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

*Stage réalisé du 1er Avril au 30 Septembre 2021*

**Théo NEVEU**

Mémoire de Master 2
« Gestion des habitats et des bassins versants »
Université de Rennes 1

**Maître de stage :**
Sébastien GRALL, chargé d'étude SEINORMIGR

**Membres du jury :**
Gabrielle THIEBAUT - Alexandre CARPENTIER – Jean-Marc PAILLISSON


*Soutenu le lundi 13 Septembre 2021*


Partenaires techniques et financiers :

# Remerciements

Je tiens en premier lieu à remercier mes maîtres de stage, Sébastien GRALL, chargé d'études et Geoffroy GAROT, directeur, au sein de SEINORMIGR, de m'avoir accueilli et intégré au dans l'association. Je les remercie également pour la confiance qu'ils ont eu à mon égard tout au long de ce stage. Je tiens spécifiquement à remercier Sébastien, qui m'a apporté toutes ses connaissances et son aide pour mes analyses statistiques ainsi que les logiciels utilisés. Je le remercie également pour son encadrement tout simplement parfait pendant ces mois de stage.

De manière plus générale, je remercie toute l'équipe de SEINORMIGR, Florian DESHAYES, Adrien BARAULT, Alice LEMONNIER, Maxime POTIER, pour les moments passés ensemble. Merci à eux de m'avoir parfaitement accueilli, de m'avoir transmis leurs connaissances et merci pour la gentillesse qu'ils ont tous eu envers moi dès le premier jour. Merci à eux pour leurs relectures et leurs conseils sur ce rapport.

Je tiens également à remercier les salariés de la fédération de pêche de Seine-Maritime que j'ai pu côtoyer au quotidien dans les locaux communs à SEINORMIGR.

Grâce à SEINORMIGR, j'ai eu l'opportunité de participer à plusieurs pêches électriques, dont une de sauvetage qui fut très instructive pour moi. Merci également de m'avoir fait participer au suivi CONSACRE (CONtinuite écologique de la Seine et intérêts des ACteurs pour sa Restauration) pendant près de trois semaines avec l'équipe de l'INRAE Antony. Durant ces semaines, j'ai pu côtoyer des spécialistes de la télémétrie et de la télédétection et ainsi découvrir de nouvelles méthodes et techniques de suivi des poissons migrateurs.

Enfin, je tiens à remercier tout particulièrement mes camarades, mais avant tout amis, de GHBV et de PNB pour leur soutien à distance durant ce stage et pour tous les moments qu'on a pu partager au cours de ces deux ans de master et je les remercie par avance pour toutes les aventures qui nous reste à partager (#mercilespastagas).

# Sommaire

**Présentation de la structure d'accueil**

**Table des illustrations et des tableaux**

**Table des annexes**

**I – Introduction** ..... 1
**II – Contexte** ..... 2
1. L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) : ..... 2
   a) Présentation de l'espèce : généralités, morphologie et description biologique ..... 2
   b) Cycle de vie ..... 3
   c) Menaces ..... 5
   d) Intérêts de l'espèce *Anguilla anguilla* ..... 6
   e) Mesures de conservation : le Plan de Gestion Anguille (PGA) ..... 6
2. Le contexte géographique ..... 7
   a) Le bassin Seine-Normandie ..... 7
   b) Le barrage de Poses (27474) – Amfreville sous les Monts (27380) ..... 10

**III – Matériels & Méthodes** ..... 12
1. Les dispositifs de franchissement spécial anguille ..... 12
2. Suivi du recrutement ..... 14
   a) Fréquence des suivis ..... 14
   b) La récolte des données biométriques ..... 14
   c) Protocole de dénombrement des captures ..... 15
   d) La bancarisation et les analyses statistiques des données ..... 15
3. Estimation du recrutement : Les dispositifs de piégeage passifs « flottangs ». ..... 16
4. Paramètres environnementaux ..... 17
5. Influence de *Eriocheir sinensis*, le crabe chinois ..... 17

**IV – Résultats** ..... 19
1. Bilan de migration 2021 ..... 19
2. Période de fonctionnement et effectifs journaliers moyens ..... 19
3. Comparaison aux années précédentes ..... 20
4. Morphotype des individus 2021 ..... 21
5. Impacts des facteurs environnementaux ..... 22
6. Qualité du recrutement 2021 ..... 23
7. Résultats des dispositifs passifs flottangs ..... 24
   - Effectifs Amont/Aval ..... 24

o Etat pathologique des individus capturés par piège passif ..... 25
8. Effectifs de crabe 2021 ..... 25
**V – Discussion** ..... 26
**VI – Conclusion** ..... 30

**Bibliographie**

**Annexes**

**Résumé français**

**Abstract**

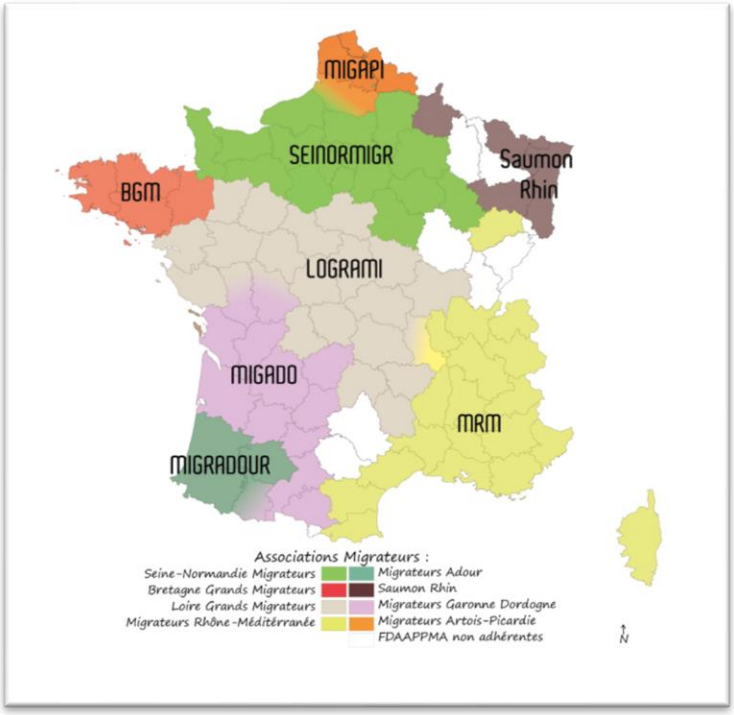
# Présentation de la structure d'accueil

L'association SEINORMIGR (Seine-Normandie Migrateurs)

Créée en 2007 sous l'impulsion du Président de la Fédération de la Seine-Maritime pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, Mr Daniel HANCHARD, SEINORMIGR est une association interrégionale pour la gestion et la restauration des populations de poissons migrateurs. Aujourd'hui, elle regroupe un ensemble de 18 Fédérations Départementales pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDPPMA 02, 10, 14, 27, 28, 50, 51, 52, 60, 60, Interdépartementale de Paris (75, 92, 93, 94), 76, 77, 78, 80, 89, 91, 95) ainsi que de nombreuses Associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (AAPPMA) et adhérents (personnes physiques).

Depuis sa création et l'arrivée de ses premiers salariés en 2009 (aujourd'hui au nombre de 6), SEINORMIGR siège dans les locaux de la Fédération Départementale pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique de Seine-Maritime.

Aujourd'hui, et depuis 2012, SEINORMIGR fait partie des huit associations migrateurs existantes en France et reconnues en tant qu'association de protection de l'environnement par la Fédération Nationale de la Pêche en France (FNPF). De plus, SEINORMIGR prend part aux débats environnementaux régionaux depuis 2013.




*Territoires des Associations Migrateurs de France. (source : SEINORMIGR)*

Comme toutes les autres « associations migrateurs », SEINORMIGR est en charge de la gestion et du suivi des espèces de poissons migrateurs (Saumon, Aloses, Lamproies, Anguille, Truite de mer) sur l'ensemble de son territoire d'action. Ce dernier s'étend sur une superficie totale de 95 500 km², englobant près de 50 000 km de cours d'eau, composé d'une très grande partie du bassin versant de la Seine et de ceux des fleuves côtiers normands.

L'association est présidée depuis juin 2021 par Mr Martial CHOUQUET et auparavant par Mr Daniel HANCHARD depuis sa création. Pour mener à bien l'ensemble des missions portées

par l'association, cette dernière s'appuie sur une équipe technique composée de 6 salariés, répartis sur deux antennes, Rouen (76) et Mondeville (14) :

- **Geoffroy GAROT**, Directeur
- **Maxime POTIER**, Responsable technique (antenne Mondeville)
- **Alice LEMONNIER**, Chargée d'études (antenne Mondeville)
- **Adrien BARAULT**, Chargé d'études
- **Florian DESHAYES**, Chargé d'études
- **Sébastien GRALL**, Chargé d'études

Les missions principales qui sont menées par ces salariés sont (source : SEINORMIGR) :

***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 pouvoir 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, AFB, 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.).

Toutes ces missions nécessitent de nombreux échanges et collaborations avec divers acteurs. C'est pourquoi, l'association SEINORMIGR travaille en collaboration d'organismes tels que l'Agence de l'Eau Seine Normandie, l'Office Français de la Biodiversité (OFB), Voies Navigables de France (VNF), l'Institut National de la Recherche Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE) ou encore la Fédération Nationale de Pêche en France (FNPF), ainsi que tous les FDPPMA et AAPPMA adhérentes de l'association.

# Table des illustrations et des tableaux

Figure 1: Aire de répartition de l'anguille européenne (Anguilla anguilla L. 1758) (Adam G., 1997) ..... 3
Figure 2: Larve leptocéphale d'Anguilla anguilla d'environ 5mm. (source : Feunteun, MNHN) ..... 3
Figure 3: Anguille au stade civelle. (source : SEINORMIGR)..... 4
Figure 4: Anguille jaune (en bas) et anguille argentée (en haut). (Source : SEINORMIGR) ..... 5
Figure 5: Menaces pesant sur l'anguille européenne. (Neveu T.)..... 5
Figure 6: Contexte géographique du bassin Seine-Normandie..... 8
Figure 7: Linéaire colonisé par l'anguille européenne sur le bassin Seine-Normandie ..... 10
Figure 8: Contexte géographique du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts..... 11
Figure 9: Présentation du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts..... 11
Figure 10: Dispositif de franchissement spécial anguille rive gauche. (source : SEINORMIGR)..... 13
Figure 11: Dispositif de franchissement spécial anguille en rive droite. (source: SEINORMIGR) ..... 14
Figure 12: Protocole de dénombrement à appliquer aux captures. (source : SEINORMIGR)..... 15
Figure 13: Tamisage des individus capturés..... 15
Figure 14: Flottang situé à l'amont des écluses en rive droite. (source : Neveu T.) ..... 16
Figure 15: Localisation des dispositifs passifs en rive droite..... 16
Figure 16: Crabe chinois mâle (à gauche) et femelle (à droite) ..... 18
Figure 17: Répartition spatiale des nasses piège au sein du canal à anguilles en rive droite..... 18
Figure 18: Bilan de la dynamique de migration 2021 et effectifs cumulés croissants en rive gauche et rive droite ..... 19
Figure 19: Nature du fonctionnement des systèmes de franchissement rive gauche (A) et rive droite (B) ..... 19
Figure 20: Dynamique de la migration depuis 2014 en rive gauche (A) et depuis 2018 en rive droite (B) ..... 20
Figure 21: Comparaison de la taille moyenne (en mm) des anguilles capturées en rive gauche (102) et en rive droite (104)..... 21
Figure 22: Distribution (en pourcentage) des classes de tailles des anguilles capturées pour chacune des deux rives ..... 21
Figure 23: Boîtes à moustaches comparant la taille moyenne des anguilles franchissant le barrage de Poses depuis 2019 (RG et RD confondues) ..... 22
Figure 24: Effectifs journaliers d'anguilles en rive droite et évolution de la température journalière moyenne de l'eau sur la période de piégeage ..... 22
Figure 25: Effectifs journaliers d'anguilles en rive droite et évolution des coefficients de marée sur la période de piégeage..... 23
Figure 26: Bilan des pathologies constatées en rive gauche et rive droite..... 23
Figure 27: Effectifs journaliers empilés d'anguilles piégées dans les flottangs (AmE: Amont des Ecluses / AvR: Aval de la rampe)..... 24
Figure 28: Boîtes à moustaches comparant la taille moyenne des anguilles piégées selon le dispositif flottang (AmE: Amont des Ecluses / AvR: Aval de la rampe) ..... 24
Figure 29: Pathologies constatées au sein des dispositifs passifs..... 25
Figure 30: Bilan des effectifs de crabe chinois capturés en rive droite (Ø=individus dénombrés mais non-sexés) ..... 25

Tableau 1: Liste des espèces migratrices rencontrées sur le bassin Seine-Normandie concernées par la liste rouge des espèces menacées de France. ..... 9
Tableau 2: Effectifs journaliers d'anguilles pour les deux rives en 2021. ..... 20
Tableau 3: Historique des effectifs cumulés annuels d'anguilles dénombrées en rive gauche (RG) et rive droite (RD) au 27 août et à migration complète. ..... 20
Tableau 4: Résultats des tests de corrélation entre les facteurs environnementaux et le nombre moyen d'anguilles par jour. ..... 23

# Table des annexes

Annexe 1: Etat des masses d'eaux superficielles du bassin Seine-Normandie ..... 37
Annexe 2: Masses d'eau à enjeux migrateurs sur le bassin Seine-Normandie. (Source : SIENORMIGR) ..... 38
Annexe 3: Linéaires colonisés par les poissons migrateurs (hors anguilles) sur les cours d'eau du bassin Seine-Normandie en 2020. (Source : SEINORMIGR) ..... 39
Annexe 4: Schématisation des dispositifs de franchissement en rive gauche (à droite) et en rive droite (à gauche). (Source: SEINORMIGR) ..... 40
Annexe 5: Grille de codification des anomalies anatomo-morphologiques externes et des ectoparasites des poissons visibles à l'oeil nu (Elie P., Girard P., 2014) ..... 41
Annexe 6: Exemple de fiche de relevé quotidien..... 42
Annexe 7: Localisation des points des relâchés post-biométrie en rive gauche et rive droite..... 43
Annexe 8: Exemples de pathologies constatées sur des individus capturés en rive droite. A : Individu atteint de points blancs sur l'ensemble du corps (codifié « PB2C ») / B : Individu atteint de parasitisme au niveau de l'opercule gauche (codifié « PA2O ») / C : Individu présentant des traces d'érosions sur le flan (codifié « ER1F »)..... 44
Annexe 9: Visualisation des courants générés par l'usine hydroélectrique à l'aval de la rampe à anguille en rive gauche. (Source : Neveu T.)..... 45

# I – Introduction

Depuis toujours, les besoins vitaux de l'Homme ont forcé sa concentration aux alentours des territoires aquatiques, aussi bien marins que dulcicoles (Keith P., et al., 2020). Or, les cinquante dernières années de l'humanité sont marquées par un accroissement rapide de ses activités et de sa démographie. Une telle évolution engendre actuellement de nombreux changements sur les écosystèmes aquatiques, tant globaux que locaux. La pollution, la fragmentation et la disparition des habitats, la surexploitation des espèces natives, l'introduction d'espèces envahissantes ou encore les changements climatiques globaux, mettent durement en péril la survie de nombreuses espèces de poissons (Keith P., et al., 2020). En 2002, Jenkins M. et al, estimaient que 35% des vertébrés marins et 51% des vertébrés dulçaquicoles avaient disparus depuis les années 70-80. Ce constat fait au début du siècle est bien plus alarmiste aujourd'hui, puisqu'il est estimé que 68% des vertébrés (marins et d'eau douce) ont disparu de la surface du globe depuis 1970 (WWF, 2020).

L'anguille européenne est l'exemple type d'une espèce de vertébré qui subit depuis plusieurs années, l'intensification des activités anthropiques. Apparue longtemps comme une espèce commune (considérée comme nuisible jusqu'en 1984 car trop abondante, Comité français de l'UICN et al., 2009 ; FDPPMA 59, 2013) et représentative de l'ichtyofaune des milieux côtiers (lagunes, estuaires, marais maritimes) et des eaux douces continentales (rivières, étangs et lacs) (Imane H., 2010), l'espèce témoigne de la rapidité des changements environnementaux que le monde connaît depuis les années 80. Aujourd'hui classée espèce menacée et en danger critique d'extinction depuis 2008 (d'après la liste rouge UICN 2019), l'anguille européenne a vu sa population s'effondrer en seulement quelques dizaines d'années. Ce poisson serpentiforme qui fait partie des 16 espèces actuellement reconnues comme appartenant à l'unique genre (*Anguilla*) de la famille des Anguillidés, subit de nombreuses pressions à tous ses stades biologiques et plus particulièrement au stade juvénile, appelé civelle (Briand C., 2009). Surpêche, braconnage, disparition des habitats de croissance ou encore obstacles à la migration sont autant de facteurs qui réduisent les stocks d'anguille européenne (Bruslé J., 1994).

Aujourd'hui, différents moyens existent pour évaluer et suivre l'évolution des stocks en milieu estuarien et dulcicole. Sur l'axe Seine (long de 775km), l'estimation de la population d'anguilles venant coloniser l'amont du bassin-versant (recrutement) se fait au niveau du barrage de Poses, porte d'entrée et de sortie du bassin, puisque cet ouvrage est le premier rencontré depuis la mer. Situé à près de 160km de cette dernière, il représente le lieu de passage obligatoire pour tout individu souhaitant rejoindre les secteurs amonts du bassin de la Seine. C'est pourquoi depuis 2014 en rive gauche et 2017 en rive droite, des dispositifs de franchissement spécifiques à l'espèce anguille ont été construits sur le barrage de Poses. La construction de ces derniers s'est faite afin de répondre aux objectifs du plan de gestion anguille (PGA) en vigueur depuis 2008 sur le bassin Seine-Normandie. L'objectif prioritaire étant de réfréner la diminution de la population de l'espèce sur le bassin. Ces dispositifs qui viennent compléter les systèmes de passes à poissons à fentes verticales déjà existant depuis 1991 en rive gauche et 2017 en rive droite, ont été construit dans le but de permettre, notamment aux jeunes

stades de l'espèce (anguillettes, civelles), de franchir l'ouvrage. Ces jeunes individus possèdent des capacités de nage trop limitées pour espérer pouvoir emprunter les passes à fentes verticales (Knights B., White E.M. 1998). Depuis 2014, c'est l'association SEINORMIGR qui est en charge de réaliser chaque année le suivi de la migration anadrome des jeunes anguilles et ainsi évaluer les stocks remontant l'axe Seine.

De fait, la présente étude s'inscrit dans la continuité des suivis réalisés depuis 2014 et porte sur le suivi du recrutement de la Seine en anguille européenne au niveau du barrage de Poses pour l'année 2021. Par cette étude, des réponses aux questions suivantes vont être apportées :

- Quelle est l'estimation du recrutement 2021 en anguille européenne au niveau du barrage de Poses ?
- Comment évolue-t-il depuis 2014 ?
- Quel est l'état sanitaire de ce recrutement ?

Pour ce faire, une remise en contexte sera tout d'abord effectuée, puis les méthodes et moyens mis en œuvre pour suivre la montaison de l'anguille européenne sur le barrage de Poses seront présentés. Enfin, les résultats annuels seront discutés et comparés aux données historiques recueillies depuis la mise en place de ce suivi.

# II – Contexte

## 1. L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) :

### a) Présentation de l'espèce : généralités, morphologie et description biologique

L'anguille européenne est un poisson migrateur amphihalin thalassotoque catadrome, c'est-à-dire qu'au cours de sa vie, la reproduction se fait en mer tandis que la phase de croissance aura lieu dans les eaux côtières et douces continentales (Keith P., et al., 2020). De plus, cette espèce est capable de supporter des variations de température et de salinité importantes. Elle est dite euryhaline et eurytherme (FDPPMA 29, 2013). D'après Schmidt J. (1922), la population d'*Anguilla anguilla* serait panmictique (i.e., chacun des individus de la population possède des chances égales de se reproduire avec n'importe quel autre individu du sexe opposé ; Binder E., 1967), cependant d'autres études (Wirth T. et Bernatchez L., 2001 ; Maes G. E. et Volckaert F., 2002 ; Maes G.E. et Volckaert F., 2007 ; Daemen E. et al, 2001) tendent à affirmer qu'une diversité génétique existe au sein de cette population, remettant en question son caractère panmictique. Pour être complet, Fontaine M. et al. (1982) précise que l'espèce est sémelpare (ne se reproduisant qu'une seule fois au cours de sa vie).

De par sa morphologie particulière, l'anguille européenne est aisément reconnaissable. Son aspect serpentiforme, constitué d'une partie antérieure cylindrique et d'une région caudale aplatie, est caractéristique de ce poisson. Au stade adulte prêt à se reproduire les plus gros individus, systématiquement les femelles (Solomon O.O. et Ahmed O.O., 2016**)**, peuvent atteindre jusqu'à 142 cm pour environ 6,6 kg (Keith P., et al., 2020), tandis que les larves leptocéphales (stade larvaire) ne font pas plus de quelques millimètres (5 à 90) pour seulement quelques dixièmes de gramme.

D’un point de vue de sa distribution (figure 1), l’espèce est présente depuis son site probable de ponte (mer des Sargasses, Atlantique ouest), puis s'étend sur tous les milieux aquatiques continentaux ou côtiers accessibles reliés à la mer Baltique et à la mer du Nord ainsi qu'à la Manche, aux côtes atlantiques et méditerranéennes, entre l'Islande et la Mauritanie (Solomon O.O. et Ahmed O.O., 2016). Seuls les obstacles à la migration (barrages, seuils, etc.) limitent possiblement l’aire de répartition continentale de l’espèce (Adam G., 1997).

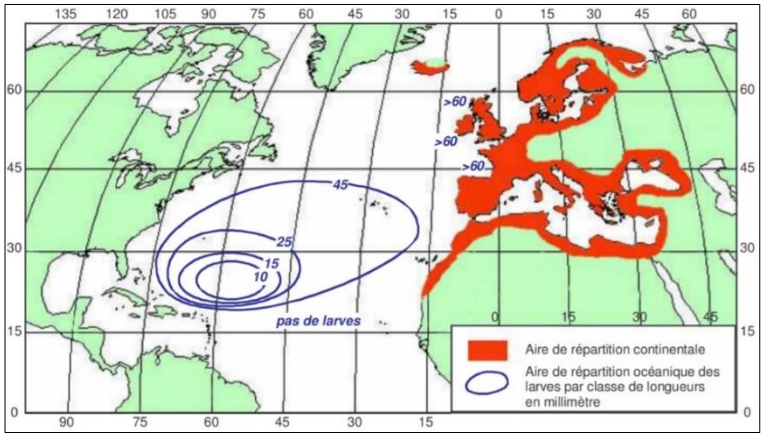



*Figure 1: Aire de répartition de l'anguille européenne (Anguilla anguilla L. 1758) (Adam G., 1997)*

### b) Cycle de vie

Encore aujourd’hui, l’anguille européenne reste une espèce qui intrique et interroge, notamment en raison de son cycle de vie bien particulier. Bien que les stades continentaux soient bien connus, une partie des stades océaniques restent plus mystérieux. Plus généralement, le cycle biologique de l’anguille européenne peut être scindé en quatre grands stades :

- Stade larve leptocéphale :

C’est le premier stade identifié de l’espèce jusqu’à aujourd’hui. Après que les femelles aient pondu leurs œufs en mer des Sargasses à une profondeur allant de 200 mètres (Keith P., et al., 2020) à plus de 400 mètres (Fontaine et al., 1985), ces derniers deviennent rapidement une larve leptocéphale (fig. 2). Il est supposé que la ponte ait lieu en mer des Sargasses, car d’après Aarestrup K. et al. (2010), les premiers stades larvaires capturés dans la mer des Sargasses présentent des restes de gouttelettes d'huile issue du sac vitellin de l'œuf.

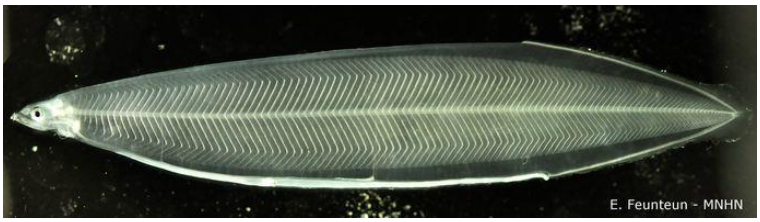



*Figure 2: Larve leptocéphale d’Anguilla anguilla d’environ 5mm. (source : Feunteun, MNHN)*

Peu de temps après l’éclosion et le passage à la morphologie leptocéphale, celles-ci sont transportées par le Gulf Stream jusqu’aux côtes européennes et nord-africaines (Feunteun E., 2002). Cette migration passive via les courants marins se fait sur une durée encore débattue. Lecomte-Finiger R. (1992) et Muchiut S. et al. (2002), affirment que cette migration s’effectue

en seulement quelques mois, tandis que d'autres (MacCleave J.D. et al., 1998 ; Tesch F.W., 1998 ; Solomon O.O. et Ahmed O.O., 2016 ; Schmidt J., 1922) affirment que cela peut prendre entre un et trois ans. A l'approche des côtes, les larves mesurent environ 65 mm pour environ 0,2 g. A partir de là, elles stoppent leur alimentation (Edeline E., 2005 ; Muchiut S. et al. 2002) et vont initier leur évolution au prochain stade. Le stade civelle.

- Stade civelle :

A leur arrivée sur le plateau continental, les larves leptocéphales deviennent civelles (figure 3). Ces individus, dont le corps commence à devenir subcylindrique (Muchiut S. et al., 2002) et une légère pigmentation tégumentaire va s'initier (Prouzet P., 2004), vont continuer leur migration en direction des fonds d'estuaires et des milieux dulcicoles continentaux. Cette migration se fera tout d'abord de manière passive (via les courants de marée ascendante), puis de manière active (Keith P., et al., 2020).

*Figure 3: Anguille au stade civelle. (source : SEINORMIGR)*

De manière générale, sur la façade atlantique de l'Europe, la montaison des civelles se fait entre octobre et avril-mai (Elie P., 1979). Cependant, de par son éloignement avec la mer, les premiers individus civelles ne sont observés qu'à partir de mi-avril et jusqu'à fin septembre au niveau du site d'étude (barrage de Poses). De plus, il est considéré qu'un individu de l'année (i.e., arrivant directement depuis son lieu de naissance) mesure moins de 80 mm. A Poses, un individu de plus 80 mm est une anguille qui a déjà passé au moins un hiver à l'aval du barrage. Enfin, la colonisation des milieux estuariens et dulcicoles ne se fera que lorsque la température de l'eau sera supérieure à 10-12°C (Gascuel D., 1986 : Feunteun E. et al., 2008). Au niveau du barrage de Poses, il a été constaté que ce seuil se situe davantage aux alentours de 14-15°C.

- Stade anguille jaune :

Ce stade marque la fin de la phase de migration anadrome active des anguilles. A ce stade, les individus sont strictement sédentaires (i.e., elles restent dans le même milieu d'eau douce, mais maintiennent une activité migratoire dans ce milieu) et une différenciation sexuelle va pouvoir être faite (Adam G., 1997). L'appellation « anguille jaune » est la résultante de la pigmentation brune/verdâtre obtenue au cours du stade intermédiaire anguillette. Cette phase sédentaire correspond à la période de grossissement des individus (Edeline E., 2005). Pendant une durée allant de 3 et 8 ans pour les mâles et de 5 à 20 ans pour les femelles (Solomon O.O. et Ahmed O.O., 2016), l'anguille va se préparer pour sa phase de migration catadrome. Elle va grossir et accumuler assez de réserves énergétiques pour pouvoir effectuer sa migration retour.

- Stade anguille argentée :

Enfin, l'anguille va subir une dernière métamorphose. Celle-ci va passer d'une pigmentation jaune à une couleur argentée (figure 4). Cette métamorphose va également être marquée par une augmentation de la taille de l'œil (Adam G., 1997), un épaississement de la peau (FDPPMA 29, 2013), ainsi que de l'allongement de la nageoire pectorale (Durif C., 2003).

*Figure 4: Anguille jaune (en bas) et anguille argentée (en haut). (Source : SEINORMIGR)*

Ce dernier stade du cycle biologique de l'anguille est celui où les individus sont sexuellement matures et prêts à se reproduire (Edeline E., 2005). Dès ce stade atteint, les individus vont entamer leur dévalaison (migration catadrome) en direction de leur zone de reproduction, en mer des Sargasses. Une fois arrivées sur le site de reproduction, l'anguille européenne se reproduit puis meurt selon plusieurs études (Crivelli A.J., 1998 ; Durif C., 2003).

### c) Menaces

Bien qu'actuellement l'anguille européenne soit classée en danger critique d'extinction en France, cela n'a pas toujours été le cas. En France, elle était encore classée nuisible jusqu'en 1984 (Comité français de l'UICN et al., 2009 ; FDPPMA 59, 2013) puis considérée menacée depuis 1999 et enfin inscrite à l'annexe 2 de la convention CITES (Convention sur le commerce international des espèces sauvages menacées d'extinction) en 2008. Toutefois, c'est à partir du milieu des années 80, qu'un effondrement de la population d'anguilles a lieu (Bruslé J., 1994). Comme le montre la figure 5, les causes de cet effondrement sont nombreuses et d'origines variées.

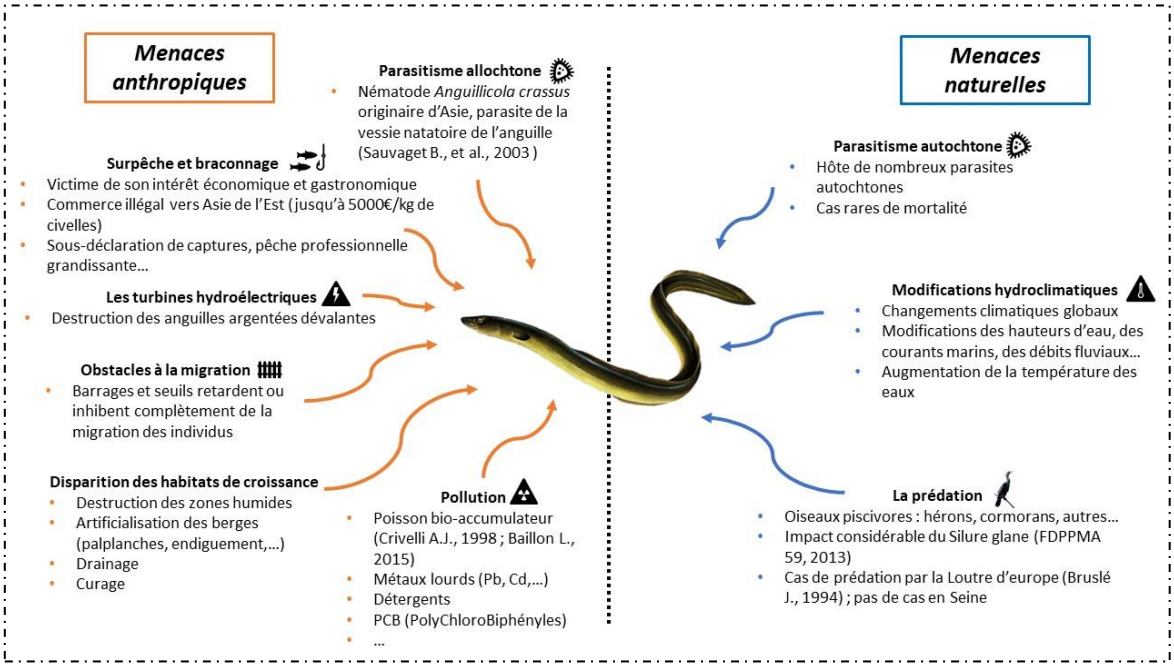



*Figure 5: Menaces pesant sur l'anguille européenne. (Neveu T.)*

### d) Intérêts de l'espèce *Anguilla anguilla*

Sur le plan écologique, son caractère bio-accumulateur (Baillon L., 2015) ou biointégrateur (Feunteun E., 2002) associé à sa capacité à coloniser tous les milieux aquatiques d'eau douce (Durif C., 2003), font de l'anguille une espèce à fort intérêt, notamment dans l'expertise de la qualitéd'un milieu. Feunteun E. (2002), va même jusqu'à caractériser l'anguille européenne d'espèce parapluie au vu de son rôle dans le bon fonctionnement des hydrosystèmes et souligne le fort intérêt de maintenir une gestion durable de l'espèce, qui s'avérerait être exclusivement positive sur l'ensemble des organismes cohabitants avec l'espèce.

Au niveau économique, là encore l'espèce représente des enjeux majeurs. Exploitée à tous les stades continentaux de son cycle, l'anguille est un poisson très convoité pour sa chair. En France, l'espèce est la plus exploitée par la pêche dans les eaux continentales (Durif C., 2003). Environ 6000 tonnes d'anguilles sont pêchées (pêcheries déclarées) chaque année en France (Baisez A. et Lafaille P., 2005). Le stade civelle est particulièrement exploité et exporté illégalement vers l'Asie de l'Est (surtout en Chine), le sud de l'Espagne ou encore le sud de la France, où il est considéré comme un met raffiné. En Asie, une partie des civelles exportées sont également destinées aux élevages de grossissement, à des fins de consommation des stades adultes. Enfin, de par l'engouement que représente l'anguille sur de nombreux plans, elle génère bon nombre d'activités (recherches scientifiques, pêches professionnelles, gestion, conservation, etc.) aboutissant à de nombreuses retombées économiques.

Enfin, l'espèce reste à forte valeur patrimoniale et culturelle. Il y a encore peu de temps (années 1990-2000), l'anguille était la base d'une certaine vie sociale dans de nombreuses régions européennes, notamment au niveau des grands estuaires français ou des fleuves de la mer du Nord et de la mer Baltique (Blanc N. et al., 2012). Dans ces régions, l'anguille représentait une source de revenu vitale pour près de 25 000 personnes d'après Moriarty C. et Dekker W. (1997).

### e) Mesures de conservation : le Plan de Gestion Anguille (PGA)

Depuis la prise de conscience de la régression constante de ses stocks sur l'ensemble de son aire de répartition continentale, l'anguille européenne fait l'objet de mesures de conservation à l'échelle européenne, nationale et locale. Plus précisément, depuis 2007 des plans de gestion de l'anguille ont été mis en place obligatoirement dans les pays de l'Union européenne (Keith P., et al., 2020).

i. Volet national

- ❖ Ses objectifs

Conformément à l'article 2-3 du règlement (CE) n°1100/2007, instituant des mesures de reconstitutions des stocks d'anguilles européennes, un plan de gestion de l'anguille (PGA) a été établi en France en 2008. Ce dernier ayant été approuvé par la Commission européenne le 16 février 2010 (PGA, 2015).

Dans le but d'atteindre l'objectif prioritaire de reconstitution des stocks, le PGA intervient sur toutes les causes entrainant de la mortalité d'anguilles, et fixe donc des objectifs visant à enrailler celles-ci (PGA, 2015) :

- Réduire la mortalité par pêche de l'anguille de moins de 12cm de 40% en 2012 et de 60% en 2015.
- Réduire la mortalité par pêche de l'anguille jaune et d'anguille argentée de 30% en 2012 et de 60% en 2015.
- Réduire la mortalité liée aux autres causes anthropiques de 40% en 2012 et de 60% en 2015 et de 75% en 2018.
- Réduire au maximum la pêche et la commercialisation illégales (PGA, 2010).
- Mieux encadrer l'ensemble de la filière commerciale (agrémentation, traçabilité) (PGA, 2010).

❖ Ses mesures

Pour répondre à ces objectifs, le volet national du PGA axe ses mesures sur quatre thématiques :

- Evaluer la biomasse d'anguilles argentées repartant en mer ou quittant le territoire français.
- La diminution de la mortalité liée à la pêche.
- La diminution de la mortalité liée à d'autres facteurs.
- Le repeuplement et d'autres mesures pour reconstituer les stocks

ii. Volet local : Unité Seine-Normandie

De par la diversité de problématiques environnementales rencontrées d'un bassin hydrographique à un autre, le plan de gestion national anguille est adapté à chacun de ces bassins par le biais de volets locaux, propres à chaque Unité de Gestion (UGA). Ces UGA sont au nombre de dix en France, correspondant aux dix grands bassins hydrographiques français. Concernant l'unité Seine-Normandie, quatre thématiques sont abordées pour atteindre les objectifs fixés par le plan national ;

Le repeuplement : opérations réalisées dans des zones favorables à leur mise en œuvre (faible pression anthropique, absence de pêche de l'anguille, etc.). D'après les premières analyses, les cours d'eau de l'arc normand semblent propices (PGA, 2008).

Une gestion renforcée des pêcheries : application d'une réglementation particulière sur le territoire, avec notamment une réduction de la période de pêche à 5 mois par an, du 15 février au 15 juillet (PGA, 2008). Cette mesure est en place depuis 2011.

Le rétablissement de la libre circulation et mise en conformité des ouvrages : en 2008, 409 ouvrages étaient identifiés comme à aménager prioritairement.

Un programme de suivi et de surveillance (« monitoring anguille ») : programme de surveillance visant à estimer finement le stock d'anguilles jaunes en place, ainsi qu'a en suivre l'évolution tout au long du mandat et à révéler les caractéristiques et dynamiques de populations spécifiques aux cours de l'unité de gestion Seine-Normandie (SEINORMIGR, 2020).

## 2. Le contexte géographique

### a) Le bassin Seine-Normandie

i. Le territoire

Représentant à lui seul près de 18% du territoire métropolitain français (AESN, 2019), le bassin hydrographique Seine-Normandie (fig. 6) s'étend sur une superficie avoisinant 97 000 km$^2$. Englobant 28 départements et plus de 8 600 communes, le bassin Seine-Normandie comprend 70 000 km de cours d'eau et plus de 600 km de façade maritime (Préfecture De Région Ile De France, 2016). Sur ce bassin, le fleuve majeur est la Seine. Elle serpente sur plus 775 km depuis sa source en Côte d'Or (21) jusqu'à l'estuaire du Havre en Seine-Maritime (76). Ses principaux affluents sont la Marne, l'Yonne, l'Eure, le Loing ou encore l'Oise. Concernant les cours d'eau côtiers normands, les principaux vont être la Béthune (76), la Touques (61, 14), la Dives (61, 14), l'Orne (61, 14) ou encore la Vire (14, 50).

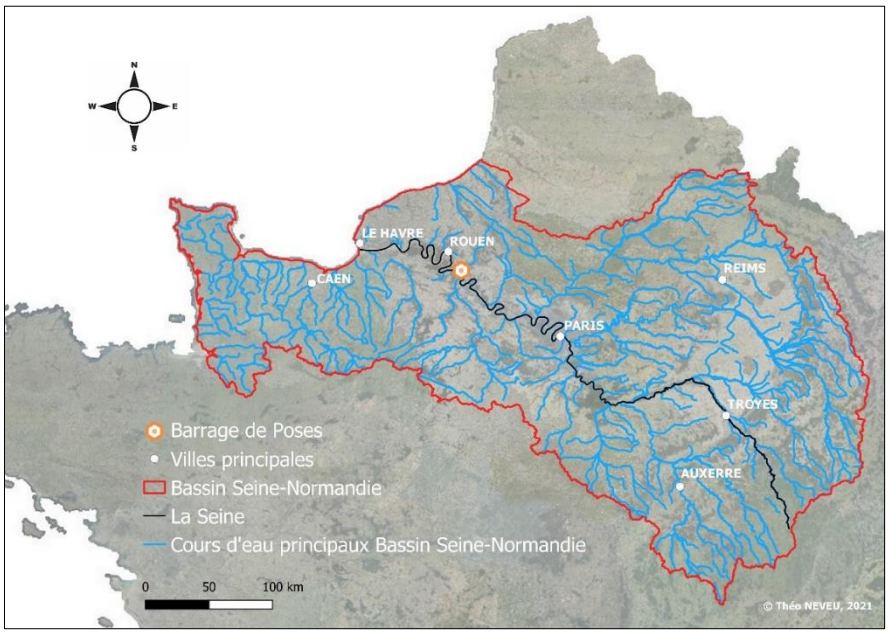



*Figure 6: Contexte géographique du bassin Seine-Normandie.*

Concernant la qualité des eaux, globalement sur le bassin Seine-Normandie l'état des eaux de surface s'est amélioré (à indicateurs constants) depuis 2013 malgré une croissance démographique en hausse sur le bassin. D'après l'Etat des lieux 2019 du bassin de la Seine-Normandie réalisé par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN), le bassin connait une évolution lente mais positive de la qualité de ses cours d'eau, passant de 38% en 2013 à 41% en 2019 de cours d'eau en bon ou très bon état écologique à indicateurs constants entre les deux périodes (en annexe 1 est présenté une carte de l'état des masses superficielles du bassin en 2019). Cependant, si aucunes nouvelles actions sont envisagées d'ici 2027, les prévisions estiment que le taux de masses d'eau en bon état chuterait à 18%, selon les indicateurs actuels (AESN, Dossier de presse, 2019). La réduction d'utilisation de pesticides, la diminution des rejets de polluants (PolyChloroBiphényle « PCB ») ou encore la restauration de la libre circulation (notamment en faveur des espèces migratrices) sur le bassin, sont des points sur lesquels le SDAGE 2022-2027 sera notamment axé (AESN, 2020).

ii. Les enjeux « migrateurs »

En raison de sa façade maritime importante, porte d'entrée et de sortie des poissons migrateurs, le bassin Seine-Normandie affiche des enjeux « migrateurs » forts (en annexe 2, une cartographie des masses d'eau à enjeux migrateurs est présentée). Sur le bassin, 7 espèces migratrices sont recensées. Ces espèces sont toutes inscrites à la liste rouge des espèces menacées en France et dans le monde, d'après la liste mise à jour en 2019 par le Comité français de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature), le MNHN (Museum National d'Histoire Naturelle), la SFI (Société Française d'Ichtyologie) et l'AFB (Agence Française pour la Biodiversité). Les espèces migratrices rencontrées en Seine-Normandie, ainsi que leurs statuts actuels sont listés ci-dessous (Tableau 1).

*Tableau 1: Liste des espèces migratrices rencontrées sur le bassin Seine-Normandie concernées par la liste rouge des espèces menacées de France.*

| Nom scientifique | Nom commun | Liste rouge France | Tendance | Liste rouge Monde |
|---|---|---|---|---|
| *Alosa alosa* | **Grande alose** | CR[1] | ↓ | LC[2] |
| *Anguilla anguilla* | **Anguille européenne** | CR | ↓ | CR |
| *Petromyzon marinus* | **Lamproie marine** | EN[3] | ↓ | LC |
| *Lampetra fluviatilis* | **Lamproie de rivière** | VU[4] | ↓ | LC |
| *Alosa fallax* | **Alose feinte atlantique** | NT[5] | ↓ | LC |
| *Salmo salar* | **Saumon atlantique** | NT | ↓ | LC |
| *Salmo trutta trutta (écotype de Salmo trutta)* | **Truite de mer** (écotype de la Truite commune) | LC | ↓ | LC |

[1] : En danger critique d'extinction / [2] : Préoccupation mineure / [3] : En danger / [4] : Vulnérable / [5] : Quasi menacée

L'annexe 3, présente les linéaires colonisés par les poissons migrateurs (excepté l'anguille) sur le bassin jusqu'en 2020. Pour ces espèces, il existe à l'échelle européenne, nationale et des bassins versants, plusieurs politiques de gestion. Concernant l'échelle du bassin Seine-Normandie, les principaux outils de gestion vont être ;

- Le PLAGEPOMI : PLAn GEstion des POissons MIgrateurs du bassin Seine-Normandie
- Le PGA : Plan de Gestion Anguille Seine-Normandie : *voir II.1.e).*

Le PLAGEPOMI actuellement en place (2016-2021) constitue la 5ème édition d'un schéma d'orientation visant à la préservation et la restauration des populations amphihalines présentes sur le bassin Seine-Normandie (DRIEE Ile-de-France, Juillet 2016). Ce plan est élaboré afin de répondre aux différents enjeux que représentent les espèces migratrices. Il est le document de référence en matière de gestion ces poissons.

Pour cette 5ème édition, cinq axes d'orientations stratégiques ont été établis (Brandicourt C., 2019) : **Axe 1 :** Reconquérir les axes de migration pour permettre aux poissons migrateurs d'élargir leur aire de répartition

**Axe 2 :** Renforcer la connaissance des migrateurs

**Axe 3 :** Encadrer et suivre la pêche (fluviale et maritime)

**Axe 4 :** Protéger et restaurer les habitats de production

**Axe 5 :** Gestion cohérente terre-mer du saumon en baie du Mont Saint-Michel

iii. Situation de l'espèce *Anguilla anguilla* sur le bassin

En France, le nombre d'anguilles aurait chuté de plus 90% (Fédération Pêche du Finistère, 2013) depuis les années 80. Le constat est le même à l'échelle du bassin Seine-Normandie. Actuellement, l'espèce est présente sur la totalité des cours d'eau principaux du bassin, cependant bien souvent elle ne colonise qu'une partie du linéaire. En effet, comme le montre la figure 7, la présence et la succession d'ouvrages sur les linéaires engendrent des blocages (ou des retards) à la montaison des individus vers les secteurs amont, induisant un déficit de présence de l'espèce sur ces secteurs (SEINORMIGR, 2019).

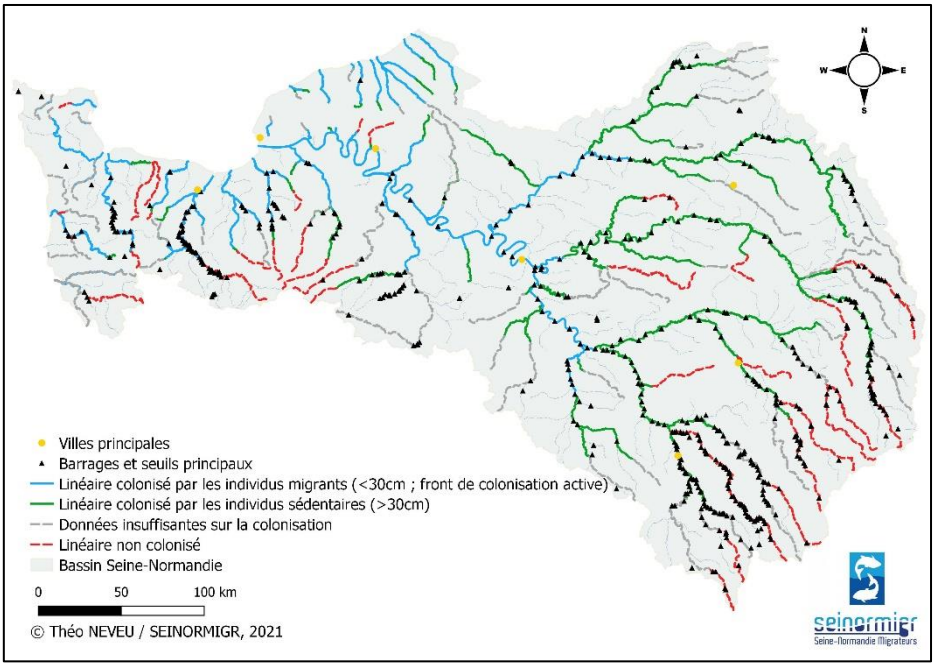



*Figure 7: Linéaire colonisé par l'anguille européenne sur le bassin Seine-Normandie*

**b) Le barrage de Poses (27474) – Amfreville sous les Monts (27380)**

i. Le barrage

Construit entre 1879 et 1885, le barrage de Poses marque le fond de l'estuaire de la Seine, à près de 160 kilomètres de la limite transversale de la mer (limite de référence qui détermine les commune « riveraines de la mer » au sens de la loi Littoral, figure 8). Bien que le barrage soit à une distance importante de la mer, ce dernier reste sous l'influence de la marée dans sa partie aval, du fait qu'il soit le premier ouvrage rencontré depuis l'estuaire. Il constitue de fait, le premier point de ralentissement (voir de blocage) pour les espèces migratrices.

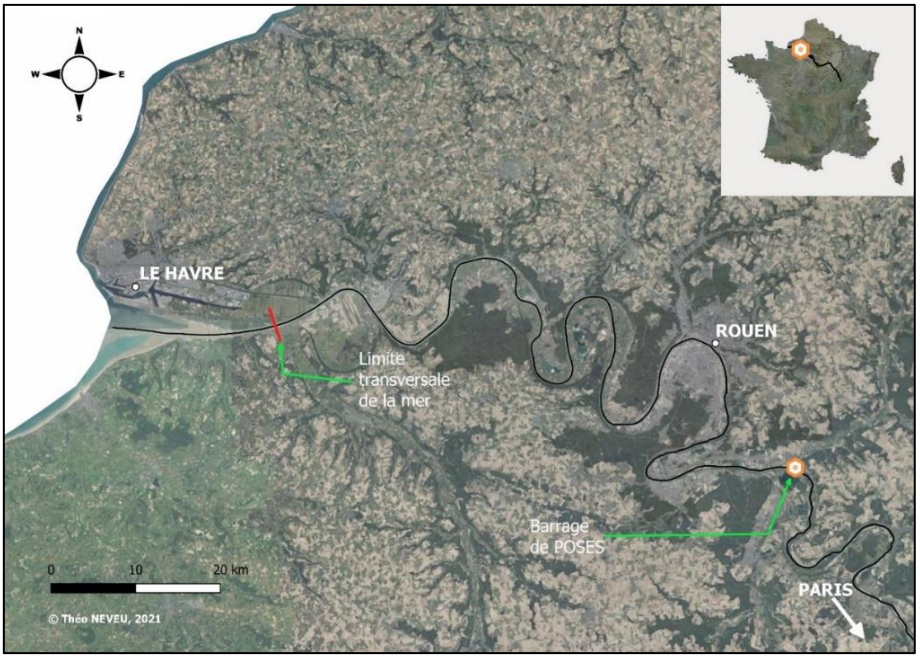



*Figure 8: Contexte géographique du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.*

D'un point de vue mensurations, comme le montre la figure 9, le barrage en lui-même mesure 245 mètres de long (composé de 7 vannes de régulation de débit), tandis qu'en considérant les écluses en rive droite et l'usine hydroélectrique en rive gauche, la longueur totale de l'ouvrage approche 490 mètres. A noter qu'en rive gauche, l'usine hydroélectrique (système à quatre turbines) est gérée par la société Hydrowatt (organisme privé) alors qu'en rive droite, les écluses sont sous la direction de Voies Navigables de France (VNF, organisme public). La hauteur de chute moyenne du barrage est de 5,4 mètres.

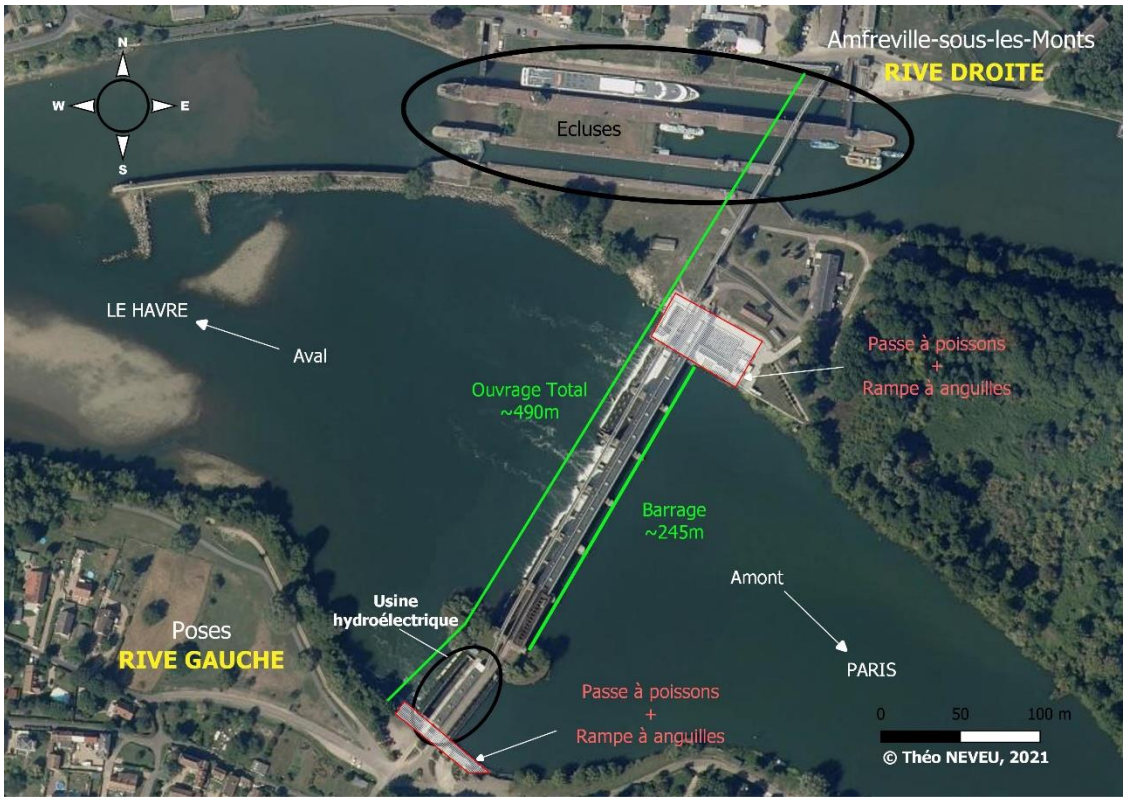



*Figure 9: Présentation du barrage de Poses - Amfreville-sous-les-Monts.*

ii. Les dispositifs de franchissement et de vidéo-comptage

❖ En rive gauche

Sur le site de Poses, le premier dispositif de franchissement piscicole fut mis en place en rive gauche en 1991. Ce dispositif est une passe à poissons à bassins successifs qui fut construite par Hydrowatt en même temps que l'usine hydroélectrique (1991) afin de répondre aux exigences de la Loi sur l'eau de 1964, relative à la libre circulation piscicole au niveau des ouvrages déjà existants (Grall S. et al., 2018). Cette passe est constituée de 23 bassins à fentes verticales permettant la circulation des poissons d'aval en amont et d'un bassin « by-pass » (circuit de contournement de l'usine hydroélectrique permettant la dévalaison en rive gauche). Au total, cette passe à poissons présente une longueur de 86 mètres. En 2013, cette passe s'est vu être greffée d'un système de franchissement spécifique aux anguilles. (*cf III. 1)*).

En parallèle de ce système de passe, une chambre de vidéo-comptage ainsi qu'une chambre d'observation ont été créées. Le vidéo-comptage est utilisé comme outil scientifique de suivi des migrateurs empruntant la passe, tandis que la chambre d'observation a davantage vocation être mise à la disponibilité du grand public.

❖ En rive droite

Sur cette rive, un système de franchissement a vu le jour à la fin de l'année 2017. Tout comme en rive gauche, ce système est de type passes à bassins à fentes (doubles) verticales. Celle-ci compte 28 bassins répartis sur 8 niveaux et sur 60 mètres de longueur et 24 de large. En rive droite, un système de vidéo comptage de contrôle des poissons migrateurs est également en place et est depuis la création de la passe, géré et suivi par SEINORMIGR. La particularité de ce système de comptage est qu'il est équipé de deux couloirs d'observation et par conséquent de deux systèmes de vidéo-comptage indépendants.

Les schématisations des dispositifs de passes à poissons sont consultables en annexe 4.

# III – Matériels & Méthodes

## 1. Les dispositifs de franchissement spécial anguille

A la différence des autres espèces migratrices retrouvées en Seine, le stade juvénile de l'anguille européenne possède des capacités de nage très limitées. De par les vitesses de courants importantes rencontrées au sein des systèmes de passes à fentes verticales, les civelles en montaison ne sont pas en capacité d'emprunter ces dernières. Leur capacité de nage et leur vitesse de pointe n'allant que de 0,6 à 0,9 m/s (Knights B., White E.M. 1998 ; Crivelli A.J., 1998), ne leur permettent pas d'utiliser les passes à poissons. C'est pourquoi, en rive gauche comme en rive droite, des dispositifs de franchissement spécifiques à l'espèce ont été mis en place.

❖ En rive gauche

Un système de franchissement spécifique aux anguilles a été greffé à la passe à poissons en 2013. Ce dernier se décompose en trois parties principales et est présenté en figure 10. La première se situe à l'aval de l'ouvrage et est composée de trois rampes de type « tapis-brosses »

inclinées a 45° séparées de bassins de repos (photographies 1, 2, 3). La seconde partie correspond à un système de tuyauterie (en PVC) qui permet d'acheminer les anguilles, de la partie aval à la partie amont du dispositif (photographies 4, 5, 6). Enfin, une rampe de même type qu'à l'aval (inclinée à 35°) ainsi qu'un système de piégeage forment la dernière pièce du système (photographies 6 et 7). Le dispositif de piégeage est composé d'une cuve piège alimenté par un tuyau auquel est fixé un filet pour faciliter la récupération des individus capturés (photographie 8).

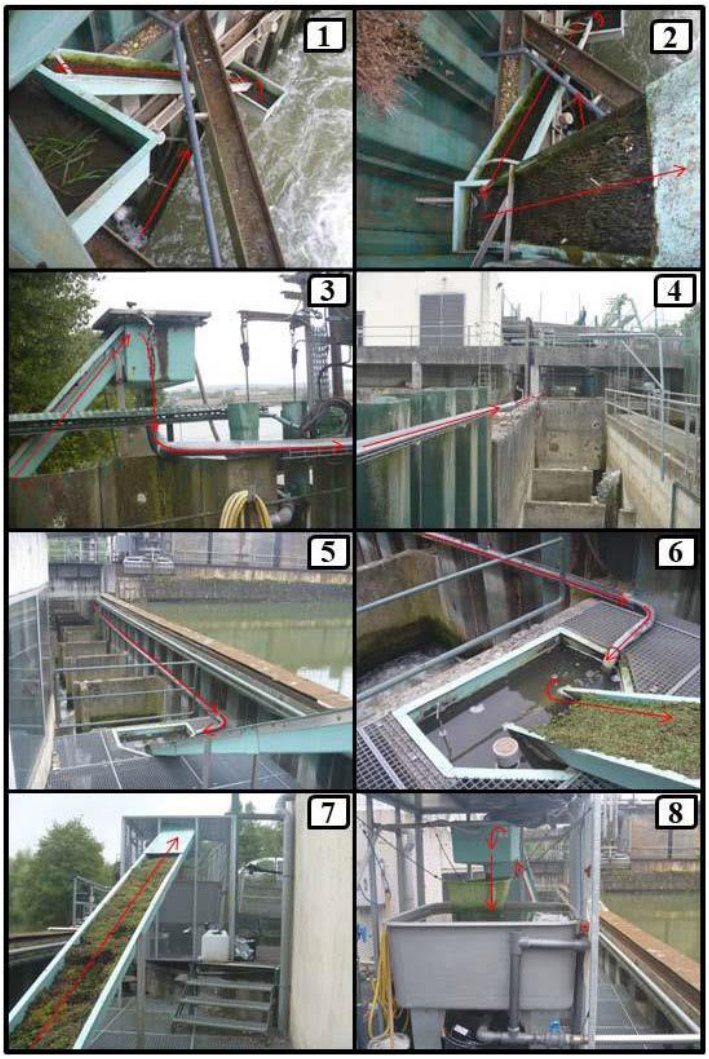



*Figure 10: Dispositif de franchissement spécial anguille rive gauche. (source : SEINORMIGR)*

❖ En rive droite

Contrairement à la rive gauche, le dispositif de franchissement spécifique à l'anguille a été pensé et construit en même temps que la passe à poissons, rendant celui-ci mieux adapté à la montaison des individus. Ce dispositif se décompose également en trois grandes unités (figure 11) :

*Figure 11: Dispositif de franchissement spécial anguille en rive droite. (source: SEINORMIGR)*

- en aval, deux rampes à « tapis-brosses » inclinées à 45°, séparées par un bassin de repos et alimentées en eau par débordement du canal situé en amont (photographies 1 et 2).
- à la suite de la deuxième rampe, un canal longeant toute la passe à poissons conduit les individus jusqu'au dispositif de piégeage. Ce canal est long d'environ 70 mètres (photographies 3,4 et 5).
- en amont, le canal débouche dans un local abritant le dispositif de piégeage qui comporte une rampe à « tapis-brosses » (inclinée à 45°) et une cuve piège (photographie 5 et 6). Un filet est également en place sur tuyau alimentant cette cuve pour faciliter la récupération des individus piégés.

## 2. Suivi du recrutement

### a) Fréquence des suivis

Pour cette étude, la fréquence des suivis suit l'intensité de la migration des anguilles. En début et queue de migration (d'avril à mi-mai et en septembre), la relevée des pièges se fait deux à trois fois par semaine. Dès lors que la migration devient plus intense (de mi-mai à fin août) la relevée s'effectue tous les jours (hors weekend et jours fériés sauf si un pic migratoire est attendu). Il est à rappeler, qu'au niveau du barrage de Poses, la migration des anguilles commence dès que la température de l'eau dépasse 14-15°C.

Cette année, le suivi a débuté le 2 avril et va se poursuivre jusqu'à fin septembre/début octobre. A noter qu'en rive gauche, un dysfonctionnement du système survenu le 27 juin à engendré une mise hors service du système depuis cette date.

### b) La récolte des données biométriques

Dès lors qu'un individu est piégé, ce dernier fait l'objet de mesures biométriques:

- mesure de la longueur totale (en millimètres)
- prise de poids (à 0,1 gramme près)
- identification d'éventuelles anomalies anatomo-morphologiques (selon la grille de codification établie par Elie P. et Girard P., 2014, retrouvée en annexe 5)

Afin de faciliter la manipulation des anguilles, celles-ci sont préalablement placées en balnéation avec une solution d'eugénol diluée. L'ensemble des données récoltées sont

renseignées dans un carnet (annexe 6), spécialement élaboré pour être en accord avec le protocole décrit ci-après.

### c) Protocole de dénombrement des captures

Le protocole de dénombrement à suivre est dépendant du nombre d'anguilles estimées dans le piège lors de chaque relevé. Le protocole est le suivant (figure 12) :

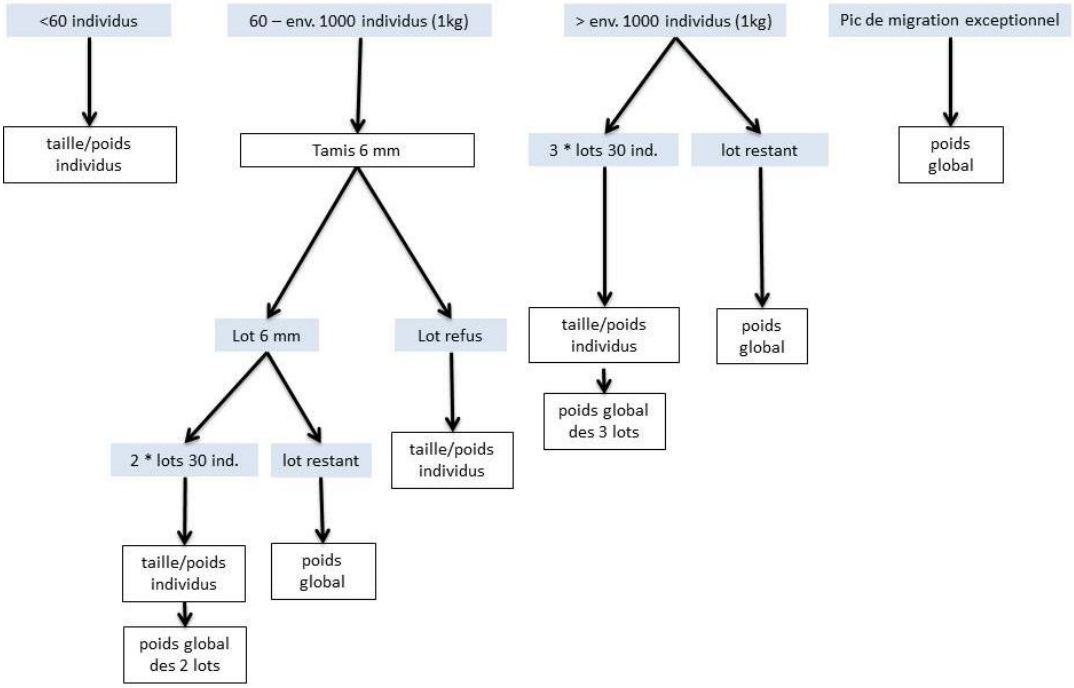



*Figure 12: Protocole de dénombrement à appliquer aux captures. (source : SEINORMIGR)*

Ainsi, l'application de ce protocole dépend du nombre d'individus piégés. La réalisation de lots se fait grâce à une opération de tamisage (fig. 13). Les anguilles ne passant pas au travers du tamis (maille de 6mm) sont qualifiées de « lot refus ». Ce lot refus correspond aux plus grands individus. Ils sont écartés et biométrés indépendamment des individus plus petits pour ne pas fausser les poids moyens des « lots de 30 individus » et des « lots restants ».

*Figure 13: Tamisage des individus capturés.*

A la fin de la biométrie, l'ensemble des individus est conservé quelques minutes dans des seaux d'eau de Seine le temps du réveil. Une fois réveillées, les anguilles sont relâchées quelques mètres en amont des systèmes de piégeage, comme il est indiqué en annexe 7.

### d) La bancarisation et les analyses statistiques des données

L'ensemble des données biométriques recueillies sont ensuite retranscrites dans une base de données appelée STACOMI (STAtion de COntrôle des Migrations). Cette base de données a été développée et mise à disposition des associations migrateurs (et autres organismes suivant

les populations de poissons migrateurs) par l'Etablissement Public Territorial de Bassin Vilaine (EPTB Vilaine). Par la suite, la réalisation des graphiques et les traitements statistiques se font sur le logiciel RStudio, principalement via le package « StacomiR ».

Concernant les tests statistiques appliqués aux données, ces derniers ont été réalisés afin d'offrir des réponses aux problématiques posées en début de rapport. Plus exactement des tests statistiques inférentielles de comparaison de moyennes, tels que des Anova (test paramétrique, basé sur la normalité des données), des tests de Kruskal-Wallis et de Wilcoxon (test non-paramétriques) vont être utilisés, notamment pour mettre évidence d'éventuelles corrélations entre les effectifs journaliers moyens d'anguilles et l'évolution des facteurs environnementaux.

Enfin, l'ensemble des résultats obtenus se basent sur les données recueillies du 2 avril au 27 août 2021.

## 3. Estimation du recrutement : Les dispositifs de piégeage passifs « flottangs ».

En parallèle des suivis de dénombrement des captures par pièges dits actifs (rampes et cuves), l'estimation du recrutement de la Seine en anguille européenne se fait également par le biais de dispositifs passifs appelés « flottangs » (figure 14). Ce type de suivi est réalisé à Poses depuis 2016.

*Figure 14: Flottang situé à l'amont des écluses en rive droite. (source : Neveu T.)*

Dans leur configuration, les flottangs sont des dispositifs flottants sur l'eau, composés d'un empilement de dix couches de treillis carrées (géotextile alvéolé) de 50 cm de côté. Ces dispositifs ont été réfléchis et mis au point par la Cellule Migrateurs de l'EPTB de Charente en 2014. Ils se disposent en berge et ont comme intérêt principal de servir d'abri aux anguilles de moins de 12 cm (Cellule Migrateurs, 2014).

*Figure 15: Localisation des dispositifs passifs en rive droite*

Dans le cadre de cette étude, deux dispositifs « flottangs » ont été mis en place, uniquement en rive droite. En rive gauche, de nombreux cas de vols et de dégradations ont été observés, poussant à ne plus mettre en place ce type de suivi sur cette rive. Les flottangs ont donc été

répartis (le 7 mai 2021) tel que le montre la figure 15. L'emplacement de ces derniers a été décidé ainsi, afin de mettre en évidence ou non, d'une part un phénomène d'accumulation de jeunes individus à l'entrée de la passe à poissons et d'autre une voie de passage migratoire par les écluses. De plus comme énoncé ci-dessus, les flottangs ont également une fonction de refuge pour les jeunes stades de moins de 12 cm, notamment à l'entrée de la passe, où les berges sont constituées de palplanches offrant peu (voire pas du tout) d'habitats à ces jeunes stades.

La relevée de ces dispositifs passifs se fait à la même fréquence que les pièges actifs. Les anguilles piégées sont ensuite anesthésiées, pesées et mesurées selon le même protocole présenté en figure 12.

## 4. Paramètres environnementaux

En parallèle des suivis présentés précédemment, plusieurs paramètres environnementaux sont relevés quotidiennement dans le but de mettre en avant d'éventuelles corrélations entre ces paramètres et le recrutement de la Seine en anguille au niveau du barrage de Poses.
Ainsi, les paramètres environnementaux suivis sont ;

- La température de l'eau : une sonde thermique automatique (modèle « Onset HOBO UA-001-64 PendantTemp ») relevant la température toutes les 4 heures a été remise en fonctionnement le 02 avril, au niveau de la cuve à anguilles en rive droite.
- Le coefficient de marée journalier (station de mesure située sur le littoral) : données tirées de l'établissement public « SHOM ».

## 5. Influence de *Eriocheir sinensis*, le crabe chinois

Pour la première fois depuis que le suivi anguille existe à Poses, un suivi de la population du crabe chinois (espèce exotique envahissante) est réalisé en rive droite cette année. La mise en place de ce suivi fait suite à l'augmentation du nombre d'observations d'individus de l'espèce au sein du canal à anguilles et de la cuve piège.

Le crabe chinois, *Eriocheir sinensis*, aussi appelé crabe à mitaines, est un crustacé décapode de la famille des Varunidés (Noël P. et Breton G., 2016) décrit pour la première fois par Edwards en 1853. Pouvant mesurer (taille de la carapace) jusqu'à 9x8 cm pour les mâles et jusqu'à 8x7 cm pour les femelles (figure 16), cette espèce exotique envahissante originaire d'Asie orientale (Noël P. et Breton G., 2016 ; André M., 1946 ; Vivier P., 1938) a été introduite en Europe dans les années 1910 (Godin J. et Smigielski F., 2013) par le biais des eaux de ballast des bateaux arrivant d'Asie (GT IBMA. 2017. ; Noël P. et Breton G., 2016). En Seine, la première observation faite remonte à 1943 (Godin J. et Smigielski F., 2013).

La présence de ce crustacé au sein des dispositifs de franchissement s'explique par le fait que ce crabe est une espèce migratrice (Hoestlandt H, 1959). Au cours de sa phase juvénile, les individus remontent les cours d'eau au printemps, tandis qu'en automne les individus adultes (2-3 ans) rejoignent la mer, lieu de reproduction (Noël P. et Breton G., 2016).

*Figure 16: Crabe chinois mâle (à gauche) et femelle (à droite)*

Bien qu'à première vue, le crabe chinois ne semble pas causer d'impacts environnementaux négatifs, le régime alimentaire de ce dernier laisse penser qu'une consommation des jeunes stades de l'anguille peut avoir lieu. Effectivement, d'abord végétarien durant le stade juvénile, les individus adultes deviendraient prédateurs et consommeraient des proies telles que des mollusques, des vers ou encore des larves d'insectes (Noël P. et Breton G., 2016 ; Hoestlandt H, 1959). Les anguillettes et civelles empruntant le canal à anguilles pourraient donc potentiellement être consommées par le crabe chinois.

Ces informations, combinées aux nombreuses observations d'individus faites dernièrement au barrage de Poses, ont poussées à mettre un place un suivi de la population présente en rive droite. Pour ce faire, 6 nasses piège ont été mises en place dans le canal à anguilles le 8 juin 2021. Au préalable, un « cadre barrage filtrant » (figure 17) a été posé à l'aval du canal afin de bloquer les crabes voulant remonter par le canal.

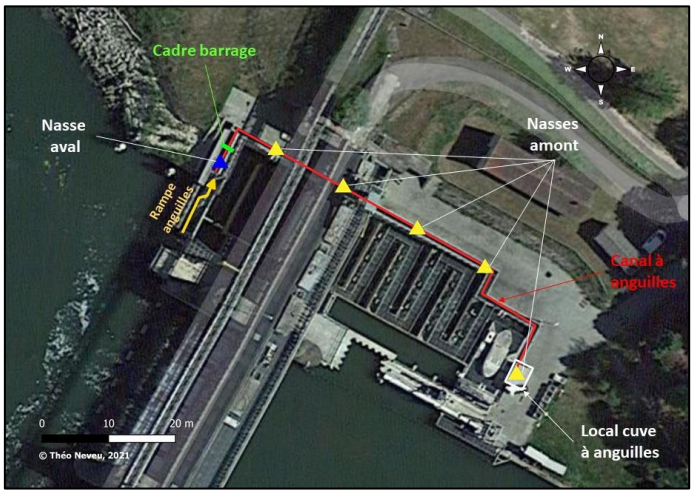



*Figure 17: Répartition spatiale des nasses piège au sein du canal à anguilles en rive droite.*

La répartition des nasses présentée ci-dessus a été réalisée ainsi, afin de piéger les potentiels crabes restant dans le canal entre le cadre barrage et la cuve piège, mais aussi dans le but d'observer, par le biais de la nasse aval, si la montaison des crabes est continue durant tout l'été.

Sur chaque individu piégé, le sexe et la longueur de la carapace sont relevés. Dès lors qu'un individu a été piégé et mesuré, il est obligatoirement détruit.

# IV – Résultats

## 1. Bilan de migration 2021

Pour cette année 2021, la première anguille à avoir franchi le barrage de Poses a été comptabilisée le 27 avril dans le système de dénombrement rive droite. Cet individu d'au moins une année (>80mm) mesurait 162 mm pour 4,2g. Concernant la rive gauche, les premiers individus ont été piégés le 7 Mai. Ces derniers avaient également plus d'un an (taille allant de 160 à 308 mm pour 4,1 à 41,7g). Au total, au 27 août, ce sont 65 792 anguilles qui ont franchi le barrage en 2021. La répartition entre la rive gauche et la rive droite est respectivement de 4,6% (3 059 anguilles) et 95,4% (62 733 anguilles).

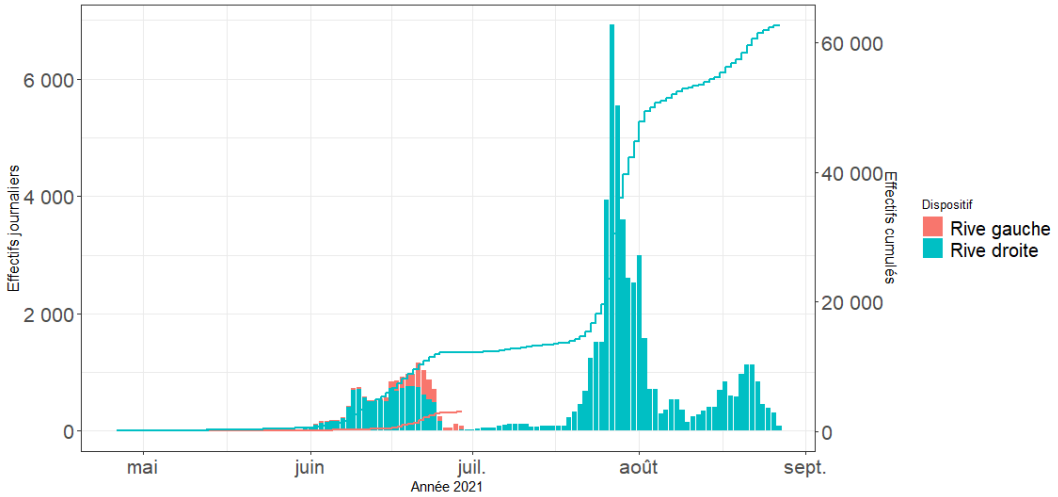



*Figure 18: Bilan de la dynamique de migration 2021 et effectifs cumulés croissants en rive gauche et rive droite*

La figure 18 ci-dessus montre l'évolution de l'intensité journalière de la migration des anguilles au niveau de chacun des dispositifs de franchissement. Ce graphique met en avant une voie de passage préférentielle des anguilles par la rive droite au dépend de la rive gauche.

## 2. Période de fonctionnement et effectifs journaliers moyens

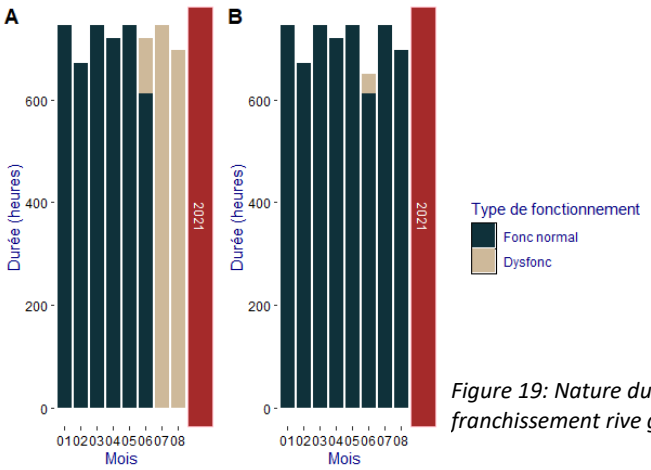



*Figure 19: Nature du fonctionnement des systèmes de franchissement rive gauche (A) et rive droite (B)*

Les résultats présentés précédemment se doivent de prendre en compte la période de piégeage réelle pour l'année 2021 (figure 19). Plusieurs dysfonctionnements (pannes électriques, arrêts de pompages, etc…) ont mis hors service les systèmes de piégeage pendant des périodes plus ou moins longues.

La rupture d'un tuyau au niveau de la pompe d'alimentation de la rampe aval en rive gauche, survenue le 26 juin, a engendré la mise hors service du système depuis cette date. Ainsi, le bilan de migration journalier moyen pour l'année 2021 a été déterminé avec la prise en considération de ces périodes de non-fonctionnement (Tableau 2).

*Tableau 2: Effectifs journaliers d'anguilles pour les deux rives en 2021.*

| | Rive gauche | Rive droite |
|---|---|---|
| **Nombre d'anguille total au 27 août** | **3 059** | **62 733** |
| **Nombre de jour de piégeage** | **86** | **147** |
| **Migration journalière moyenne (Nbre d'individus par jour)** | **36** | **427** |

Ces résultats montrent bien que le dysfonctionnement rencontré en rive gauche impacte fortement la migration des individus.

## 3. Comparaison aux années précédentes

Si l'on compare à présent les résultats 2021 avec les années précédentes à la même période, et à migration annuelle complète (aux alentours de mi-octobre), les résultats sont les suivants :

*Tableau 3: Historique des effectifs cumulés annuels d'anguilles dénombrées en rive gauche (RG) et rive droite (RD) au 27 août et à migration complète.*

| | *Année* | *2014* | *2015* | *2016* | *2017* | *2018* | *2019* | *2020* | **2021** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Au 27 août de l'année** | RG | 12 055 | 4 794 | 9 197 | 10 445 | 30 725 | 3 381 | 644 | **3 059** |
| | RD | / | / | / | / | 469 421 | 350 538 | 134 499 | **62 733** |
| **Bilan de migration complète** | RG | 12 395 | 4 916 | 13 642 | 10 566 | 32 128 | 3 471 | 742 | - |
| | RD | / | / | / | / | 476 958 | 379 875 | 134 972 | - |

L'année 2021 suit donc la tendance observée depuis les quatre dernières années, à savoir du diminution du recrutement de la Seine en anguille européenne. Néanmoins, malgré une longue période d'inactivité forcée, le début de la migration en rive gauche s'avérait être plus important en 2021 qu'en 2020 et 2019. Les résultats du Tableau 3 montrent également qu'aussitôt que la rive droite a été mise en fonctionnement, le nombre d'individus franchissant le barrage augmente très fortement. La rive droite représente donc la voie de franchissement privilégiée depuis sa mise en place en 2018. La passe rive droite est plus efficace que la passe rive gauche.

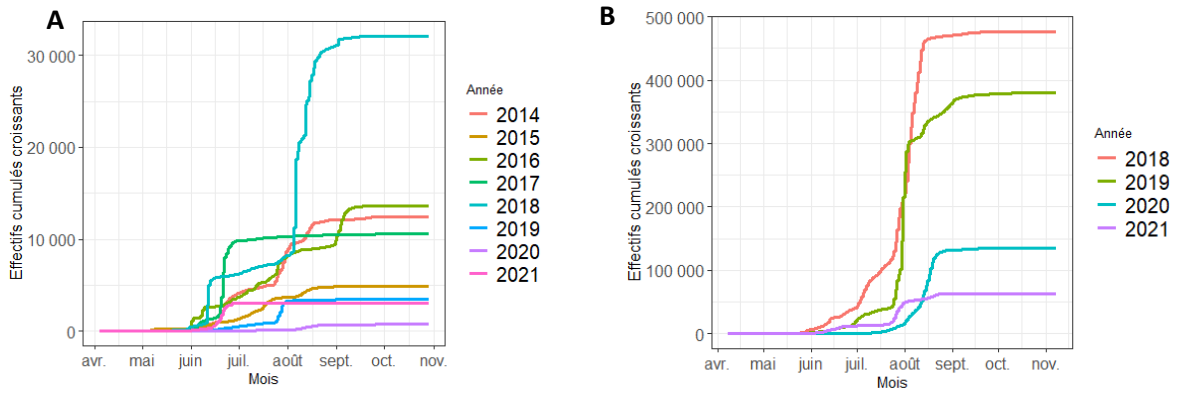



*Figure 20: Dynamique de la migration depuis 2014 en rive gauche (A) et depuis 2018 en rive droite (B)*

En revanche d'un point de vue de la dynamique de migration, la figure 20 permet d'observer que de manière globale, cette dynamique est identique d'une année à l'autre, particulièrement

en rive droite, où la migration s'intensifie fortement à la fin juillet. Concernant l'année 2021, la dynamique en rive droite est la même que les années précédentes, avec une intensification de la montaison fin juillet. A l'inverse en rive gauche, il est difficile de se positionner sur la dynamique de la migration annuelle au vu de la longue période d'arrêt du système. Toutefois, le graphique A laisse supposer que la montaison 2021 (rive gauche) commençait à s'intensifier fin juin.

## 4. Morphotype des individus 2021

Les boites à moustaches ci-dessous (figure 21), présentent une comparaison des tailles moyennes (en mm) des anguilles empruntant le système de rampe à anguille sur chacune des rives. Les individus passant par la rive droite sont plus petits qu'en rive gauche (Kruskal.test : p-value=0.008). La rive droite affichant une moyenne de taille plus basse, à 112,4 mm, contre 117,6 mm pour la rive gauche.

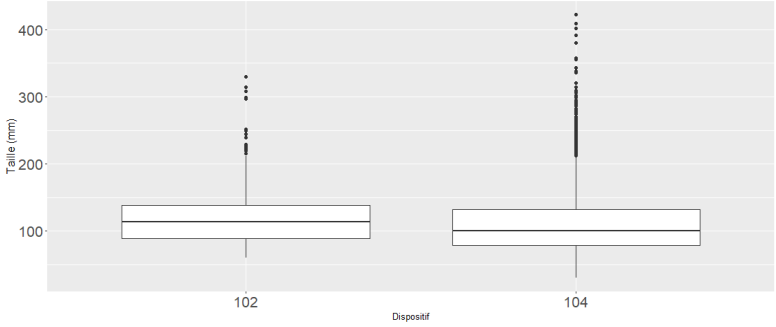



*Figure 21: Comparaison de la taille moyenne (en mm) des anguilles capturées en rive gauche (102) et en rive droite (104)*

La figure 22 ci-dessous, présente la répartition des classes de tailles des individus capturés dans chacun des deux dispositifs. Ce graphique confirme les résultats obtenus en figure 21. Les individus de l'année (<80mm) sont plus nombreux (en proportion) en rive droite qu'en rive gauche (27,2 % en rive droite contre 21,2 % en rive gauche). Cependant, de nombreux individus d'une année ou plus (>80mm) sont passés par la rive droite. Parmi le recrutement de l'année (les deux rives confondues), seulement un quart des individus capturés sont de l'année (26,1%). Ce qui est très peu par rapport aux années précédentes (41,4% en 2020 et plus de 83% en 2019 et 2018).

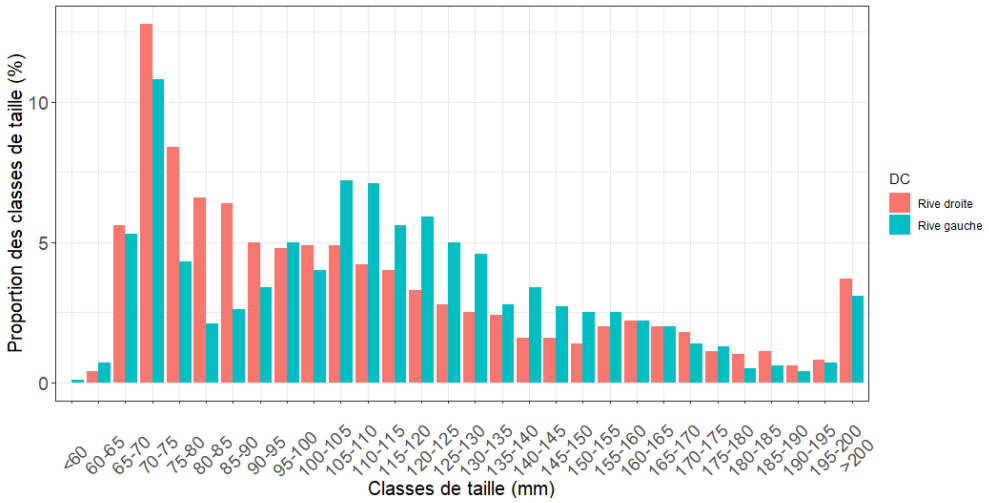



*Figure 22: Distribution (en pourcentage) des classes de tailles des anguilles capturées pour chacune des deux rives*

En réalisant une comparaison des tailles moyennes des anguilles depuis que les deux passes sont pleinement en fonctionnement (figure 23), il est possible de se rendre compte que les individus franchissant l'ouvrage en 2021 sont, en moyenne (113,3 mm), plus grands qu'en 2020 (94,7 mm) et 2019 (93,9 mm).

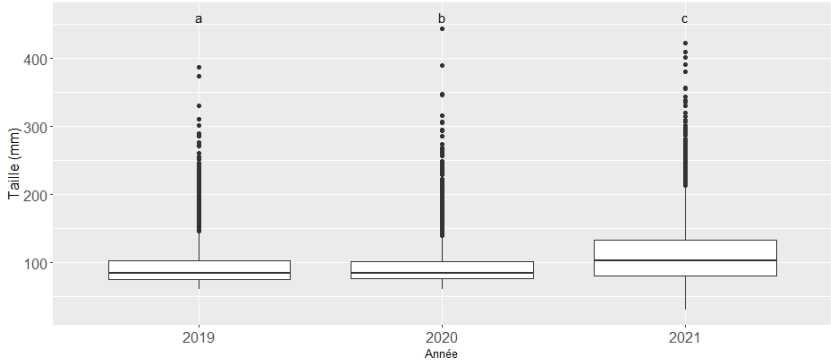



*Figure 23: Boîtes à moustaches comparant la taille moyenne des anguilles franchissant le barrage de Poses depuis 2019 (RG et RD confondues)*

Les tests statistiques appliqués (test de Kruskal-Wallis) affirment qu'une différence significative de taille moyenne des individus existe entre les trois années étudiées. De plus, un test de Wilcoxon a permis de déterminer que la moyenne des tailles d'anguilles est significativement différente entre chaque année.

## 5. Impacts des facteurs environnementaux

Les figures ci-dessous, rendent compte de la dynamique de la migration en rive droite en fonction des températures de l'eau (fig. 24) et des coefficients de marée journaliers (fig. 25) relevés à Poses.

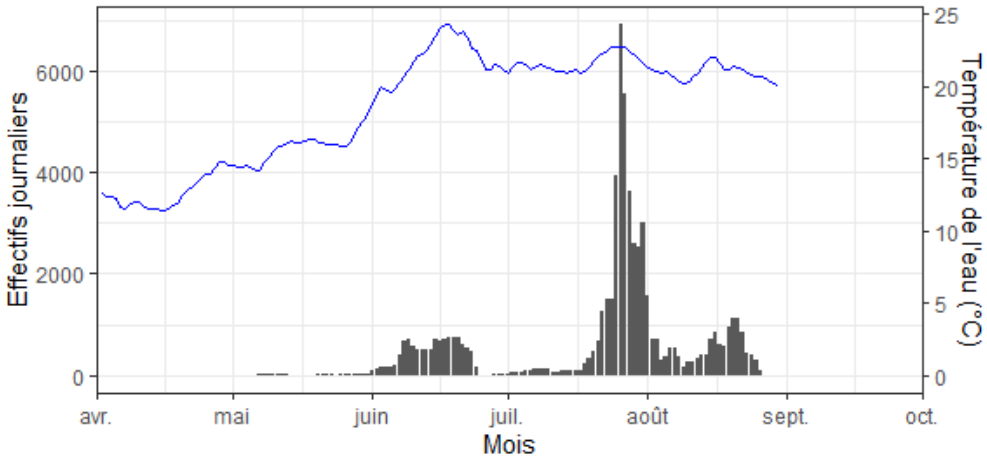



*Figure 24: Effectifs journaliers d'anguilles en rive droite et évolution de la température journalière moyenne de l'eau sur la période de piégeage*

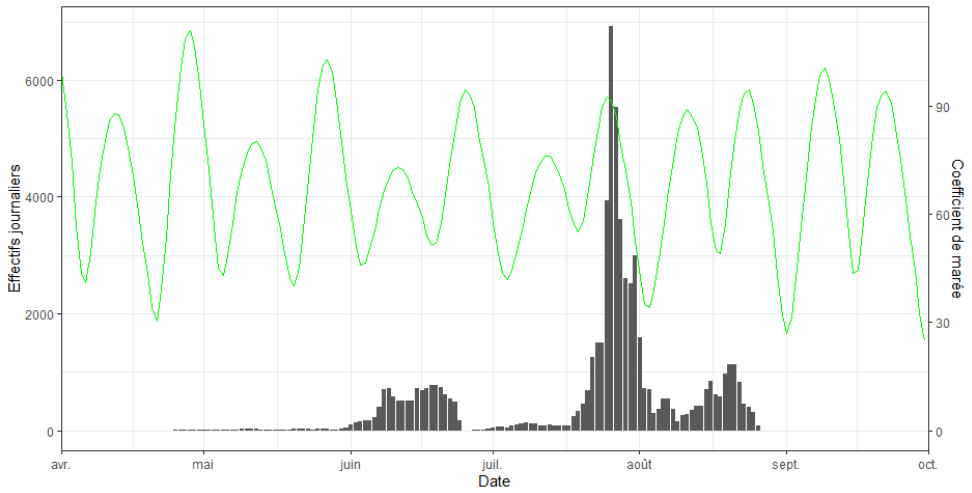



*Figure 25: Effectifs journaliers d'anguilles en rive droite et évolution des coefficients de marée sur la période de piégeage*

Afin d'établir une corrélation entre ces deux facteurs et le recrutement de la Seine en anguille, une Anova a été appliquée. Les résultats obtenus sont les suivants :

*Tableau 4: Résultats des tests de corrélation entre les facteurs environnementaux et le nombre moyen d'anguilles par jour.*

| Corrélation testée | p-value |
|---|---|
| Effet température de l'eau sur l'effectif journalier moyen | **$2.621*10^{-6}$** |
| Effet coefficient de marée sur l'effectif journalier moyen | **0.568** |
| Effet température de l'eau et coefficient de marée sur l'effectif journalier moyen | **0.117** |

Ces résultats révèlent qu'il existe une corrélation positive entre les températures de l'eau et le recrutement. Plus l'eau est chaude, plus la montaison journalière est importante en terme de nombre d'individus. A l'inverse, il n'existe pas de corrélation significative entre le recrutement en anguille et l'augmentation des coefficients de marée. De même, l'effet combiné de la température de l'eau et des coefficients de marée n'engendre pas des effectifs journaliers plus importants (p-value>0.05).

## 6. Qualité du recrutement 2021

La figure 26 ci-dessous récapitule toutes les pathologies qui ont pu être recensées sur les individus piégés en rive gauche et en rive droite, via les systèmes de rampes à anguilles.

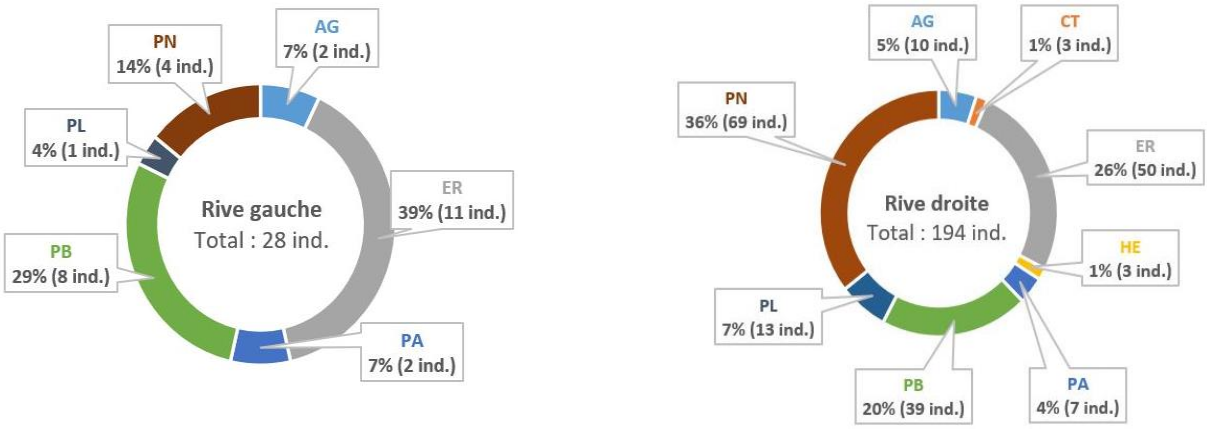



*Figure 26: Bilan des pathologies constatées en rive gauche et rive droite*
*AG : Tumeurs, grosseurs / CT : Coloration terne, dépigmentation / ER : Erosions / HE : Lésions hémorragiques et congestives / PA : Parasitisme / PB :Points blancs / PL : Plaies, lésions anciennes (cicatrices)*

Trois principales formes de pathologies sont donc retrouvées chez les individus atteints, à savoir des marques d'érosion, des points blancs et des points noirs. Les individus présentant des pathologies restent en très faible concentration. Seulement 222 individus sont atteints, ce qui par comparaison aux nombres d'individus passés à la biométrie est très faible (5 471 anguilles biométrées, dont 4,1% malades). Le recrutement 2021 est donc, dans sa majorité, dans un état sanitaire très bon, tant en rive gauche qu'en rive droite. En annexe 8, plusieurs exemples de pathologies constatées sur des individus piégés en rive droite sont disponibles. Enfin, les individus malades sont en moyenne des anguilles mesurant 146,5 mm en rive gauche et 136,5 mm en rive droite. Ce sont donc les anguilles d'au moins une année qui sont le plus souvent touchées par les maladies.

## 7. Résultats des dispositifs passifs flottangs

### ○ Effectifs Amont/Aval

Au total, ce sont 1 688 anguilles qui ont été piégées par le biais des dispositifs passifs « flottangs » en rive droite entre le 7 mai et le 27 août 2021.

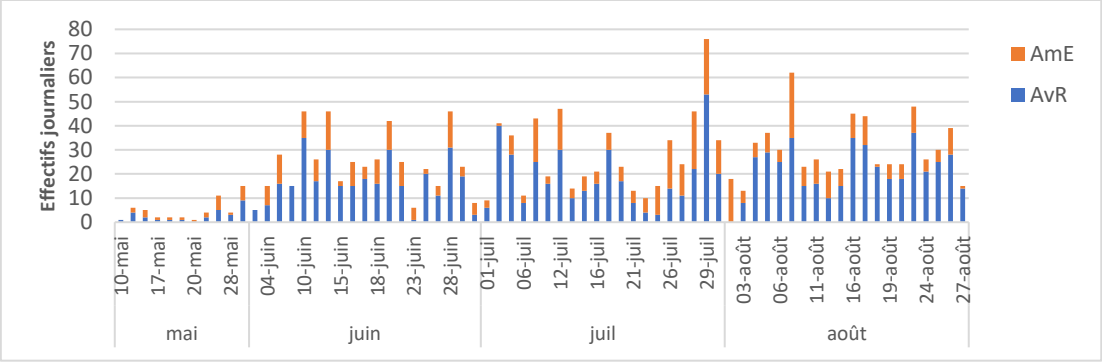



*Figure 27: Effectifs journaliers empilés d'anguilles piégées dans les flottangs (AmE: Amont des Ecluses / AvR: Aval de la rampe)*

Plus exactement, 1 153 anguilles ont été capturées dans le dispositif situé à l'aval de rampe à anguille et 535 dans celui situé à l'amont des écluses (figure 27). Le dispositif situé à l'aval de la rampe semble donc être davantage utilisé par les anguilles (entre autres comme habitat refuge). Ces résultats mettent également en avant, qu'une voie de passage vers l'amont existe par le biais des écluses.

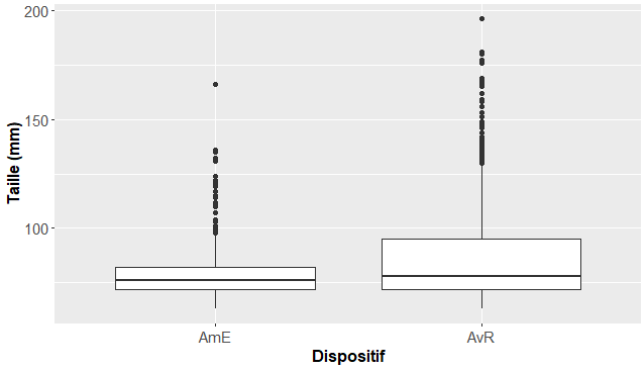



*Figure 28: Boîtes à moustaches comparant la taille moyenne des anguilles piégées selon le dispositif flottang (AmE: Amont des Ecluses / AvR: Aval de la rampe)*

D'autre part, les résultats de la figure 28 montrent que les individus capturés à l'aval de la rampe sont significativement plus grands que les individus capturés en amont des écluses

(Kruskal.test : p-value= $5{,}9.10^{-5}$). La moyenne de taille étant 86,0 mm à l'aval de la rampe et 79,5 mm à l'amont des écluses.

- Etat pathologique des individus capturés par piège passif

Sur les 1 688 individus capturés via les dispositifs passifs, 99 présentent des pathologies, soit 6,8% d'individus atteints d'au moins une pathologie. Parmi ces individus, 46 ont été capturés dans le flottang à l'amont des écluses et 53 à l'aval de la rampe.

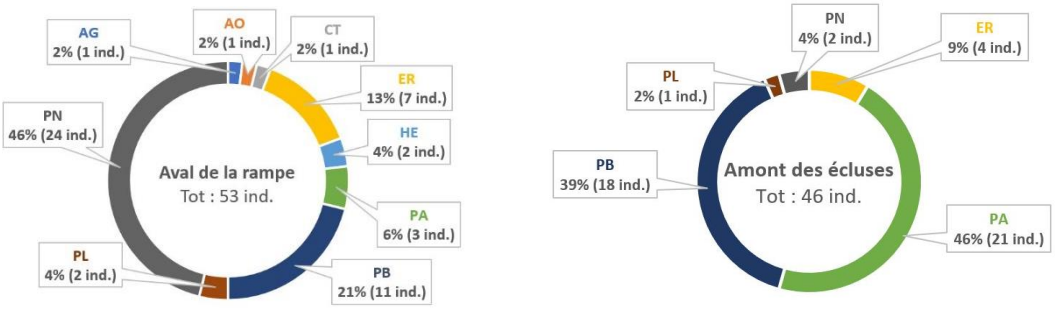



*Figure 29: Pathologies constatées au sein des dispositifs passifs*
*AG : Tumeurs, grosseurs / AO : Absence d'organe(s) / CT : Coloration terne, dépigmentation / ER : Erosions / HE : Lésions hémorragiques et congestives / PA : Parasitisme / PB :Points blancs / PL : Plaies, lésions anciennes (cicatrices)*

Au vu des résultats présentés en figure 29, les pathologies au sein des flottangs sont de nature diverse. Toutefois, le dispositif situé à l'amont des écluses présente une diversité moins importante. Les points blancs, le parasitisme et les points noirs restant les plus dominantes. Par comparaison avec les individus piégés par le système classique de rampe, une part plus importante des individus piégés est atteinte d'une pathologie dans les flottangs (5,9 %). Les individus malades cherchent davantage les zones de repos et de calme que proposent les flottangs, soit avant d'emprunter les rampes (cas du flottang aval) soit afin de se cacher des prédateurs (cas du flottang amont).

## 8. Effectifs de crabe 2021

Pour cette première année de suivi du crabe chinois, 347 individus ont été capturés en rive droite contre un seul en rive gauche. La figure 30 montre que la majorité des captures se fait dans la cuve à anguilles.

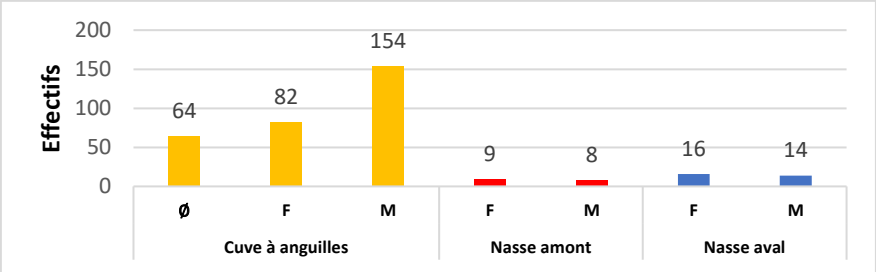



*Figure 30: Bilan des effectifs de crabe chinois capturés en rive droite (Ø=individus dénombrés mais non-sexés)*

De plus, dans chacun des lieux de piégeage, le sexe mâle est systématiquement le plus abondant (50,8 % de males, 30,8 % de femelles, 18,4 % de non-sexés). Les individus piégés ne sont pas encore au stade adulte, car ces derniers ne dépassent pas 54mm pour les mâles et 52mm pour les femelles (la largeur de la carapace). D'après Hoestlandt (1959), le stade juvénile concerne

tous les individus qui mesurent moins de 58mm. Par ailleurs, une différence significative de taille entre les mâles et des femelles n'a pas été mise en évidence (taille moyenne mâles=36,3 mm , taille moyenne femelles= 36,8 mm, p-value=0,599).

# V – Discussion

Aspect quantitatif du recrutement 2021

Pour cette huitième année de suivi du recrutement de la Seine en anguille européenne, ce sont 65 792 anguilles qui ont franchi l'ouvrage entre le 1 avril et le 27 août. Parmi ces individus, 3 059 (4,6 %) ont emprunté le dispositif rive gauche et 62 733 (95,4 %) le dispositif rive droite. Au vu des chiffres des années précédentes, il est possible d'affirmer que l'année 2021 est une très mauvaise année en termes de recrutement de ce poisson migrateur sur le bassin. En 2018, près de 480 000 anguilles avaient été capturées, 380 00 en 2019 et 135 000 l'année dernière. Ainsi, depuis que les deux rives sont pourvues de dispositifs adaptés aux anguilles, le recrutement de le Seine n'a fait que de diminuer et l'année 2021 s'inscrit dans la continuité de cette baisse (moins 82,1 % par rapport à 2019, et moins 53,4 % par rapport à 2020). Seule lueur d'espoir parmi le bilan 2021 ; le nombre d'individus piégés en début de migration en rive gauche. En effet, les premiers chiffres obtenus semblaient annoncer un bon recrutement de la rive gauche (3 059 anguilles entre le 1er avril et le 27 juin 2021, 742 en 2020, 3 471 en 2019). Toutefois, la panne survenue fin juin a stoppé net la montaison 2021 en rive gauche, ce qui est fort dommageable.
Sur les autres grands bassins de France (bassin de la Loire et de la Garonne-Dordogne), le recrutement 2021 s'avère être meilleur que l'année précédente (plus 63% sur la rivière Vienne et plus 23% sur la Dordogne, données LOGRAMI et MIGADO). Les résultats concernant la Seine ne semblent donc pas refléter la majorité des grands bassins versants français.

Au sein des anguilles capturées en 2021, seulement 26,2% sont de l'année (<80mm ; 27,2% en rive droite et 21,2% en rive gauche). Les individus de l'année ne représentent donc pas la majorité du recrutement 2021. En 2018, 2019 et 2020, les proportions d'individus de l'année en rive droite étaient respectivement de, 86%, 85% et 45%. En rive gauche, les proportions étaient 66% en 2018, 20% en 2019 et 19% en 2020. Le recrutement 2021 d'individus de l'année est donc le pire jamais connu en rive droite, tandis qu'en rive gauche la proportion reste stable, bien que très basse. La rive gauche présente donc une sélectivité négative des jeunes individus (aux capacités de nage limitées), explicable notamment par les conditions d'accès à la rampe rendues difficiles en raison des forts courants générés par l'usine hydroélectrique (annexe 9). En rive droite, depuis sa mise en fonctionnement de moins en moins d'individus de l'année s'engagent dans la rampe. Ce constat pousse à s'interroger quant à la perte d'attractivité du système sur cette rive, mais surtout quant à la baisse des stocks d'anguilles remontant la Seine depuis 2018.

Aspect qualitatif du recrutement

Tout comme les années précédentes, le recrutement 2021 est de très bonne qualité. De fait, sur 7 159 anguilles passées par la biométrie, seuls 321 individus (4,5 %) présentaient des pathologies (222 individus malades piégés dans la cuve piège et 99 dans les flottangs). De plus,

les individus atteints sont très rarement des individus de l'année 80mm (49 individus). Le recrutement d'anguilles de l'année est donc peu touché par les maladies. Les pathologies les plus retrouvées sont généralement dues à des parasites externes communément retrouvés chez toutes les espèces de poissons d'eau douce et de milieux oligo-halins (Elie P. et Girard P., 2014). Toutefois, la mortalité causée par ces différentes pathologies reste très variable, allant de faible voire nulle chez les individus adultes, à très forte chez les juvénile. Or, il a été observé que très peu de jeunes individus sont touchés par ces maladies. Le rôle de ces parasites dans la diminution des stocks d'anguille semble donc minime. De plus, Bruslé J. (1994) affirme que «les parasitoses ne sont pas responsables d'épizooties graves dans les milieux naturels, leurs effets négatifs se manifestant surtout dans des conditions d'élevage». Cependant, d'autres parasites, cette fois-ci allochtones, peuvent être responsables de graves épidémies dans une population d'anguilles (Muchiut S. et al., 2002). C'est le cas d'*Anguillicola crassus*. Ce nématode originaire d'Asie du Sud-Est qui fut introduit en France dans les années 80, s'attaque aux organes internes de l'anguille (vessie natatoire, tube digestif, foie, etc.) et causes de nombreux cas de mortalité chez l'anguille. Toutefois, aucun signe d'infection par ce parasité n'a été identifié parmi les individus biométrés en 2021. La réalisation d'autopsies occasionnelles sur des individus (préférentiellement retrouvés déjà morts) pourrait permettre de contrôler de manière aléatoire la présence ou non de ce pathogène sur des anguilles de la Seine.

Les dispositifs passifs « Flottangs »

L'estimation du recrutement 2021 s'est faite via les dispositifs flottangs. Ces dispositifs avaient deux principales foncions. La première était de mettre en évidence une voie de passage par les écluses grâce aux flottang positionné à l'amont de ces dernières et la seconde était de servir d'habitat de refuge pour les jeunes individus s'amassant à l'aval de rampe en rive droite et d'identifier, par effet d'accumulation dans le flottang, un éventuel problème de fonctionnalité de la rampe. Au vu des résultats, les flottangs ont parfaitement rempli leurs rôles. Avec 535 individus capturés à l'amont des écluses, la présence d'une voie de migration par les écluses est évidente. Qui plus est, une fois à l'amont des écluses, les individus sont libres de continuer leur migration vers l'amont. Retrouver autant d'individus dans un lieu offrant déjà des habitats de refuge naturels et où plus aucune entrave à la migration existe sur plusieurs kilomètres suppose un nombre important d'individus empruntant cette voie de passage. Mettre en place des systèmes de dénombrement (même approximatif) des individus passant par les écluses semble essentiel. Sur le barrage de Poses, un tel dispositif est actuellement à l'essai. En effet, les équipes du pôle Recherches & Développement d'EDF ont placé en mai dernier deux caméras acoustiques expérimentales dans une des deux écluses du barrage.

A propos du flottangs situé à l'aval de la rampe à anguilles, celui-ci a parfaitement rempli ses rôles également. Avec près de 1 153 individus capturés, d'une taille moyenne de 85,9mm, le rôle d'habitat de refuge à pleinement été assuré par le flottang. La présence de ces jeunes individus est probablement due au fait que ces derniers n'osent pas s'engager directement dans la rampe, une fois qu'ils arrivent à l'aval de l'ouvrage où l'environnement de palplanches n'offre aucun refuge. Bien que le système de rampe à anguilles ait été conçu spécialement pour ces jeunes individus aux capacités de nage limitées, une part importante de petites anguilles s'accumule à l'entrée de la rampe et est retardée dans sa migration. Le débit d'attrait important

de la passe à poissons est sans doute la cause de cette accumulation juste avant la montaison via la rampe. De plus, il est fort probablement qu'une partie des individus capturés dans le flottang à l'aval soit des individus arrivés en journée (selon les horaires de marées montantes) et qui attendent la nuit pour s'engager sur la rampe. La nuit, les anguilles sont moins exposées à la lumière et aux prédateurs.

L'influence du crabe chinois

Pour cette première année de suivi de l'espèce, les résultats ne permettent pas de tirer de conclusions exactes quant à l'impact de ces crabes sur les anguilles empruntant le canal de montaison spécifique. Effectivement, un nombre non-négligeable de crabes ont été piégés dans la cuve à anguilles et dans les nasses (347 individus au total) cependant, il semblerait que ces individus aient davantage un comportement migratoire plutôt qu'un comportement de prédation active des anguilles circulant dans le canal. Cette observation est en adéquation avec les propos tenus par Hoestlandt (1959), qui révèle que les juvéniles (<58mm) migrent vers l'amont des cours d'eau au printemps tandis que les adultes retournent en mer en automne. De plus, au cours de ce suivi, une expérience consistant à laisser 24 heures plusieurs crabes dans un aquarium en présence d'un civelle morte (individu retrouvé mort dans le système de vidange de la cuve à anguilles) a révélé qu'aucune prédation n'a eu lieu au cours de ces 24 heures. Bien que la civelle soit morte et donc facilement consommable, aucune prédation par les crabes n'a eu lieu. Les résultats de cette brève expérience (non représentative d'une situation générale) s'accordent avec les observations faites par Noël P. et Breton G. en 2016, indiquant que les jeunes stades sont d'abord végétariens au stade juvénile puis potentiellement prédateur en grandissant. Bien que le crabe chinois soit une espèce exotique envahissante et que sa destruction soit obligatoire, cette espèce ne représente pas de menace pour l'anguille européenne, tant que les individus sont au stade juvénile. Les adultes ne semblent également pas représenter de menace, car lors de leur migration catadrome, ces derniers n'empruntent pas les systèmes de rampe à anguilles, mais directement la passe à poissons, lieu inaccessible aux jeunes anguilles.

Influence des facteurs environnementaux

Comme lors des années précédentes une corrélation positive entre le nombre d'anguilles capturées et la température de l'eau a pu être mise en évidence. Le plus important pic de migration a été constaté lors de vagues de grosses chaleurs (induisant un réchauffement des eaux). De fait, le 26 juin près de 7 000 individus ont été capturés alors que l'eau affichait une moyenne journalière de 23°C. Malgré tout, en comparaison aux années précédentes, la température moyenne de l'eau sur la période de piégeage reste plus faible en 2021 (19,5°C en 2020 et 19,3°C en 2019 contre 18,2°C en 2021). Cette baisse des températures moyennes sur la période de piégeage peut expliquer en partie le faible recrutement 2021. A noter également que lorsque le premier individu de l'année 2021 fut capturé en rive droite le 27 avril, la température de moyenne journalière de l'eau était de 14,37°C. La veille et l'avant-veille, le 26 et le 25 avril, les moyennes journalières étaient respectivement de 13,99°C et 13,89°C. Cette observation est en accord avec les observations faites par Gascuel (1986), Feunteun (2008) et lors des années précédentes à Poses, relatif au seuil de température déclenchant le début de la montaison des anguilles, fixé aux alentours de 14-15°C au niveau de l'ouvrage de Poses.

Concernant l'influence de coefficients de marée, cette fois-ci aucune corrélation significative n'a été mise en évidence en 2021. Ce résultat est en désaccord avec la littérature. En effet, nombreuses sont les études indiquant une corrélation positive entre les coefficients de marée et la migration anadrome de l'anguille en milieu estuarien (Gascuel D., 1986 ; Elie P., 1979 ; Elie P. et Richard E., 1994). Enfin, les résultats de l'effet combiné de la température de l'eau et de la marée ne révèle pas non plus d'effet positif sur la montaison journalière. Ces résultats vont à l'encontre des ressentis de terrain. Les faibles marrées de 2021 sont sans doute la cause de cette non-corrélation (coefficient moyen sur la période du 26 avril au 27 août : 67).

Autres paramètres pouvant influencer le recrutement

Lors du suivi 2021, il a été fait le choix (assumé) de tester uniquement l'influence de la température de l'eau et de la marée sur la migration anadrome des anguilles. Cependant, de nombreux autres facteurs (environnementaux ou non) sont susceptibles d'impacter cette migration au niveau du barrage de Poses.

Tout d'abord, en lien avec le cycle des marées, le cycle lunaire pourrait faire l'objet d'analyses. Bien que ce facteur soit considéré comme secondaire par Gascuel (1986), le cycle lunaire aurait tout de même un impact positif sur la migration des anguilles, notamment lors de nouvelle lune (De Casamajor M.N. et al., 2000).
Ensuite, en lien cette fois-ci avec la température directe, la température de l'air. Il a été fait le choix dans ce rapport de ne pas tester les effets de ce facteur sur le recrutement, considérant que la température de l'eau est directement corrélée à la température de l'air. Plus l'air sera chaud, plus les eaux le seront également et donc plus le recrutement sera important d'après la corrélation mise en évidence dans ce rapport. Néanmoins, d'après Feunteun E. et al. (2008), la température joue un rôle primordial au niveau des dispositifs de rampes à anguilles, puisque la différence entre la température de l'air et de l'eau ne doit pas être trop élevée (sans indiquer de valeur précise).
Le débit d'attrait (ou by-pass) des passes à poissons ainsi que les forts débits connus à Poses en raison d'un été pluvieux ont également potentiellement un rôle à jouer. Si à l'abord de l'entrée des passes les courants sont trop importants les jeunes anguilles ne pourront pas s'engager dans les systèmes de rampes, car les courants y sont trop forts. A l'inverse, des débits d'attrait trop faibles ne permettront pas aux anguilles d'identifier le lieu de passage préférentiel. Une bonne gestion des débits d'attrait et du système de vannage du barrage peut potentiellement influencer positivement sur le recrutement.
Pour finir, la réalisation de travaux d'enrochements réalisés par VNF au niveau de l'entrée de la passe en rive droite (à seulement quelques mètres) au cours du mois d'août (période de forte montaison en temps normal) à possiblement empêcher de nombreux individus de s'engager dans la rampe, voire de la mortalité directement sur les individus. Il serait intéressant de voir si à la fin de ces travaux, un pic de captures à lieu ou non, ce qui prouverait l'impact regrettable de ces travaux à une telle période. Si ces travaux ne devaient pas être finis avant la fin de la migration, il serait possible de s'attendre à observer de nombreux individus en reprise de migration dès le lancement de la migration 2022.

Limite et biais de l'étude

Un des points regrettables du suivi 2021 est la panne survenue en rive gauche. Malheureusement, ces soucis de fonctionnement et d'entretien des dispositifs de franchissement sont trop souvent une des causes influençant grandement la montaison des individus (Clermont J. et al., 2012). La rive gauche du barrage de Poses en est l'exemple parfait. Sur cette rive, le système spécifique aux anguilles a été annexé à la passe à poisson déjà existant. Ce dispositif n'est donc pas pleinement adapté pour la montaison de l'espèce. De plus, l'emplacement de ce dispositif réduit fortement l'attractivité de ce dernier. Situé à côté de la centrale hydro-électrique et bordé de palplanches sur plusieurs dizaines de mètres à l'aval, les courants rendent les conditions d'accès à la rampe à anguille très difficile.

Autre limite rencontrée dans cette étude, la quasi non-utilisation des données de poids recueillies. En effet, de par la faible précision de la balance utilisée lors de la biométrie et les apports d'eau involontaires et inévitables lors de la prise du poids, ce paramètre est peu précis et peu fiable, notamment pour les petits individus pesant moins de 0,5 g. C'est pourquoi les résultats se basent davantage sur les données de tailles que de poids.

Enfin, comme évoqué précédemment, la voie de migration par les écluses est sans doute importante et donc le recrutement de la Seine est probablement sous-estimé en considérant uniquement les individus empruntant les systèmes de rampes. Cependant, à l'heure actuelle, la méthode de comptage employée au cours de ce suivi reste la plus complète.

# VI – Conclusion

Le bilan de cette huitième année de suivi du recrutement de la Seine en anguille européenne au niveau du barrage est des plus alarmants. Avec seulement 65 792 anguilles dénombrées, le bilan 2021 est le plus bas jamais connu depuis que les dispositifs en rive gauche et rive droite existent. Parmi ces anguilles, seulement 3 059 ont été capturées en rive gauche. Une panne du système sur cette rive a contraint l'arrêt du système pour une durée indéterminée est une des raisons de ce déséquilibre. Outre l'aspect quantitatif alarmant, le recrutement 2021 présente tout de même un très bon état sanitaire. Seulement 4,5 % des individus biométrés sont atteints de pathologies. Ce résultat donne bon espoir quant aux chances de survie des futurs adultes géniteurs que vont produire les eaux du bassin de la Seine dans les années à venir.

Parmi les anguilles capturées, seulement 26,1 % sont des individus issus du recrutement 2021, c'est-à-dire ayant moins d'une année (civelle). Lors des années précédentes, les taux étaient bien plus hauts… Il semblerait que la vague de migration annuelle soit de plus en plus faible ces quatre dernières années. Une des raisons qui peut être avancée, est qu'une voie de passage par les écluses se met en place ces dernières années. De par les faibles contraintes rencontrées et donc les faibles efforts que cela demande, il est fort probablement que de nombreux individus (notamment des civelles et aiguillettes) empruntent ces écluses.

Pour finir, une nouvelle fois cette année, l'influence positive de la température de l'eau sur les remontées d'anguilles a été démontrée. Toutefois, de nombreux autres facteurs, tant biotiques qu'abiotiques restent à tester afin d'envisager des explications de cette baisse du recrutement de la Seine en anguille européenne depuis les quatre dernières années.

# Bibliographie

**Aarestrup K., Pedersen M.I., Jepsen N., Kirkegaard E., Koed A., Larsen E., Lund I., Tomkiewicz J., 2010.** European Eel and Aquaculture. DTU Aqua Report 2010; No 229-2010.

**Adam G., 1997.** L'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L. 1758) : dynamique de la sous-population du lac de Grand-Lieu en relation avec les facteurs environnementaux et anthropiques. *Thèse présentée pour l'obtention du titre de Docteur de l'université en hydrobiologie. Université Paul sabatier Toulouse III. 353p.*

**AESN (Agence de l'Eau Seine Normandie), 2019**. Etat des lieux 2019 du bassin de la Seine et des cours d'eaux côtiers normands. 200p.

**AESN (Agence de l'Eau Seine Normandie), 2019**. Etat des lieux 2019. Quelle qualité des eaux en Seine-Normandie ? Dossier de presse.

**AESN (Agence de l'Eau Seine Normandie), Octobre 2020**. Projet de Schéma directeur d'aménagement de gestion des eaux (SDAGE) 2022-2027 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands. 195p.

**André M., 1946.** La propagation du crabe chinois (*Eriocheir sinensis* H. M.-Edw.) dans le nord de la France. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris*, série 2, tome **18**: 389-393.

**Baillon L., 2015.** Etude de l'impact des contaminants métalliques et organiques chez l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) et américaine (*Anguilla rostrata*) au moyen d'approches transcriptomiques. Géochimie. Université de Bordeaux.

**Baisez A., Lafaille P., 2005.** Un outil d'aide à la gestion de l'anguille : le tableau de bord anguille du bassin Loire. Bulletin Français De La Pêche Et De La Pisciculture, 2005, vol. 378-379, pp. 115-130.

**Binder E., 1967.** La Génétique des populations. Paris, P.U.F., p.20.

**Blanc N., Roussel F., Ornellas C., Ferlin P., 2012.** Création de civelleries et d'unités d'élevage d'anguilles en France. 53p.

**Brandicourt C., 2019**. La continuité écologique sur le bassin Seine-Normandie. Séminaire « Echanges autour des enjeux de la continuité écologique de la Seine pour les poissons ». DRIEE Ile-de-France.

**Briand C., 2009.** Dynamique de population et de migration des civelles en estuaire de vilaine. Population dynamics and migration of glass eels in the vilaine estuary.

**Bruslé J., 1994.** L'anguille européenne, *Anguilla anguilla*, un poisson sensible aux stress environnementaux et vulnérable à diverses atteintes pathogènes. Bull. Fr. Pêche Piscic., 335, 237-262.

**Cellule Migrateurs, 2014.** EPTB Charente, Groupement des fédérations de pêche du Poitou-Charentes, CREAA. Programme d'actions 2012-2015 pour la sauvegarde et la restauration des poissons migrateurs amphihalins sur les bassins Charente et Seudre. 117 pages.

**Clermont J., Besse T. & Baisez A., 2012.** Guide technique d'aide aux gestionnaires et propriétaires d'ouvrages hydrauliques. Publication LOGRAMI, 46 pages.

**Comité français de l'UICN, Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), 2009.** La liste rouge des espèces menacées en France. Poissons d'eau douce de France métropolitaine. Bilan de la situation des poissons d'eau douce de France métropolitaine : plus d'une espèce sur cinq menacée. Dossier de presse.

**Crivelli A.J., Décembre 1998.** L'anguille dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse : Une synthèse bibliographique. Comité de gestion des poissons migrateurs du bassin RMC. 87p.

**Daemen E., Cross T., Ollevier F., Volckaert F., 2001.** Analysis of the genetic structure of European eel (Anguilla anguilla) using microsatellite DNA and MtDNA markers. Marine Biology, 139: 755 –764.

**De Casamajor M.N., Bru N., Prouzet P., 2000a.** Fluctuation des captures de civelles (*Anguilla anguilla*, L.) et analyse de la variation de leur capturabilite´ dans l'estuaire de l'Adour. B Fr Peche Piscic 357/358:387–404.

**DRIEE Ile-de-France, Juillet 2016**. PLAn GEstion des POissons MIgrateurs du bassin Seine-Normandie. 132p.

**Durif C., 2003.** La migration d'avalaison de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* : Caractérisation des fractions dévalantes, phénomène de migration et franchissement d'obstacles. Thèse présentée pour l'obtention de l'obtention du titre de Docteur de l'Université Toulouse III en Ecologie aquatique. 350p.

**Edeline E., 2005.** Facteurs du contrôle de la dispersion continentale chez l'anguille. Thèse. Université Toulouse III / CEMAGREF. 144p.

**Elie P., 1979.** Contribution à l'étude des montées de civelles d'*Anguilla anguilla* L. (poisson téléostéen anguilliforme) dans l'estuaire de la Loire : pêche, écologie, écophysiologie et élevage. *Thèse de 3-ème cycle de l'Université de Rennes*. 372 p.

**Elie P., Girard P., 2014.** La santé des poissons sauvages : les Codes pathologie, un outil d'évaluation. Edit : Association Santé Poissons Sauvages. 286p.

**Elie P., Richard E., 1994.** Migration des civelles d'anguilles (Anguilla anguilla L.) dans les estuaires, modalités du phénomène et caractéristiques des individus. Bull. Fr. Pêche Piscic. 81–98.

**FDPPMA 59 (Fédération du Nord pour la Pêche et de Protection du Milieu Aquatique), 2013.** Suivi des populations d'anguille dans le département du Nord. Bilan synthétique 2010-2012.

**FDPPMA 29 (Fédération du Finistère pour la Pêche et de Protection du Milieu Aquatique), Juin 2013.** Evaluation de l'état de la population d'anguille européenne sur le bassin versant Horn-Guillec- Kérallé 2013. Contrat de Projet Etat-Région 2007-2013. Volet Poissons Migrateurs.

**Feunteun E., 2002**. Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): an impossible bargain. Ecological Engineering, 18: 575-591.

**Feunteun E., Adam G., Prouzet P., Rigaud C., 2008.** L'anguille européenne – Indicateurs d'abondance et de colonisation. Editions Quae. 381p.

**Fontaine M., Delerue-Le Belle N., Lallier F., Lopez E., 1982.** Biologie générale. Toutes les anguilles succombent-elles après la reproduction et frayent-elles nécessairement en mer ? C. R. Acad. Sc. Paris, 294, 809-811.

**Fontaine Y.A., Dufour S., Alinat J., Fontaine M., 1985.** L'immersion prolongée en profondeur stimule la fonction hypophysaire gonadotrope de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.) femelle. CR Acad. Sci. Paris 300 (Serie III), 83–87.

**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, 321–326.

**Godin J. et Smigielski F., 2013.** Première mention du Crabe chinois Eriocheir sinensis H. Milne-Edwards, 1853 dans la vallée de la Scarpe et situation actuelle de l'espèce dans le Nord - Pas-de-Calais, la Somme et la Belgique. *Le héron, 2013-46 (1) : 59-76.*

**Grall S., Garot G., Martin B., Deshayes F., 2018**. Contrôle des migrations des salmonidés sur la Seine au barrage de Poses-Amfreville-sous-les-Monts, année 2018. Seine Normandie Migrateurs.

**GT IBMA. 2017.** *Eriocheir sinensis*. Base d'information sur les invasions biologiques en milieux aquatiques. Groupe de travail national Invasions biologiques en milieux aquatiques. UICN France et Onema.

**Hoestlandt H, 1959.** Répartition actuelle du Crabe chinois (Eriocheir sinensis H. Milne Edwards) en France. Bulletin Français de Pisciculture. 30e année, n°194. 30 Sept. 1959. 10p.

**Imane H., 2010.** Les helminthes parasites de l'anguille européenne (Anguilla anguilla) provenant du lac Oubeira et de l'estuaire du Mafrag. 167p.

**Jenkins M., Jakubowska J., Gaillard V. & Groombridge B., 2002.** « Living Planet Index », Living Planet Report (J. Loh ed.), Wwwf International.

**Keith P., Poulet N., Denys G., Changeux T., Feinteun E. & Persat H.(coords), 2020.** – Les poissons d'eau douce de France. 2nde édition. Biotope Edition. Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité), 704p

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

**MacCleave J.D., Brickley P.J., O'Brien K.M., Kistner D.A., Wong M.W., Gallagher M., Watson S.M., 1998.** Do leptocephali of the European eel swim to reach continental waters? Status of the question. J. Mar. Biol. Assoc. UK 78, 285–306.

**Maes G. E., Volckaert, F., 2002.** Clinal genetic variation and isolation by distance in the European eel Anguilla anguilla (L.). Biological Journal of the Linnaean Society, 77: 509–521.

**Moriarty C., Dekker W., 1997.** Management of European eel fisheries. Irish Fish. Bull., 15, p. 108.

**Muchiut S., Gallet F., Aubin D., Baranger L., Le Bihan V., Perraudeau Y., Février 2002.** Principaux facteurs à prendre en compte pour une meilleure gestion de l'Anguille européenne Anguilla anguilla. Observatoire des pêche et des cultures marines du Golfe de Gascogne. AGLIA. 101 p.

**Noël P., Breton G., 2016.** Le crabe chinois à mitaines *Eriocheir sinensis* (H. Milne Edwards, 1853). *in* Muséum national d'Histoire naturelle [Ed.], 5 décembre 2016. Inventaire national du Patrimoine naturel, 24p.

**PGA, 2008.** Plan de gestion anguille de la France. Application du règlement R(CE) n°1100/2007 du 18 Septembre 2007. Volet local de l'unité de gestion Seine Normandie. 50p.

**PGA, 2010.** Plan de gestion anguille de la France. Application du règlement R(CE) n°1100/2007 du 18 Septembre 2007. Volet national. 120p.

**PGA, 2015.** Plan de gestion anguille de la France. Rapport de mise en œuvre. Article 9 du R (CE) n°1100/2007. 124p.

**Préfecture De Région Ile De France, 2016.** Plan de gestion anguille de la France, Application du règlement R(CE) n°1100/2007 du 18 septembre 2007. Volet local de l'Unité de Gestion SEINE-NORMANDIE. 50p.

**Prouzet P., 2004.** Approche écosystémique de la gestion de l'anguille européenne (Anguilla anguilla) à l'échelle européenne. IFREMER / DPS. Laboratoire Halieutique d'Aquitaine.

**Sauvaget B., Fatin D., Briand C., 2003.** Contamination par Anguillicola crassus de cinq populations d'anguilles (*Anguilla anguilla*) du littoral de Bretagne (France). *Bull. Fr. Pêche Piscic. (2003)* **368** : 21-26.

**Schmidt J., 1922.** The breeding places of the eel. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character , 1923, Vol. 211 (1923), pp. 179-208.

**SEINORMIGR, 2019.** Programme de monitoring (surveillance) du plan de gestion anguille français – Évaluation du stock d'anguilles jaunes en place sur l'Unité de Gestion Anguille Seine-Normandie – Année 2019. Rapport de suivi. Seine Normandie Migrateurs (SEINORMIGR). 156 pages

**SEINORMIGR, 2020.** Programme de monitoring (surveillance) du plan de gestion anguille français – Évaluation du stock d'anguilles jaunes en place sur l'Unité de Gestion Anguille Seine-Normandie – Année 2020. Rapport de suivi. Seine Normandie Migrateurs (SEINORMIGR). 70 pages.

**Solomon O.O., Ahmed O.O., 2016.** European eel: ecology, threats and conservation status. Journal of Scientific Research and Reports 10: 1–13.

**Tesch F.W., 1998.** Age and growth rates of North Atlantic eel larvae (*Anguilla* spp.), dased on published length data. Helgolânder Meeresunters 52, 75–83.

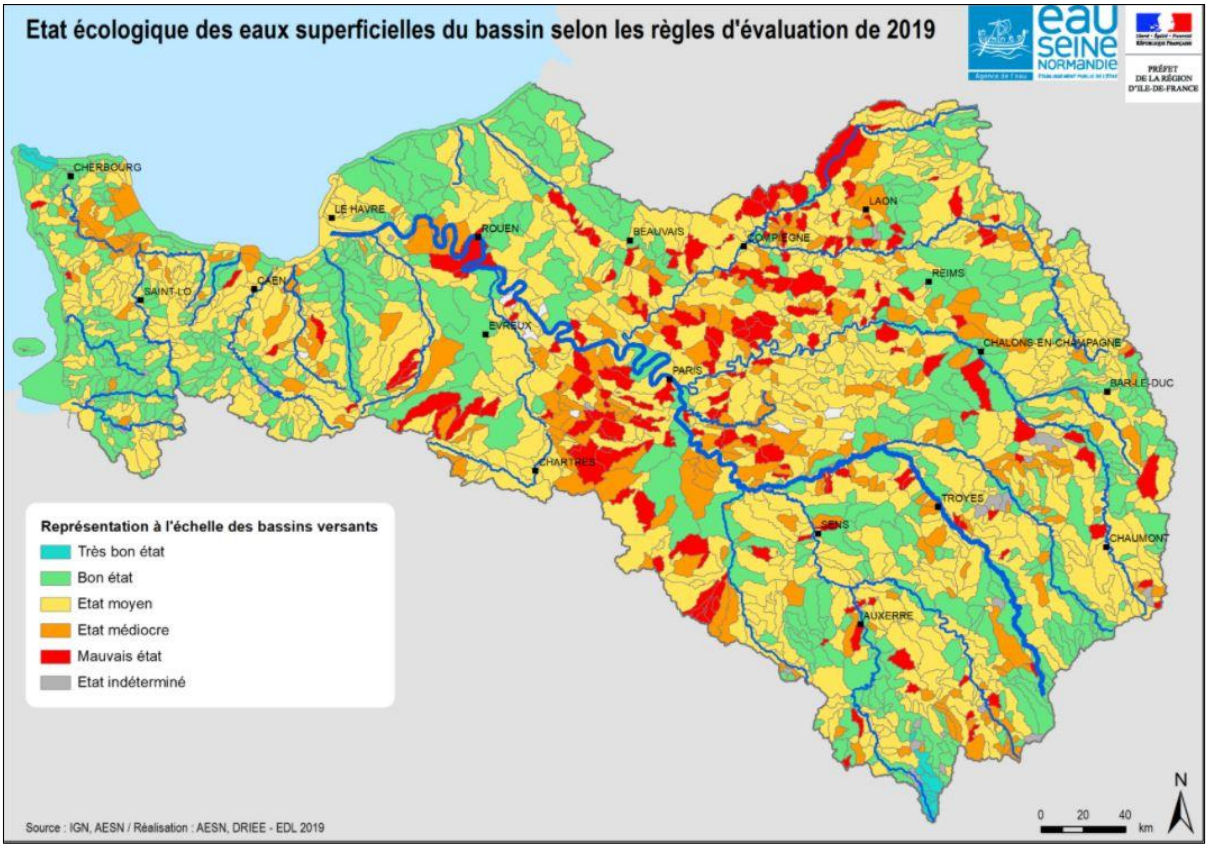
**UICN Comité français, MNHN, SFI & AFB, 2019**. La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Poissons d'eau douce de France métropolitaine. Paris, France

**Vivier P., 1938.** Un nouvel hôte indésirable de nos eaux douces, le crabe chinois (Eriocheir sinensis H. M. Edw.). Bulletin Français de Pisciculture, 11e année, n°115, nov.-déc. 1938: 65-80.

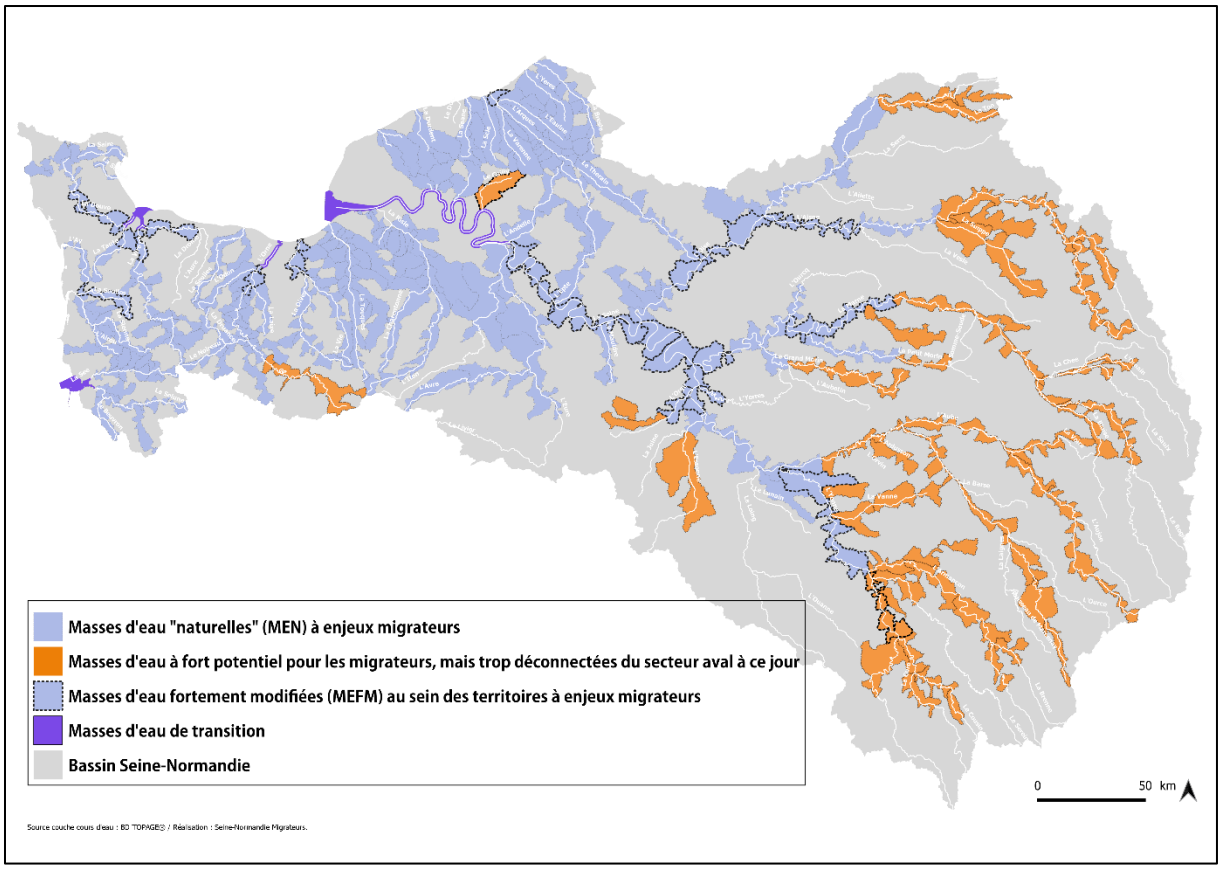
**Wirth T., Bernatchez L., Mars 2001.** Genetic evidence against panmixia in the European eel. Nature 409 (6823), 1037-1040.

**WWF. 2020.** Living Planet Report - 2020: Bending the curve of biodiversity loss. Almond, R.E.A., Grooten M. and Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Suisse.

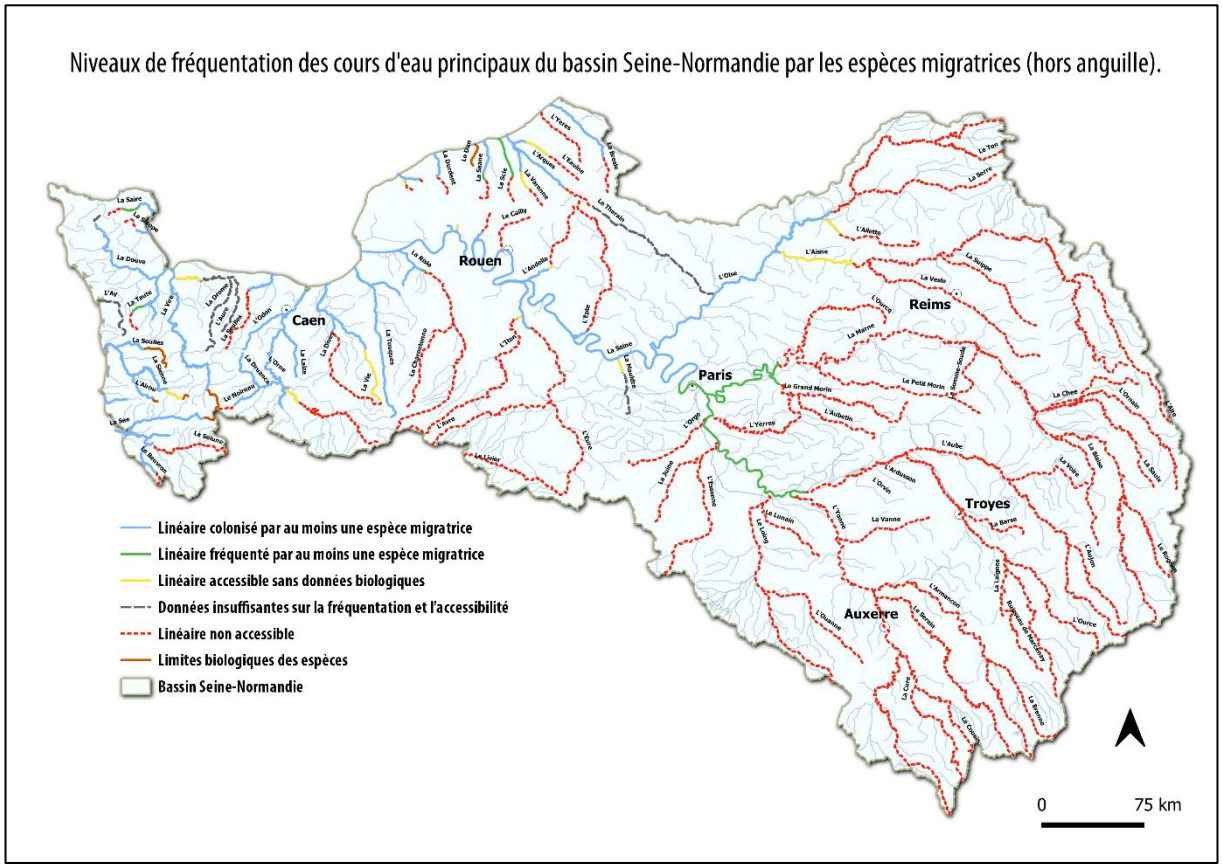
# Annexes



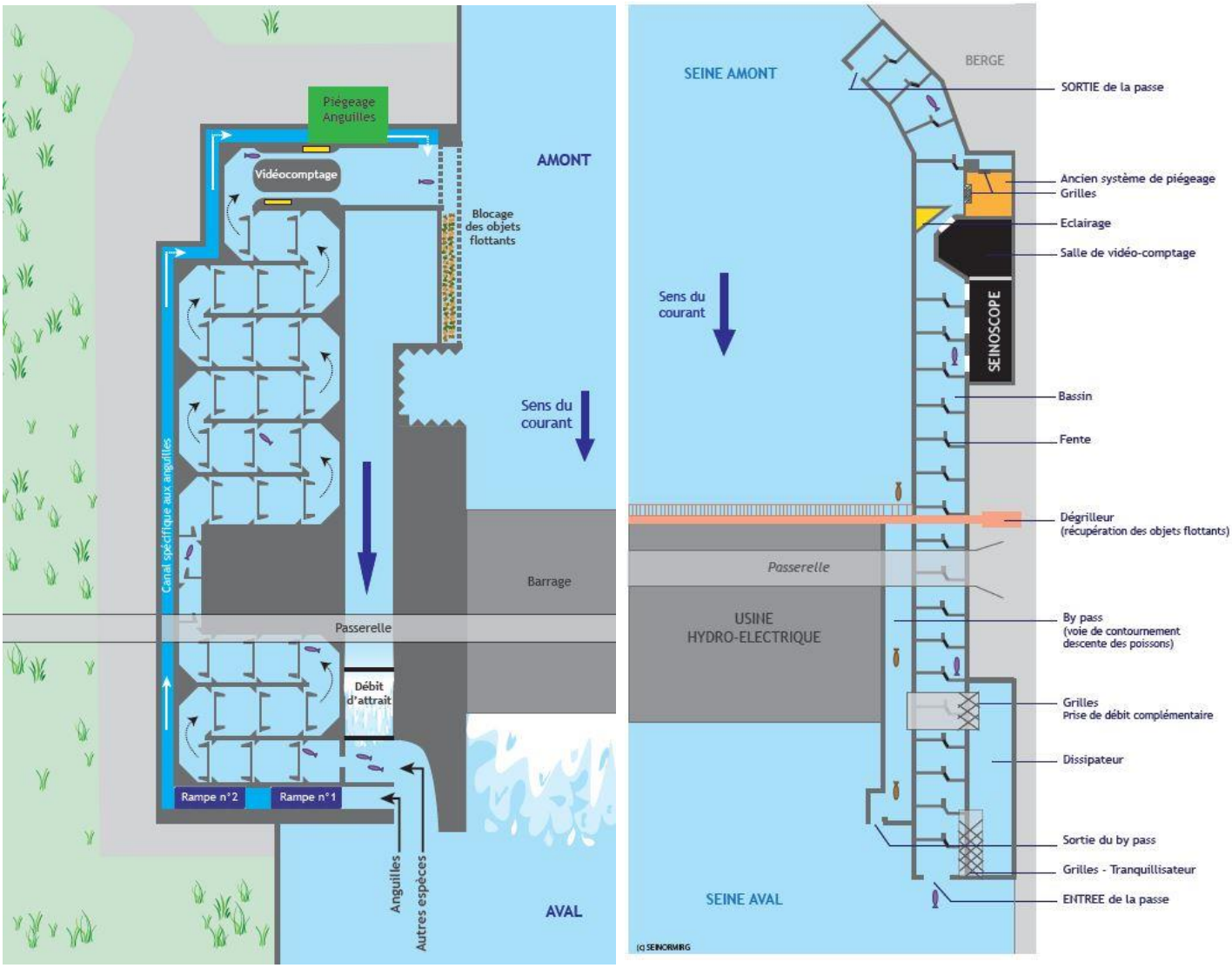

*Annexe 1: Etat des masses d'eaux superficielles du bassin Seine-Normandie*




*Annexe 2: Masses d'eau à enjeux migrateurs sur le bassin Seine-Normandie. (Source : SIENORMIGR)*




*Annexe 3: Linéaires colonisés par les poissons migrateurs (hors anguilles) sur les cours d'eau du bassin Seine-Normandie en 2020. (Source : SEINORMIGR)*




*Annexe 4: Schématisation des dispositifs de franchissement en rive gauche (à droite) et en rive droite (à gauche). (Source: SEINORMIGR)*

| Altérations anatomo-morphologiques | AA | Localisations anatomique | Code |
|---|---|---|---|
| Absence d'organes | AO | Tout le corps | C |
| Bulles de gaz | BG | Tête | T |
| Déformations, difformités et malformations | AD | Mâchoire | M |
| Erosions | ER | Bouche | G |
| Nécrose | NE | Barbillon | J |
| Hypersécrétion du mucus | HM | Narine | Z |
| Hypertrophie et hyperplasie | HY | Œil | Y |
| Lésions hémorragiques et congestives | HE | Opercule (fente branchiale chez l'anguille) | O |
| Maigreur | AM | Branchies (sauf anguille, congre, lamproie) | B |
| Plaies et lésions anciennes (cicatrices) | PL | Dos (= face pigmentée ou zénithale) | D |
| Tumeurs, kystes, nodules et autres grosseurs | TG | Colonne vertébrale | V |
| Ulcères (hémorragiques) et ulcérations | UH | Flanc | F |
| Etats pathologiques multiformes | ZO | Ligne latérale | L |
| **Altérations de la couleur** | AC | Ecailles | E |
| Opacité | OP | Abdomen (= face aveugle ou nadirale) | A |
| Coloration sombre (mélanose) | CS | Orifice urogénital (anus) | U |
| Coloration terne ou pâle, dépigmentation | CT | Nageoire dorsale | H |
| **Parasitisme** | PA | Nageoire pectorale | P |
| Points blancs | PB | Nageoire pelvienne | R |
| Points Noirs | PN | Nageoire anale | S |
| Crustacés | PC | Nageoire caudale | Q |
| Hirudinés (sangsues) | PH | Nageoire adipeuse (salmonidés seulement) | J |
| Lamproies | PP | Pédoncule caudal | K |
| Champignons | PM | Nageoire principale (anguille) | N |

| Nombre de lésions (N) et/ou abondance parasitaire (Ab) | Code | | Taux (%) de recouvrement corporel ($S^2$) | Code |
|---|---|---|---|---|
| N = 0 et/ou absence (Ab) | 0 | | $S^2 = 0$ % | 0 |
| N<3 et/ou abondance (Ab) faible | 1 | | $S^2 < 5$% | 1 |
| N= 4-6 et/ou abondance (Ab) moyenne | 2 | | $S^2 = 5$-10 % | 2 |
| N= 7-10 et/ou abondance (Ab) forte | 3 | | $S^2 = 10$- 20 % | 3 |
| N => 10 et/ou abondance (Ab) très forte | 4 | | $S^2 = > 20$ % | 4 |

*Annexe 5: Grille de codification des anomalies anatomo-morphologiques externes et des ectoparasites des poissons visibles à l'oeil nu (Elie P., Girard P., 2014)*

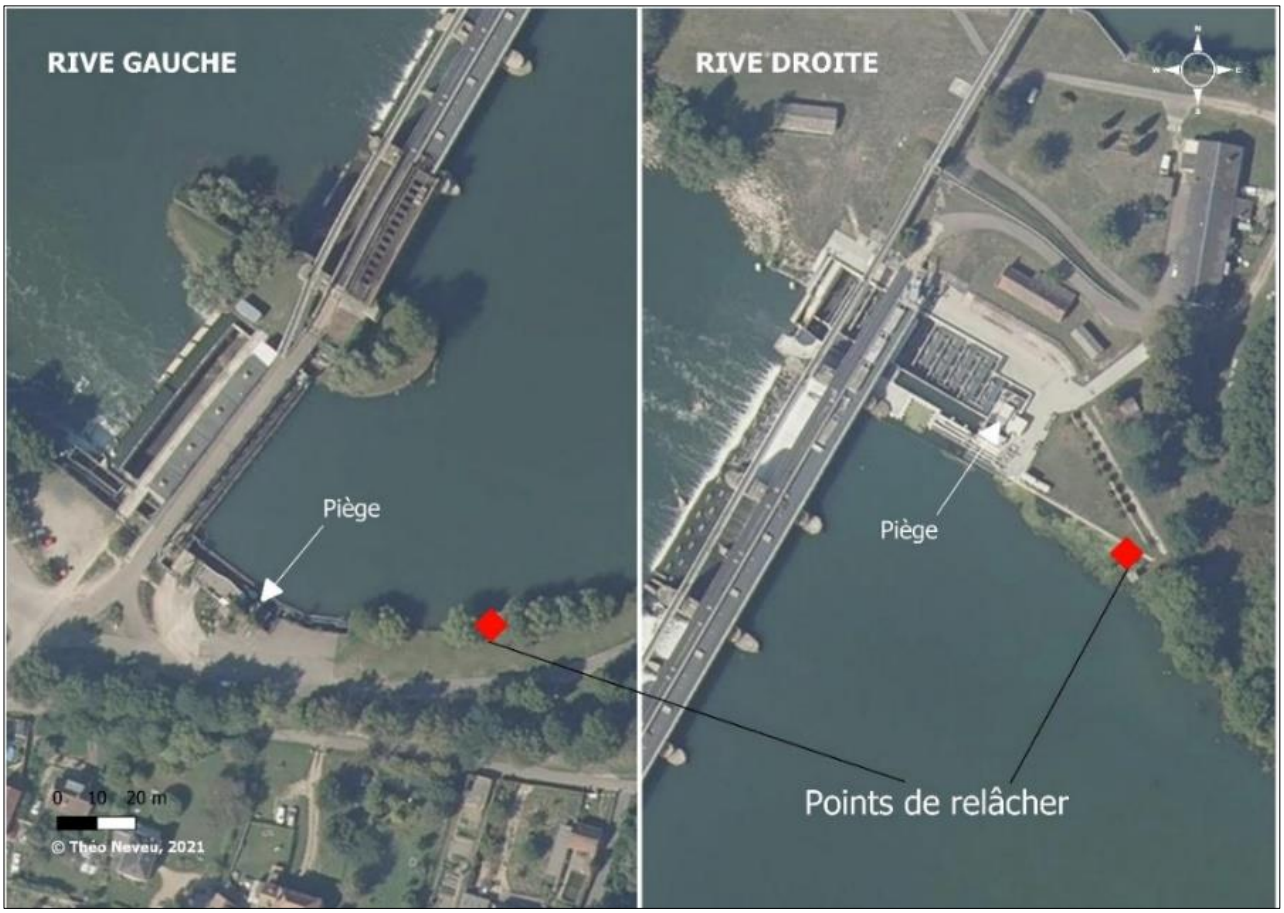
**Relevé passe piège Poses : Biométrie** **Unité de Gestion Seine-Normandie/SEINORMIGR**

Date : _____ Horaire : _____ Opérateurs : _____

| Lot 30 ind n°1 | | | | Lot 30 ind n°2 | | | | *Lot 30 ind n°3* ou Lot refus | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° de capture | Taille (mm) | Poids (g) | Patho | N° de capture | Taille (mm) | Poids (g) | Patho | N° de capture | Taille (mm) | Poids (g) | Patho |
| 1 | | | | 31 | | | | 61 | | | |
| 2 | | | | 32 | | | | 62 | | | |
| 3 | | | | 33 | | | | 63 | | | |
| 4 | | | | 34 | | | | 64 | | | |
| 5 | | | | 35 | | | | 65 | | | |
| 6 | | | | 36 | | | | 66 | | | |
| 7 | | | | 37 | | | | 67 | | | |
| 8 | | | | 38 | | | | 68 | | | |
| 9 | | | | 39 | | | | 69 | | | |
| 10 | | | | 40 | | | | 70 | | | |
| 11 | | | | 41 | | | | 71 | | | |
| 12 | | | | 42 | | | | 72 | | | |
| 13 | | | | 43 | | | | 73 | | | |
| 14 | | | | 44 | | | | 74 | | | |
| 15 | | | | 45 | | | | 75 | | | |
| 16 | | | | 46 | | | | 76 | | | |
| 17 | | | | 47 | | | | 77 | | | |
| 18 | | | | 48 | | | | 78 | | | |
| 19 | | | | 49 | | | | 79 | | | |
| 20 | | | | 50 | | | | 80 | | | |
| 21 | | | | 51 | | | | 81 | | | |
| 22 | | | | 52 | | | | 82 | | | |
| 23 | | | | 53 | | | | 83 | | | |
| 24 | | | | 54 | | | | 84 | | | |
| 25 | | | | 55 | | | | 85 | | | |
| 26 | | | | 56 | | | | 86 | | | |
| 27 | | | | 57 | | | | 87 | | | |
| 28 | | | | 58 | | | | 88 | | | |
| 29 | | | | 59 | | | | 89 | | | |
| 30 | | | | 60 | | | | 90 | | | |
| Poids global (humide) Lot : | | | | Poids global (humide) Lot : | | | | Poids global (humide) Lot : | | | |

| Poids lots excédents | Poids global cas "pic de migration" | Commentaires |
|---|---|---|
| Poids global lot tamisé restant : | | Nb crabe chinois : |
| ***Poids global lot restant :*** | | |

*Annexe 6: Exemple de fiche de relevé quotidien*




*Annexe 7: Localisation des points des relâchés post-biométrie en rive gauche et rive droite*

*Annexe 8: Exemples de pathologies constatées sur des individus capturés en rive droite. A : Individu atteint de points blancs sur l'ensemble du corps (codifié « PB2C ») / B : Individu atteint de parasitisme au niveau de l'opercule gauche (codifié « PA2O ») / C : Individu présentant des traces d'érosions sur le flan (codifié « ER1F »)*

*Annexe 9: Visualisation des courants générés par l'usine hydroélectrique à l'aval de la rampe à anguille en rive gauche. (Source : Neveu T.)*

# Résumé français

L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) est un poisson migrateur amphihalin catadrome. L'espèce va naître dans la mer des Sargasses avant de rejoindre les eaux douces du continent européen pour y grandir et devenir adulte, avant d'entamer sa migration retour vers son lieu de naissance. Autrefois considérée comme une espèce surabondante, et même nuisible (UICN et al., 2009 e ; FDPPMA 59, 2013), l'espèce est aujourd'hui classée en danger critique d'extinction depuis 2008. Les nombreuses menaces auxquelles elle doit faire face depuis le milieu des années 80 sont la cause de son déclin éclair. Surpêche, braconnage, destruction des habitats de croissance, ou encore rupture des axes migratoires sont autant de facteurs qui influent négativement sur les stocks de l'anguille depuis près de 40 ans.

Afin de répondre aux objectifs du plan de gestion anguille (PGA) de l'unité Seine-Normandie, visant à freiner et à stopper la diminution du stock d'anguille européenne, des systèmes de franchissement spécifiques à l'espèce (rampes à tapis-brosses) ont été construits sur le barrage de Poses en 2014 en rive gauche et en 2017 en rive droite. Ces dispositifs ont un double intérêt. Le premier est de permettre aux individus de l'espèce de rejoindre l'amont des bassins-versants pour y grandir. Le second est de pouvoir dénombrer tous les individus remontant l'axe Seine. En effet, le barrage de Poses est le premier rencontré depuis la mer. Il est donc la porte d'entrée et de sortie du bassin. C'est pourquoi depuis 2014, le suivi du recrutement annuel de la Seine en anguille européenne est menée par l'association SEINORMIGR au niveau de ce barrage. Le suivi 2021 présenté dans ce rapport s'inscrit donc dans la continuité de ceux réalisés depuis 2014.

Le bilan 2021 est catastrophique et alarmant en ce qui concerne les effectifs capturés sur les deux rives. Seulement 65 792 individus ont pu être capturés (3 059 en rive gauche et 62 733 en rive droite). C'est le pire bilan jamais connu depuis que les deux systèmes de rampes sont en fonctionnement (2018). Les faibles températures rencontrées au cours de l'été 2021, ou bien le dysfonctionnement rencontré en rive gauche depuis la fin juin sont autant de raisons qui peuvent expliquer le bilan du recrutement 2021.

**Mots clés :** Anguille européenne (*Anguilla anguilla*), recrutement, barrage de Poses, facteurs environnementaux, Seine, rampe à anguilles.

# Abstract

The European eel (Anguilla anguilla) is a catadromous amphihalin migratory fish. The species is born in the Sargasso Sea before moving to the fresh waters of the European continent to grow up and become an adult, before starting its return migration to its birthplace. Once considered an overabundant and even harmful species (IUCN et al., 2009 ; FDPPMA 59, 2013), the species has been classified as critically endangered since 2008. The numerous threats it has faced since the mid-1980s are the cause of its rapid decline. Over-fishing, poaching, destruction of growth habitats and disruption of migratory routes are all factors that have had a negative impact on eel stocks for almost 40 years.

In order to meet the objectives of the eel management plan (PGA) for the Seine-Normandy unit, which aims to slow and halt the decline in the European eel stock, specific crossing systems for the species (brush mat ramps) were built on the Poses dam in 2014 on the left bank and in 2017 on the right bank. These devices have a double interest. The first is to allow individuals of the species to reach the upstream part of the catchment areas to grow up. The second is to be able to count all the individuals going up the Seine. Indeed, the Poses dam is the first one encountered from the sea. It is therefore the gateway to and from the basin. This is why, since 2014, the monitoring of the annual recruitment of European eels in the Seine has been carried out by the SEINORMIGR association at this dam. The 2021 monitoring presented in this report is therefore in line with those carried out since 2014.

The 2021 results are catastrophic and alarming in terms of the numbers caught on both banks. Only 65,792 individuals were caught (3,059 on the left bank and 62,733 on the right bank). This is the worst record since the two ramp systems have been in operation (2018). The low temperatures encountered during the summer of 2021, or the malfunctioning of the left bank since the end of June, are all reasons that may explain the 2021 recruitment record.



**Keywords:** European eel (Anguilla anguilla), recruitment, Poses dam, environmental factors, Seine, eel ramp.