aval se compose de 2 rampes « à brosses » (photos 1, 2). Elles sont alimentées en eau par surverse de la partie suivante.
- La deuxième partie de la passe est constituée d'un canal à anguilles (photos 2, 3, 4, 5). Il mesure 100m de long et sa pente est de 1.25‰.
- Le canal mène les anguilles dans le local de la station de piégeage (photos 5,6). Une rampe « à brosses » débouche sur un vivier. Ce bac de piégeage permet la collecte, le dénombrement et la biométrie des anguilles.

Figure 19: Photographie des différentes sections de la passe à anguille en rive droite de Poses (Les flèches rouges indiquent le chemin pris par les anguilles) (Source : M. SANMARTIN)

III. MATERIEL ET METHODES :

1. Fréquence de suivi des pièges :

Les dispositifs de piégeages ont déjà été présentés. Pour la rive gauche, le suivi est effectué depuis 2014, pour la rive droite, depuis 2018. Le suivi a lieu seulement une partie de l'année, durant la période de montaison. Il démarre généralement mi-avril (lorsque la température de la Seine atteint 15°C) et finit début octobre. Durant cette période, les pièges sont relevés tous les matins, hors week-end et jours fériés (sauf nécessité).
Ce suivi régulier permet aussi l'entretien des dispositifs de piégeage.

2. Opérations effectuées sur les captures :

Les captures d'anguilles font l'objet de tris (fig.20), de dénombrement et de biométrie, avant qu'elles soient relâchées en amont de l'ouvrage.

3. Protocole appliqué aux captures :

La biométrie des anguilles est effectuée à chaque relevé. La procédure dépend du nombre d'anguilles dans le piège (pour l'arbre de décision, voir annexe). Il y a 4 cas de figures.

n<90 individus : tous les individus sont mesurés (mm) et pesés (0.1g).
n> 90 individus : Les anguilles sont séparées grâce à un tamis de mailles 6 mm. Ils peuvent former deux groupes :
-Tamis 6mm : individus d'un été ou de l'année (<150mm)
- Refus du tamis 6mm : individus âgés d'au moins 2 étés (>150mm)

Figure 20: Photographie du tri des anguilles (Source : J BLANC)

Si le nombre d'anguilles dans chaque groupe est inférieur à 60, chaque individu est mesuré et pesé. Si le nombre d'individus dans un groupe est supérieur à 60, la biométrie est réalisée sur 60 individus échantillonnés au hasard (deux lots de 30) et sur le refus du tamis. Les autres individus du groupe sont pesés en lots et dénombrés grâce au poids moyen des 60 individus mesurés précédemment.
n>1000 individus :
3 lots de 30 anguilles sont prélevés aléatoirement parmi toutes les anguilles. La biométrie est réalisée sur ces 90 individus, puis chaque lot est pesé pour calculer 3 poids moyens. Les 3 poids moyens sont moyennés pour n'en obtenir qu'un. Cela permet d'obtenir le poids moyen d'une anguille du lot. Le lot restant est pesé. Le nombre total d'anguilles est calculé en divisant la masse totale piégée par le poids moyen d'un individu.
Pic de migration exceptionnel : seul le poids global est mesuré.

4. La biométrie

Les anguilles sont anesthésiées dans un bain d'eugénol, puis mesurées sur un ichtyo mètre (au mm près) et pesées (précision 0.1g). Elles sont ensuite placées dans un seau de réveil (fig.21). Les poissons sont remis à l'eau en amont du barrage. Les données de suivi sont compilées dans la base de données nationale STACOMI.

Figure 21 : Photographie du matériel de biométrie (Source : J BLANC)

5. Les indicateurs de recrutement :

Plusieurs indicateurs peuvent être calculés à partir des données brutes de comptages sur passe. Dans notre cas, seul l'indice de migration a été utilisé.

Indice de migration :

CONSTRUCTION DE L'INDICATEUR Im = (A / (N1-N2))
avec N et A Є P
Im : Indice de migration (nb d'anguilles par jour)
A : Nb d'anguilles comptabilisées au niveau de la passe pendant le suivi
N1 : Nb de jours où la passe a été suivie
N2 : Nb de jour où la passe n'a pas fonctionné
P : Période de migration (Avril à Juillet)

6. Flottangs :

Les flottangs (fig.22) sont des dispositifs de piégeage passif, composés d'un empilement de couches alvéolées et équipé de flotteurs. Dix carrés de treillis mesurant 50 × 50 cm sont joints par quatre flotteurs. Ce système a été développé en Charente par Migado en 2013 pour échantillonner les milieux impossibles à pêcher à l'électricité (marais peu profonds). Ils sont basés sur le principe de l'habitat artificiel. Le maillage utilisé permet de piéger des anguilles de moins de 15cm.

Figure 22: Photographie d'un flottang installé

Les anguilles s'introduisent dans le dispositif et y stationnent un moment. 3 flottangs ont été installés à différents endroits (fig.23). Un flottang est placé en aval de la rampe rive droite (code AVR), un en aval des écluses (AVE) et un en amont des écluses (AME).

Figure 23: Emplacements des différents flottangs posés en 2020

En plaçant ces dispositifs dans la Seine en aval et en amont du barrage, il est possible de mettre en évidence des phénomènes d'accumulation d'individus. Les tailles capturées peuvent aussi donner une information. Les flottangs sont relevés environ tous les deux jours. Les anguilles capturées via ce dispositif sont anesthésiées, mesurées puis remises à l'eau en amont du barrage.

7. Stockage et analyse des données :

L'intégralité des données de suivi des rampes et des paramètres environnementaux est stockée dans Stacomi via une interface java (annexe 2). Le système de Gestion de Base de donnée est PostGreSQL (annexe 3). Les données « flottangs » sont stockées dans une base de données fonctionnant sous Access. Tout est traité grâce au logiciel R (version 4.00), à l'aide des packages StacomiR et ggplot2. Les données du présent rapport vont jusqu'au 24 aout 2020.

IV. RESULTATS ET INTERPRETATION:

1. Fonctionnement des dispositifs :

Entre janvier et avril, les rampes ne sont pas en eau car le suivi n'a pas démarré
Le suivi 2020 est marqué par une longue période de non fonctionnalité de la passe en rive droite, du début du suivi en avril jusqu'en juin (fig.24).

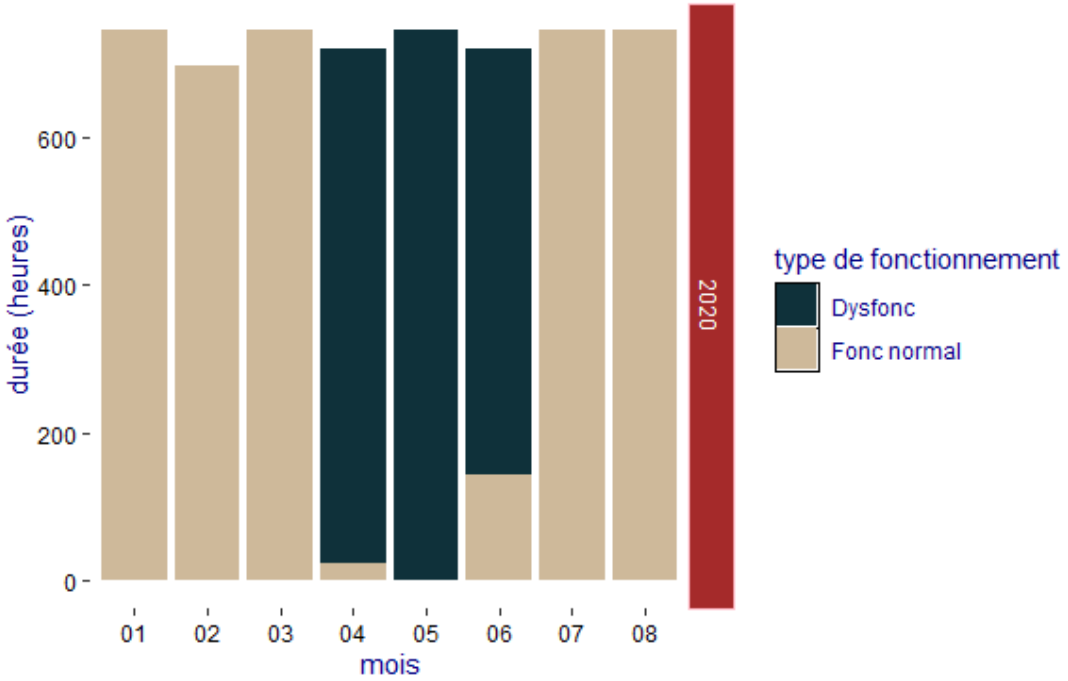


Figure 24: Graphique présentant les périodes de fonctionnement de la rampe à anguilles rive droite pour 2020

Une phase plus courte de non fonctionnalité du piège a eu lieu en rive gauche, au mois de juin (fig.25).

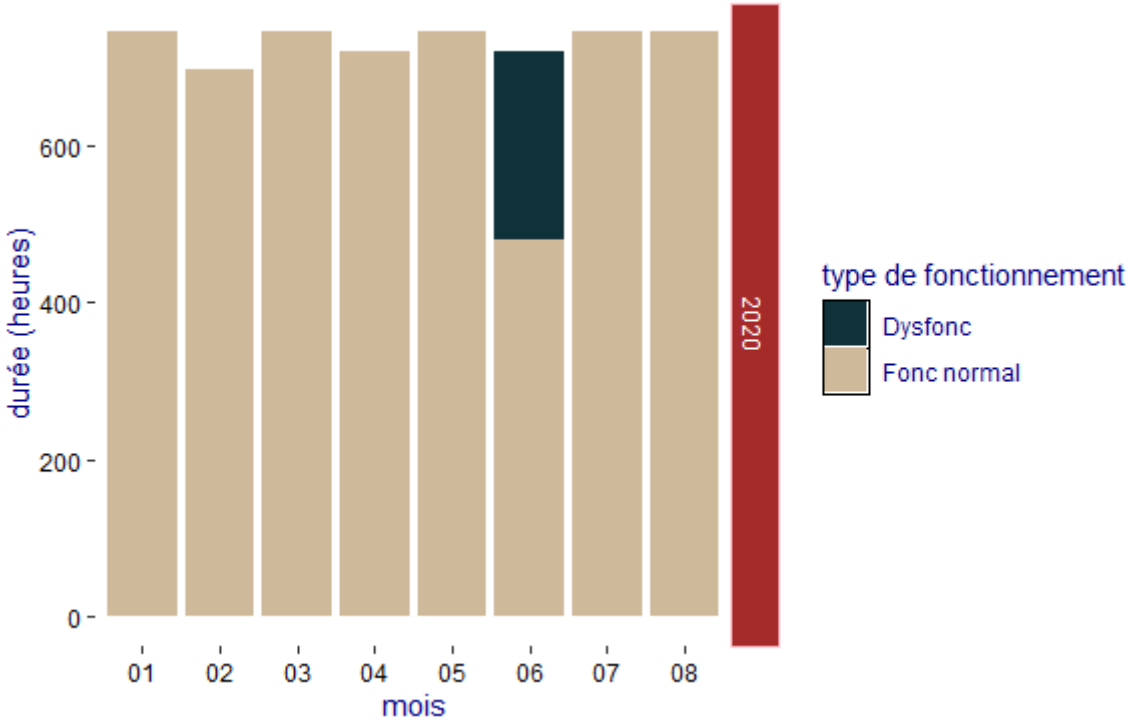


Figure 25 : Graphique présentant les périodes de fonctionnement de la rampe à anguilles rive gauche pour 2020

Ces périodes de dysfonctionnement sont dues à des pompes défaillantes. Si en rive gauche, la pompe a été rapidement remplacée, en rive droite cela a pris beaucoup plus de temps, au point d'impacter les effectifs du suivi 2020.

2. Comparaison des indices de migrations :

Les indices de migrations (tab.III) sont calculés à partir des effectifs de captures annuelles (tab.II) et du nombre de jours de fonctionnement du piège.
Les données de suivi existent depuis 2014 en rive gauche et depuis 2018 en rive droite. Les périodes de fonctionnement sont disponibles seulement à partir de 2018. On sait cependant que depuis 2014 les suivis sont réalisés sur la même période, d'avril à octobre. Les captures en rive gauche varient selon les années et sont de l'ordre de quelques milliers voir dizaines de milliers d'anguilles par an, avec de bons résultats en 2018.

Les captures en rive droite sont beaucoup plus nombreuses qu'en rive gauche, et sont de l'ordre de plusieurs centaines de milliers d'anguilles par an. 2020 apparait comme une mauvaise année.

Tableau II : Effectifs annuels d'anguilles capturées sur chaque rive

Année	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Effectifs RG	12395	4916	13642	10566	32128	3471	626
Effectifs RD	/	/	/	/	476958	379875	125962

Le calcul des indices de migrations pour chaque rive révèle une nette différence. Pour des durées de piégeage similaires (N), l'indice de migration (Im) est nettement plus élevé en rive droite (X17 en 2018, X100 en 2019, X 201 en 2020). En moyenne, quelques milliers d'individus empruntent la passe en rive droite chaque jour durant le suivi, alors que ce sont seulement quelques dizaines qui empruntent la passe en rive gauche.

Tableau III : Effectifs d'anguilles (A), nombre de jours de piégeage (N) et indices de migration(Im) en 2018 et 2019 (Im=A/N),

Unité Im : Nombre moyen d'anguilles par jours

Année	2018		2019		2020	
Rive	RD	RG	RD	RG	RD	RG
Effectifs anguilles (A)	476958	32128	379875	3471	125962	626
N	168	197	219	203	64	74
Im	2839	163	1731	17	1968	8.5

Il est clair que les deux passes n'ont pas la même efficacité.

Explication différence efficacité entre les deux rampes:
L'écart de capture entre les deux rives s'explique par des difficultés d'accès à la rampe en rive gauche. Les berges en palplanches sont défavorables aux anguilles et le courant de la microcentrale (fig.26) brouille l'effet du débit d'attrait. De plus ce courant exige des anguilles qu'elles aient une bonne capacité de nage pour atteindre l'entrée de la rampe.

Figure 26 : Photographie de l'entrée de la rampe à anguilles en rive gauche, coté microcentrale (Source : Sanmartin)

C'est pourquoi peu d'individus empruntent la rampe en rive gauche (car ils ne parviennent pas à y accéder ou ne la trouvent pas). De plus, les données de suivi réalisé par Seinormigr de la progression des anguilles dans la passe ont montré que seul 25 à 72% des anguilles arrivent à la franchir.

En rive droite, les berges sont en enrochement, un habitat plus favorable pour les anguilles. Le débit d'attrait fonctionne et les anguilles trouvent plus facilement l'entrée de la passe. Cela explique le plus grand nombre de captures en rive droite.

3. Caractéristiques des individus empruntant les passes

Les boîtes à moustaches issues des tailles (fig.27) semblent montrer que les anguilles qui empruntent la rive gauche sont sensiblement plus grandes que celles qui empruntent la rive droite.

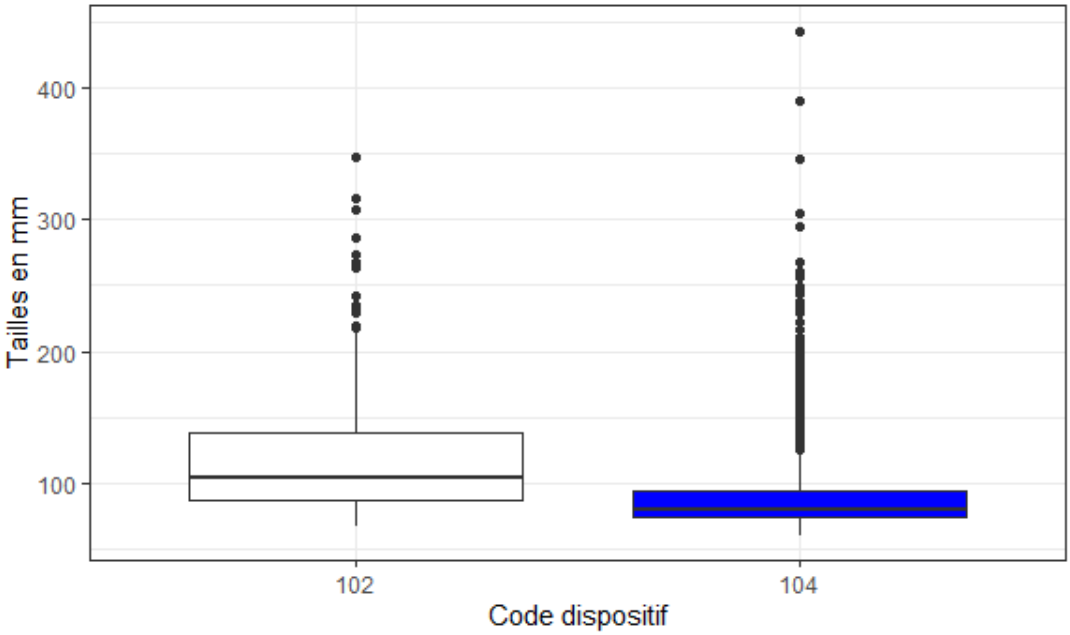


Figure 27 : Boîte à moustaches des tailles d'anguilles en 2020 pour la rive gauche (102) et la rive droite (104, en bleu)

Les tailles moyennes sont de 90.8mm en rive droite et 111mm en rive gauche. Les écarts types sont de 30.5mm en rive droite et 39.3mm en rive gauche.

Les tests statistiques (Shapiro, p-value < 2.2e-16) confirment la non normalité des données (pvalue=< 2.2e-16). Le test de Kolmogorov met en évidence une distribution des tailles différente entre les deux rives (p-value < 2.2e-16).

Les tailles sont plus élevées en rive gauche car les grands individus ont une plus grande capacité de nage que les petits, et peuvent donc remonter le courant de la microcentrale et emprunter la passe. Les petits individus n'y arrivent pas. La passe en rive droite est moins sélective et permet la remontée des individus de l'année.

4. Classes de tailles des anguilles capturées :

Le graphique suivant (fig.28) présente la répartition en fréquences des classes de tailles des anguilles capturées sur chaque rive. Les anguilles en rive droite sont en moyenne plus petites, avec un mode entre 65 et 70mm, contre un mode entre 130 et 135mm en rive gauche. Le pourcentage de grands individus (>200mm) est plus élevé en rive gauche.

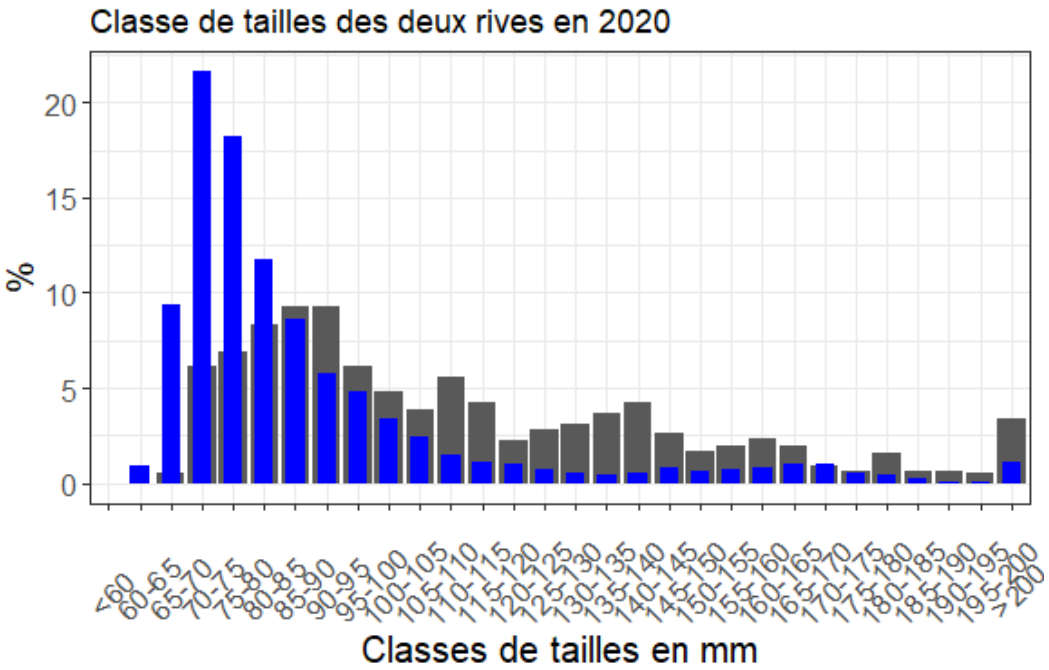


Figure 28: Diagramme en bâton des classes de tailles (mm) des anguilles pour chaque rive en 2020 (rive gauche en gris, rive droite en bleu)

Les passes ont donc une sélectivité différente.

5. Evolution saisonnière des classes de tailles capturées :

Les graphiques suivants (fig.29 et 30) représentent les distributions de tailles des anguilles pour chaque mois et chaque rive. En 2020, la taille des anguilles a tendance à diminuer au fil du suivi sur les deux rives.

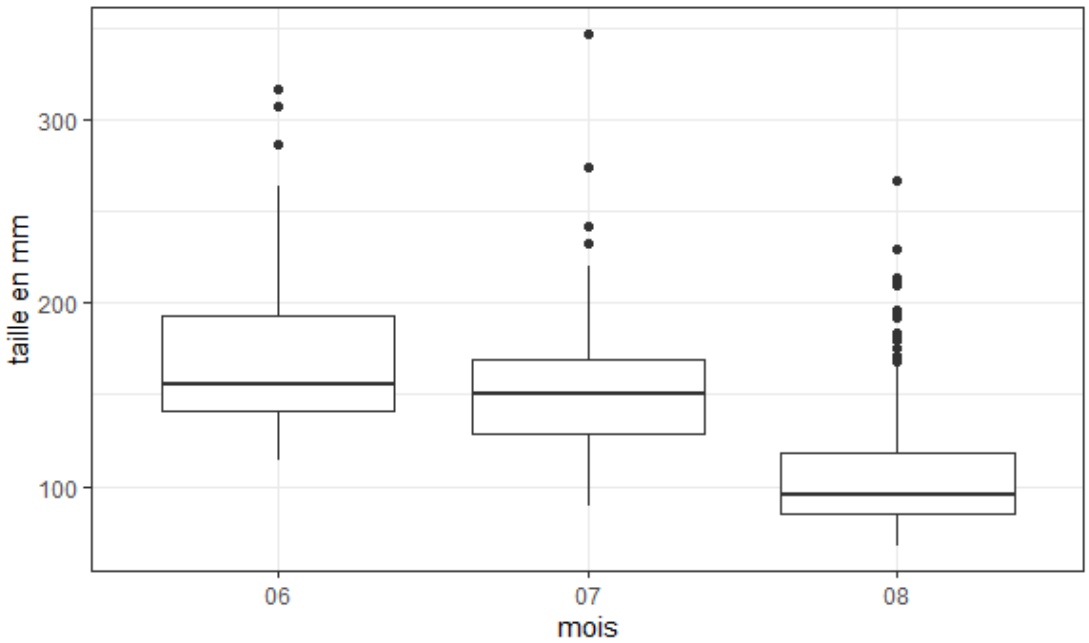


Figure 29: Boîtes à moustaches des tailles d'anguilles capturées en rive gauche pour chaque mois en 2020

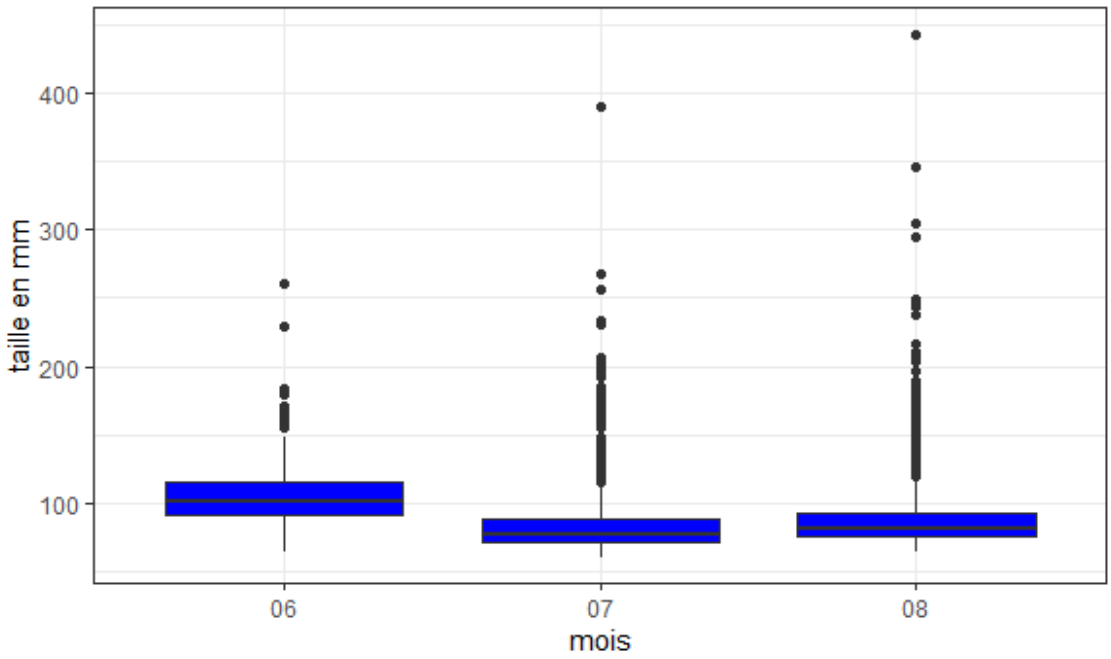


Figure 30: Boîtes à moustaches des tailles d'anguilles capturées en rive droite pour chaque mois en 2020

La taille des anguilles diminue lorsque la saison avance. En début de saison, les individus capturés sont des individus en reprise de migration (ils ont passé l'hiver en Seine), ils sont plus âgés et plus grands que les individus de l'année. La diminution de taille en rive droite au fil des mois s'explique par l'arrivée massive des individus de l'année en juillet-aout.

6. Calendrier de migration :

Les données de suivi interannuelles (fig.31 et 32) sont disponibles à partir de 2014 en rive gauche et 2018 en rive droite. Les dates d'arrivée des anguilles sont relativement stables d'une année à l'autre.
Les effectifs varient fortement selon les années. La rive gauche produit moins d'anguilles que la rive droite(les plus gros pics d'effectifs journaliers en rive gauche approchent les 8000 anguilles/jour contre plus de 60 000 anguilles/jour en rive droite). Les pics de migration ont souvent lieu fin juillet-début aout. Certaines années en rive gauche, des pics ont lieu en juin (2017,2018). En 2020, les effectifs les plus importants sont arrivés mi-aout.

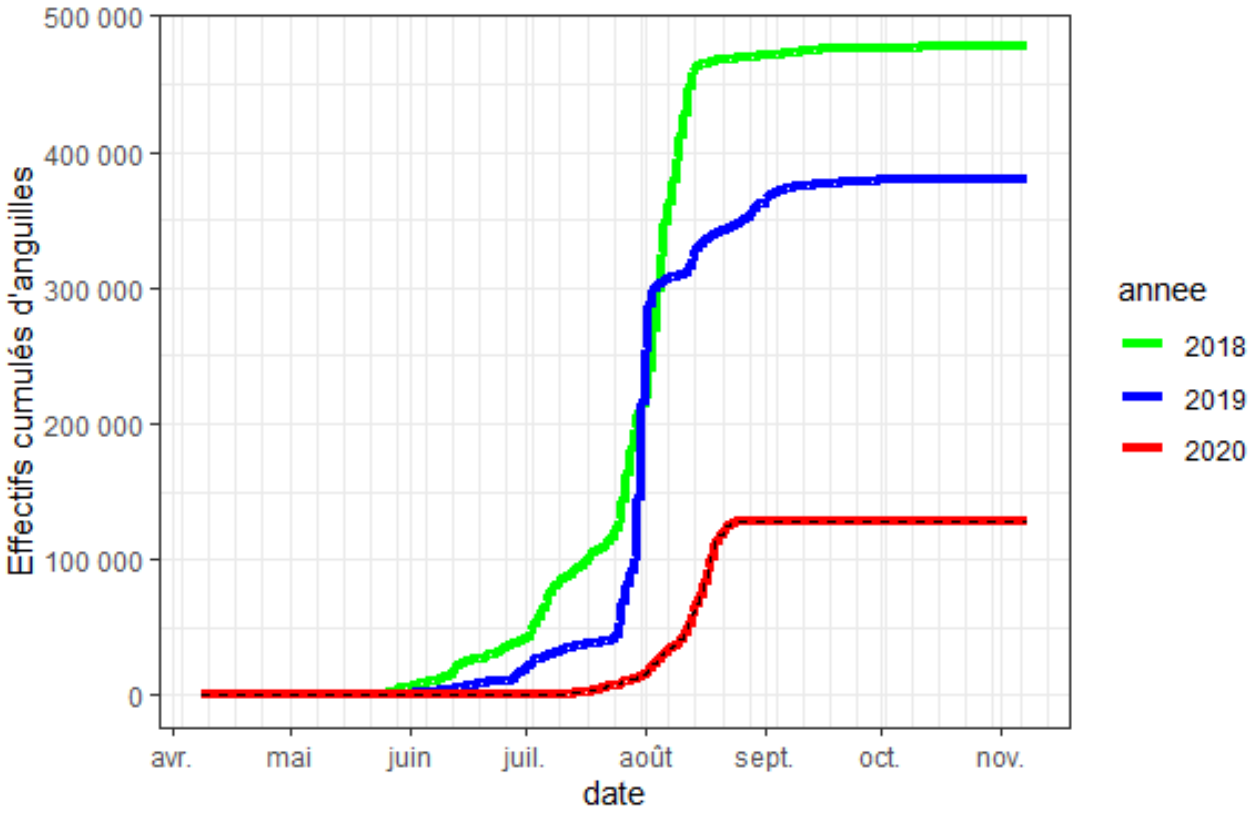


Figure 31: Graphique des migrations interannuelles en rive droite

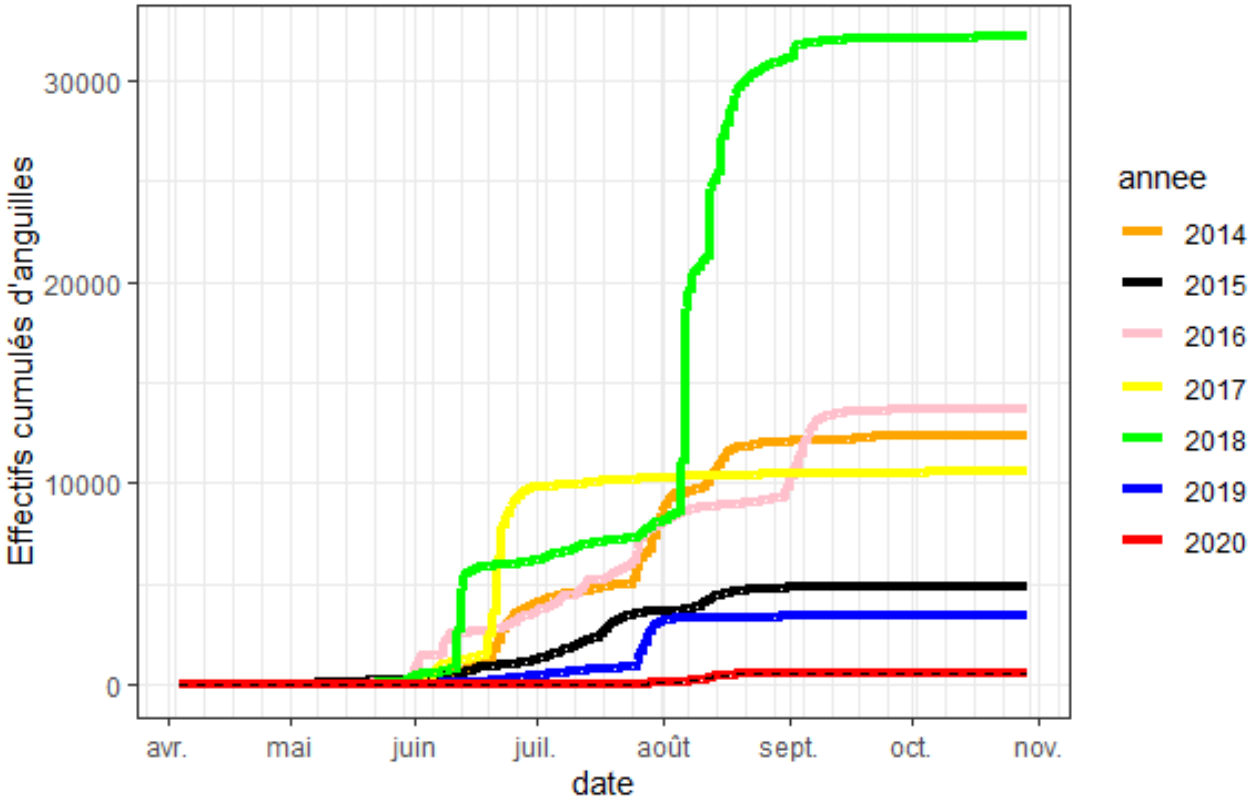


Figure 32: Graphique des migrations interannuelles en rive gauche

L'année 2020 est plutôt une mauvaise année, que ce soit en rive gauche ou en rive droite.

7. Influence des facteurs environnementaux :

Les graphiques suivants mettent en parallèle les effectifs d'anguilles capturées et les coefficients de marée (fig.33) ou la température de la Seine (fig.34) en 2020. Le suivi à Poses en 2020 semble montrer que les pics de migration sont souvent observés lors des phases d'augmentation des coefficients de marée ou d'une augmentation brutale de température lors de la saison de migration. En 2020, cela a eu lieu mi-aout.

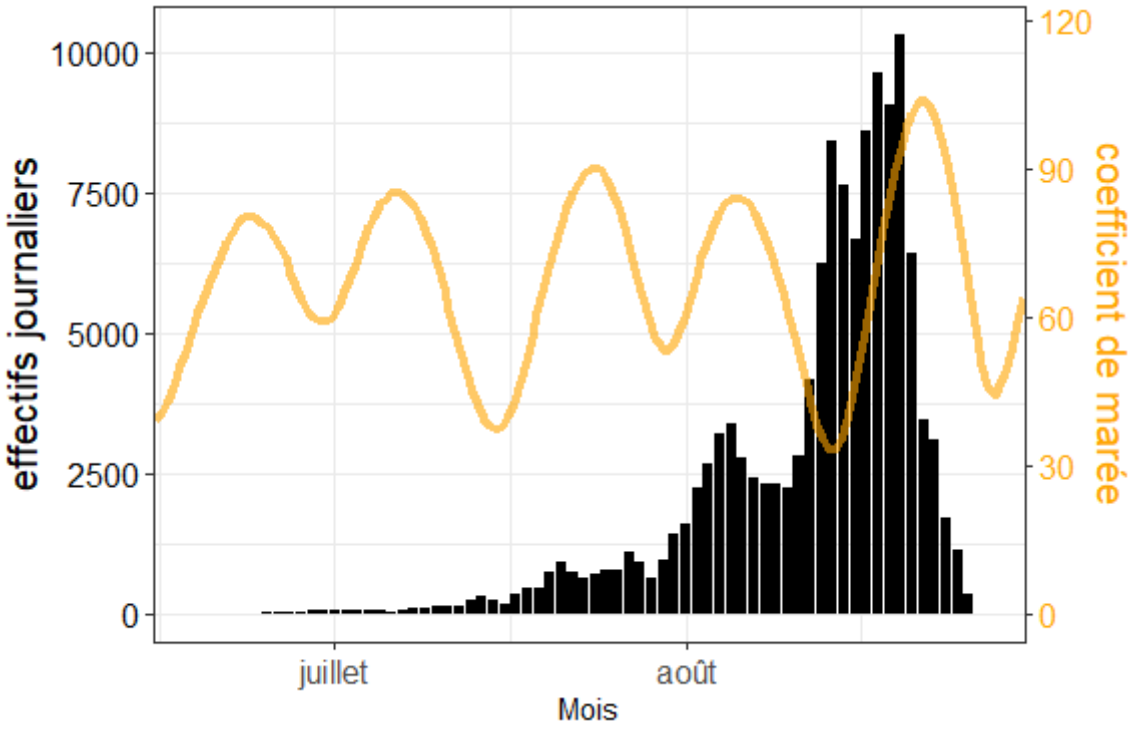


Figure 33: Graphique des effectifs journaliers d'anguilles en rive droite et coefficients de marée de la Seine en 2020

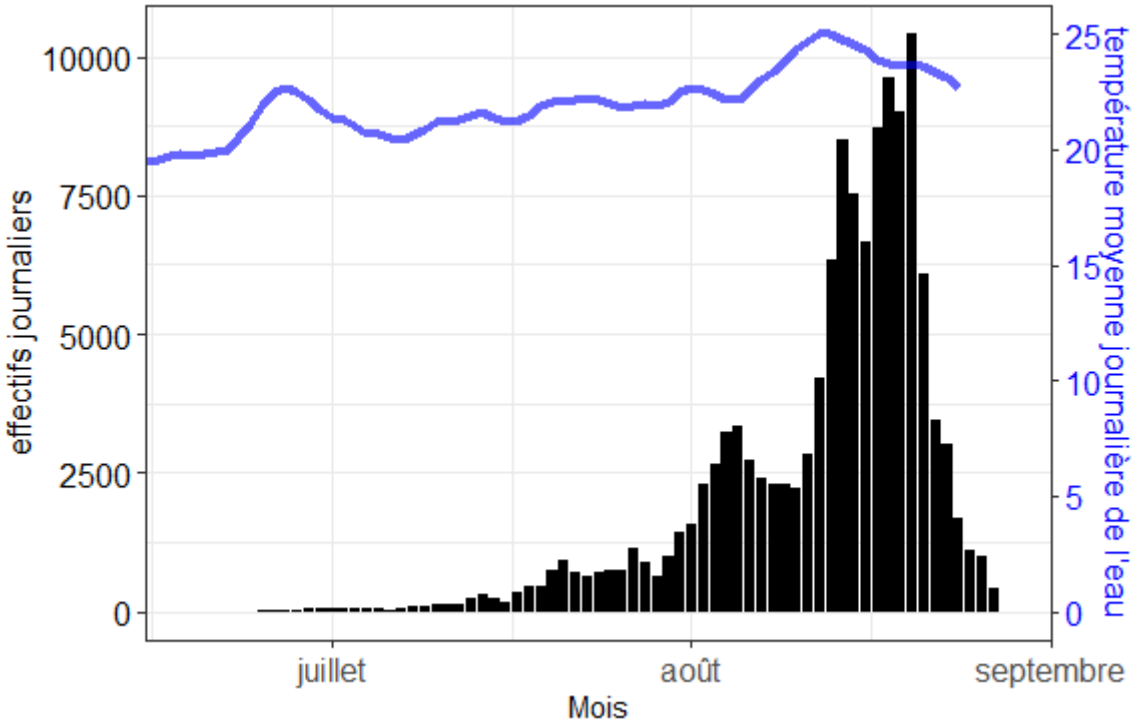


Figure 34: Graphique des effectifs journaliers d'anguilles en rive droite et températures (°C) de la Seine en 2020

8. Résultats des « flottangs »

Les résultats issus des captures dans les flottangs sont présentés ci-dessous (fig.35). De manière générale, le flottang amont (AME) piège moins d'anguilles que les flottangs aval (AVR, AVE). Ce qui permet de supposer que la densité d'anguille en amont est moins élevée qu'en aval et ne manque pas d'habitats.

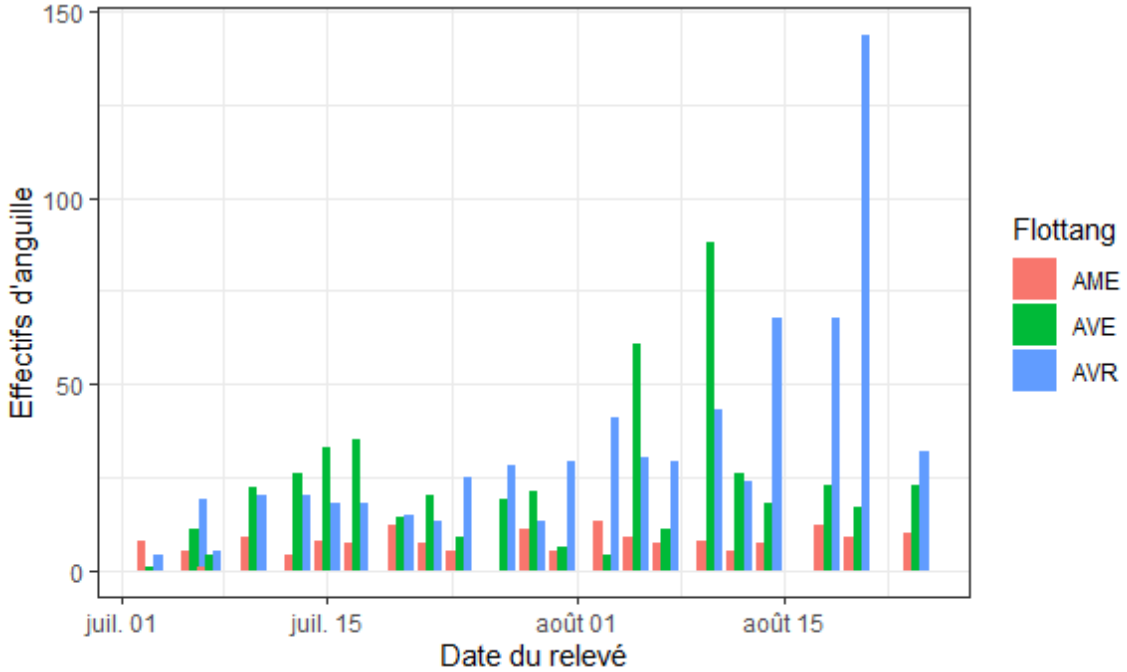


Figure 35:Effetifs d'anguilles piégées dans les flottangs lors de différents relevés (AME : Amont Ecluses, AVE : Aval Ecluses, AVR : Aval Rampe)

La distribution des tailles des anguilles pêchées dans les trois flottangs sont représentées ici via des boites à moustaches (fig.36). La présence de petits individus issus du recrutement de l'année (<70mm) sur le flottang en amont des écluses (AME) permet de mettre en évidence une voie de passage par les écluses.

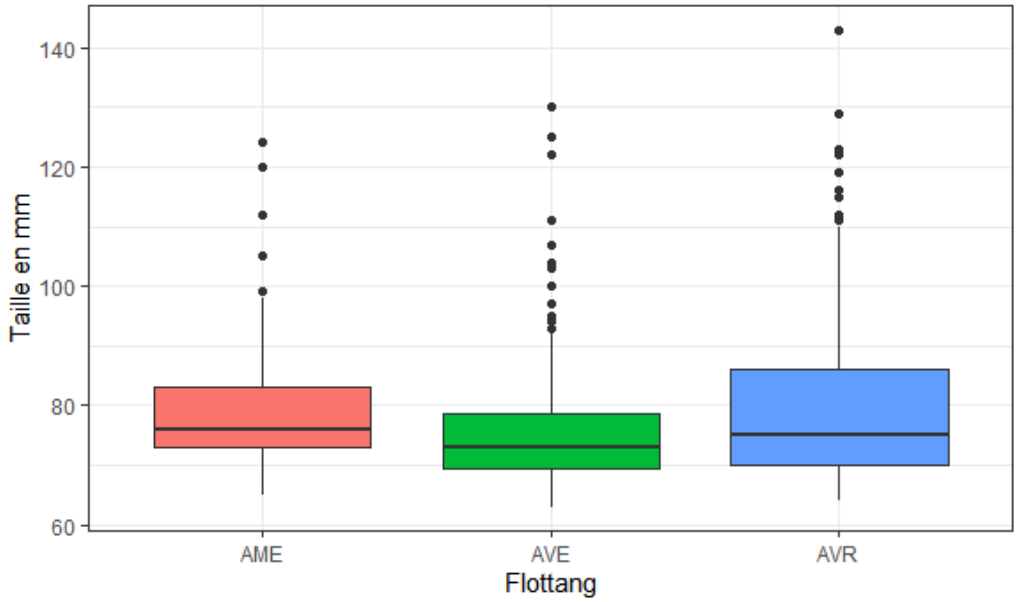


Figure 36: Boites à moustaches de la répartition des tailles d'anguilles sur les différents flottangs (AME : Amont Ecluses, AVE : Aval Ecluses, AVR : Aval Rampe)

Dans aucun des flottangs, la distribution des tailles ne suit pas une loi normale (3 Shapiro test effectués, p value max : 2.665e-10***). Un test de Kruskal Wallis met cependant en évidence qu'au moins une des distributions de tailles dans un flottang est différente d'au moins une autre.

Des tests de Kruskal Wallis avec correction de Bonferonni donnent les résultats suivants (tab. IV). Les tailles capturées dans les flottangs AVE et AME sont nettement différentes. Il existe une différence entre les tailles capturées dans AVE et AVR, mais elle est plus faible. Il n'y pas de différence significative entre les tailles capturées dans AME et AVR. Ces différences statistiques donnent néanmoins peu de place à des hypothèses les expliquant.

Tableau IV : p value des tests de Kruskal Wallis avec correction de Bonferroni sur les distributions de tailles dans les flottangs

Flottangs	AME	AVE
AVE	8.2e-05***	-
AVR	0.30	0.01**

A noter que les données flottangs contiennent la phase de marée lors de la relève. Il n'a pas été possible de mettre en évidence une corrélation entre ces phases et les effectifs retrouvés dans les flottangs.

9. Qualité du recrutement : Pathologies et parasitisme

Le tableau suivant (tab. V) référence tous les individus présentant des pathologies visibles, à partir de 2019 à Poses. Seules quelques pathologies dominent (Points blancs, érosions, points noirs, anomalies grosseurs, plaies). Les effectifs d'individus présentant des pathologies restent très faibles (215) par rapport à ceux comptabilisés depuis le début du suivi.

Tableau V : Effectifs d'anguilles présentant des pathologies à Poses depuis 2019

Pathologies	Effectif d'anguilles
Points blancs	48
Erosions	45
Points noirs	41
Anomalies, grosseurs	40
Plaies	33
Lésions hémorragiques	6
Parasitisme	1
Etat pathologique multiforme	1
Total :	**215**

Cela permet donc d'affirmer que les anguilles empruntant les rampes de Poses sont dans un bon état sanitaire dans l'immense majorité des cas.

Le graphique suivant (fig.37) présente la taille des anguilles présentant des pathologies visibles. Ce sont principalement des individus de grande taille ou de taille moyenne (>100mm). Très peu de petits individus (<80mm) présentent des pathologies visibles.

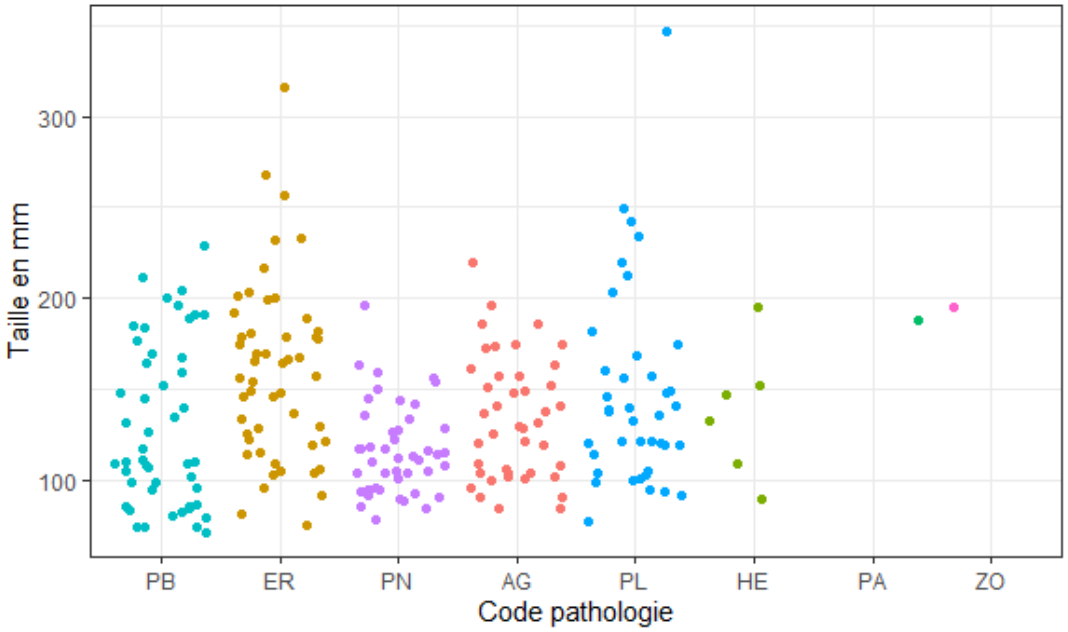


Figure 37 : Tailles des anguilles présentant des pathologies (PB : Points blancs, ER : Erosions, PN : Points noirs, AG : Anomalies/Grosseurs, PL : Plaies, HE : Lésions hémorragiques, PA : Parasitisme, ZO : Etat pathologique multiforme)

Les individus jeunes, qui représentent la majorité des anguilles à Poses, sont très majoritairement dans un bon état sanitaire.

10. Comparaison rivière index :

Mon travail bibliographique (synthèse interne pour Seinormigr) sur les rivières index anguilles de France en 2018 est résumé dans le tableau bilan ci-dessous (tab. IV). Les tailles moyennes et les poids des anguilles en Seine sont du même ordre de grandeur que la plupart des rivières index françaises (excepté le Rhin où elles sont plus grandes, de par la distance à la mer très importante). Les périodes de migration n'ont cependant pas lieu au même moment (net décalage suivant les régions, avec parfois une période de migration hivernale ou printanière en Loire et en Bretagne.

Page suivante : Tableau VI: Bilan données rivières index 2018

UGA	Rivière	Type de milieu	Operateur	Station	Distance à la Mer	Ouvrages en aval	Type de passe	Effectifs	Taille moyenne	Poids moyen	Taille mode	Stades rencontrés	Calendrier migration	Pics de migration	Facteurs montaison
Rhin-Meuse	Rhin	Bassin fluvial >1000km²	Saumon Rhin	Gambsheim	720km	2	Passe à bassins successifs	70 678	360 mm	75g	301 à 400 mm	Anguilles jaunes	24 avril au 21 octobre	fin Mai début Aout	T°
Artois Picardie	Somme	Bassin fluvial >1000km²	FD 80	Abbeville	29,5km	1	Passe piège								
Seine Normandie	Bresle	Bassin fluvial < 1000km²	OFB	Eu	3km	Aucun	Passe piège	7 459	100 mm			Civelles, anguilles jaunes	Fin avril-mi octobre		T°, marées
	Seine	Bassin fluvial >1000km²	Seinormigr	Poses-Amfreville	160km	Aucun	Passe piège	509 067	89.9 mm en RD 158.5 mm en RG	1.22g	80 à 90 mm	Civelles, anguillettes	Fin mai-fin octobre	Juillet-Aout	
Bretagne	Frémur	Bassin fluvial < 1000km²	MNHN-FishPass	Bois Joli	5,5km	2, équipés	Passe piège	8 348	117,1 mm		90 à 100 mm	Anguillettes	Janvier-février /mars-septembre	Mai-Juin	T°, hydrologie
	Vilaine	Bassin fluvial >1000km²	IAV	Arzal	10km	Aucun	Passe piège	194 495	70 mm			Civelles, anguillettes, anguilles jaune	Mars à Juillet	Mai-Juin	
Loire, Cotiers vendéens	Sèvre Niortaise	Bassin fluvial >1000km², Marais atlantiques	PNR Marais Poitevin	Enfreneaux	23km	Aucun	Passe piège	200 054			60 à 70 mm	Civelles	Mars à fin-juillet	1 en Mai et 1 en Juin	T°, ouverture des vannes
Adour Cotiers	Courant de Soustons	Bassin fluvial < 1000km²	Migradour	Barrage de Soustons	7,2km	2, équipés	Passe piège	121 829		1,57g	91 à 100 mm	Civelles, anguillettes	Toute l'année	Avril et Juillet	T°, Nouvelle Lune
Rhone Méditerannée	Rhône	Bassin fluvial >1000km²		Beaucaire	68km	Aucun	Passe piège	367 000	116,5mm			Civelles, anguillettes	mi-mai à mi-novembre	1 en Juillet aout et 1 en novembre	T°, débits

V. DISCUSSION CONCLUSION :

1. Limites et biais de l'étude :

Fonctionnement des pièges :
Tout d'abord, le contexte du suivi de l'année 2020 a été particulier. Les dispositifs de piégeage n'ont pas pu être mis en marche comme prévu début avril. En effet, sur les deux rives, les deux pompes alimentant les rampes à anguilles sont tombées en panne. Si en rive gauche, la pompe a été remplacée rapidement, en rive droite, les tractations avec VNF et le confinement lié au COVID ont amputé le suivi de la rampe de 2 mois et demi. Aux vues des chiffres des années précédentes, et en extrapolant, ce sont potentiellement 25 000 anguilles qui ont été perdues par épuisement et prédation durant le non-fonctionnement de la rampe rive droite. Ces circonstances impactent donc les chiffres des remontées 2020 (même avec 25 000 anguilles supplémentaires, 2020 resterait une mauvaise année).

Biométrie :
Il est dommage de peu utiliser le poids individuel des anguilles dans les analyses. C'est un choix en ce qui concerne les petits individus. En effet dans ce cas, la précision de la balance à 0.1g n'est pas suffisante pour obtenir des données robustes permettant de calculer les indices de condition.

Piégeage via les flottangs :
Le relevé des flottangs AVR et AVE se fait en hissant les dispositifs depuis l'eau vers la berge, de plusieurs mètres de haut. Le flottang AME, plus proche, est simplement tiré vers la berge. Par conséquent, des anguilles s'échappent des pièges AVR et AVE durant la phase de remonté. Les effectifs capturés sont donc légèrement sous-estimés pour ces deux flottangs.
En outre il arrive fréquemment que les flottangs AVE et AME se retournent au passage des péniches, ce qui pose un souci à la remontée (les effectifs capturés sont plus faibles car il y davantage d'échappées). Le flottang AME est même parfois échoué à cause des vagues générées par les péniches. Ce flottang est parfois vide lors de certains relevés (27 juillet notamment).

2. Critique des résultats 2020

L'année 2020 est clairement une mauvaise année pour l'anguille sur la Seine. Les résultats d'autres rivières françaises de bassins voisins (Somme, Pas-de-Calais, Vilaine) sont du même ordre (d'après les communications personnelles avec les différentes structures qui suivent ces sites). Le recrutement en individus de l'année y est mauvais. L'avenir nous dira si c'est une tendance à la régression ou si 2020 est à part.

La distinction rive gauche/rive droite des deux rampes à anguilles à Poses se confirme, comme les années précédentes. Les deux systèmes ont une sélectivité et une efficacité différente, que ce soit en termes des tailles capturées ou en termes d'effectifs.

Comme lors des années précédentes, les tailles des anguilles capturées diminuent durant le suivi. Cela s'explique par l'arrivée des individus de l'année. Comme lors des années précédentes, l'état sanitaire des anguilles est très bon.
L'influence des coefficients de marée et des températures sur les pics de migration semble visible, bien qu'il soit difficile de savoir s'il s'agit d'un concours de circonstances ou d'un réel pilotage sur la montaison.

3. Perspectives :

Une limite des passes à poissons :
Le suivi 2020 des rampes à anguille de Poses illustre bien l'une des faiblesses des passes à poissons. La seule construction d'une passe n'est pas suffisante ! Il est nécessaire d'assurer des moyens à l'entretien des passes pour assurer leur efficacité. La rampe rive droite n'a pas fonctionné pendant deux mois et demi par défaut de pompe. Le défaut d'entretien est la cause principale de la non-fonctionnalité des passes à poissons (Clermont et al., 2012). Ces problèmes à Poses pourraient être anticipés en prévoyant une pompe de secours.

Progrès dans la conception des passes :
Les différences des résultats entre les deux rives montrent clairement que l'efficacité des passes à poissons varie selon la conception ! Il convient de rappeler que la rampe en rive gauche a été rajoutée après la construction de la passe à bassin. Cela génère des contraintes techniques qui n'entraient pas en jeu dans la construction en rive droite. Des travaux de Capture Marquage Recapture menées les années précédentes ont montré la faible efficacité de la passe à anguilles en rive gauche. La nouvelle passe en rive droite, dont le suivi a commencé en 2018, s'avère beaucoup plus efficace (entre x15 et x201). Les connaissances évoluent, le savoir-faire s'améliore, le progrès est possible. Les passes à poissons devraient être de plus en plus efficaces dans les années à venir.

Succession/cumul d'ouvrages :
La Seine et ses affluents comportent encore plusieurs dizaines de grands barrages en amont de Poses(les principaux étant Notre Dame la Garenne, Denouval, Bougival). (Des milliers d'obstacles plus petits existent à l'échelle du bassin versant, moins imposant mais impactant par leur nombre). Tous ne sont pas équipés de passes à anguilles. Un barrage équipé d'une passe à poissons ne devient pas transparent. La succession d'ouvrages, même équipés, réduit rapidement les effectifs de migrateurs arrivant en amont. (Les travaux de CMR sur la rive gauche de Poses estiment le taux de franchissement à 13% au mieux (rapport stage Seinormigr 2016)). Les résultats des flottangs permettent d'observer une densité plus élevée en anguilles en aval du barrage. Il serait intéressant de mener des travaux de CMR sur un très grand nombre d'individus pour estimer le pourcentage d'anguilles qui franchit le barrage (cela a été fait en 2016 avant la construction de la passe en rive droite).
Même en faisant l'hypothèse que 80% des anguilles qui se présentent en aval d'un barrage équipé d'une passe le franchissent, après 5 barrages, c'est seulement 32% de la population initiale qui arrive en amont du dernier ouvrage. Sur le bassin de la Seine, cela représente plusieurs dizaines de milliers d'individus, soit un effectif encore conséquent. Assurer la continuité écologique sur cet axe mérite donc d'être mené, d'autant plus qu'il existe de nombreuses zones favorables pour le grossissement des anguilles.

Estimation des stocks produits en Seine :
Sur l'axe Seine, il y a de nombreuses zones de grossissement pour l'anguille en aval de Poses. Il existe des populations estuariennes, et dans les affluents et les marais (baie de la Seine, Marais Vernier, Andelle…). Le recrutement de la Seine en anguille européenne est donc sous-estimé si seules les captures à Poses sont prises en compte. Une étude CEREMA estime grâce au modèle Eel Density Analysis que 122 tonnes d'anguilles argentées seraient produites annuellement à l'échelle de la Seine et de ses affluents (estimation pour l'année 2012). 63 tonnes seraient produites en amont de Poses (Thinus et al, 2016). Cela permet de mesurer l'ampleur des populations aval. Le recrutement réel de la Seine est bien plus important que le dénombrement à Poses.

Mesures complémentaires aux passes pour améliorer la continuité écologique :
Une solution pour améliorer la continuité écologique des ouvrages dédiés à la navigation peut être la réalisation d'éclusées nocturnes. Ouvrir les écluses de nuit, selon un protocole précis, peut permettre aux anguilles de franchir les ouvrages. Ce pourrait être une mesure complémentaire à Poses. Les infrastructures de Poses permettent cette manœuvre. (Ce n'est pas le cas de tous les ouvrages, car la manœuvre d'éclusée piscicole demande une configuration particulière d'écluses (Guillard & Colon, 1998)). Cela mériterait d'être testé.

Etude prévue sur l'impact du silure :
L'effet bloquant du barrage pour les poissons grands migrateurs et leur densité plus élevée en aval de l'ouvrage génère peut-être une prédation accrue, notamment de la part du silure. Seinormigr aimerait mettre en place l'analyse des contenus stomacaux de silure, ainsi que des mesures d'isotopes stables (liens entre les signatures isotopique des proies et celle des silures), afin d'évaluer la part que représente les poissons migrateurs dans l'alimentation du silure. D'autres études pourraient être envisagées, notamment sur les taux de polluant et de parasitisme chez l'anguille.

Analyse de polluants et pathologies sur les anguilles :
Lors du suivi, l'état général des anguilles mesurées est évalué. Globalement, l'état sanitaire des anguilles capturées est bon. La grande majorité des individus ne présente aucune altération morphologique. Les individus sont jeunes et en bonne santé. L'hypothèse peut être émise que les niveaux de polluants dans les anguilles capturées sont faibles, étant donné le temps de résidence dans la Seine (1 an à quelques mois). Les jeunes individus n'ont probablement pas encore bio accumulé les PCB à un niveau critique, par exemple. De même, les jeunes anguilles sont encore peu parasitées. Ces hypothèses pourraient être vérifiées via des analyses en laboratoire sur des individus prélevés. L'analyse des otolithes permettra de déterminer l'âge des individus. On pourrait ainsi et mieux comprendre la dynamique de la population en Seine (arrêt/reprise des migrations notamment) et déterminer à partir de quelle taille l'état sanitaire se dégrade. En effet, la suite du cycle biologique exige des géniteurs en nombre et de qualité pour la survie de l'espèce.

Dévalaison des géniteurs :
Après l'équipement des ouvrages pour la montaison des anguilles, il apparait important d'intégrer la suite du cycle biologique, la dévalaison des géniteurs ! Il serait dommage de permettre la remontée des anguilles vers l'amont pour qu'elles passent dans les turbines hydroélectriques à la dévalaison, avec les dommages que cela peut générer. Une étude va être menée par le bureau d'étude ProFish pour le compte de l'hydro électricien de la rive gauche, afin d'évaluer les voies de passage des anguilles argentées et les périodes de dévalaison à Poses. Cela permettra de déterminer les nuits durant lesquelles les turbines devront être arrêtées. Il est connu que les migrations sont pilotées par des facteurs environnementaux, qui peuvent être surveillés.

Croisement des migrations avec d'autres paramètres environnementaux :
L'effet contrôle des débits et de la température sur les pics de migrations d'anguilles ont été mis en évidence dans de nombreux suivis. Peut-être que d'autres paramètres jouent un rôle. L'effet contrôle des cycles lunaires, de la turbidité de l'eau et des coefficients de marées a été mis en évidence ailleurs en France et dans le monde (Adam & Feunteun, 2008) . Il serait intéressant d'évaluer si ces paramètres entrent en jeu à Poses en analysant plusieurs années de données via des analyses multivariées.

Adaptation des migrateurs vis-à-vis des changements globaux :
Le changement climatique apparait comme une menace à long terme pour l'anguille, notamment via le dérèglement des courants marins. L'éloignement du Gulf Stream peut empêcher ou retarder l'arrivée des civelles sur le plateau continental. Aux vues du faible nombre d'années de suivi à Poses, la mise en évidence d'un décalage de l'arrivée des anguilles n'est pas possible. L'analyse des données de plusieurs années de suivi au niveau national sur les poissons migrateurs par Marion LEGRAND (thèse LOGRAMI, non publiée à ce jour) a mis en évidence un décalage des dates de migrations de 3 jours en dix ans. Cela illustre la faible plasticité biologique des migrateurs et leur demande importante de stabilité des milieux. C'est encore plus vrai pour l'anguille, de par la longueur de son cycle biologique.

Effet retard des mesures de gestion et de protection sur la dynamique des populations d'anguilles :
L'anguille fait partie des grands migrateurs à cycle de vie long. Les femelles peuvent vivre plus de 15 ans. C'est pourquoi les effets des mesures de conservation ne se font sentir que plusieurs années après leur mise en place.
Les stocks ont atteint des niveaux très bas. L'anguille a connu une telle perte d'habitat et a été tellement exploitée qu'elle est peut-être dans une situation où son taux de croissance est négatif. L'espèce est peut-être rentrée dans une spirale d'extinction (Olivieri & Vitalis, 2001). Le recrutement étant très bas, le taux de mortalité est peut-être

plus important que l'établissement de nouveaux individus. Le point de non-retour est peut-être déjà atteint, et l'anguille européenne ne se remettra peut-être jamais de son déclin.

4. Ouverture :

Il est intéressant de s'intéresser à la situation des autres espèces d'anguille à travers le monde. En effet, les menaces qui planent sur l'anguille européenne s'exercent aussi sur *A.rostrata, A. japonica, A. marmoratus*, comme le présente très bien le reportage Arte intitulé « Les secrets de l'Anguille ». Des programmes de conservation des anguilles ont lieu aux Etats Unis, en Nouvelle Zélande, au Japon ou encore sur l'île de la Réunion. Sur les 13 espèces recensées, 4 sont classées « Menacées », et 4 « Presque menacées » (Jacoby et al., 2015). La famille des anguillidés est-elle en danger ?

Eric Feunteun est un des meilleurs spécialistes français de l'anguille. Sa publication de 2003 a pour titre « La conservation de l'anguille européenne : le pari impossible ». Ce qui illustre bien la complexité de la situation, la multiplicité des menaces et la difficulté de trouver et de mettre en place des solutions.

Le cas de l'anguille nous glisse entre les doigts. Les stocks sont au plus bas, l'espèce est en danger d'extinction. Il faut se battre quand même ! L'érosion de la biodiversité a des causes et n'est pas une fatalité, des leviers d'actions existent. L'extinction d'une espèce est une perte irréversible. Dans le cas de l'anguille, cela se chiffre en millions d'euros de perte pour la pêche. L'extinction de l'espèce aurait un coût patrimonial bien plus élevé.

BIBLIOGRAPHIE

Adam, G., & Feunteun, E. (2008). *L'anguille européenne Indicateurs d'abondance et de colonisation*. Editions Quae. http://international.scholarvox.com/book/40000964

Agence de l'eau Seine-Normandie, Tales, É., & Programme interdisciplinaire de recherche sur l'environnement de la Seine. (2009). *Le peuplement de poissons du bassin de la Seine : Comprendre son évolution sous l'impact des changements générés par l'homme ou la nature*. Agence de l'eau Seine-Normandie.

Bilau, M., Sioen, I., Matthys, C., De Vocht, A., Goemans, G., Belpaire, C., Willems, J. L., & De Henauw, S. (2007). Probabilistic approach to polychlorinated biphenyl (PCB) exposure through eel consumption in recreational fishermen **vs**. The general population. *Food Additives and Contaminants*, *24*(12), 1386-1393. https://doi.org/10.1080/02652030701459848

Briand, C., Fatin, D., Fontenelle, G., & Feunteun, E. (2003). Estuarine and fluvial recruitment of the European glass eel, Anguilla anguilla, in an exploited Atlantic estuary. *Fisheries Management and Ecology*, *10*(6), 377-384. https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2003.00354.x

Clermont, J., Besse, T., & Baisez, A. (2012). Guide technique d'aide aux gestionnaires et propriétaires d'ouvrages hydrauliques. *Lograni*, 46.

Dekker, W., Casselman, J. M., Cairns, D. K., Tsukamoto, K., Jellyman, D., Lickers, H., Castonuay, M., Jessop, B., Jones, M., Marcogliese, L., Reid, K., Tremblay, V., Verreault, G., Castelnaud, G., Durif, C., Feunteun, E., Lambert, P., Sechet, C., Goddard, C., … Todd, P. (2003). Worldwide decline of eel resources necessitates immediate action : Québec Declaration of Concern. *Fisheries*, *28*(12), 3.

Elie, P., & Lecomte-Finiger, R. (1982). *Définition des limites des différents stades pigmentaires durant la phase civelle d'Anguilla anguilla L. (Poisson téléostéen anguilliforme)*. 10.

Feunteun, E. (2002). Management and restoration of European eel population (Anguilla anguilla) : An impossible bargain. *Ecological Engineering*, *18*(5), 575-591. https://doi.org/10.1016/S0925-8574(02)00021-6

Gautier, Y. *Accident de l'usine de Bâle Sandoz*. Encyclopædia Universalis. http://www.universalis.fr/encyclopedie/accident-de-l-usine-de-bale-sandoz/

Gascuel, D. (1986). Flow-carried and active swimming migration of the glass eel (Anguilla anguilla) in the tidal area of a small estuary on the French Atlantic coast. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, *40*(3), 321-326. https://doi.org/10.1007/BF01983739

Guillard, J., & Colon, B. (1998). Estimation hydroacoustique du nombre de poissons migrateurs franchissant l'écluse de Beaucaire-Vallabrègues (Rhône). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, *348*, 79-90. https://doi.org/10.1051/kmae:1998053

Jacoby, D. M. P., Casselman, J. M., Crook, V., DeLucia, M.-B., Ahn, H., Kaifu, K., Kurwie, T., Sasal, P., Silfvergrip, A. M. C., Smith, K. G., Uchida, K., Walker, A. M., & Gollock, M. J. (2015). Synergistic patterns of threat and the challenges facing global anguillid eel conservation. *Global Ecology and Conservation*, *4*, 321-333. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2015.07.009

Knights, B. (1987). Agonistic behaviour and growth in the European eel, Anguilla anguilla L., in relation to warm-water aquaculture*. *Journal of Fish Biology*, *31*(2), 265-276. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1987.tb05230.x

Legault, A. (1988). Le franchissement des barrages par l'escalade de l'anguille. Etude en Sèvre Niortaise. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, *308*, 1-10. https://doi.org/10.1051/kmae:1988010

McCleave, J. D. (1980). Swimming performance of European eel (Anguilla anguilla (L.)) elvers. *Journal of Fish Biology*, *16*(4), 445-452. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1980.tb03723.x

Moriarty, C., & Dekker, W. (1997). *Management of the European Eel*. 59.

Olivieri, I., & Vitalis, R. (2001). La biologie des extinctions.

Palstra, A. P., van Ginneken, V. J. T., Murk, A. J., & van den Thillart, G. E. E. J. M. (2006). Are dioxin-like contaminants responsible for the eel (Anguilla anguilla) drama? *Naturwissenschaften*, *93*(3), 145-148. https://doi.org/10.1007/s00114-005-0080-z

Peters, G., & Hartmann, F. (1985). Anguillicola, a parasitic nematode of the swim bladder spreading among eel populations in Europe. *Diseases of Aquatic Organisms*, *1*, 229-230. https://doi.org/10.3354/dao001229

Robinet, T. T., & Feunteun, E. E. (2002). Sublethal Effects of Exposure to Chemical Compounds : A Cause for the Decline in Atlantic Eels? *Ecotoxicology*, *11*(4), 265-277. https://doi.org/10.1023/A:1016352305382

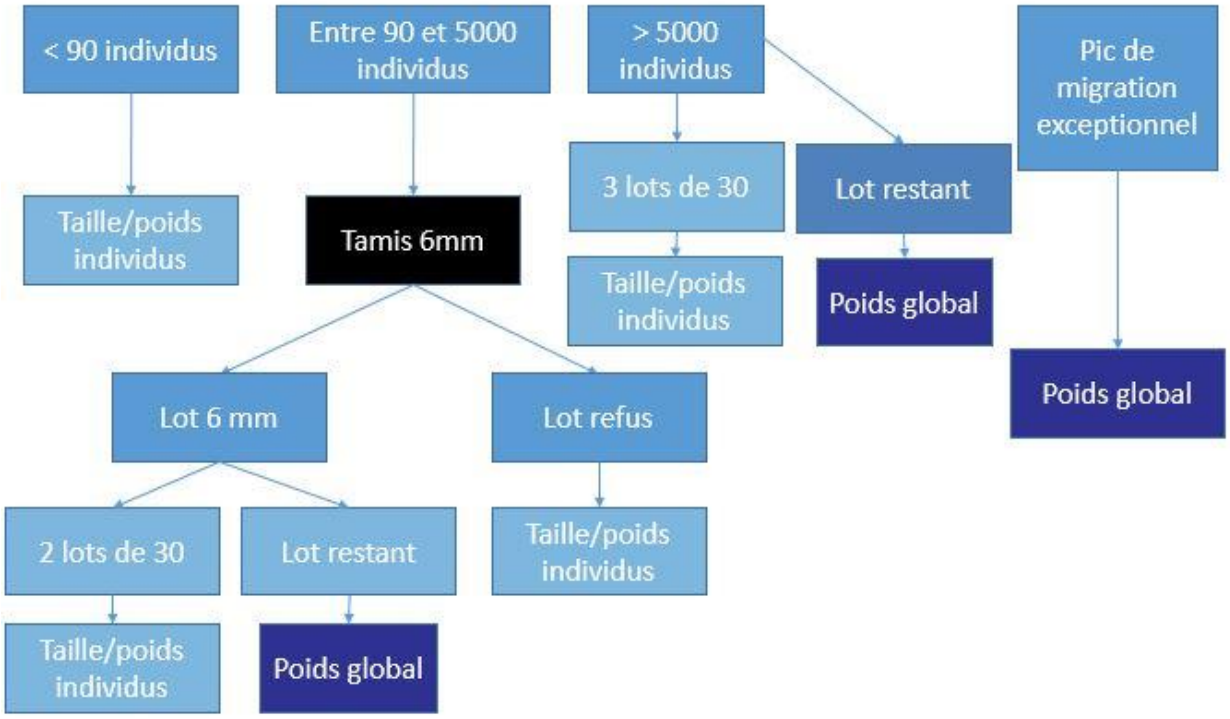
Tesch, F.-W. (1982). The Sargasso Sea Eel Expedition 1979. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, *35*(3), 263-277. https://doi.org/10.1007/BF02006135

Teyssèdre, A. (2004). *Vers une sixième grande crise d'extinctions ?* (p. 24-49).

Travade, F., & Larinier, M. (1992). La migration de dévalaison : Problèmes et dispositifs. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, *326-327*, 165-176. https://doi.org/10.1051/kmae:1992013

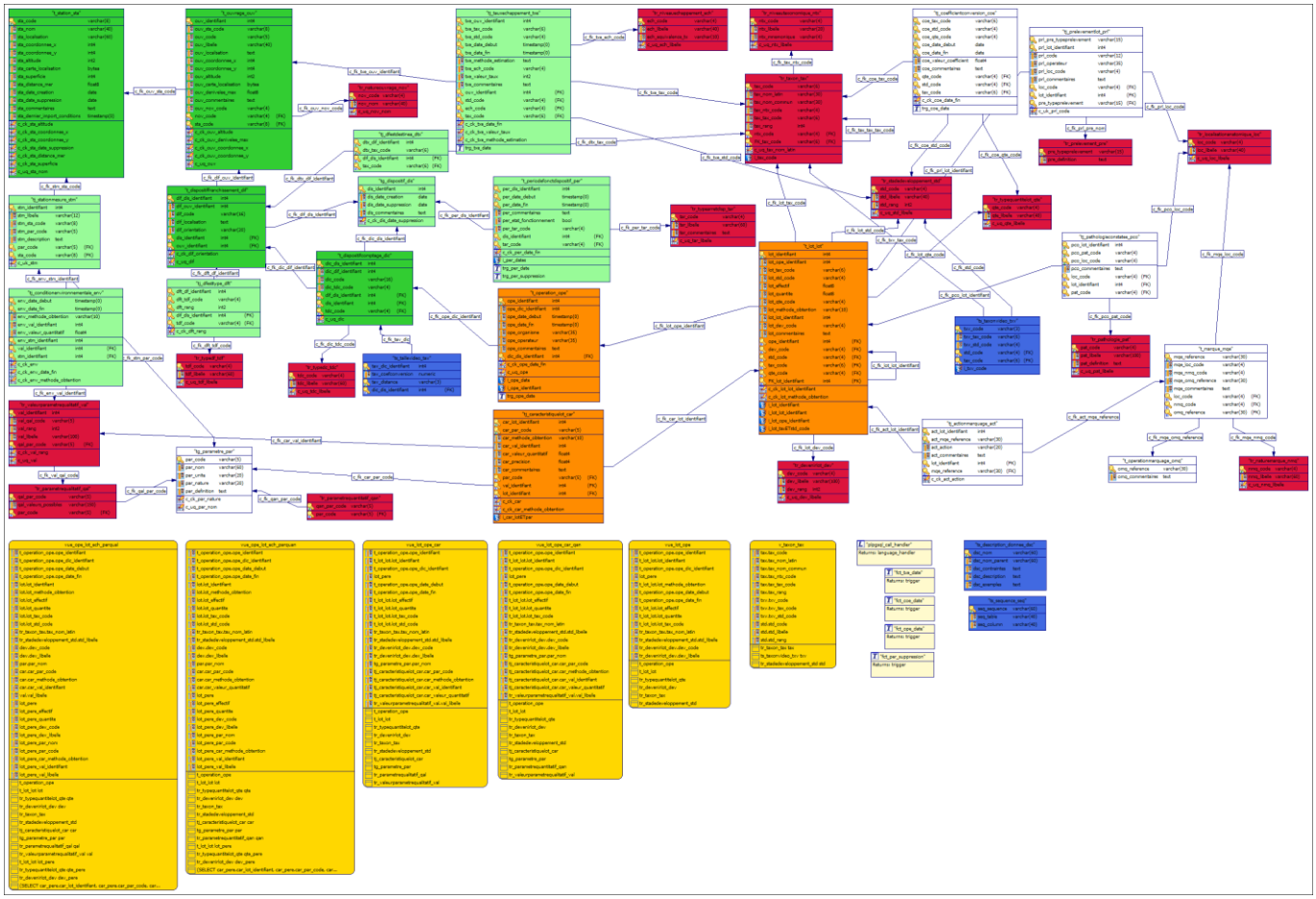
Annexes :

Annexe A : Arbre de décisions pour la biométrie des anguilles



Annexe B : Capture d'écran de l'interface StacomiJava

Annexe C : Schéma relationnel de la base STACOMI



Résumé :
L'anguille européenne *Anguilla anguilla* est une espèce de poissons grands migrateurs. Elle se reproduit en mer des Sargasses et grandit en eau douce. De par son cycle de vie, elle est confrontée à un panel de menaces (surpêche, destruction des habitats, rupture de la continuité écologique, parasitisme, pollution…) qui combinées, entrainent son déclin depuis les années 1970. L'anguille européenne est classée en Danger Critique d'Extinction par l'IUCN. Dans le cadre du plan anguille, plusieurs mesures ont été prises pour enrayer le déclin de l'espèce. La construction de passes à anguilles sur les ouvrages infranchissables en est une. Le barrage de Poses est le premier barrage rencontré par les anguilles en montaison sur la Seine. Il est équipé de deux passes à anguilles, une sur chaque rive. Chaque passe est équipé d'un bac de piégeage, suivi par l'association Seine Normandie Migrateurs.

Ce rapport présente les données 2020 du suivi anguille sur le barrage de Poses. Comparativement aux années précédentes, l'année 2020 apparait comme une mauvaise année pour le recrutement de l'anguille. Le contexte diffère fortement entre les deux rives, la rive gauche étant empruntée par beaucoup moins d'individus (650) que la rive droite (125 492). Les tailles piégées diffèrent d'une rive à l'autre, les anguilles sont plus petites en rive droite, avec la présence d'individus de l'année. Sur les deux rives, les tailles piégées diminuent durant la période de suivi. Bien que les quantités soient faibles, les données sanitaires montrent que le recrutement est de qualité. Une expérimentation complémentaire par piégeage passif met en évidence une voie de passage par les écluses.

Mots Clefs : *Anguille européenne Anguilla anguilla, Fleuve Seine, recrutement fluvial, montaison, poissons grands migrateurs, continuité écologique*

Abstract :

European eel *Anguilla anguilla* is a migratory fish. The eel breed in Sargasso Sea and growth in freshwater. Its life cycle meet with many threats (overfishing, habitat destruction, lack of ecological continum, parasitism, pollution…). The combination of these threats are the reasons of europeen eel decline since 1970. The species is classified by IUCN as « Critically in Danger ». The plan for eel preservation clames for new actions. Fish pass constructions are one of thoses. Poses dams is the first obstacle met by the young migrating eel in the Seine River. Two fish pass are in place, one on each side of the river. Each pass is combined with a fish trap. The migration is monitored by the Association Seine Normandie Migrateur.

The present repport deals with the 2020 data from eel pass on Poses. 2020 is a bad year for eel recruitement in the Seine River. Each side of the river is a different context, the left side traps less eels than the rigth side. Size of eel are also different depending wich side is taken. Eels are smaller on the right side, and a lot of first years eel are trapped. The size of trapped eels decline during the season, on both side of the river. The numbers of eels are low, but eel are healthy, with low rate of diseases or parasitism.

Key Words : *European eel Anguilla anguilla, Seine River, migratory fish, recruitement, upstream migration, ecological continuim*