

2016-2017

Master 2 Zones Humides Continentales et Littorales  
Parcours Ecologie - Eco-ingénierie



**VERS UNE DIVERSIFICATION  
DES TECHNIQUES DE SUIVIS  
DES ANGUILLES EUROPEENNES  
EN PHASE DE COLONISATION :  
BASSINS CHARENTE ET SEUDRE**

**ETAT DES LIEUX  
REALISATION ET ANALYSE DES SUIVIS 2017  
APPROFONDISSEMENT D'UNE METHODE DE CAPTURE EXPERIMENTALE  
ETUDE DE LA REPARTITION DES INDIVIDUS A L'AVAL D'OBSTACLES ANTHROPIQUES  
RECHERCHE D'UNE ACCUMULATION EN PIED D'OUVRAGE ET D'UNE METHODE DE DETECTION**

**M. PERRIER Charlie** |

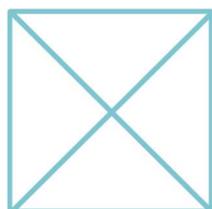
Sous la direction de M. ALBERT François |

**Membres du jury**

Mme DAVRANCHE Aurélie | MCF et Responsable de la formation M2 ZHCL

M. FLEURANT Cyril | Directeur de la Faculté LLSH et Responsable de la formation M2 ZHCL

M. SECONDI Jean | MCF et Responsable du GECCO



Soutenu publiquement le :  
13 / 09 / 2017





**L'auteur du présent document vous autorise à le partager, reproduire, distribuer et communiquer selon les conditions suivantes :**



- Vous devez le citer en l'attribuant de la manière indiquée par l'auteur (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'il approuve votre utilisation de l'œuvre).
- Vous n'avez pas le droit d'utiliser ce document à des fins commerciales.
- Vous n'avez pas le droit de le modifier, de le transformer ou de l'adapter.

**Consulter la licence creative commons complète en français : <http://creativecommons.org/licences/by-nc-nd/2.0/fr/>**

### **Le présent document est un rapport de stage.**

Il doit être utilisé avec les précautions d'usages. Les résultats et analyses présentés constituent une première approche dans le cadre d'un projet pédagogique.

Le stagiaire a été accueilli par le Groupement des Fédérations de pêche du Poitou-Charentes. Son travail s'est inscrit dans le cadre du programme d'actions pour la sauvegarde et la restauration des poissons migrateurs amphihalins des bassins Charente et Seudre mené par dans le cadre partenarial de la Cellule Migrateurs Charente Seudre.



#### **Référence à citer :**

**PERRIER Charlie, 2017. Vers une diversification des techniques de suivis des anguilles européennes en phase de colonisation : bassins Charente et Seudre. Rapport de stage Master 2 - Université d'Angers. Groupement des Fédérations de pêche du Poitou-Charentes - Cellule Migrateurs Charente Seudre. 74p.**

Ces conditions d'utilisation (attribution, pas d'utilisation commerciale, pas de modification) sont symbolisées par les icônes positionnées en pied de page.



# REMERCIEMENTS

Ces 6 mois passés à parcourir les cours d'eau charentais ont été l'occasion d'en apprendre beaucoup sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques et sur la façon de les préserver. Cet apprentissage n'aurait pas été possible sans un grand nombre de personnes, qui m'ont quotidiennement apporté leur soutien et leurs connaissances lors de ce stage.

Je tiens avant tout à remercier François Albert pour son encadrement irréprochable au cours des 6 derniers mois. Son implication dans le projet de restauration de la continuité écologique m'a permis de découvrir la face cachée de la préservation de l'environnement, avec tous les enjeux socio-économiques (et parfois politiques) qui sous-tendent la gestion de nos milieux naturels. Son enthousiasme et sa détermination à mener à bien ce projet de restauration se sont révélés des plus contagieux. De manière plus informelle, je le remercie également pour sa bonne humeur, ses conseils musicaux (parfois étranges), son barbecue, son humour et son soutien sur le terrain malgré mes gaffes de stagiaire.

Je remercie aussi tout le personnel de la Cellule-Migrateurs, sans qui les campagnes de terrains auraient sûrement été beaucoup plus fastidieuses et surtout beaucoup moins sympas. Merci donc à Éric Buard du CREA pour son aide, ses connaissances sur les migrateurs et pour cette nuit Aloses placée sous le signe de l'absence d'Aloses. Merci également à Audrey Postic-Puivif de l'EPTB Charente qui m'a elle aussi assisté sur le terrain pour une relève anguille caractérisée par l'absence d'anguilles... Plus sérieusement, leurs conseils et leur expérience sur les migrateurs m'ont été précieux. J'en profite également pour adresser mes remerciements à leurs stagiaires de M2 respectifs, François Prellwitz et Mathilde Labedan, que j'ai exploités sans vergogne lorsqu'ils ont eu le malheur d'être mis à ma disposition. Ils me l'ont bien rendu... Je les remercie pour leur aide, leur sympathie et leurs accents qui chantent. Bonne chance pour vos soutenances !

Je tiens aussi à remercier très chaleureusement Christian Rigaud de l'IRSTEA, un grand monsieur de l'anguille, dont les connaissances (infinies) sur cette espèce m'ont été d'une grande aide. Les discussions avec lui sur la méthodologie Flottang et sur les pistes d'études à suivre m'ont petit à petit éclairé sur les enjeux liés à la protection de cette espèce. Je le remercie également pour sa gentillesse, son accessibilité et pour m'avoir aidé à fabriquer les quelques 50 pièges à anguilles utilisés dans le cadre ce stage.

Je remercie également Jean-Claude Blanchet de l'AFB, mon partenaire de canoé lors de la prospection Charente réalisée au cours du stage. Tirer le canoé sur 1km en plein soleil, en short et à travers un champ d'ortie était définitivement une bonne idée. Merci également aux collègues des Fédé 16 et 17 pour votre accueil, votre sympathie et votre aide sur le terrain, je me suis tout de suite senti à l'aise parmi vous. Merci à Emmanuel, Julien, Vincent, Sébastien, Patrice, Jérémy, Ludovic, Emilie, Stéphanie, Mathieu, Valentin, Sandrine, Laetitia et Claudine. Merci à Anthony pour avoir signé mes chèques.

De manière plus personnelle, je tiens à adresser un grand merci à mes parents, qui raclent le fond de leur portefeuille depuis maintenant presque 7 ans pour me permettre de réaliser mon projet d'études.

Je remercie aussi Noémie, mon binôme de chaque instant.

Enfin, et ceux-là il n'est pas possible de les lister, je remercie toutes celles et ceux qui par leurs actions, œuvrent partout pour protéger les milieux naturels contre les dérives, les erreurs passées et l'ignorance de quelques-uns. En dépit de l'immensité de la tâche à accomplir, il est tout à votre honneur d'avoir choisis de ne pas ignorer les changements qui sont à l'œuvre sur notre planète...



L'équipe de la Cellule Migrateurs Charente Seudre : Mathilde Labedan et Audrey Postic-Puivif de l'EPTB Charente, Éric Buard et François Prellwitz du CREA, François Albert (en noir) et moi-même.

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Contexte général : zone d'étude</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Objectifs de l'étude</b> .....	<b>3</b>
<b>L'ANGUILLE ET L'ENJEU DE SA CONSERVATION</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Caractéristiques morphologiques distinctives</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Un cycle de vie à part</b> .....	<b>4</b>
<b>3. La population d'anguilles et son évolution</b> .....	<b>6</b>
3.1. Etat de la population .....	6
3.2. Les causes du déclin .....	7
<b>4. Les mesures de préservation engagées</b> .....	<b>9</b>
4.1. L'évolution de la réglementation européenne .....	9
4.2. La réglementation française .....	9
<b>MATERIEL ET METHODE</b> .....	<b>11</b>
<b>1. Etat des lieux et évolution historique de la population</b> .....	<b>11</b>
1.1. Données historiques des FDAAPPMA .....	11
1.2. Evolution spatio-temporelle des classes de tailles : les données historiques CMCS .....	11
<b>2. La recherche du front de colonisation 2017</b> .....	<b>12</b>
2.1. L'échantillonnage par pêche électrique .....	12
2.2. Densification du réseau de suivi : utilisation des Flottangs .....	13
<b>3. Evaluation de la représentativité des captures Flottang</b> .....	<b>14</b>
<b>RESULTATS ET ANALYSES</b> .....	<b>16</b>
<b>1. Evolution de la colonisation du bassin Charente (données FDAAPPMA 2007-2016)</b> .....	<b>16</b>
<b>2. Evolution du front de colonisation sur l'axe Charente</b> .....	<b>17</b>
2.1. Données générales : .....	17
2.2. Evolution de la population sur la période 2007 - 2017 .....	18
<b>3. L'état du recrutement fluvial et de la colonisation de l'axe Charente</b> .....	<b>19</b>
3.1. Bilan récapitulatif de la campagne de pêche électrique 2017 .....	19
3.2. La Seudre, axe fragmenté .....	21
3.3. Récapitulatif global des campagnes de pêche 2017 .....	22
<b>4. Flottangs et effets d'accumulations en pied d'ouvrage</b> .....	<b>23</b>
4.1. Bilan en quelques chiffres de la campagne Flottangs 2017 .....	23
4.2. Distribution des anguilles à l'aval des ouvrages : cas des stations Seugne et Trois-Doux .....	23
4.3. Signaux Bief / Pied d'ouvrage : comparaisons des données .....	25
4.4. La méthode des quartiles : Vers une évaluation de l'effet d'accumulation en pied d'ouvrage ? .....	27
<b>DISCUSSION</b> .....	<b>28</b>
<b>1. Le traitement des données historiques : Etat des lieux et évolution de la population</b> .....	<b>28</b>
1.1. Les données FDAAPPMA .....	28
1.2. Les données CMCS .....	28
<b>2. Front de colonisation des axes Charente et Seudre</b> .....	<b>30</b>
2.1. Evolution des fronts, impacts des Flottangs et perspectives .....	30
2.2. Les zones à forts enjeux .....	30
2.3. Analyse des classes de tailles .....	32
<b>3. Vers une méthode d'analyse de la répartition des petites anguilles en pied d'ouvrage</b> .....	<b>34</b>
3.1. Ciblage du dispositif .....	34
3.2. Représentativité du Flottang et analyse des différences observées sur Bruant/Ruttelière .....	34
3.3. Vers un <i>signal de répartition</i> des individus à l'aval d'un obstacle anthropique .....	34
3.4. La méthode des quartiles : vers un indice de mesure de la transparence des ouvrages? .....	35
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>40</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS</b> .....	<b>46</b>
<b>TABLE DES TABLEAUX</b> .....	<b>47</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>49</b>

# LISTE DES ACRONYMES

**AFB:** Agence Française pour la Biodiversité

**CREAA :** Centre Régional d'Expérimentation et d'Application Aquacole

**CITES :** Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvage menacées d'extinction

**CMCS :** Cellule Migrateurs Charente Seudre

**EPTB :** Etablissement Public Territorial de Bassin

**FDAAPMA :** Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique

**FEDER :** Fonds Européen de Développement Régional

**IRSTEA :** Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

**ONEMA :** Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

**PGA :** Plan de Gestion Anguille

**PLAGEPOMI :** PLAN de GEstion des POissons MIgrateurs

**PCB :** Polychlorobiphényle

**PO :** Pied d'Ouvrage

**SAGE :** Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

**SDAGE :** Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

**UGA :** Unité de Gestion Anguille

**UICN :** Union International pour la Conservation des Espèces

**ZAP :** Zone d'Action Prioritaire

# LEXIQUE

Note : Les termes portant la mention « \* » sont définis ici. La majorité des définitions sont issues du « *DICTIONNAIRE ENCYCLOPEDIQUE des sciences de la nature et de la biodiversité* », éditions DUNOD 2008 de François Ramade (voir Bibliographie pour référence complète). Si la source est différente, elle est précisée en fin de définition.

**Amphihalin** : *n.m.* Désigne un poisson vivant alternativement en eau douce et en eau de mer. (*dictionnaire-environnement.com*)

**Anthropique**, *adj.* (*anthropic*) : Qui est propre à l'Homme et (ou) résulte de son action. Effets - (*anthropic effects*) : effets et modifications induites dans l'environnement par les diverses activités humaines.

**Bassin (Versant)**, *n.m.* ~ *fluvial (drainage basin)* : ensemble de la zone géographique continentale constituant le bassin hydrographique d'un cours d'eau et correspondant à la totalité de l'aire de drainage des précipitations.

**Bief**, *n.m.* (*canal pound*) : Désigne la section d'un canal délimitée par deux écluses, alimentée par le Bief Amont et se vidant dans le Bief aval. Signal ~ (*canal pound signal*) : Concept désignant une portion de cours d'eau située suffisamment à l'aval d'un obstacle anthropique pour permettre l'observation d'un flux d'individus migrants non perturbé par l'obstacle. (*Comm. interne F. Albert / C. Rigaud*)

**Bioaccumulation**, *n.f.* (*bioaccumulation*). Désigne la capacité des organismes à absorber et concentrer certaines substances chimiques dans tout ou partie de leur organisme. ([http://www.dictionnaire-environnement.com/bioaccumulation\\_ID478.html](http://www.dictionnaire-environnement.com/bioaccumulation_ID478.html))

**Coefficient de corrélation**, *n.m.* (*correlation coefficient*) : Coefficient statistique permettant de mettre en évidence une liaison entre deux types de séries de données statistiques. Le coefficient de corrélation est compris entre 1 et -1 et on considère généralement que si sa valeur absolue est supérieure à 0,95, il y a une liaison forte entre les deux séries. (<https://www.definitions-marketing.com/definition/coefficient-de-correlation/>)

**Continuité**, *n.f.* (*Continuum*) : Gradation continue des valeurs prises par un facteur écologique entre deux bornes extrêmes. ~ *Fluviale (river continuum)*: désigne le gradient longitudinal des conditions écologiques qui caractérise un cours d'eau depuis la zone des sources jusqu'à l'embouchure.

**Débit**, *n.m.* (*flow*): Volume d'eau écoulé par unité de temps dans un système fluvial ou un aquifère. Il se mesure en général en  $m^3.s^{-1}$ .

**Dévalaison**, *n.f.* (*Downstream migration*) : Action pour un poisson migrateur de descendre un cours d'eau pour retourner dans son lieu de reproduction ou de développement. (*source* : <http://www.glossaire.eaufrance.fr>)

**Flottang**, *n.m.* (*Floateel*) : Dispositif expérimental d'échantillonnage passif constitué d'un assemblage de géodrille plastifiées et destiné au piégeage et au suivi scientifique des jeunes anguilles. (*CMCS, 2014*)

**Lentique**, *adj.* (*lentic*) : Désigne les biotopes et les êtres vivants propres aux écosystèmes d'eaux calmes à renouvellement lents, par opposition aux milieux d'eaux courantes qui correspondent aux écosystèmes lotiques.

**Mann-Whitney (test de)**, (*Mann-Whitney U test*) : test non paramétrique utilisé en statistiques pour tester l'hypothèse selon laquelle la distribution des données est la même dans deux échantillons. Si la valeur de signification obtenue à l'issue de ce test est supérieure à celle correspondant au risque  $\alpha=5\%$ , alors l'hypothèse nulle  $H_0$  d'égalité des deux échantillons est rejetée.

**Montaison**, n.f. (*Upstream migration*) : Action pour un poisson migrateur de remonter un cours d'eau pour retourner dans son lieu de reproduction ou de développement (source : <http://www.glossaire.eaufrance.fr>)

**Normalité (loi Normale)**, n.f. (*normal distribution*) : Loi de probabilité également connue sous le nom de loi de Gauss, ou Laplace-Gauss. Une variable aléatoire  $X$  suit une loi normale si sa densité de probabilité suit la courbe dont l'équation est donnée ci-dessous. Si la variable aléatoire binomiale  $X$  a comme moyenne  $\mu$  et comme écart-type  $\sigma$ , on dit qu'elle suit la loi  $N(\mu, \sigma)$ . ([https://media4.obspm.fr/AAS/pages\\_statistiques/definition-normale.html](https://media4.obspm.fr/AAS/pages_statistiques/definition-normale.html))

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

**Otolithe**, n.m. (*otolite*). Concrétion minérale propre à l'oreille interne de certains vertébrés primitifs en particulier des poissons. Elles se rencontrent dans certains sédiments marins et ont été utilisées à ce titre comme fossiles caractéristiques en stratigraphie. Leur étude renseigne également sur l'âge des organismes au moment de leur mort (*otolithométrie*).

**Panmictique**, adj. (*panmictic*). Désigne en génétique l'échange aléatoire des gènes entre les deux sexes d'un groupe d'individus appartenant à une même espèce. Population  $\sim$  : population dont les individus échangent librement des gènes.

**Pied d'ouvrage**, n.m. (*dam edge*). Désigne la partie d'un cours d'eau située à l'aval immédiat d'un ouvrage hydraulique. (*comm. interne F. Albert*)

**Population**, n.f. (*population*). Ensemble des individus appartenant à une même espèce et occupant une même fraction de biotope qui échangent librement entre eux les gènes dans la reproduction sexuée.

**Pristine**, (*syn. neuf, parfaite*) adj. (*pristine*) : Désigne en biologie un état original théorique parfait (exempt de tout phénomène de mortalité ou de flux) d'une population observée.

**Quartile**, n.m. (*Quartile*). En statistique descriptive, un quartile est chacune des trois valeurs qui divisent les données triées de sorte que chaque partie représente  $\frac{1}{4}$  de l'échantillon de population. Q1 est la donnée qui sépare les 25% inférieurs des données, Q2 celle qui sépare la série en deux parties, et Q3 celle qui sépare les 25% supérieurs des données. ([https://www.mathematiquesfaciles.com/statistiques\\_2\\_84365.htm](https://www.mathematiquesfaciles.com/statistiques_2_84365.htm))

**Recrutement (fluvial/Estuarien)**, n.m. (*recruitment*). Désigne la fraction d'anguilles néonates parvenant à atteindre chaque année la zone de transition estuarienne parmi le flux de jeunes individus en provenance de la zone de natalité située en Mer des Sargasses. (*Source personnelle*)

**Régression (logistique)**, *n.f.* (*logistic regression*). Modèle d'analyse multivariée permettant de mesurer l'association entre la survenue d'un évènement (variable expliquée qualitative) et les facteurs susceptibles de l'influencer (variables explicatives). (<http://www.em-consulte.com/en/article/842576>)

**Reptation**, *n.f.* (*creeping*). Mode de locomotion propre à certains vertébrés qui consiste à se déplacer sur le substrat en l'absence de membres (cas des serpents par exemple) ou sans faire intervenir ces derniers.

**Shapiro-Wilk (test de)**, *n.p.* (*Shapiro-Wilk W test*). Test statistique utilisé pour tester la normalité des données. Si la statistique *W* est significative (niveaux de signification  $< \alpha=5\%$ ), il faut alors rejeter l'hypothèse selon laquelle la distribution correspondante est normale. Il est le test de normalité le plus utilisé car c'est un test puissant par rapport à de nombreux tests alternatifs. (Shapiro et al., 1968).

**Spearman (Corrélation de)**, *n.p.* (*Spearman correlation*). Le calcul du coefficient de corrélation de Spearman (*r*) est un test non paramétrique permettant de préciser l'existence d'une liaison entre deux variables quantitatives. Son carré, le coefficient de détermination ( $R^2$ ) précise le pourcentage de valeurs expliquées par le modèle de régression défini par la droite de régression. ([http://www.adscience.fr/uploads/ckfiles/files/html\\_files/StatEL/statel\\_coefficient\\_correlation\\_spearman.htm](http://www.adscience.fr/uploads/ckfiles/files/html_files/StatEL/statel_coefficient_correlation_spearman.htm))

**Station (biologique)**, *n.f.* (*Sampling station*). Lieu situé sur une entité hydrographique, où sont effectués des mesures ou des prélèvements en vue d'analyses biologiques. Ces mesures peuvent être réalisées en différents points de prélèvements, tous réputés représentatifs de la masse d'eau échantillonnée. (Comm. personnelle S. Clavier, Bureau d'études HYDRECO-GUYANE, d'après la Norme XP-T90-333)

**Taux d'étagement**, *n.m.* (*overpass rate*). Indicateur de la continuité écologique correspondant à la hauteur cumulée des obstacles rapporté à la dénivellation naturelle du cours d'eau. Il permet d'évaluer le niveau de fragmentation et d'apprécier globalement les effets cumulés des obstacles à la fois sur la continuité écologique et sur l'hydromorphologie. ([http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONEMA\\_Note\\_synthese\\_taux\\_d\\_etagement\\_cle12f751.pdf](http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONEMA_Note_synthese_taux_d_etagement_cle12f751.pdf))

**Téléostéen**, *n.m.* (*Teleostei*). Super-ordre de poissons osseux de la classe des Ostéichthyens, qui représentent les plus évolués de ce groupe de Vertébrés. Ils se caractérisent par des branchies en forme de peigne protégées par un opercule, des nageoires rayonnées et un corps pourvu d'une queue homocerque, couvert généralement d'écailles minces et imbriquées. La quasi-totalité des poissons d'eau douce connus appartiennent à cette classe.

**Thalassotoque (syn. Catadrome)**, *adj.* (*catadromous*). Désigne les cycles migratoires des poissons qui se reproduisent en mer et effectuent leur croissance en rivière. (comme par exemple l'anguille).

## AVANT PROPOS :

### PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL, LE GROUPEMENT DES FEDERATIONS DE PECHE DU POITOU-CHARENTES, MEMBRE DE LA CELLULE MIGRATEURS CHARENTE SEUDRE

Créée en Janvier 1947, l'organisme qui est aujourd'hui devenu la *Fédération Nationale de la Pêche en France* a pour mission d'assurer la valorisation et la préservation du patrimoine piscicole sur le territoire français. Afin de composer avec des enjeux de gestion propres aux différents bassins hydrographiques, cette fédération nationale s'appuie sur des unités régionales chargées d'assurer le bon fonctionnement piscicole de chacun de ces bassins. C'est dans cette optique qu'a été créé en 1996 le *Groupeement Régional des Fédérations de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques de Poitou-Charentes*, un organisme ayant pour mission de préserver et de valoriser le patrimoine piscicole de la région Poitou-Charentes.

Présidée par M. Philippe Rebours, cette structure associative de la pêche de loisir initie des programmes d'actions en faveur des milieux aquatiques. Le Groupeement mène un programme d'action avec les instances régionales de suivi de la qualité biologique et physique des cours d'eau, et impulse également des programmes de sensibilisation, de repeuplements, d'aménagements de frayères. Il assure également la mise en œuvre des mesures compensatoires des travaux engagés dans le cadre de la ligne à grande vitesse Tours-Bordeaux.

De plus, face au déclin constaté des populations de poissons migrateurs\*<sup>1</sup>, un rapprochement du Groupeement avec un Etablissement Public (l'EPTB\* Charente) et le CREAA\* (Centre Régional d'Expérimentation et d'Activité Aquacole), a été effectué en 2008 créant ainsi un partenariat intitulé la *Cellule Migrateurs Charente Seudre* (CMCS\*), exclusivement dédié au suivi et à la préservation des espèces aquatiques amphihalines locales. Parmi ces espèces, on retrouve l'Anguille européenne, les Lamproies Marine et Fluviale, le Saumon Atlantique, le morphotype marin de la Truite Fario, ou encore la grande Alose et l'Alose feinte.

Financée par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et par l'Union Européenne via des fonds FEDER\*, la CMCS concentre ses moyens sur le suivi annuel des populations de migrateurs et sur les actions de restauration de la continuité écologique\* favorables au retour de ces espèces sur le territoire Charentais.



Ci-dessus : le Logo du partenariat de la Cellule Migrateurs Charente Seudre

<sup>1</sup> : Les termes ou acronymes suivis d'un astérisque sont définis dans la partie Acronymes/Lexique au début du rapport

# INTRODUCTION

## 1. Contexte général : zone d'étude

Le bassin versant\* de la Charente, qui s'étend sur 6 départements (Charente, Charente-Maritime, Deux Sèvres, Vienne, Haute Vienne et Dordogne), recouvre près de 10 550 km<sup>2</sup> et comporte environ 6 650 km de cours d'eau, alimentés par l'apport de 22 affluents principaux, majoritairement situés en Charente et Charente-Maritime. D'une longueur de 381 km, le fleuve Charente prend sa source en Haute-Vienne et se jette dans l'océan atlantique à proximité de Port-des-Barques.

Du fait de sa topographie relativement plane et homogène (avec plus de 60 % du territoire situé à une altitude inférieure à 100 m), le bassin de la Charente a une tendance à l'accumulation de sédiments importante, qui permet de le classer comme un bassin de type sédimentaire (EPTB Charente).

Les échanges entre les eaux superficielles et souterraines y sont importants, notamment du fait d'un substrat majoritairement calcaire et perméable sur une grande partie (environ  $\frac{3}{4}$ ) du bassin (Grelie, 1993). Ces échanges assurent un débit\* relativement constant en périodes d'étiages et de crues, mais ils causent également des pertes par infiltrations au niveau des affluents. Du fait de ces pertes, de la faible pente et de la présence de nombreux méandres, la Charente possède un débit faible comparé à d'autres cours d'eau français (EPTB Charente), avec un module estimé en moyenne à 40m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

En communication directe avec l'océan atlantique, la limite de la zone estuarienne de la Charente est définie par le barrage de St-Savinien situé à 50 km de l'océan. Notons néanmoins que la Charente et ses affluents les plus en aval (la Devise, la Boutonne, l'Arnoult... jusqu'à la Seugne) restent naturellement soumis au marnage jusqu'au niveau du barrage de la Baine (Grelie, 1993), situé à 85 km de l'océan. Toutefois, cette estimation reste variable selon les coefficients de marées et le débit du fleuve.

La marée dynamique confère à la zone estuarienne un gradient naturel de paramètres physico-chimiques (hydromorphie, température et salinité notamment), qui ont permis la mise en place de zones humides dotées d'une biodiversité d'intérêt communautaire. 24% des cours d'eau sont d'ailleurs inscrits en zone de protection écologique (SAGE\* Charente). Ainsi, l'estuaire est bordé au Nord par les marais doux de Rochefort qui couvrent une surface de 13 600 ha, et au sud par les marais de Brouage qui occupent 16 000 ha. En amont de cette zone de marée dynamique, le fleuve est constitué d'une succession de plans d'eau maintenus par le biais d'écluse, qui rendent la Charente navigable jusqu'à la ville d'Angoulême, située à environ 170 km de l'océan. Au-delà de cette zone, le fleuve se sépare en bras créant ainsi des méandres et de nombreuses îles.

Au niveau de la partie aval du bassin Charente, on trouve un canal qui traverse le marais et alimente ce dernier. Ce canal relie le bassin versant de la Charente à celui de la Seudre, un autre fleuve côtier situé au Sud-Est de la Charente-Maritime.

Le bassin de la Seudre est un petit bassin côtier long de 68 km et dont l'estuaire se termine par le barrage de Ribérou, situé au niveau de la ville de Saujon, à 18 km de l'océan. Cet estuaire est bordé par la plus grande superficie de marais salés de la façade atlantique française. La partie fluviale, qui comprend les 50 km de linéaires d'écoulements à l'amont de Saujon, est fragmentée par la présence de 8 clapets hydrauliques.

Le module de débit moyen est de 0,98 m<sup>3</sup>/s (Piquet et *al.*, 2011) avec de fortes problématiques d'étiage. Le **Tableau 1** dresse la synthèse des caractéristiques hydrologiques présentées ci-dessus.

**Tableau 1** : Caractéristiques des bassins versants de la Charente et de la Seudre

Caractéristiques		Bassin de la Charente	Bassin de la Seudre
<b>Territoire</b>	Département(s)	Charente, Charente-Maritime, Deux-Sèvres, Vienne, Haute-Vienne, Dordogne	Charente-Maritime
<b>Bassin Versant</b>	Surface (km <sup>2</sup> )	10 550	780
	Linéaire (km)	6 550	540
	Surface marais (ha)	40 000	15 000
	Taux d'étagement* (%)	65	63
<b>Fleuve</b>	Altitude de la source (m)	310 m, Chéronnac (87)	36m, St Denis de Saintonge (17)
	Longueur totale (km)	381	68
	Débit moyen annuel (m <sup>3</sup> /s)	40 (Vindelle)	0,98 (Corme Ecluse)

La variable de débit peut directement influencer l'attractivité et la qualité des habitats aquatiques. Le volume annuel d'eau, s'il dépend naturellement de la pluviométrie reçue par le bassin versant, est fortement ponctionné pour les besoins des activités anthropiques\* du territoire. Ainsi, 204,4 millions de m<sup>3</sup> d'eau sont en moyenne prélevés chaque année, pour servir 3 domaines d'applications principaux : l'irrigation (57 %), l'industrie (9 %) et l'eau potable (34 %) (EPTB Charente). Le débit de la Charente, évalué quotidiennement au niveau de la ville de Vindelle, à 172 km de l'océan, est présenté sur la [Figure 1](#).



Figure 1 : Evolution des débits de la Charente à Vindelle (en m<sup>3</sup>/s) entre 2004 et 2017.

(Source : personnelle, d'après eaufrance.fr)

En ce qui concerne 2017, le début d'année (janvier-mars) a été caractérisé par le plus faible débit enregistré depuis 12 ans. De plus, malgré une augmentation importante du débit début mars, les niveaux d'eau sont restés globalement inférieurs aux moyennes observées entre 2004 et 2015.

La connexion avec la façade atlantique des fleuves Charente et Seudre en fait des axes migratoires importants pour les espèces amphihalines\*. Le maintien d'un gradient des paramètres physico-chimiques et d'une continuité écologique sur ces axes est un élément vital à l'accomplissement du cycle de vie de ces migrateurs (Potter et *al.*, 1986 ; Bachelet et *al.*, 1997). Or, des perturbations ont altéré ces axes de migrations.

## 2. Objectifs de l'étude

C'est dans un contexte de fractionnement des axes de migration qu'une volonté de favoriser la sauvegarde de l'Anguille européenne a émergé sous la forme de nouvelles réglementations européennes, impliquant des mesures sur l'ensemble des facteurs anthropiques influant sur la mortalité de l'espèce.

Un plan de gestion national a été décliné au niveau du territoire charentais. Il s'appuie sur un suivi pluriannuel de la population\* locale, qui a pour objectif de déterminer le front de colonisation de l'espèce, qui illustre la capacité de colonisation annuelle locale de l'anguille. Le suivi de ce front traduit de fait l'évolution de l'état de la population et permet d'évaluer l'efficacité des mesures de sauvegarde et de restauration engagées.

L'étude présentée ici s'inscrit dans ce processus de suivi de la reconquête des bassins Charente et Seudre par l'anguille et s'articule autour de 3 objectifs majeurs.

Préalablement à l'acquisition et à l'analyse des résultats 2017, un traitement de données des FDAAPPMA\* relatives à l'évolution historique de la population locale d'anguilles a été réalisé. En effet, les fluctuations des effectifs de l'espèce sur les affluents des principaux axes de migration ne sont pas connues avec précision, bien que des données existent sans avoir été exploitées. Ce regroupement de données a eu pour objectif de créer un référentiel cartographique permettant de visualiser ces fluctuations historiques. Des données de la CMCS ont aussi été analysées afin de confronter les données 2017 d'une part, mais aussi de déterminer si le vieillissement de la population d'anguilles constaté sur le bassin Charente entre 1997 et 2009 (Durozoi et Postic-Puivif, 2009) s'est poursuivi entre 2009 et 2017.

L'étude a ensuite consisté à acquérir, traiter et valoriser les données issues des suivis menés en 2017, dans le but de définir le front de colonisation annuel. Une attention particulière a été accordée à l'obtention de données sur les individus issus du recrutement fluvial\* annuel, c'est-à-dire les anguilles de taille <150mm, qui constituent le meilleur support pour définir l'état de la population, la tendance de colonisation, et éventuellement tenter d'observer le redressement espéré des effectifs de l'espèce (Rigaud, 2017).

Enfin, face au besoin de développer des outils de captures simples et peu invasifs, une méthode nouvellement développée (Cellule Migrateurs, 2014) baptisée « *Flottang\** » par Schall (2014) a été optimisée. La sélectivité de ce dispositif et la pertinence de son intégration dans le cadre de la recherche du front de colonisation sera également étudiée. La recherche d'une corrélation entre les résultats des captures par Flottangs et les densités estimées d'individus obtenues *via* les campagnes de pêches électriques a été proposée. Enfin, l'utilisation des Flottangs comme méthode d'échantillonnage pour rechercher un indice d'accumulation des petites anguilles au niveau d'un obstacle anthropique a été expérimentée.

# L'ANGUILLE ET L'ENJEU DE SA CONSERVATION

## 1. Caractéristiques morphologiques distinctives

Déjà présentes sur notre planète il y a 100 millions d'années (Keith, 2011), les anguilles possèdent une morphologie serpentiforme très particulière, qui en font des animaux à part dans l'imaginaire collectif. Le genre *anguilla* regroupe une vingtaine d'espèces différenciées par le nombre de vertèbres et la disposition des dents, mais qui appartiennent toutes à l'ordre des anguilliformes et à l'infra-classe des téléostéens\*. L'espèce étudiée ici est l'Anguille européenne, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), illustrée en Figure 2. D'autres clichés réalisés au cours de l'étude sont également présentés en **Annexe 1**.

Au-delà de l'aspect serpentiforme, d'autres caractéristiques morphologiques et physiologiques distinguent nettement cette espèce de la plupart des autres téléostéens. Chez l'anguille, les nageoires caudales, dorsales et ventrales ont évolué pour ne plus former plus qu'une seule entité. L'adulte se distingue également par une respiration particulière, assurée aux  $\frac{3}{4}$  de façon percutanée et  $\frac{1}{4}$  par les branchies (Berg et Steen, 1965). Chez les anguilliformes, l'opercule branchial est réduit à un trou unique.

Comme la plupart des autres espèces de téléostéens, le corps de l'adulte est couvert d'écailles, mais ces dernières se développent tardivement et se distinguent par leur petite taille chez l'anguille (environ 3mm pour une anguille de 80 cm, selon Jellyman, 1979). De même, le corps est intégralement couvert d'un épais mucus qui, en plus des propriétés hydrodynamiques qu'il confère, permet à l'anguille de se déplacer ponctuellement hors de l'eau.

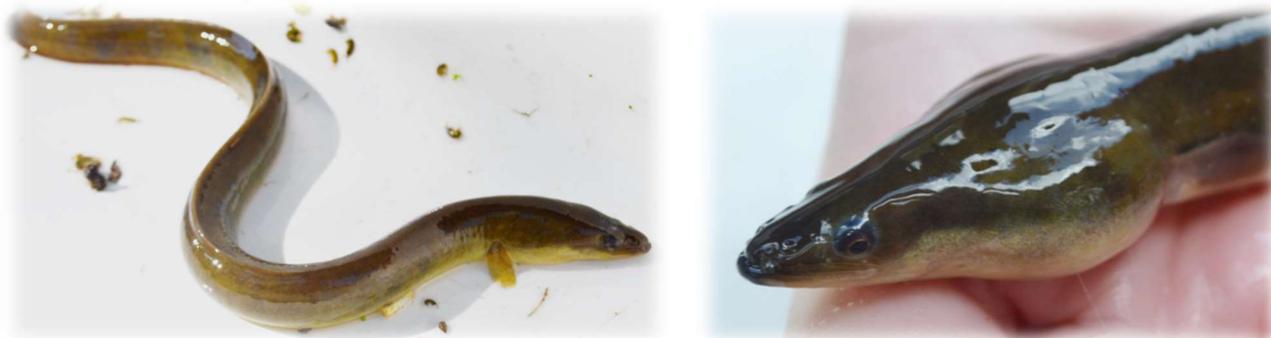


Figure 2 : Ci-dessus, deux anguilles européennes capturées par pêche électrique (Source personnelle)

## 2. Un cycle de vie à part

L'anguille européenne est également connue pour son mode de reproduction et pour son cycle de développement unique, qui demeure, malgré tous les efforts de la communauté scientifique, encore largement méconnu. *A. anguilla* est un migrateur amphihalín, thalassotoque\*. De fait, elle se reproduit en mer après avoir théoriquement accompli la plus grande partie de son cycle de croissance en eau douce. Cette partie dulcicole du cycle de vie semble toutefois facultative chez cette espèce, puisque certains individus réalisent leur phase de croissance exclusivement en milieux côtiers et estuariens (Boivin, 2013)

L'anguille européenne se reproduit uniquement dans la zone de la mer des Sargasses, du côté américain de l'Atlantique Nord.

On sait peu de choses sur les modalités de cette reproduction, si ce n'est qu'elle semble avoir lieu entre 400 et 2000 m de fond, dans des conditions de températures et de pressions extrêmes (Desbroyères, 2010), même si la profondeur exacte demeure inconnue (Dufour, 1994) et encore largement soumise à discussions. En effet, cette facette du cycle de vie de l'anguille n'a jamais pu être observée en milieu naturel, et aucun œuf ou adulte n'a jamais été directement repéré dans l'une des aires de frai supposée (Adam et al., 2008). Le cycle de vie complet de l'espèce, schématisé en Figure 3, est détaillé par la suite.

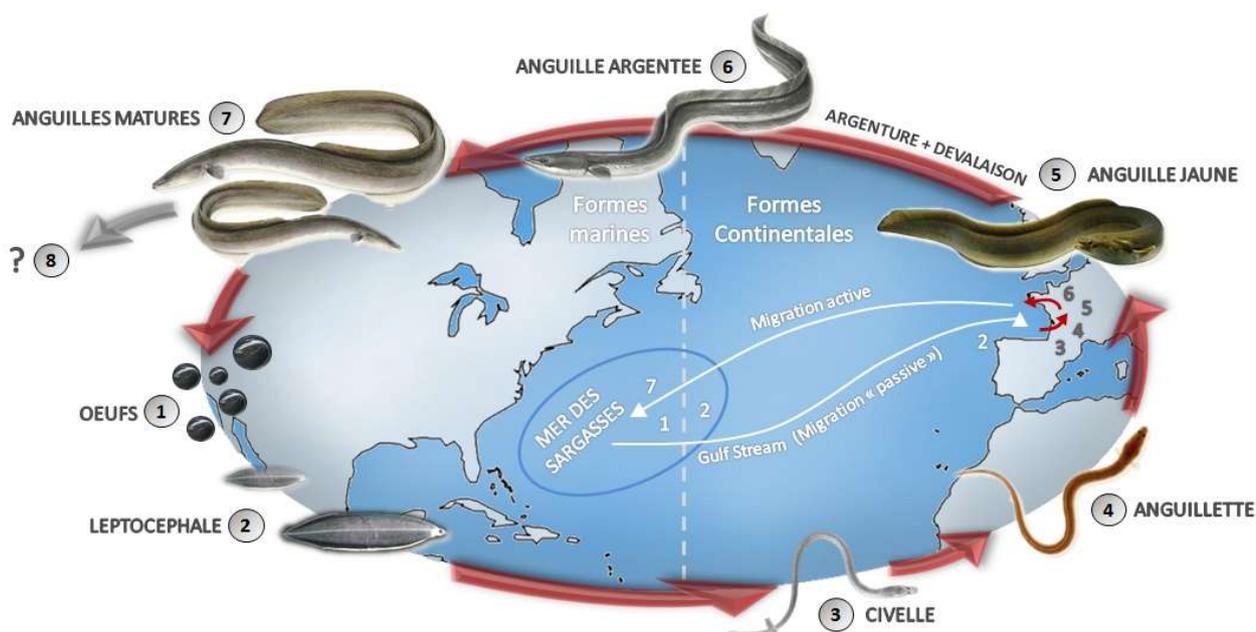


Figure 3 : Cycle de vie d'une Anguille européenne effectuant sa croissance continentale sur le Bassin de la Charente (Source personnelle, repris depuis van Ginneken, 2005).

Après la reproduction, des larves transparentes dites « leptocéphales » vont rapidement émerger des profondeurs et intégrer les courants océaniques (notamment le Gulf stream), qui vont les disséminer et leur permettre d'entamer une migration vers les côtes européennes. Un tel voyage dure environ 1 an d'après l'observation des otolithes\* (Lecomte-Finiger, 1992, 1994 ; Baisez, 2007) avec taux de mortalité des individus estimé à plus de 95 % (Lecomte-Finiger et al., 2004).

Une fois qu'elles ont atteint le talus continental, les leptocéphales vont entamer leur métamorphose en civelles (aussi appelées localement pibales). Elles s'affinent et développent l'aspect serpentiforme caractéristique des anguillidae, bien qu'elles soient toujours transparentes (**Annexe 1**). Au fur et à mesure qu'elles progressent dans la phase de montaison\*, les civelles vont progressivement commencer à se réalimenter et vont développer une pigmentation jaunâtre à une vitesse dépendant de la température et de la salinité (Briand et al., 2004). Elie et al. (1982) définissent 7 stades pigmentaires:  $V_B$  (début de pigmentation),  $VI_{A0}$ ,  $VI_{A1}$ ,  $VI_{A2}$ ,  $VI_{A3}$ ,  $VI_{A4}$ ,  $VI_B$ , le stade  $VI_{A3}$  marquant la reprise alimentaire et le passage au stade « anguillette » (Figure 4). Notons que la fraction de civelles qui parvient à atteindre la zone amont de l'estuaire constitue le « recrutement fluvial\* ».

Après une phase de colonisation et de croissance, les anguillettes s'installent la plupart du temps dans des milieux aquatiques continentaux (lacs, rivières, marais, etc.) et vont entamer une importante phase de croissance qui peut durer entre 3 et 20 ans (Acou et al., 2008), en général 4 à 8 ans pour les mâles et 12 à 15 ans pour les femelles (comm. interne F. Albert).

Les mâles capturés sont donc souvent plus petits que les femelles (Holmgren et *al.*, 1997), mais les adultes ont généralement une taille comprise entre 35 et 150 cm. Les différentes classes de taille des individus rencontrés et les interprétations biologiques qui découlent de ces observations sont présentées en **Annexe 2**.

Les mécanismes de la différenciation sexuelle sont méconnus chez cette espèce, mais les quelques études menées sur le sujet semblent indiquer qu'après une longue période d'indifférenciation, les individus soumis à de fortes densités de populations auraient tendance à produire des mâles, alors que les individus soumis à une plus faible pression démographique produiraient davantage de femelles (Krueger et Oliveira, 1999).



Figure 4 : Anguilles européennes à différents stades de développement. A gauche, les stades civelle (1) et anguilllette (2). A droite, une anguille jaune d'une trentaine de centimètres. (Source personnelle)

Au terme de cette période, les anguilles jaunes vont entamer une nouvelle phase de métamorphose pour retourner en mer des Sargasses. Elles cessent de s'alimenter, subissent d'importants changements physiologiques et morphologiques (Van Ginneken et *al.*, 2007) et développent à cette occasion une pigmentation particulière qui leur vaut le nom d'anguilles argentées.

L'argenture constitue une adaptation à l'osmorégulation en milieu marin (Fontaine, 1994). L'animal développe d'autres caractéristiques typiques des poissons abyssaux : yeux hypertrophiés (Pankhurst & Lythgoe, 1983 ; Durif et *al.*, 2000) et allongement des nageoires pectorales (**Annexe 1**). Les anguilles argentées vont réaliser une dévalaison\* vers l'estuaire et mettent environ 6 mois pour atteindre la mer des Sargasses (Van Ginneken, 2006). Au cours de cette migration, elles s'enfoncent progressivement dans les profondeurs pour disparaître, perpétuant à la fois l'espèce et le mystère qui entoure cette partie de leur cycle de vie. L'épuisement des ressources énergétiques liées à la maturation conduisant généralement à la mort des individus en laboratoire, il est plutôt supposé que les spécimens du milieu naturel ne survivent pas à la dépense énergétique que nécessite la migration (Dufour, 1994). Il n'existe toutefois aucune preuve formelle pour appuyer ce postulat.

### 3. La population d'anguilles et son évolution

#### 3.1. Etat de la population

La communauté scientifique tente encore de déterminer si l'espèce est représentée ou non par une seule population panmixte\*. Ces espèces posent des problèmes de conservation, puisque les mesures de préservation ne peuvent être efficaces que si l'ensemble de la population bénéficie d'une protection. Si la théorie de la panmixie a été remise en question au cours des années 2000 (Wirth et Bernatchez, 2001 ; Maes et *al.*, 2006), les études les plus récentes suggèrent que les variations observées ne permettent pas véritablement de remettre en question cette théorie (Dannewitz et *al.*, 2005 ; Als et *al.*, 2011 ; Pujolar et *al.*, 2014).

En l'état des connaissances, il semble que la population d'*Anguilla anguilla* ait diminué de plus de 95 % depuis la moitié du siècle dernier (Dekker, 2003 ; Parlement Européen, 2006), comme en témoigne la Figure 5.

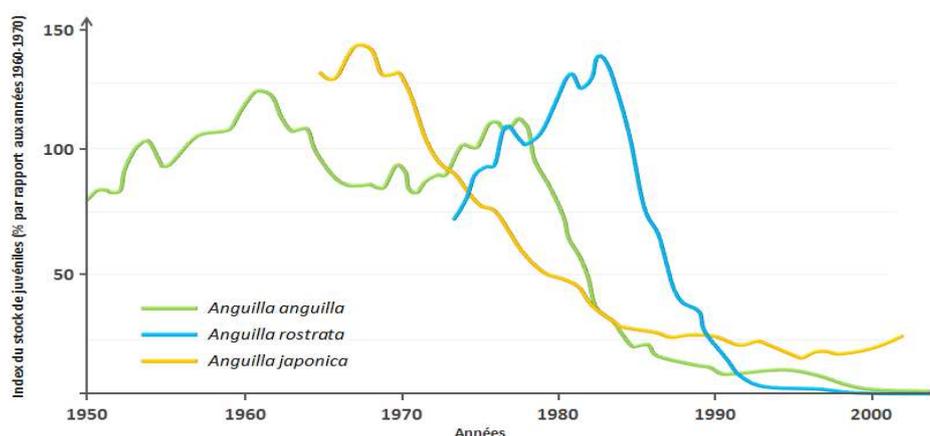


Figure 5 : Tendance d'évolution de l'abondance des juvéniles des stocks majeurs d'anguilles  
(Source personnelle, repris et traduit depuis Dekker, 2003).

La diminution des stocks a été confirmée localement sur les bassins de la Charente et de la Seudre entre 1997 et 2007, en dépit d'une forte variabilité annuelle du taux de recrutement des civelles (Durozoi et Postic-Puivif, 2009). Une modification de l'abondance relative des différentes classes de tailles a été mise en avant, avec une diminution des individus de moins de 150mm (qui correspondent aux recrutements annuels) au profit des classes de tailles supérieures (150-300mm ; >300mm). Ce changement traduit une baisse du recrutement fluvial engendrant un vieillissement de la population local d'Anguilles européennes (Cellule Migrateurs Charente Seudre, rapport des actions 2012).

## 3.2. Les causes du déclin

### 3.2.1. Les obstacles physiques

Les poissons migrateurs comme l'anguille sont sensibles aux diverses atteintes à l'intégrité de la continuité écologique (Cotten, 1996). En l'état des connaissances, il ne fait aujourd'hui plus aucun doute que la chute des effectifs puisse en partie être expliquée par la multiplication d'ouvrages hydrauliques sur les axes de migrations (Phillipart, 1987 ; Jungwirth, 1998 ; Elie, 1997). Ces derniers peuvent cloisonner les écosystèmes et influencer sur les débits des écoulements, constituant alors un frein potentiel à la libre circulation des espèces (Elie, 1997 ; PLAGEPOMI\*, 2015). La présence de turbines hydroélectriques sur certains ouvrages (moulins ou barrages) peut également engendrer une mortalité lors des tentatives de franchissement par la faune piscicole (Phillipart et al., 2013), notamment pour l'anguille argentée en phase de dévalaison\*. Au-delà de l'obstacle physique, les ouvrages peuvent aussi provoquer une rupture de gradients naturels de température ou de salinité, susceptibles de perturber le comportement et le développement de certaines espèces amphihalines, dont l'anguille (McGovern et McCarthy, 1992 ; Edeline et al., 2004 ; Briand et al., 2004).

Le taux d'étagement des bassins Charente et Seudre évoqué dans le **Tableau 1** témoigne de la fragmentation de ces axes de migrations. En effet, environ 65% du linéaire de ces fleuves est contrôlé hydrauliquement par l'activité humaine. La Figure **Annexe 3**, réalisée à partir du logiciel de cartographie *QGis* (v.2.18) situe le contexte charentais et les nombreux obstacles physiques auxquels doivent faire face les jeunes anguilles.

### 3.2.2. Les Sources de pollution et la détérioration de la qualité des habitats

La qualité des eaux reste insuffisante sur les bassins Charente et Seudre, même si des progrès ont été effectués. Environ 80 % des pollutions organiques et 60 % des principaux composés des engrais (azote et phosphore) du territoire sont éliminés par les dispositifs d'épuration (PLAGEPOMI, 2015). La qualité de l'eau du territoire reste néanmoins dégradée par l'apport de ces nutriments, susceptibles d'accélérer les processus d'eutrophisation des milieux (Rapin et al., 1989).

La bioaccumulation\* de PCB\* par les anguilles reste aujourd'hui une réalité sur le bassin Charente (PLAGEPOMI, 2015). Ces derniers altèreraient avec la capacité de reproduction des individus (Castonguay et al., 1994 ; Tapie et al., 2006), D'autres causes de mortalité et de dégradation de l'état sanitaire sont pointées du doigt, comme des infections parasitaires (Figure 6) (Haenen, 1995 ; Amilhat, 2007) ou une altération du cycle de vie due au changement climatique (Knights, 2003 ; Bonhommeau et al., 2008).

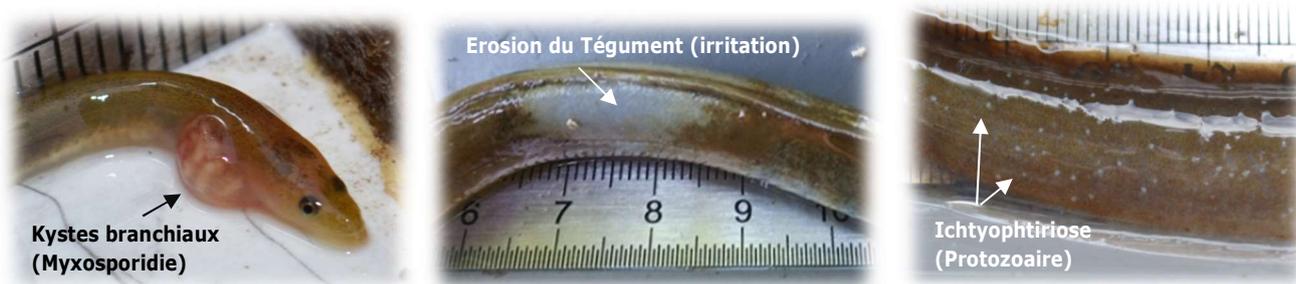


Figure 6 : Pathologies observées au cours de l'étude. (Source : personnelle, diagnostic établi d'après Girard et Elie, 2007).

### 3.2.3. Les captures liées à la pêche

L'effet de la surpêche sur le stock d'anguilles a bien évidemment été montré (Castonguay et al., 1994 ; Dekker, 2004), puisque ces animaux font partie des rares taxons pêchés de manière significative à tous leurs stades de développements «continentaux» (civelles, anguilles jaunes et argentées). Jusqu'au début des années 2000, on estime que la consommation européenne atteignait 25 000 tonnes/an, et génèrait annuellement environ 180 millions d'euros, uniquement en ce qui concerne l'activité de pêche légale (Feunteun et al., 2000).

Les pêcheurs ciblant l'Anguille européenne sur les bassins Charente et Seudre se regroupent dans 2 catégories : les pêcheurs professionnels (maritimes ou fluviaux) et les pêcheurs amateurs (plaisanciers, aux engins et filets, à la ligne). En 2014, 67 licences de pêche professionnelle maritime ciblant l'anguille ont été attribuées sur les bassins de la Charente et de la Seudre, et ce chiffre est en baisse depuis 2007. 12 licences de pêche professionnelle en eau douce ont été attribuées en 2014 (PLAGEPOMI, 2015). Les aspects réglementaires de cette activité seront abordés dans la partie suivante (I.4.1. et I.4.2.).

### 3.2.4. Le braconnage

Il existe également une activité de pêche illégale, principalement focalisée sur les premiers stades de développement de l'Anguille européenne. Si cette activité existe depuis longtemps, elle était à l'origine plutôt vue comme une conséquence de l'importance du flux de civelles observé jusque dans les années 1950. Aujourd'hui en revanche, l'attractivité de cette activité repose sur la forte valeur commerciale des civelles, du fait des restrictions de pêches légales qui se sont mises en place ces dernières années (prix de vente au marché noir estimé entre 200 et 400 €/kg de civelles suivant la saison).

## 4. Les mesures de préservation engagées

### 4.1. L'évolution de la réglementation européenne

Suite à la prise de conscience sur la nécessité de préserver l'anguille et la ressource qu'elle constitue, des mesures de protection ont été mises en place à l'échelle européenne de manière à protéger l'espèce dans sa globalité. Ainsi, après le classement des effectifs comme «*en dehors des limites de sécurité biologique*», un règlement européen a été mis en place et impose aux états membres de développer un plan de gestion national visant à atteindre un objectif de préservation commun. Le *Règlement (CE) N° 1100/2007 du Conseil du 18 septembre 2007*, paru au Journal officiel de l'Union européenne du 22/09/2007, fixe le principe théorique que *40 % des anguilles argentées de la population pristine\** (non soumise à impact anthropique) *qui effectuent leur dévalaison de reproduction puissent atteindre le milieu marin*. Si l'un des pays ne met pas en place un tel plan de gestion, il doit à titre de compensation réduire de moitié sa pêche d'anguille.

La valeur seuil de 40 % est censée assurer un renouvellement d'individus suffisant pour permettre une réaugmentation des effectifs. Cet objectif est toutefois difficilement atteignable en l'état des connaissances actuelles, puisqu'on ne sait ni estimer précisément le nombre d'individus qui dévalent annuellement, ni le nombre d'individus correspondant à la population pristine (Aalto et al., 2016). Les résultats issus de modèles récemment publiés semblent toutefois indiquer un taux d'échappement optimiste situé autour de 35%, qui reste inférieur à la valeur théorique visée par la réglementation (Aalto et al., 2016).

En sus de son intégration à la liste rouge UICN en 2008, *Anguilla anguilla* a été inscrite la même année à l'annexe II de la convention CITES\*. Ce classement met fin à l'exportation de l'espèce vers le marché asiatique et encadre très strictement son commerce dans l'Union Européenne.

### 4.2. La réglementation française

#### 4.2.1. le PGA : des mesures de protection nationales

Afin de s'aligner sur la politique européenne, un *Plan de Gestion Anguille (PGA\*)* national a été mis en place en France en 2010. Il fixe des orientations pour assurer une recolonisation des cours d'eau par l'anguille. Le PGA s'articule autour de deux axes majeurs : limiter l'impact des pêcheries sur la population d'anguilles et assurer le repeuplement. Depuis la publication du *Décret n°2010-1110 du 22/09/2010*, seuls les pêcheurs professionnels de la façade Atlantique, Manche et Mer du Nord sont autorisés à pratiquer la pêche de la civelle (individu <120mm). Ce même décret interdit la pêche de l'anguille argentée.

Le PGA institue aussi un quota global de pêche annuel, qui tient compte des effectifs recensés et des impératifs économiques des pêcheries. Le quota national 2016-2017 s'élève à 65 tonnes de civelles (75 tonnes en 2014-2015). Sur l'ensemble des pêches professionnelles, la réglementation prévoit de réserver 60 % du stock prélevé pour des opérations de repeuplement. Les 40 % restants sont commercialisés.

Le PGA vise enfin à assurer un retour de la continuité écologique. Les actions de restauration s'appuient notamment sur l'article L.215-10 C.E., qui donne à l'Etat la prérogative d'imposer la mise aux normes des ouvrages incompatibles avec ces phases de migrations. Les travaux peuvent nécessiter la mise en place de dispositifs de contournements, dont l'efficacité a été montrée (Denil, 1938 cité dans Ovidio et Phillipart, 2002 ; Clay, 1961). Menées en parallèle avec des programmes de repeuplements, de telles opérations de restauration favorisent généralement le retour d'espèces amphihalines (Breukelaar et al., 1998 ; Gerlier et Roche, 1998).

#### 4.2.2. Le Volet local et l'UGA : des mesures de protections locales

Le plan de gestion national et les quotas associés sont déclinés au niveau régional par *Unités de Gestion Anguille* (UGA\*), parmi lesquels se trouve l'unité Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre-Arcachon, dont le quota de prélèvement est fixé à 25 % du quota national (soit 16,25 tonnes). Chaque UGA doit participer à la protection de l'espèce en développant un plan de gestion adapté à son contexte. Le bassin Charente-Seudre est inclus au sein du *Plan de Gestion Anguille Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre*.

Le suivi de la population locale d'anguilles et de sa capacité de colonisation est assuré par la CMCS. L'objectif des suivis est d'orienter les actions de préservation de façon à favoriser la montaison et la survie des civelles et des anguillettes. En effet, si le règlement européen vise à assurer un certain pourcentage de survie lors de la dévalaison, il est primordial de limiter la mortalité observée lors de cette montaison, afin d'influer sur le nombre d'individus qui seront capables d'effectuer la migration de reproduction (Rigaud, 2017). Or, pour améliorer le taux de survie des jeunes individus sur les bassins Charente et Seudre, il est indispensable que les anguilles puissent se répartir sur plusieurs axes de colonisation, afin de limiter les phénomènes d'accumulations et leurs effets délétères sur l'état sanitaire et la survie de la population.

Cette politique de gestion, basée sur une évaluation de la transparence des ouvrages pour les espèces aquatiques, est aussi portée par le PLAGEPOMI et dépasse ainsi la seule préservation de l'anguille, en intégrant la protection de l'ensemble des espèces de migrateurs amphihalins présents sur le territoire.

#### 4.2.3. Le Plan de Gestion des Poissons Migrateurs : le PLAGEPOMI

Le PLAGEPOMI est un schéma d'orientation stratégique dont l'objectif est d'assurer la préservation/restauration des espèces amphihalines au niveau du bassin de gestion *Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre*. Ce document dresse un état des lieux et intègre un ensemble de préconisations techniques (localisation des principaux enjeux, identification des ZAP\*, stratégies de gestion, pressions de pêches recommandées, etc.). Les préconisations formulées sont intégrées au sein du SDAGE Adour Garonne.

#### 4.2.4. L'action de la Cellule Migrateurs Charente Seudre

Dans le cadre du PGA et du PLAGEPOMI, une ZAP a été définie et retenue. Une liste de 75 ouvrages problématiques a été dressée en 2008 et ces derniers sont progressivement aménagés depuis (**Annexe 4**). Le type d'aménagement varie selon les contextes, pouvant aller de l'effacement total des obstacles à la mise en place de dispositifs d'évitement ou de prises d'eau ichtyocompatibles. Au sein de ce processus d'aménagement, le rôle de la CMCS est de contrôler l'évolution des flux de migrateurs amphihalins, ce qui permettra de déterminer l'efficacité des mesures de restauration.

Afin d'accompagner ce processus de restauration, la CMCS a aussi développé un *Tableau de bord*, utilisé pour transcrire les suivis réalisés sur les effectifs de migrateurs et pour vulgariser le résultat des travaux de la structure. Présenté sous la forme d'un site internet (<http://www.migrateurs-charenteseudre.fr/tableaux-de-bord/>), cet outil d'aide à la décision permet aux acteurs de cerner leurs enjeux écologiques et d'orienter au mieux leurs politiques de gestion du milieu aquatique. Les données synthétisées sous forme d'indicateurs permettent aux usagers d'appréhender simplement les effets sur les migrateurs des orientations de gestion du territoire. L'évolution du front de colonisation au fil des années, qui renseigne sur le recrutement fluvial et la franchissabilité des ouvrages, est une des informations accessibles via cet outil.

# MATERIEL ET METHODE

## 1. Etat des lieux et évolution historique de la population

### 1.1. Données historiques des FDAAPPMA

La première phase de l'étude a consisté à valoriser des données issues des FDAAPPMA de Charente (16) et de Charente-Maritime (17) afin de permettre une visualisation de l'évolution globale de la colonisation du bassin Charente par l'Anguille européenne depuis 2007. Ces données résultent des pêches d'inventaires et englobent environ 400 pêches électriques. Les informations retenues dans le cas du front de colonisation étant issues de données relatives à la taille des individus, un travail de regroupement, d'uniformisation et de traitement cartographique de ces données a pu être réalisé.

Un premier tri a été effectué via le logiciel QGIS pour exclure les stations de pêche situées hors du contexte hydrologique Charente-Seudre. Seules les 224 sessions de pêche ayant eu lieu sur ces bassins entre 2007 et 2016 ont été retenues. Parmi ces dernières, seules les sessions où des anguilles ont été échantillonnées ont été traitées, les autres n'étant utilisées que pour signaler l'absence de prélèvement de l'espèce sur les sites prospectés. Une fois les stations hors contexte supprimées, les données de tailles des 136 stations (*soit 60,7% des 224 prospectées*) ayant échantillonnées l'espèce *Anguilla anguilla* au moins une fois ont été importées sous *Excel*. Un comptage automatique des effectifs correspondant aux classes de tailles recherchées a ensuite été réalisé sous *Excel*, via la fonction *NB.SI* du logiciel.

### 1.2. Evolution spatio-temporelle des classes de tailles : les données historiques de la Cellule Migrateurs

Dans le cadre de l'étude, il a été décidé de synthétiser l'information recueillie par la CMCS depuis 2009 sous la forme d'une modélisation de l'évolution spatio-temporelle de la répartition des différentes classes de tailles d'anguilles sur l'axe Charente. Notons qu'afin de pouvoir comparer les résultats sur des stations présentant des surfaces d'échantillonnage différentes selon les sites et les années, le nombre brut d'individus échantillonnés par station a été rapporté à une densité estimée d'anguilles pour 100m<sup>2</sup>.

Un état de référence a été défini en moyennant les résultats obtenus sur les campagnes 2009, 2010 et 2011 (Cellule Migrateurs, 2012). Les autres données ont été issues des campagnes de suivis 2013 et 2015. La modélisation inclura aussi la campagne d'échantillonnage 2017 menée dans le cadre de cette étude.

D'une part, cela a permis de comparer le peuplement actuel à l'état de référence et d'offrir une continuité aux données 2009-2015. La prise en compte de la campagne 2017 permet également de faire le lien entre la modélisation des données historiques et l'évolution de la position du front de colonisation des différentes classes de taille au fil des années.

Une autre analyse, incluant exclusivement les 8 stations échantillonnées systématiquement entre 2013 et 2017 a été réalisée dans la lignée des travaux de Durozoi et Postic-Puivif (2009), afin de déterminer si la tendance au vieillissement de la population locale d'anguilles constatée entre 1997 et 2007 s'est poursuivie de nos jours. L'évolution temporelle des effectifs des classes de tailles <150mm / 150-300mm / >300mm sur ces 8 stations a été analysée, et les résultats comparés avec ceux de la période 1997-2007.

## 2. La recherche du front de colonisation 2017

Il existe une limite du front de colonisation propre à chaque classe de taille d'anguille (ex : <150mm). Cette limite est définie par la distance par rapport à l'océan (exprimée en km) de la station au-delà de laquelle la probabilité d'occurrence d'un individu de la classe de taille sélectionnée devient égale à 50%. Cette valeur seuil est appelée D50. On relève également la « distance de disparition », au-delà de laquelle les anguilles de la gamme de taille ont une occurrence nulle. Afin de définir l'évolution du front de colonisation pour 2017, 21 stations d'échantillonnage ont été choisies sur l'axe du fleuve Charente et 9 autres ont été sélectionnées pour estimer le positionnement du front sur l'axe Seudre. Deux approches ont été utilisées pour échantillonner les individus : la pêche électrique et les Flottangs.

### 2.1. L'échantillonnage par pêche électrique

La pêche électrique est une technique de capture consistant à diffuser dans l'eau un courant électrique qui circule depuis l'anode d'un opérateur vers une cathode disposée en aval. Particulièrement sensibles aux champs électriques, les poissons sont attirés par l'électricité, qui les tétanise suffisamment longtemps pour permettre leur capture. Les spécimens sont ensuite soumis à une biométrie. Notons que dans le cas d'une pêche ciblant l'anguille, seuls les poissons appartenant à cette espèce sont récupérés. Le matériel de pêche électrique utilisé dans cette étude est un dispositif portatif *MARTIN PECHEUR*® de la marque DREAM ELECTRONIQUE, adapté aux cours d'eau de faible profondeur. Les deux épuisettes utilisées lors des sessions sont des modèles de maille 1,5 mm, adaptés à la capture des petites anguilles.

La méthode d'échantillonnage varie selon les territoires et les UGA. Dans le cas du bassin de gestion Garonne (dans lequel est intégrée la Charente), la technique utilisée est une pêche dite « *en pied d'ouvrage* \* ». Cette technique consiste en effet à échantillonner le milieu de l'aval vers l'amont dans une zone de 100m<sup>2</sup> en aval d'un ouvrage hydraulique référencé comme étant le plus en aval de l'affluent par rapport à l'axe principal. Du fait de la complexité de franchissement par les anguilles, on suppose qu'il peut exister un effet d'accumulation des individus qui permet d'augmenter la probabilité de capture.

Si l'on peut argumenter que cette méthode est finalement peu représentative de la population globale (puisque les différentes classes de tailles franchissant plus ou moins aisément les obstacles anthropiques (Legault, 1988) elle permet en retour un meilleur échantillonnage des anguilles de moins de 150mm.

Concernant le protocole de prospection, les stations sont découpées en trois tronçons, prospectés de l'aval vers l'amont : le Bief, la partie centrale et le Pied d'ouvrage. Dans le cadre de cette étude, 12 pêches électriques ont été programmées sur l'axe Charente et 9 sur l'axe Seudre.

En aparté, précisons qu'une cartographie bilan montrant les différents objectifs et méthodes d'échantillonnages est présentée en **Annexe 5**. Les coordonnées des stations (présentées au format Lambert 93), ainsi que le planning de l'ensemble des sessions de terrain sont respectivement présentées en **Annexes 6** et **7**.

Les individus de chaque tronçon sont pré-triés à l'œil en trois classes de tailles : <100mm / 100-250mm / >250mm. Si l'effectif de l'une d'elles dépasse 30 individus, le comptage se fait alors par lot pour cette classe de taille. La technique utilisée par la CMCS consiste à échantillonner aléatoirement et à mesurer 30 individus.

Les individus restants sont comptés, et la taille de ceux mesurés est appliquée aux individus seulement dénombrés. Pour réaliser la biométrie, les anguilles sont anesthésiées *via* 1mL d'une solution d'Eugénol dilué au 1/10<sup>ième</sup> dans de l'éthanol à 95% versé dans un bac de 10L d'eau (CMCS, 2015).

Pour chaque station, deux passages sont effectués pour calculer une efficacité de pêche et estimer la densité de la population présente. La méthode d'estimation employée est celle développée par Carle et Strub (1978), qui requiert la vérification de deux hypothèses: une taille de poisson sans influence sur sa probabilité de capture et une population stationnaire (Gerdeaux, 1986). Le calcul de densité *Carle & Strub* est réalisé *via* le Logiciel *Aquafauna*, qui fournit également la valeur d'abondance estimée de chaque gamme de taille.

## 2.2. Densification du réseau de suivi : utilisation des Flottangs

### 2.2.1. Présentation du dispositif

Compte tenu des résultats encourageant obtenus sur les jeunes anguilles avec une nouvelle méthode d'échantillonnage passive (Schaal, 2014), il a été décidé d'associer cette année aux pêches électriques la technique « Flottang » expérimentée en 2014 et 2015 (Figure 7 ci-après). L'utilisation d'habitats artificiels susceptibles d'offrir une cachette temporaire aux animaux aquatiques est depuis longtemps envisagée et a déjà été testé sous plusieurs formes (Naismith & Knights, 1988 ; Silbercheineder et *al.*, 2001). La configuration du bassin Charente rendant impossible la prospection de certaines zones par pêches électriques, la recherche d'une alternative a abouti en 2014 à la création du dispositif « Flottang », perfectionnée depuis par la CMCS et l'IRSTEA\*.

Le dispositif en lui-même se présente sous la forme d'une géodrilles synthétique aérée et semi-rigide, le *Macmat*®, traditionnellement utilisé pour stabiliser les talus remodelés lors de travaux. Chaque piège est composé d'une superposition de 6 couches de *Macmat* de 40 x 40 cm, maintenues par un système de crochets. Le maillage utilisé permet de cibler les anguilles de moins de 15 cm (Figure 7), issues du recrutement fluvial annuel (Cellule Migrateurs Charente Seudre, Rapport des actions 2015).



Figure 7 : A gauche, un Flottang sous la surface d'un cours d'eau. A droite, la gamme de taille ciblée par le dispositif (<15 cm), ici une anguille d'une douzaine de centimètres. (Source personnelle)

Après avoir été fabriqué les Flottangs « neufs » ont été acclimatés au milieu aquatique (immersion de 5 jours dans une zone lotique\*). Cette acclimatation des engins semble nécessaire pour obtenir des captures significatives (Mohr, 1971 ; comm. interne F. Albert).

Lors des sessions de relèves, les Flottangs déposés sur les stations ont été récupérés de l'aval vers l'amont 2 jours après la pose, à l'aide d'une épuisette de maille 1,5 mm qui évite la fuite des plus petites anguilles. Après avoir mesuré les individus et contrôlé la présence de pathologies, ces derniers étaient remis en liberté sur le site de prélèvement. Ces sessions de poses/relèves de Flottangs sont illustrées en **Annexe 8**. Divers ouvrages prospectés lors de l'étude y sont également illustrés.

### 2.2.2. Utilisation du Flottang dans le cadre de la recherche du front de colonisation 2017

L'utilisation du Flottang a entre autre permis de densifier la récolte d'informations sur la répartition des jeunes anguilles jaunes en phase de montaison (individus <150mm). Ainsi, afin d'étendre la surface prospectée dans le cadre du front de colonisation, des Flottangs ont été disposés sur 9 stations situées à l'amont de la ville de Cognac (**Annexe 5**). La donnée recherchée étant la présence de l'espèce et de certaines classes de tailles, 5 pièges ont été placés en pied d'ouvrage de ces stations (**Figure 8**), là où s'observerait potentiellement un effet d'accumulation (Rigaud, 2017). Cette densification du réseau de suivi a également été menée sur le bassin Seudre. Ainsi, deux stations situées à l'aval du front de colonisation 2015 (St Trivial et Chatelard) ont été équipées selon la méthode présentée ci-dessous.

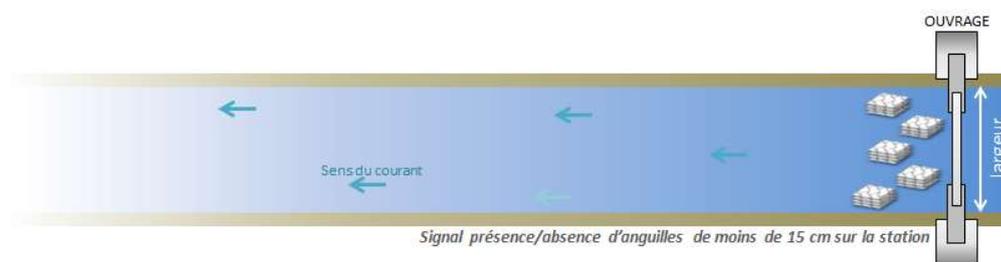


Figure 8 : Méthodologie de pose des 5 pièges par station pour rechercher le front de colonisation. (Source personnelle)

## 3. Evaluation de la représentativité des captures Flottang

### 3.1.1. La recherche d'un complément d'information sur les petites gammes de tailles

Si aujourd'hui la pêche électrique demeure la technique incontournable pour échantillonner des peuplements piscicoles, son efficacité diminue avec les anguilles les plus petites (<12cm). Les jeunes individus seraient donc potentiellement sous-prélevés lors des pêches (Rigaud & Fabre, 2010).

L'utilisation du Flottang pourrait donc éventuellement fournir un supplément d'information concernant la présence des petits individus. De fait, la réalisation de la campagne de pêches électriques a aussi été l'occasion de déterminer s'il pouvait exister une relation entre les densités estimées issues des pêches et les effectifs d'anguilles capturés par les Flottangs. Les deux techniques sont illustrées en **Annexe 9**.

### 3.1.2. La recherche d'un modèle de répartition des individus à l'aval d'un ouvrage

Dans le cadre de l'étude, un *signal de répartition* des petits individus à l'aval des stations présentant des obstacles au franchissement a été recherché. L'existence d'un signal de répartition hypothétique pourrait apporter une information pertinente dans le cadre de la recherche d'un « *indice pied d'ouvrage* » permettant d'évaluer l'effet d'accumulation causé par la présence d'un obstacle à la migration. Toutefois, en raison du caractère chronophage de ces sessions (2x3h par station) et face à la nécessité de procéder à plusieurs sessions (3, espacées d'un mois), seules deux stations connues pour abriter des densités significatives d'anguilles <150mm ont bénéficié de ce traitement : *Seugne* (Charente) et *Trois Doux* (Seudre) (**Figure 10**).

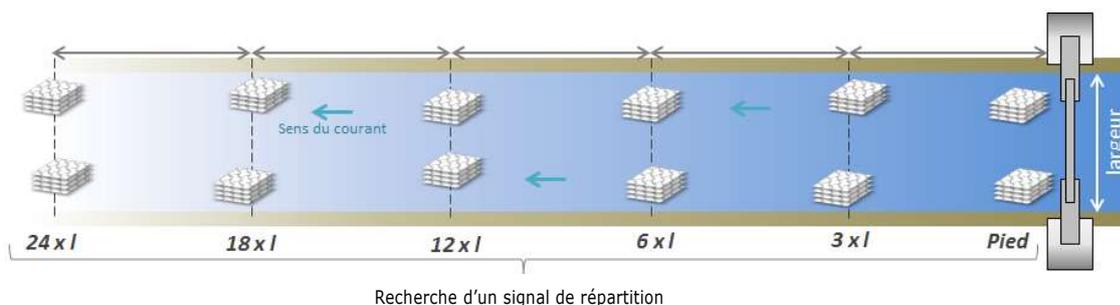


Figure 9 : Méthodologie de pose des 12 pièges par station pour évaluer la répartition des jeunes anguilles. (Source personnelle)

### 3.1.3. Comparaison densités estimées / captures Flottangs

Comme introduit plus haut, les données récoltées par pêche électrique dans le cadre du front de colonisation ont aussi été utilisées pour déterminer s'il existe un lien avec les effectifs capturés dans les Flottangs. Les 8 stations les plus en aval du réseau de pêche électrique du bassin Charente, ainsi que 7 stations du réseau de suivi de la Seudre (**Annexe 5**) ont donc également été échantillonnées par Flottang, via la méthode présentée en Figure 11.

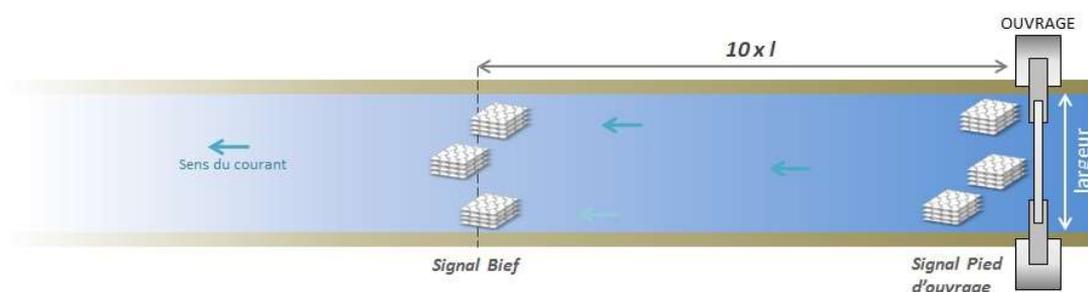


Figure 10 : Méthodologie de pose pour la comparaison des techniques Flottangs / Pêches électriques (Source personnelle)

Ces sessions ont été réalisées en suivant un modèle de disposition standardisé des pièges, adapté à la morphologie des stations. Chaque station a été équipée de 6 pièges, 3 en pied d'ouvrage et 3 au niveau d'un signal « Bief\* », placé à 10 fois la largeur en eau de la station. L'aire de piégeage correspond ainsi à la zone échantillonnée plus tard par pêche électrique. Deux sessions ont été organisées à 1 mois d'intervalle afin d'améliorer la représentativité des résultats. Différents paramètres ont été relevés sur les sites de poses (taille du substrat, présence de caches, profondeur du lit, courant, etc.) afin de vérifier s'il pouvait exister une relation entre l'efficacité d'un piège et l'environnement de pose.

### 3.1.4. Le Flottang : vers une observation d'un effet d'accumulation

Des données récoltées concernant le ciblage de certaines gammes de taille, la relation entre l'habitat et l'efficacité du Flottang, la représentativité du dispositif par rapport aux pêches électriques ou une répartition particulière des individus à l'aval d'un ouvrage bloquant seront autant d'arguments susceptibles de favoriser l'amélioration future du système Flottang.

Ces données permettront aussi de dégager des pistes de réflexions concernant une éventuelle application du Flottang comme méthode d'échantillonnage, dans le cadre de l'élaboration d'un indice de mesure basé sur l'utilisation de calculs de quartiles issus des effectifs capturés en Pieds d'ouvrages. A terme, cet indice pourrait potentiellement être mis à disposition des gestionnaires pour évaluer, via la pose de Flottangs la transparence ou l'opacité des ouvrages hydrauliques présents sur les axes de migrations potentiels de l'anguille.

# RESULTATS ET ANALYSES

## 1. Evolution historique de la colonisation du bassin Charente (données FDAAPPMA 2007-2016)

A l'issu du traitement des données issues des FDAAPPMA 16 et 17, la présence d'anguilles a été relevée sur 96 stations différentes. Un classement des individus a été effectué pour chaque session afin d'obtenir un effectif pour les gammes de tailles recherchées (<150mm / <300mm / >300mm). 4627 anguilles ont été échantillonnées sur cette période, avec des tailles réparties comme suit (**Tableau 2**) :

**Tableau 2** : Classes de tailles d'anguilles échantillonnées par les FDAAPPMA 16 - 17 entre 2007 et 2016.

Gamme de taille	≤ 150 mm	≤ 300 mm	150 - 300 mm	> 300 mm	TOTAL
Effectif Total	466	2981	2515	1646	4627
Pourcentage	10,07	64,43	54,35	35,57	100

Le travail sur les données FDAAPPMA a permis d'ajouter une information d'occurrence globale des différentes gammes de taille d'intérêt, et d'obtenir ainsi une image de l'évolution historique de la population d'anguille présente sur le bassin. Le résultat est présenté en **Figure 11**. Précisons toutefois qu'il s'agit ici d'une vision *a minima*, puisque des anguilles de moins de 150mm peuvent être présentes en amont de ces points sans pour autant avoir été échantillonnées.

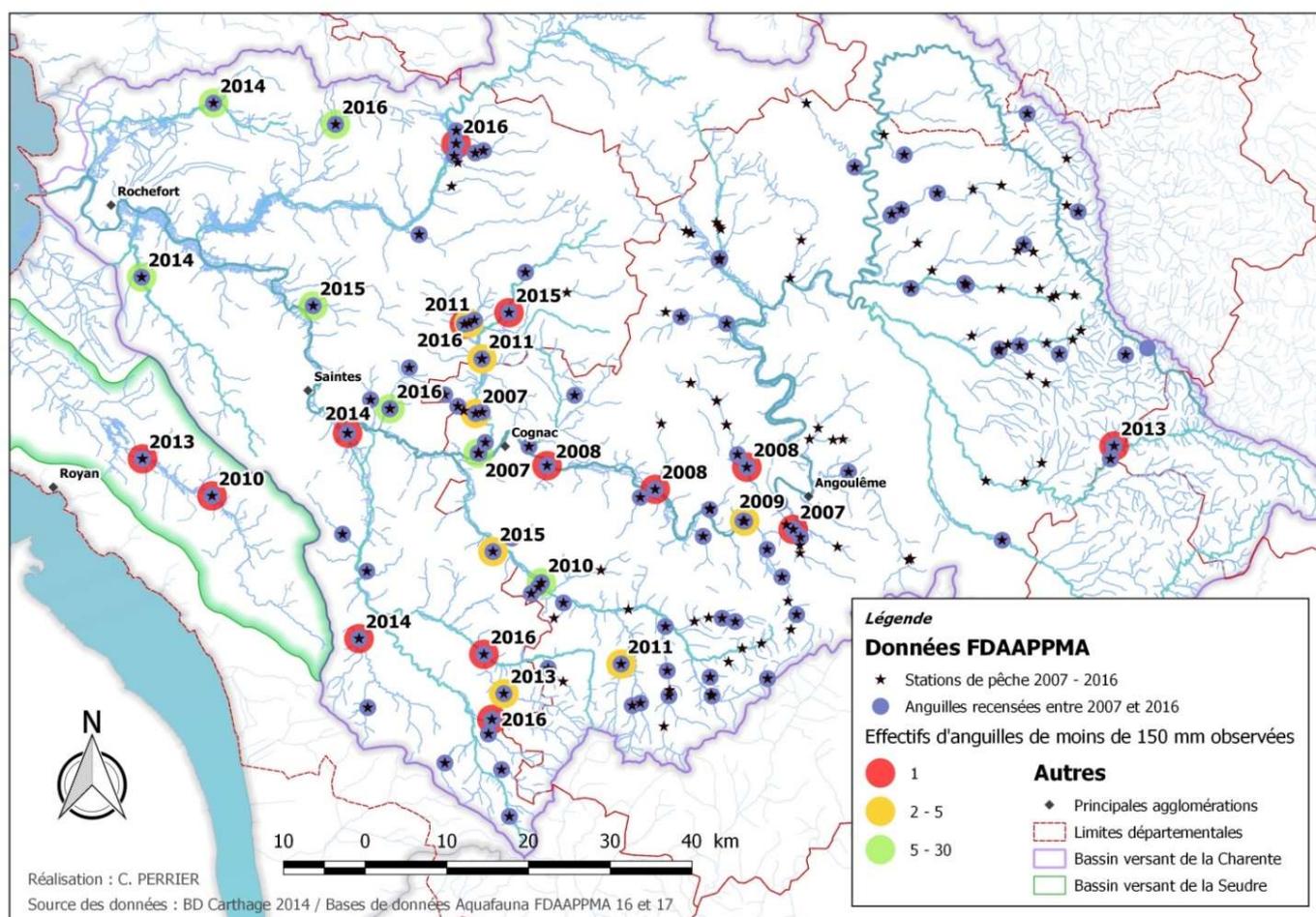


Figure 11 : Echantillonnage d'anguilles réalisés par les FDAAPPMA 16-17 entre 2007 et 2016

On constate que les observations les plus récentes d'individus <150mm sont majoritairement concentrées en aval de la ville de Cognac. A l'amont de ce point, les stations prospectées sur la partie Charente n'ont pas permis de mettre en évidence une présence importante d'anguilles <150mm après 2008. Néanmoins, et même si cette observation reste anecdotique, la présence d'un individu appartenant à cette gamme de taille a été confirmée en 2013 sur la station de Logeat (à plus de 220 km de l'océan). Les individus de tailles plus importantes sont régulièrement échantillonnés sur les parties les plus amont, situées au Nord-Est et au Sud, Sud-Est du Bassin. La suite de l'étude, qui s'est appuyée sur les suivis spécifiques anguilles effectués par la CMCS, tentera de mettre en avant ces modalités en se basant sur une méthodologie mieux adaptée à l'échantillonnage et au suivi d'*Anguilla anguilla* de taille <150 mm.

## 2. Evolution du front de colonisation sur l'axe Charente

### 2.1. Données générales :

Sur la période 2009-2015, les campagnes de pêches électriques menées par la CMCS ont fourni les données synthétisées dans le **Tableau 3** ci-dessous. Afin de visualiser l'évolution spatio-temporelle de la répartition des différentes classes de tailles d'anguilles sur l'axe Charente, un modèle a été réalisé où chaque gamme de taille est exprimée via un pourcentage calculé à partir d'une densité estimée d'individus par station (**Figure 12**). Afin de mettre ces résultats en perspectives avec le reste de l'étude, les données issues de la campagne 2017 ont été ajoutées. Les valeurs chiffrées de ratio utilisées pour décrire le résultat de la modélisation ( $\frac{\% \text{ d'anguilles } \leq 150 \text{ mm}}{\% \text{ d'anguilles } 150-300 \text{ mm}}$ ) sont disponibles en **Annexe 10**.

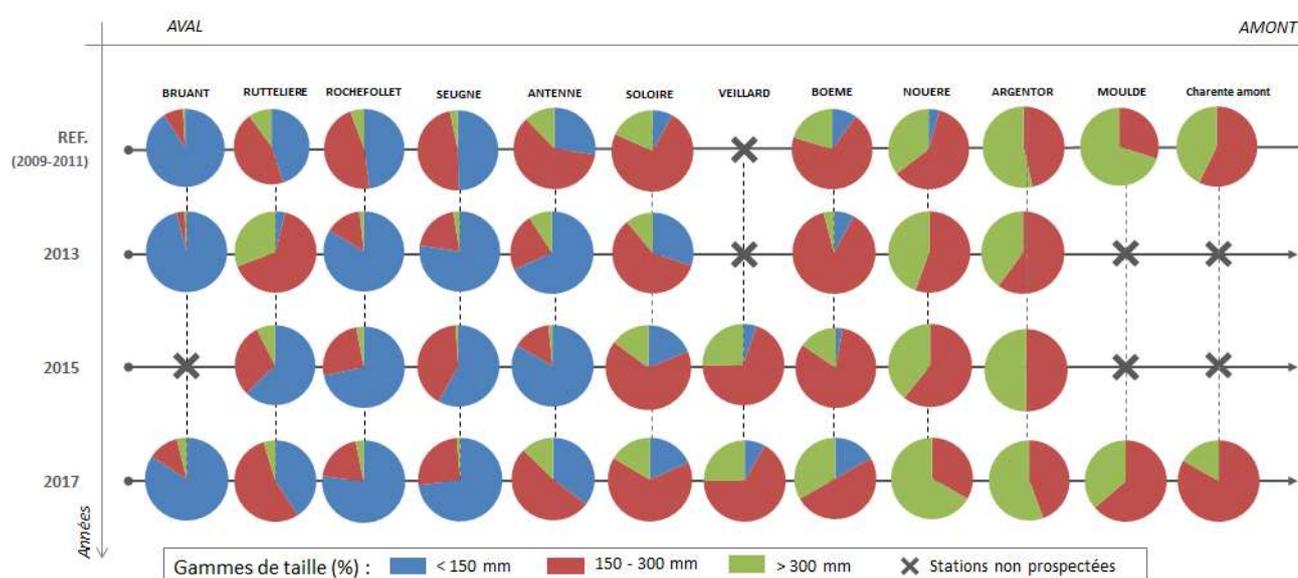


Figure 12: Evolution spatio-temporelle de la population d'anguilles sur l'axe Charente

On distingue trois grands types de répartitions qui sont fonction de la position sur le bassin versant. Sur les stations les plus aval (Bruant, Ruttelière, Rochefollet, Seugne et Antenne), les petits individus dominent nettement malgré de fortes fluctuations interannuelles. Sur les stations médianes (Soloire, Veillard et Boème), le peuplement devient plus mixte. Les individus de tailles moyennes et de grandes tailles se répartissent ensuite à l'amont du bassin. Les ratios présentés par l'**Annexe 10** confirment ce modèle de répartition.

**Tableau 3** : Bilan des campagnes de l'axe Charente par la CMCS entre 2009 et 2015. Les données 2009-2011 sont une moyenne des résultats de 2009, 2010 et 2011.

Année	Nombre de stations	Surface totale prospectée (m <sup>2</sup> )	Densité totale (individus/100 m <sup>2</sup> )	Densité totale d'individus <100 mm	% d'individus de moins de 100 mm	Densité totale d'individus <150 mm	% d'individus de moins de 150 mm	Densité totale d'individus >150 mm	% d'individus de plus de 150 mm
2009	19	6021,8	28,2	9,9	35,0	15,9	56,3	12,3	43,7
2010	13	3066,9	47,3	21,4	45,2	X	X	X	X
2011	10	2436,3	54,4	20,9	38,5	31,4	57,6	23,1	42,4
(2009-2011)	42	3841,6	38,8	15,3	39,3	22,4	57,7	16,4	42,3
2013	10	2000,9	129,0	80,5	62,4	101,0	78,3	28,0	21,7
2015	10	2127,2	85,8	25,0	29,1	48,0	55,9	37,8	44,1

L'année 2013 présente un niveau de recrutement supérieur à la référence, malgré une proportion d'individus <150 mm quasi-nulle sur la seconde station la plus aval (Ruttelière). En 2017, la proportion de petits individus semble réduite par rapport aux années précédentes malgré des exceptions. Sur les stations Rochefollet et Seugne (situées relativement à l'aval du bassin), on note une augmentation du ratio entre 2015 et 2017. Malgré les années, le recrutement reste faible sur la station Ruttelière, pourtant très à l'aval du bassin. Pour les stations plus en amont, le ratio se maintient (Soloire, Veillard) ou diminue (Antenne) entre 2015 et 2017. Le ratio moyen diminue logiquement en fonction de la distance à l'océan, avec un décrochage qui s'amorce sur la Soloire (passage de 2,4 sur l'Antenne à 0,3 sur la Soloire). 2013 est l'année présentant le ratio le plus élevé, malgré des valeurs par station fluctuantes. La valeur record est obtenue sur le Bruant en 2013 (30,3).

## 2.2. Evolution de la population sur la période 2007 - 2017

Afin de déterminer si la composition globale et les différentes classes de tailles de la population ont évolué depuis 2009, les valeurs des densités estimées des 8 stations prospectées annuellement entre 2011 et 2017 (Ruttelière, Rochefollet, Seugne, Antenne, Soloire, Boème, Nouère et Argentor) ont été sommées. Les valeurs d'écarts types ont été calculées à partir de l'écart moyen entre les valeurs de densités estimées des différentes stations sommées. Les individus <150 mm présentent une variabilité annuelle de capture importante (Figure 13). Les individus de 150- 300 mm représentent la fraction la plus stable (pas de différence significative avec les valeurs de référence), même si l'on note une baisse significative depuis 2013. Enfin, une nette tendance à la diminution des effectifs a été relevée pour les anguilles les plus grandes. Une interprétation de ces résultats sera proposée dans la partie *Discussion* (page 29).

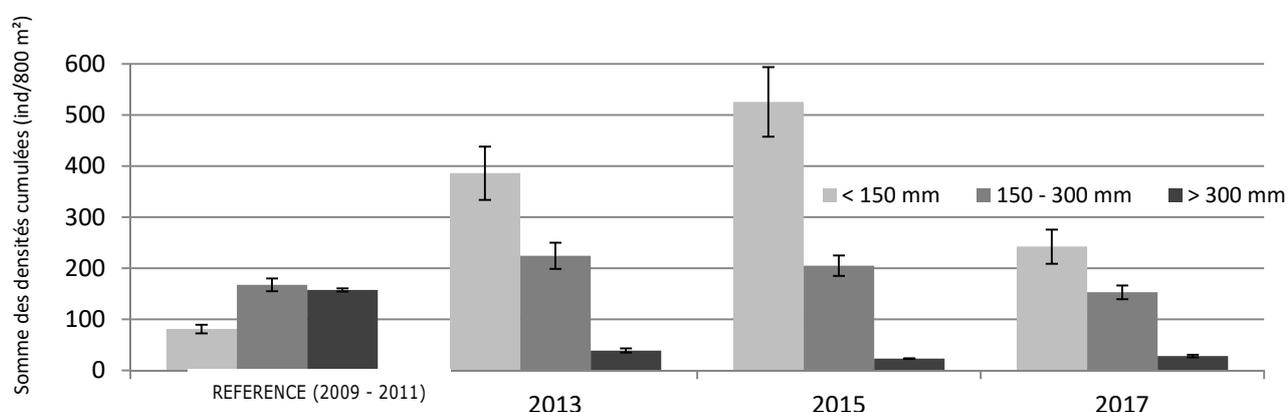


Figure 13 : Evolution de la population d'anguilles et de sa composition entre 2009 et 2017.

### 3. L'état du recrutement fluvial et de la colonisation de l'axe Charente

#### 3.1. Bilan récapitulatif de la campagne de pêche électrique 2017

A l'issue de la campagne de pêche électrique menée cette année sur 14 stations prospectées le long de l'axe Charente, 2408 anguilles ont été capturées. Elles se sont réparties comme détaillé dans le **Tableau 4** :

**Tableau 4** : Bilan des captures réalisées par pêches électriques sur l'axe Charente en 2017.

Station	Distance à l'océan (km)	Surface prospectée (m <sup>2</sup> )	Effectif brut	Densité estimée (ind/100m <sup>2</sup> )
Bruant	39	151	476	356,3
Ruttelière	58	259	108	59,5
Rochefollet	61	264	317	137,1
Escambouille	68	60	29	55,0
Seugne	84	420	611	185,2
Antenne	103	598	326	188,5
Soloire	109	293	252	88,7
Veillard	120	179	198	114,0
Boème	149	154	6	3,9
Nouère	158	214	4	1,9
Auge	203	118	0	0,0
Argent or	243	218	9	4,1
Moulde	357	284	12	4,2
Charente	358	512	60	11,7

##### 3.1.1. Répartition des gammes de tailles

Les individus échantillonnés ont ensuite été séparés en plusieurs classes de taille afin d'extraire le pourcentage de présence de chacune d'entre elles. On observe deux pics de présence distincts : si l'on note une nette dominance des individus mesurant entre 60 et 80 mm (26% des captures totales sur l'axe Charente), on observe d'autre part un étalement des individus mesurant entre 110 et 210 mm (plus de 40% des individus). Le résultat est présenté en [Figure 14](#). La répartition des différentes gammes de tailles d'intérêt des stations de l'axe Charente est également présentée par la suite ([Figure 15](#)).

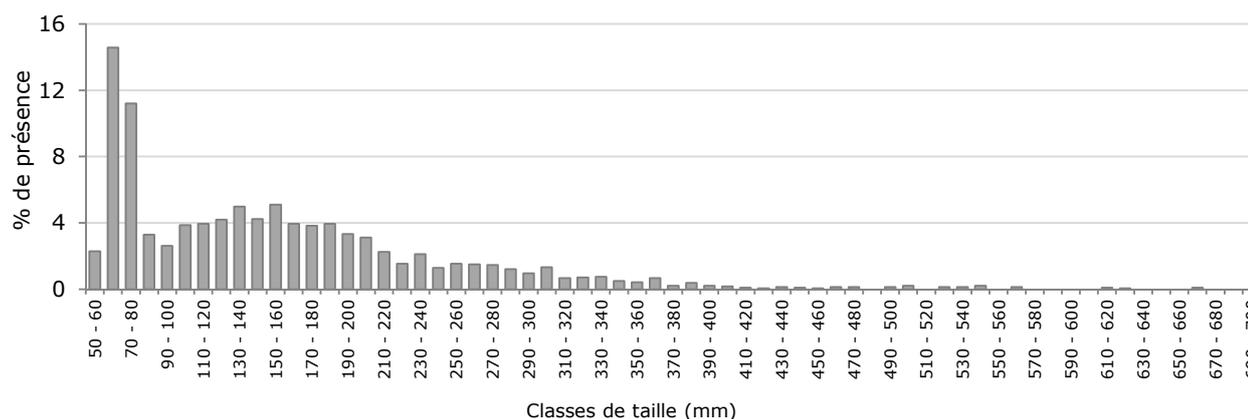


Figure 14 : Fréquence de taille des d'anguilles échantillonnées lors de la campagne de pêche Charente 2017

Les valeurs d'abondances estimées obtenues via la méthode *Carle et Strub* permettent également de calculer une efficacité de pêche (exprimée en %) et de pondérer la représentativité des résultats obtenus et discutés. Le calcul d'efficacité est le suivant :  $(\text{Effectif échantillonné au premier passage}) \times 100 / (\text{Abondance estimée})$

L'efficacité moyenne de l'échantillonnage par pêche électrique est de 63%. Pour chacune des gammes de tailles recherchées, elle est détaillée en **Annexe 11**.

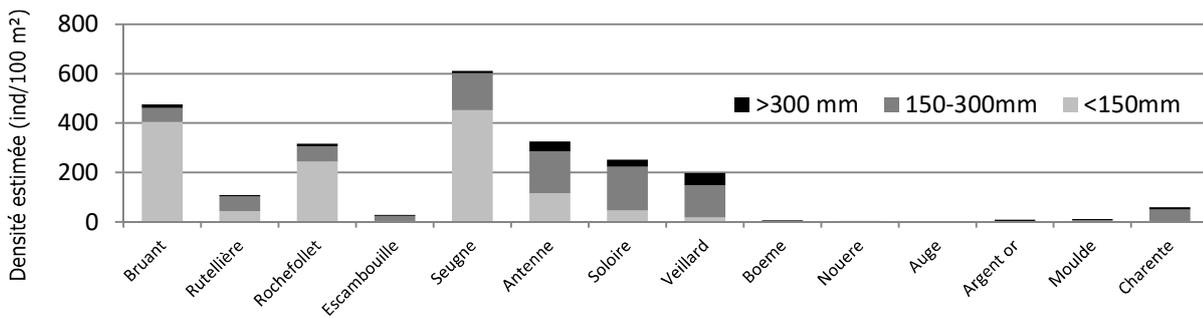


Figure 15: Répartition des différentes gammes de tailles échantillonnées sur l'axe Charente

### 3.1.2. Calcul de la D50 de l'axe Charente

Pour rappel, le front de colonisation de chaque gamme de taille est défini par une D50 (exprimée en km), distance à partir de laquelle la probabilité de rencontrer un individu de la gamme de taille choisie devient inférieure à 50%. Une régression logistique\* (Figure 16) basée sur l'absence/présence des gammes de tailles ciblées par rapport à la distance à l'océan des stations (Tableau 4) est utilisée pour définir cette variable.

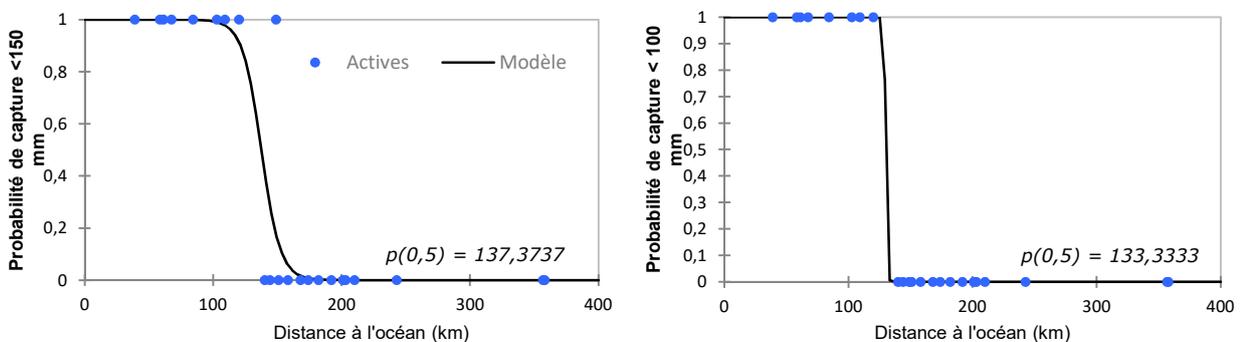


Figure 16 : Régressions logistiques de la probabilité d'occurrence des anguilles <150mm et <100mm sur l'axe Charente

Les figures ci-dessus, issues de *Xlstat*, montrent que les D50 2017 des anguilles <150 et <100 mm (avec la densification incluant les Flottangs) sont respectivement de 137,3 km et 133,3 km. Les valeurs de D50 qui auraient été obtenues sans ces pièges sont détaillées dans le **Tableau 5**.

### 3.1.3. Distance de disparition

Au-delà d'une notion de probabilité de présence de jeunes individus sur les stations prospectées, il est également intéressant de déterminer la distance de disparition de ces deux gammes de tailles, qui correspond à la distance d'observation la plus amont d'au moins un individu de moins de 100/150 mm.

A l'issue de la campagne de pêches électriques, la distance de disparition des individus de moins de 100 mm se situe au niveau de la station de Veillard, à 120 km de l'océan. La dernière anguille de moins de 150 mm a été observée cette année au niveau de la station Boème, située à 149km de l'océan.

### 3.1.4. Bilan : Evolution du front de colonisation Charente

L'évolution du Front de colonisation 2017 de l'axe Charente par rapport aux années précédentes est résumée ci-dessous (**Tableau 5**). Notons que la prospection réalisée à l'aide des dispositifs Flottangs sur la partie amont de l'axe Charente n'a permis de mettre en évidence la présence d'anguilles de moins de 15 cm sur aucune des 8 stations prospectées. Les causes et l'impact de cette absence sur la D50, ainsi que la pertinence du Flottang pour densifier les données du front de colonisation seront abordés dans la partie *Discussion* (pages 30 à 32).

**Tableau 5 :** Evolution du front de colonisation de l'axe Charente pour les anguilles entre 2009 et 2017.

Les valeurs entre parenthèses correspondent aux D50 qui auraient été obtenues sans l'utilisation des Flottangs.

	Variable (km)	Etat Initial (2009-2011)	2013	2015	2017
< 100 mm	D50	87	129	114	133 (137)
	Distance de disparition	87	109	109	120
< 150 mm	D50	145	153	153	137 (153)
	Distance de disparition	158	149	149	149

## 3.2. La Seudre, axe fragmenté

Contrairement à l'axe Charente, dont le grand nombre d'affluents autorise une certaine dispersion des anguilles et des stratégies d'évitement, la Seudre est un axe de colonisation surtout limité au cours d'eau principal au-delà de la zone estuarienne. Les obstacles majeurs de cet axe sont des clapets hydrauliques, peu compatibles avec le passage des anguilles. A l'issue de la campagne d'échantillonnage 2017, 515 anguilles ont été capturées sur la Seudre via la technique de pêche électrique.

### 3.2.1. Résultats des captures et répartition des individus

Parmi les individus capturés (**Tableau 6**), 214 (41,55%) ont une taille <150 mm et 63 (12,23%) sont <100 mm. La gamme de taille la plus représentée parmi les moins de 150 mm est celles des 120-150 mm (119 individus). Les individus de plus de 150 mm sont également bien présents (261), et majoritairement représentés par les 150-180 mm (105 individus). La répartition des classes de tailles, exprimée en pourcentage de présence, est donnée en **Figure 17**.

L'efficacité de pêche moyenne sur cet axe a été estimée à 70,9%. Elle augmente avec la taille des individus (71,8% pour les <100mm, 75,1% pour les <150mm, 78,8% pour les plus de 300mm (**Annexe 11 (b)**)).

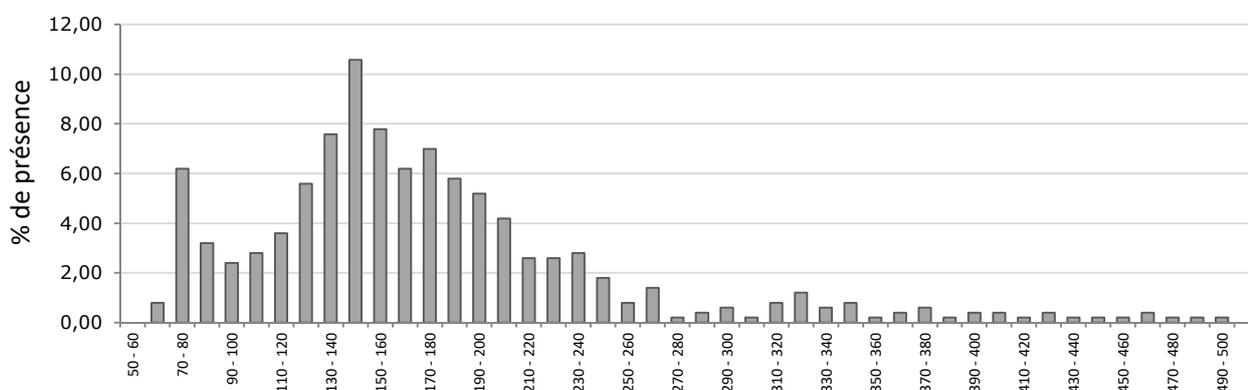


Figure 17 : Fréquence de taille des d'anguilles échantillonnées lors de la campagne de pêche Seudre 2017

**Tableau 6 :** Bilan des captures réalisées par pêches électriques sur l'axe Seudre en 2017.

Station	Distance à l'océan (km)	Surface prospectée (m <sup>2</sup> )	Effectif brut	Densité estimée (ind/100m <sup>2</sup> )
Trois-Doux	26,7	256	279	128,1
Beaunant	27,4	205	32	15,5
Charloteau	30,2	188	45	25,5
Graves	34,7	508	75	23,9
Chez Viguiard	38,9	139	62	48,2
Moulin du port	41,8	168	17	10
Chadeniers	45,5	131	5	3,8

### 3.2.2. Calcul de la D50 de l'axe Seudre

Comme dans le cas de l'axe Charente, une régression logistique est utilisée pour définir la D50 des individus <100 et <150 mm. La Figure 18 ci-dessous montre que les D50 2017 des anguilles <150 et <100 mm sont respectivement de 38,1 km et 31,8 km au niveau de l'axe Seudre. Les valeurs de D50 qui auraient été obtenues sans ces pièges sont détaillées dans le **Tableau 7**.

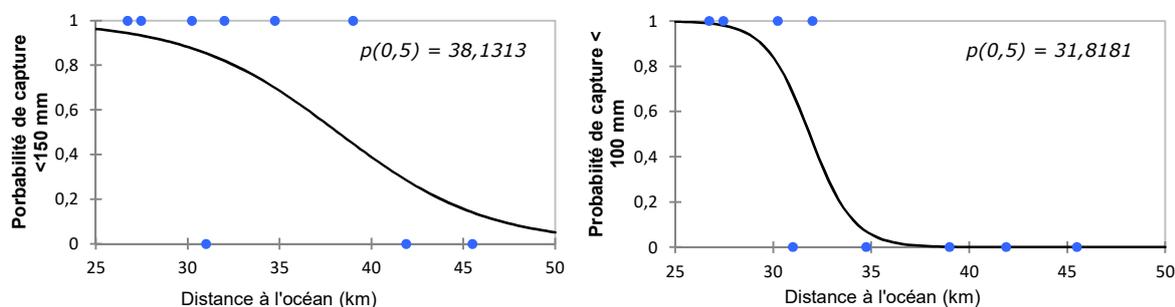


Figure 18 : Régression logistique de la probabilité d'occurrence des anguilles <150 et <100mm sur l'axe Seudre

### 3.2.3. Distance de disparition

La distance de disparition des individus de moins de 100 mm se situait au niveau de la station Beaunant, à 27 km de l'océan. Celle des anguilles <150 mm a été établie à 39 km de l'océan (station Viguiard).

Toutefois, afin de densifier la zone de prospection sur l'axe Seudre, deux stations supplémentaires (Saint Trivial et Chatelard) ont été échantillonnées via des Flottangs entre les stations Charloteau et Graves. 4 anguillettes ont été observées sur la station Chatelard. Mesurant 96, 104, 172 et 185 mm, ces individus ont permis d'affiner la D50 et la distance de disparition des individus <100 mm sur l'axe Seudre, qui passe ainsi de 27 à 35 km. L'évolution du Front de colonisation 2017 de l'axe Seudre par rapport aux données historiques est présentée dans le **Tableau 7** ci-dessous.

**Tableau 7** : Evolution du front de colonisation sur l'axe Seudre pour la période 2009 - 2017.

Les valeurs entre parenthèses correspondent aux D50 qui auraient été obtenues sans l'utilisation des Flottangs.

	Variable (km)	Etat Initial (2009-2011)	2013	2015	2017
< 100 mm	D50	35	38	38	31,8 (32,5)
	Distance de disparition	35	35	35	35 (27)
< 150 mm	D50	42	38	44	38,1 (40)
	Distance de disparition	42	35	42	39 (39)

## 3.3. Récapitulatif global des campagnes de pêche 2017

**Tableau 8** : Bilan des captures d'individus <150mm lors des campagnes de Pêches électriques 2017

Gammes de taille (mm)	<60mm	60 - 90mm	90 - 120mm	120 - 150mm	>150mm	TOTAL
Effectif prélevé (Charente)	55	700	251	323	1079	2408
Pourcentage des captures	2,28	29,06	10,42	13,41	44,80	
Effectif prélevé (Seudre)	0	51	44	119	301	515
Pourcentage des captures	0	9,90	8,54	23,10	58,44	
Effectif Total	55	751	295	442	1380	2923
Pourcentage Global	1,88	23,94	8,58	11,05	42,21	

## 4. Flottangs et effets d'accumulations en pied d'ouvrage

### 4.1. Bilan en quelques chiffres de la campagne Flottangs 2017

A l'issue de la campagne Flottangs et tous objectifs confondus, 283 habitats artificiels ont été posés et relevés. Cela représente environ 7 semaines de terrain, réparties comme présentées en **Annexe 7**. Au total, le dispositif Flottang aura permis d'échantillonner 494 anguilles. Parmi ces individus, 479 (soit 97%) correspondaient à la gamme de taille ciblée par le dispositif. Les individus mesurant entre 60 et 90 mm représentent la part la plus significative des captures (**Tableau 9**). Suite aux premières expérimentations menées pour déterminer les possibles applications du système Flottang, l'existence d'agrégats d'individus liés à un phénomène de « file d'attente » en aval d'ouvrages avait déjà été envisagée (Rigaud, 2017), et le résultat de la campagne 2017 semble venir appuyer ces conjectures, comme cela sera évoqué en Discussion.

**Tableau 9** : Bilan global des captures des campagnes d'échantillonnages Flottangs 2017

Gammes de taille (mm)	<60mm	60 - 90mm	90 - 120mm	120 - 150mm	>150mm
Effectif prélevé	11	355	68	47	13
% total des captures	2,2	71,9	13,8	9,5	2,6

### 4.2. Distribution des anguilles à l'aval des ouvrages : cas des stations Seugne et Trois-Doux

Les 3 sessions de captures menées via la méthode décrite en **Figure 12** (page 21) sur les stations de la Seugne (Charente) et de Trois Doux (Seudre) ont permis de confronter l'hypothèse d'un phénomène d'agrégats d'individus à l'aval d'ouvrages. Le bilan des 3 campagnes est présenté dans le **Tableau 10** ci-dessous. La distance à l'ouvrage sera par la suite exprimée comme suit : PO\* pour Pied d'ouvrage (pièges disposés à moins d'un mètre à l'aval de l'ouvrage), « X » l pour une distance à l'ouvrage correspondant à X fois la largeur de ce dernier (6,9m pour la Seugne et 5,3m pour Trois-Doux). Les effectifs les plus importants sont obtenus en pied d'ouvrage et à 18l.

**Tableau 10** : Bilan des captures des 3 campagnes Flottangs menées sur les stations Seugne et Trois-Doux

Station	Semaine	PO	3l	6l	12l	18l	24l
Seugne	S17	2	4	1	2	0	0
	S21	26	4	4	2	9	9
	S24	11	4	5	4	6	6
	TOTAL	39	12	10	8	15	15
Trois Doux	S18	7	3	0	2	7	2
	S21	70	11	14	4	8	4
	S24	32	2	0	3	7	1
	TOTAL	109	16	14	9	22	7

#### 4.2.1. Répartition des captures en fonction des débits

Les 3 sessions d'échantillonnages ont été menées à des périodes présentant de fortes variations hydrologiques. Il est donc pertinent de s'interroger sur l'impact de telles modulations sur les captures effectuées sur Seugne et Trois-Doux. Les courbes de débits (issues du site [www.eaufrance.fr](http://www.eaufrance.fr)), associées aux effectifs cumulés de captures sont présentées sur les **Figures 19**.

Pour rappel, au moment de la première session, les débits enregistrés en 2017 en Charente étaient les plus faibles depuis 10 ans et en baisse constante depuis la fin de l'hiver.

On constate que les bons résultats obtenus lors de la seconde session d'échantillonnage correspondent à une période où le débit des cours d'eau a présenté un pic d'augmentation important.

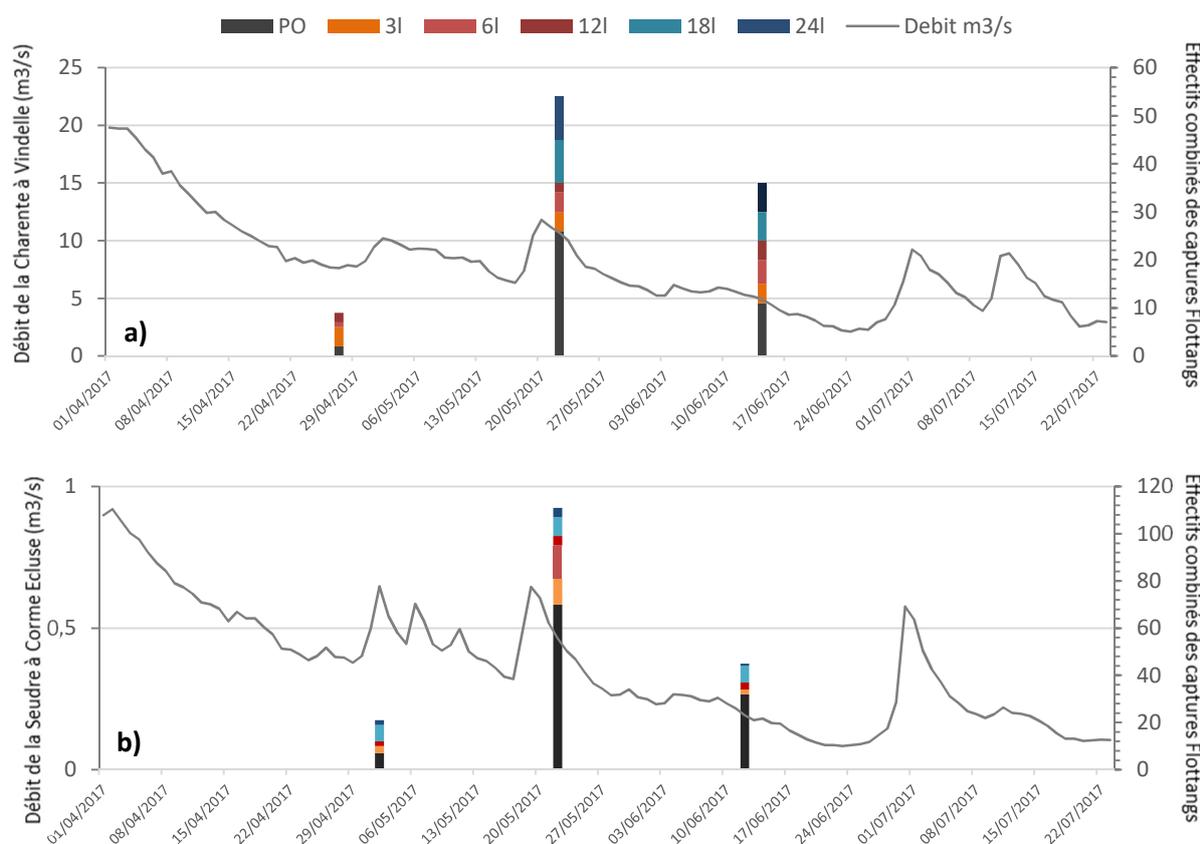


Figure 19 : Bilan des captures réalisées sur Seugne (a) et Trois-Doux (b), en corrélation avec le Débit de la Charente à la station de Vindelle et de la Seudre à la station de Corme-Ecluse

#### 4.2.2. Répartition des captures en fonction de la distance à l'ouvrage

Afin de déterminer si le niveau de transparence des ouvrages est susceptible d'influencer la répartition des individus, un cumul des captures a été réalisé. Les résultats sont exprimés à la fois en effectif Brut et en pourcentage à Base 100, afin de d'amplifier visuellement d'éventuelles tendances. La Figure 20 ci-dessous dresse le bilan des captures en fonction de la distance à l'ouvrage. Le nombre d'anguilles capturées est plus important en PO sur les deux stations. Le nombre d'individus décroît sur les portions 3l, 6l et 12l pour les deux stations, et on observe ensuite une réaugmentation du nombre de captures à 18l pour les deux stations. Les effectifs se maintiennent ensuite à 24l pour la Seugne, mais diminuent à nouveau pour Trois-Doux.

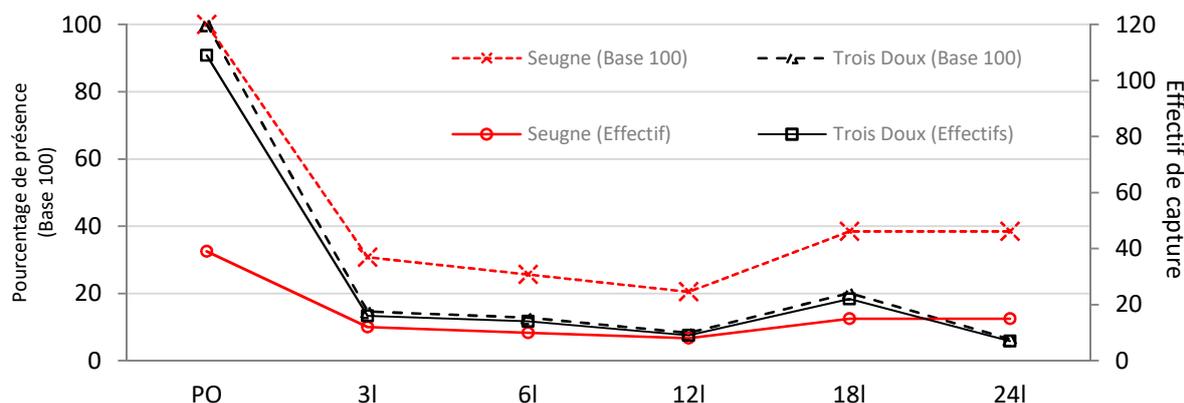


Figure 20 : Répartition des captures de jeunes anguilles à l'aval des ouvrages de Seugne et Trois-Doux

Afin de déterminer si la différence d'effectifs constatés entre le pied d'ouvrage et le reste des Pièges déposés en aval de Seugne et Trois-Doux est significative, les effectifs de captures des pièges PO d'une part et des autres ont été séparés en deux jeux de données, dont la normalité\* a été testée via un test de Shapiro-Wilk\*. Ces dernières ne suivant pas une Loi Normale (niveaux de signification  $< \alpha=5\%$ ), un test non-paramétrique de Mann-Whitney\* a été réalisé. Il montre une différence significative entre les deux échantillons (niveaux de signification =  $2,2 \cdot 10^{-4} < \alpha=5\%$ ). Elle est représentée en Figure 21.

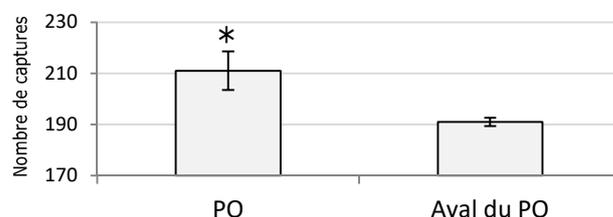


Figure 21 : Répartition des effectifs totaux de captures Flottangs sur les stations Seugne et Trois-Doux

De plus, les tailles moyennes des individus capturés en PO et en aval de ce point (3l, 6l, 12l, 18l et 24l) sont respectivement de 95,6 mm et 79,9 mm. Les données ne suivant pas une loi normale (Shapiro Wilk : niveau de signification  $< 1 \cdot 10^{-4} < \alpha=0,05$ ), un test de Mann-Whitney a donc été réalisé. Il montre que la différence de taille observée entre les deux échantillons est significative (niveau de signification  $< 1 \cdot 10^{-4} < \alpha=0,05$ ).

#### 4.2.3. Répartition des captures en fonction de l'environnement de pose des Flottangs

En complément des tests réalisés sur le débit et la distance à l'ouvrage, des données quantitatives restantes relatives à l'environnement de pose (profondeur, courant, taille du substrat) ont été analysées à l'aide d'une ACP afin de déterminer si d'éventuelles corrélations pouvaient être détectées entre l'efficacité d'un Flottang et certains paramètres environnementaux. Les résultats peu probants ne permettent pas d'établir de corrélation entre les niveaux de captures et les paramètres ci-dessus. Cet aspect ne sera donc pas développé, mais des causes supposées de cette absence de corrélation seront rapidement abordées en conclusion.

### 4.3. Signaux Bief / Pied d'ouvrage : comparaisons des données

#### 4.3.1. Comparaison des captures Bief/Pied d'ouvrage

A l'issue de la prospection Flottang Bief/pied d'ouvrage, 210 anguilles ont été échantillonnées (170 sur des pièges situés en PO, 40 sur les pièges placés en Bief). Les captures Seudre n'étant pas assez importantes pour être traitées indépendamment, les données Charente et Seudre ont été combinées pour présenter une comparaison globale des captures. Les données respectives d'effectifs de captures en PO et en Bief ne suivant pas une loi normale (test Shapiro-Wilk : niveaux de signification  $< 0,001 < \alpha=0,05$ ), un test de Mann-Whitney a été réalisé et montre que la différence d'effectifs observée entre les deux échantillons n'est pas significative (niveau de signification =  $0,068 > \alpha=0,05$ ).

Toutes stations confondues, les tailles moyennes des individus capturés en Bief et en PO sont respectivement de 74,7 mm et 79,5 mm. Afin de déterminer si cette différence est significative, la normalité des données a d'abord été testée. Un test Shapiro-Wilk réalisé sur les totaux de captures Bief et PO indique que les données ne suivent pas une loi normale (niveau de signification  $< \alpha=0,05$ ). Un test de Mann-Whitney a donc été une nouvelle fois réalisé. Il montre qu'il existe une différence de taille significative entre les individus capturés en Bief et PO (niveau de signification =  $0,02 < \alpha=0,05$ ).

### 4.3.2. Recherche d'une corrélation entre les captures Flottangs et les résultats de pêche

Les ratios effectifs Flottangs / Densité estimée par pêche électrique calculés pour chaque station pour les individus <100 et <150mm présentent une grande variabilité (**Annexe 12**). Pour certaines stations (Ruttelière, Antenne, Beaunant et Charloteau), les Flottangs ont montré des niveaux de captures supérieurs aux densités estimées par pêche, alors que pour la majorité des stations, les niveaux de captures sont inférieurs.

En sommant respectivement les effectifs de captures et les densités estimées de l'ensemble des stations, on note que les Flottangs ont permis de capturer 50 % de la densité estimée d'individus <100 mm, et environ 31% de la densité estimée d'individus <150 mm, pour laquelle la pêche électrique présentait des efficacités respectives moyennes de 75 et 63% (**Annexe 10 c**). Les représentations des résultats des deux techniques (Figures 23 a) et b)) montrent néanmoins des similarités intéressantes, même si les échelles sont différentes.

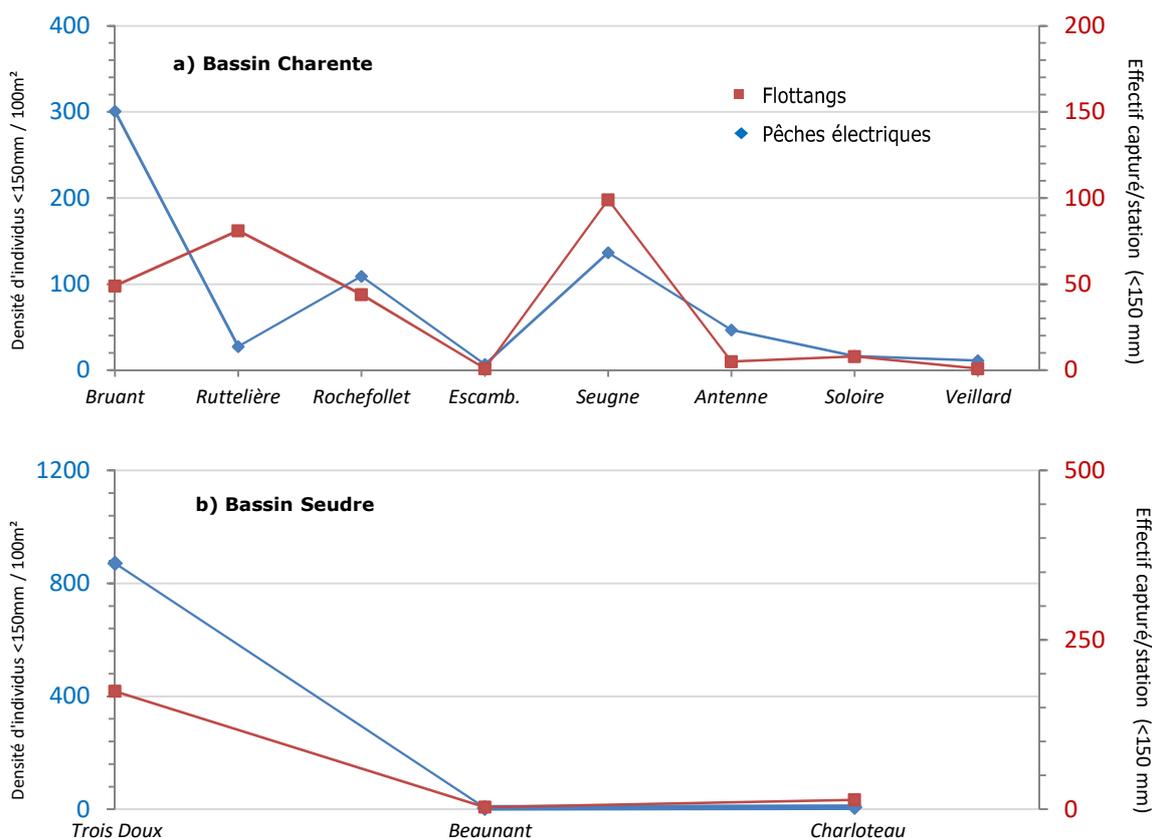


Figure 22 : Tendances d'échantillonnages sur les stations de Charente (a) et de la Seudre (b)

Afin de déterminer s'il existe une corrélation entre les densités estimées de pêche et les captures de Flottangs, la normalité des données présentées dans les colonnes « densité estimée de pêche » et « Captures Flottangs totales (Bief+PO) » de l'**Annexe 12** a tout d'abord été testée. Les données ne suivant pas une loi normale (Test de Shapiro-Wilk, niveau de signification  $\alpha=0,05$ ), une alternative non paramétrique au test de corrélation de Pearson, le test de Spearman\*, a donc été utilisé pour déterminer le coefficient de corrélation\* « r » des données. Il révèle un coefficient de corrélation  $r=0,80$  entre les deux variables, pour les individus <100 mm comme pour ceux <150mm. Selon la droite des corrélations ([www.sylvainlacroix.ca](http://www.sylvainlacroix.ca)), la corrélation entre ces deux variables (**Annexe 13**) serait moyennement positive.

Précisons que certaines données pouvant être considérées comme « aberrantes » ont été conservées, car aucune donnée disponible ne permet d'évaluer la représentativité réelle du Flottang.

Du fait du faible nombre de stations disponibles pour effectuer cette comparaison (11), la variabilité des données doit inviter à la prudence lors de l'interprétation. Toutefois, afin d'évaluer si cette corrélation est due au hasard ou non, la significativité de cette observation a été évaluée via le calcul de  $t_{obs} = r \times \sqrt{(n-2)/(1-r^2)}$  où  $r=0,8$  et  $n=11$ . Cette statistique suit une loi de Student à  $n-2$  degrés de liberté (Georgin et Gouet, 2005). On obtient  $t_{obs}=4 > 2,776$  ( $\alpha=5\%$ , la valeur théorique issue de la table de Student). Le rejet de  $H_0$  confirme l'existence d'une corrélation non due au hasard entre les densités estimées et les captures Flottangs.

#### 4.4. La méthode des quartiles : Vers une évaluation de l'effet d'accumulation en pied d'ouvrage ?

Afin de mesurer un potentiel effet d'accumulation (c.à.d. le niveau de perturbation provoqué par un obstacle situé sur l'axe de migration des anguilles de moins de 150 mm), il convient de disposer d'indicateurs mobilisables de façon systématique. Les valeurs des quartiles\*, obtenues à partir des niveaux de captures pour l'ensemble des pièges relevés sur une station à chaque répétition, semblent une piste prometteuse à explorer pour traduire un potentiel effet d'accumulation. Une hypothèse a en effet été formulée selon laquelle il pourrait exister une relation entre la taille de la zone d'accumulation et la valeur du ratio Q3/Q1 : plus cette zone est étendue, plus le ratio Q3/Q1 devrait être faible (de l'ordre de 1). De même, des valeurs élevées de Q2 et Q3 pourraient être corrélées positivement à une forte présence d'individus sur le site. (Rigaud, 2017).

L'examen des valeurs Q2, Q3 et Q3/Q1 donnerait donc une information sur la plus ou moins grande extension de la zone de répartition-accumulation des petits individus en migration. Q2 et Q3 renseigneraient sur l'intensité de l'accumulation, alors que le ratio Q3/Q1 donnerait une information sur l'étendue de la zone d'accumulation. Afin de confronter ces hypothèses, des stations dont le niveau de franchissabilité est connu ont été testées avec les données issues des campagnes Flottangs (Trois Doux/Seugne: bloquant / Charloteau : assez bloquant / Beaunant: Franchissable). Sur Seugne et Trois Doux, la pose de pièges en aval (10l – dit Bief) a aussi permis de tester la validité de ce signal, en cherchant s'il se situait réellement hors de la zone d'influence de l'ouvrage. Les résultats sont présentés par le **Tableau 11**.

**Tableau 11:** Bilan des calculs de quartiles et de leurs dérivés, ainsi que des captures effectuées en Bief.

Station	Semaine	Q1	Q2	Q3	Q3/Q1	Médiane	Captures Bief (10-12l)	18l	24l
Trois Doux	S18	0,5	1,0	3,5	7,0	1	2	0 ↘	0 ↘
Charloteau	S18	1,0	2,0	5,5	5,5	2	0	NP	NP
Trois Doux	S21	15,5	20,5	21,75	1,4	21	4	8 ↗	5 ↗
Trois Doux	S24	15,5	16,0	16,5	1,1	16	3	6 ↗	1 ↘
Beaunant	S24	0,5	1,0	1,5	3,0	1	0	NP	NP
Charloteau	S24	0,5	1,0	1,0	2,0	1	1	NP	NP
Seugne	S18	1,0	1,0	1,0	1,0	16	2	0 ↘	0 ↘
Seugne	S21	12,0	13,0	14,0	1,2	1	2	9 ↗	9 ↗
Seugne	S24	5,25	5,5	5,75	1,1	1	4	9 ↗	6 ↗

Les flèches indiquent si l'effectif est supérieur ou inférieur aux captures faites à 10l. Les valeurs Q3/Q1 sont marquées comme **faibles**, **moyennes**, ou **fortes**.

On observe la présence d'effectifs plus importants en Bief au niveau des stations testées présentant les ratios Q3/Q1 les plus bas et les valeurs médianes les plus fortes. Sur Seugne et Trois-Doux, on observe une intensification des captures à 18l (et parfois dans une moindre mesure à 24l) par rapport au signal Bief fixé arbitrairement à 10-12l. A l'inverse, au niveau des stations Charloteau et Beaunant, qui présentent des ratios moyens (2) et forts (3), les captures réalisées en Bief sont respectivement faibles et nulles. Les confrontations entre ces résultats et les postulats de départs sont réalisées dans la partie *Discussion* (page 36).

# DISCUSSION

## 1. Le traitement des données historiques : état des lieux et évolution de la population

### 1.1. Les données FDAAPPMA

Le traitement des données FDAAPPMA a permis de dresser un premier état des lieux de la présence de l'anguille sur les axes Charente et Seudre entre 2007 et 2017. Si les résultats montrent logiquement un gradient des petites aux grandes gammes de taille de l'océan vers l'amont, ils permettent surtout d'appréhender globalement l'évolution de la population locale sur une période de 10 ans.

La plupart des observations de jeunes individus sur les parties amont du Bassin Charente sont anciennes (souvent antérieures à 2009), alors que les observations les plus récentes restent limitées à la partie aval du bassin. Les affluents situés sur les parties Sud-Ouest et Nord-Ouest du bassin (la Devisse, l'Arnoult, la Boutonne, la Seugne) semblent plutôt favorables à la colonisation de l'anguille, puisque des effectifs importants d'individus <150mm ont été recensés récemment sur les parties amont de ces affluents.

La présence d'un individu de moins de 150 mm sur l'extrême amont du bassin Charente en 2013 témoigne cependant de la grande capacité de franchissement des jeunes anguilles (Legault, 1988).

Toutefois, il faut souligner que la seule utilisation de ces données FDAAPPMA est insuffisante pour assurer le suivi local de l'espèce ou pour affirmer avec certitude un recul de la capacité de colonisation depuis 2007. En effet, les individus <150 mm ne représentent qu'une petite partie des captures (10 %). Ceci peut s'expliquer par le fait que les pêches FDAAPPMA ne ciblent pas spécifiquement l'anguille, mais aussi car l'efficacité de capture semble être plus faible sur les individus <120 mm (Rigaud & Fabre, 2010).

Ces données permettent par contre de mettre en évidence la nécessité du ciblage spécifique mené par la CMCS. L'utilisation d'une technique de pêche électrique adaptée à l'anguille (pêche en pied d'ouvrage) et la mise au point d'une méthode d'échantillonnage ciblant spécifiquement les petits individus (Flottang) sont indispensables à la réalisation de suivis représentatifs de la population réelle.

### 1.2. Les données CMCS

#### 1.2.1. Analyse de la modélisation de l'évolution spatio-temporelle de la population

Via les données récoltées par les suivis de la CMCS, certaines tendances observées au sein des données FDAAPPMA ont pu être confirmées. La modélisation proposée, qui s'affranchit de la notion d'effectif pour se concentrer sur le pourcentage représenté par chacune des différentes classes de taille par rapport à une densité estimée totale, permet de visualiser l'évolution spatio-temporelle de la population. Sur les stations les plus aval (Bruant, Rochefollet, Seugne, Antenne), les individus <150mm représentent la fraction majoritaire. Concernant les stations médianes (Soloire, Veillard, Boème), les individus <150mm sont toujours présents mais la fraction dominante correspond aux individus de taille intermédiaires (150-300mm). Enfin, à l'amont de la station Nouère, seules les classes de tailles supérieures se maintiennent.

Les observations sont plutôt constantes avec les années, même si certaines anomalies et évolutions peuvent être mises en avant via ce modèle. On constate ainsi que la zone où les individus <150mm dominent a diminué en 2017 par rapport aux années précédentes, les individus de la station Antenne étant surtout des anguilles de tailles intermédiaires (150-300mm) en 2017.

La station Ruttelière fait figure d'anomalie par rapport aux autres stations aval, avec des pourcentages de captures de petits individus fluctuantes selon les années. Ces observations pourraient potentiellement traduire le caractère franchissable de l'ouvrage de cette station. Cette supposée franchissabilité pourrait aussi permettre d'expliquer les niveaux de captures Flottangs obtenus sur cette station en 2017 par rapport aux résultats de pêche. La relève des dispositifs ayant eu lieu relativement tôt (semaines 17 et 22) dans des conditions de débits relativement favorables par rapport à celles de la session pêche électrique (semaine 26), la majeure partie du flux de petits individus avaient potentiellement franchi le site entre les deux campagnes. Cette hypothèse pourra éventuellement être confirmée par les résultats des prochaines campagnes de suivis.

La modélisation permet également de constater que la zone médiane semble marquer la limite de la capacité de colonisation du Bassin Charente par les anguilles <150 mm. Une attention particulière sera accordée à la partie aval de cette zone (stations Veillard - Boème) dans la discussion relative à l'évolution du front de colonisation. En effet, c'est ici que semblent se concentrer les enjeux relatifs à une extension du front de colonisation sur l'axe Charente (Figure 23 en page 32).

On observe que le calcul du ratio moyen de chaque année de suivi est fortement dépendant des captures du Bruant (**Annexe 10**). Pourtant, même si le ratio 2017 de cette station est nettement inférieur à la référence, l'écart entre ratio moyens de référence et de 2017 est moindre. On peut donc estimer qu'à l'amont du Bruant, la répartition des individus <150mm est plus homogène sur le bassin Charente en 2017 qu'en 2013.

### 1.2.2. Analyse de l'évolution de la population sur la période 2009-2017.

Une partie de cette étude a eu pour but de déterminer si le vieillissement de la population constaté entre 1997 et 2007 par Durozoi et Postic-Puivif (2009) s'est poursuivi de nos jours (III.2.2.). La somme des densités estimées des individus <150mm présente une forte variabilité interannuelle. L'hypothèse d'un caractère cyclique de ces fluctuations de petits individus avait été avancée en 2007, et les résultats 2009-2017 semblent conforter cette idée. Les conditions de débits favorables en 2013 et le bon niveau du recrutement fluvial cette année-là (comm. interne, F. Albert) sont également susceptibles d'expliquer en partie la forme gaussienne des fluctuations observées pour cette gamme de taille. On constate aussi une diminution de la densité de la classe de taille intermédiaire (150 - 300 mm), qui s'inscrit dans la continuité des observations 1997-2007.

Cette diminution touche également les anguilles >300 mm. Cette diminution des individus de grande taille, déjà mise en avant, pourrait être expliquée par les diverses pressions subies par cette fraction de la population (compétition, prélèvement par l'activité de pêche), mais aussi en partie par une dévalaison d'individus ayant réalisés leur argenture entre 2011 et 2013. Cette seconde hypothèse, appuyée par l'effectif important d'anguilles en dévalaison enregistré en 2012 par la CMCS (239 individus) par rapport aux années suivantes (63 en 2013 et 39 en 2014 (CMCS, 2013)) indiquerait l'absence de renouvellement de la population.

Les résultats d'évolution de chaque gamme de taille de la population d'anguilles du bassin Charente pour la période 2009-2017 montrent des tendances similaires à celles mises en avant dans l'étude de 1997-2007.

Le vieillissement constaté par le passé semble donc se poursuivre, même si des précautions doivent être prises avec ce type d'hypothèse. En effet, les données utilisées pour les deux périodes ne sont pas issues des mêmes sources, et sont potentiellement issues de techniques de prélèvement différentes. De plus, l'efficacité de pêche réduite pour les anguilles <120 mm (Rigaud et Fabre, 2010) peut aussi constituer un biais potentiel. Toutefois, les résultats actuels et passés sont suffisamment proches pour préconiser des analyses ultérieures sur les prochaines campagnes de suivis.

## 2. Front de colonisation des axes Charente et Seudre

### 2.1. Evolution des fronts, impacts des Flottangs et perspectives

Du strict point de vue des distances, seule la D50 Charente des anguilles <100mm a progressé entre 2015 et 2017 (114 à 133 km). Toutes les autres valeurs (individus <150mm du bassin Charente et celles des individus <100mm et <150mm du bassin Seudre) ont diminué par rapport à 2015 (**Tableaux 6 et 8**).

Les tendances (diminution/augmentation de la D50) sont souvent identiques avec ou sans prise en compte des Flottangs. La seule exception est le cas de celle des individus <150mm sur l'axe Charente, qui diminue (137 au lieu de 153 km) lorsque les Flottangs sont pris en compte alors qu'elle stagne sans prise en compte des Flottangs. Dans le cadre de l'étude, les valeurs de D50 sont plus faibles lorsque les Flottangs sont pris en compte. Une relation ayant potentiellement été observée entre les niveaux de débits et l'importance du flux de petits individus, il semble pertinent de conjecturer que les faibles niveaux d'eaux enregistrés en 2017 par rapport aux autres années puissent en partie expliquer ce recul observé du front de colonisation.

La différence méthodologique de prospection (ajout des Flottangs en 2017 pour densifier le suivi) pourrait aussi permettre d'expliquer le recul observé de la D50 et du front de colonisation par rapport à 2015. Le front étant défini d'après une régression logistique basée sur l'absence/présence d'individus de la gamme de taille ciblée, l'ajout de stations Flottangs (où aucune capture n'a été enregistrée) entre deux stations ayant observées la taille recherchée génère une inflexion de la courbe de régression.

De plus, avec les Flottangs, l'absence de capture ponctuelle ne doit pas être confondue avec une absence certaine d'individus sur la station. Le biais engendré par des « fausses absences » observées risque de conduire à sous-évaluer la position des fronts de colonisations. Cependant, il ne faut pas exclure l'hypothèse que ces stations supplémentaires montrent une véritable absence d'anguilles, et permettent de fait d'affiner un front de colonisation surestimé les années précédentes.

Dans le cadre d'une densification du réseau de suivi par les Flottangs, il serait judicieux d'envisager une méthode de relève de Flottangs susceptible d'accroître la probabilité de capture. En travaillant sur un signal d'occurrence en laissant des pièges en pied d'ouvrage sur une période plus longue (1 mois par exemple), et en procédant à des relèves hebdomadaires, le risque d'observer de « fausses absences » serait diminué.

### 2.2. Les zones à forts enjeux

#### 2.2.1. Analyse de la Capacité de migration des anguilles <150mm sur l'axe Charente : une zone Cognac-Nersac (stations Veillard-Boème) à fort enjeu

Comme montré par les données historiques CMCS et celles de 2017, la zone située en amont de Cognac (entre Soloire/Veillard et Boème) semble représenter la zone de disparition systématique des anguilles <150mm sur le bassin Charente. En effet, à l'issue de la campagne de pêches 2017, la densité estimée chute brutalement entre Veillard (114 individus/100m<sup>2</sup>) et Boème (3,9), séparées d'environ 30 km. La faible présence des jeunes individus à l'amont de la station Soloire traduit le caractère difficilement franchissable des ouvrages situés à proximité et/ou à l'amont de ce point. La modélisation de l'évolution spatio-temporelle du front de colonisation montre d'ailleurs que cette forte diminution des individus <150mm au niveau de la zone Veillard-Boème est relativement constante depuis 2009. Les obstacles potentiels sont présentés en [Figure 24](#).

Les écluses de Crouin (la plus aval), de Cognac, de Gardemoulin et de Bourg-Charente ayant été aménagées pour permettre le passage de la faune piscicole, les causes de la disparition des anguilles <150mm sur l'amont du bassin Charente peuvent être expliquées par deux hypothèses :

- ✚ Un problème de franchissabilité sur la zone située directement à l'amont de Veillard. La première station Flottang (Bassac) étant située en aval de l'Ecluse de Juac, il n'est pas aberrant d'envisager que les écluses de Jarnac, Gondeville et Saintonge puissent jouer un rôle dans la disparition des anguilles <150mm, en causant par exemple une rétention progressive des petits individus ouvrage après ouvrage depuis Cognac.
- ✚ Un problème de franchissabilité qui continue de s'exercer sur la zone en aval de Soloire/Veillard. Malgré l'installation de dispositifs de franchissements, le nombre d'anguilles observées sur certaines stations de comptage semble anormalement faible par rapport au flux migrant total (ex : station de comptage de Crouin : 2013 : 176 individus / 2014 : 53 individus / 2015 : 65 individus (Tableau de bord CMCS)). Certains dispositifs de franchissement installés pourraient donc avoir une efficacité assez limitée. Ces hypothèses pourront éventuellement être confirmées par la pose de Flottang très en aval de ces ouvrages, afin de s'éloigner de leur zone d'accumulation et de déterminer si les effectifs du flux migrant observé à l'aval coïncident ou non avec les observations aux stations de comptages.

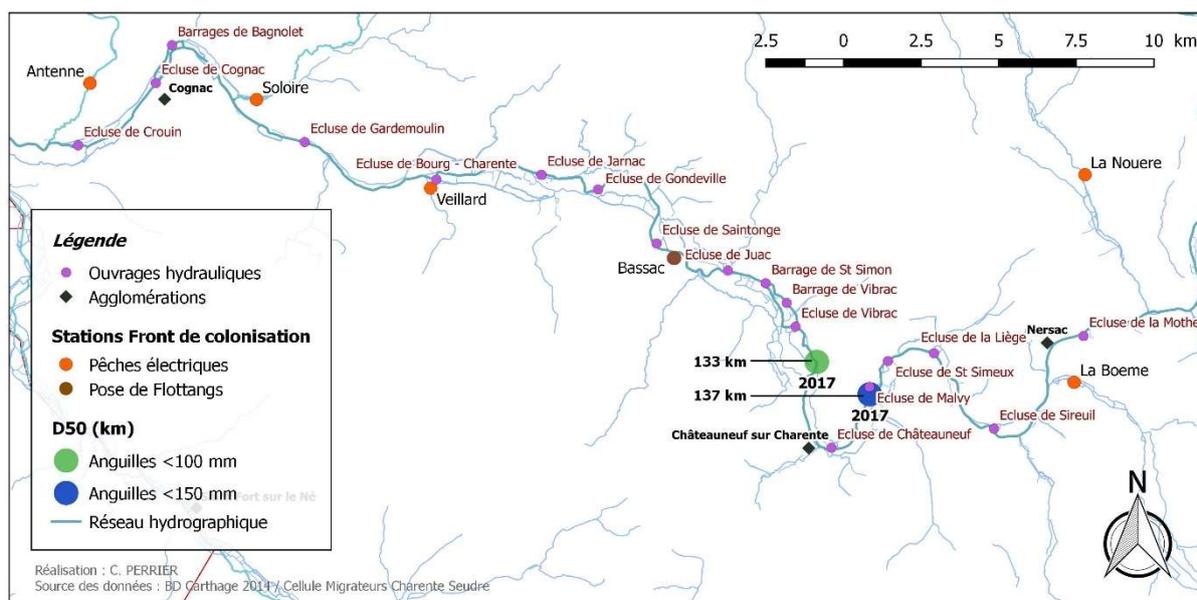


Figure 23 : Localisations des obstacles potentiels au front de colonisation des anguilles <100mm et <150mm sur l'axe Charente

L'absence de captures Flottangs observée cette année dans le cadre de la densification du réseau de suivi pourrait être expliquée par une sélection de stations situées trop à l'amont. Il pourrait être intéressant de concentrer les prochaines densifications du réseau de suivi par Flottang sur la zone Cognac/Bassac. Avec suffisamment de données liées à des relèves répétées, la méthode des quartiles expérimentée lors de cette étude pourrait, si elle se précise, permettre d'évaluer quel ouvrage génère la plus forte accumulation et ainsi permettre d'orienter les préconisations de gestion.

### 2.2.2. L'axe Seudre, une fragmentation globale mais une zone de Trois Doux à surveiller

Pour ce qui est de la Seudre, un relatif succès des Flottangs a été observé, puisque ces derniers ont révélé la présence d'individus <100 et <150mm au niveau de la station Chatelard.

Pour rappel, le dernier individu <150mm a été observé sur la station Chez Vigiuid (une observation réalisée à la fois par pêche et via les flottangs utilisés dans le cadre du signal Bief/PO).

Il est ici plus problématique de centrer l'analyse sur une zone présentant des enjeux particulièrement fort, du fait de la fragmentation globale de l'axe Seudre (Figure 24). Toutefois, il est apparu au cours de l'étude 2017 que les captures d'anguilles <150mm diminuent drastiquement entre Trois Doux et Vigiuid, et deviennent nulles au-delà de cette station. La poursuite des recherches de petites anguilles via les Flottangs sur les stations très en amont de Vigiuid (Moulin du Port, Chadeniers) semble peu pertinente considérant l'état actuel de fragmentation de l'axe.

Comme dans le cas précédent, chaque écluse située entre Trois Doux et Vigiuid est susceptible d'égrainer une partie des effectifs jusqu'à ce que plus aucune petite anguille n'atteigne l'amont de Vigiuid.

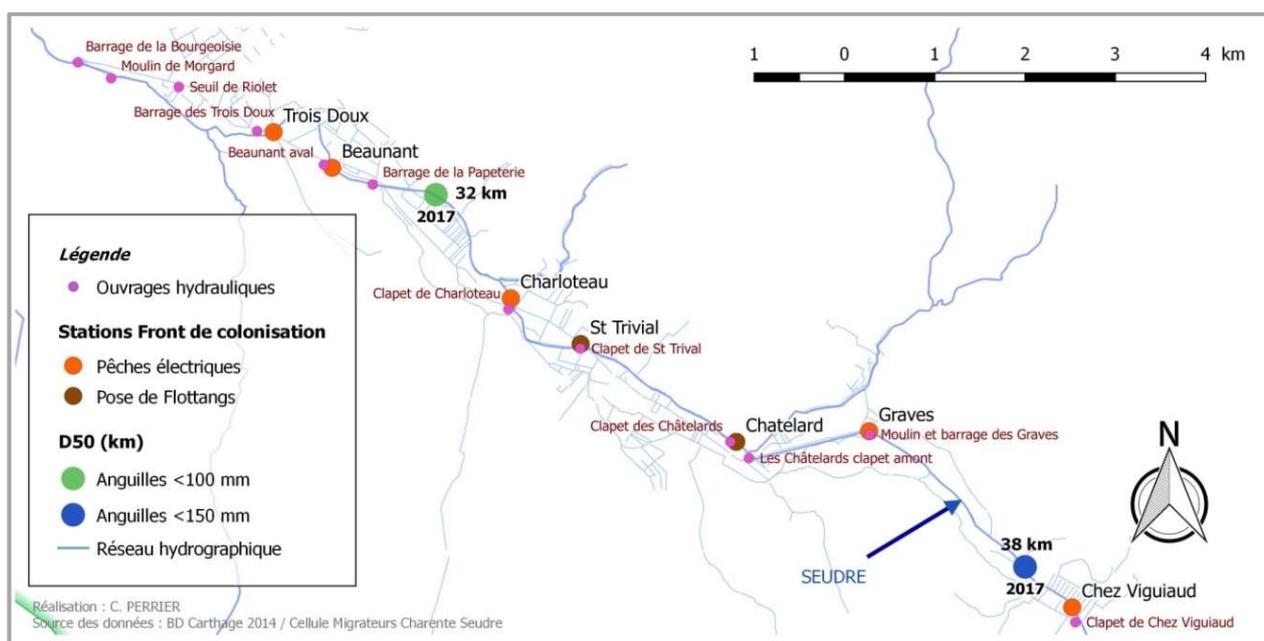


Figure 24 : Localisations des obstacles potentiels au front de colonisation des anguilles <100mm et <150mm sur l'axe Seudre

Cependant, les très fortes captures réalisées à l'aval du clapet de Trois Doux (premier ouvrage bloquant sur la Seudre canalisée) incitent à porter un intérêt particulier à la capacité franchissement de cet ouvrage (dont des travaux de contournements sont prévus pour 2019). Il sera donc intéressant d'utiliser les données 2017 comme état initial pour examiner comment le traitement de la continuité écologique de la station Trois Doux agira sur la capacité de colonisation des petites anguilles sur le reste de l'axe Seudre.

De même, un éventuel aménagement de la station Charlotteau pourrait permettre de réduire la pression de sélection (liée à de fortes densités de population) sur les petits individus ayant franchi Trois Doux. En effet, un franchissement de Charlotteau autoriserait la colonisation des nombreux petits axes secondaires que l'on peut observer jusqu'à Chatelard, où des anguilles <100 et <150mm ont été observées cette année.

## 2.3. Analyse des classes de tailles

### 2.3.1. Une faible présence des gammes de tailles intermédiaires

Au niveau de l'axe Charente principalement, la répartition de la population n'observe pas la forme logarithmique qui pourrait être attendue dans ce type d'analyse.

Le Bureau d'Etudes *Fish-pass*, spécialisé dans la mise en place de structures de contournements dédiées à la faune piscicole propose une première approche de cette évolution naturelle du peuplement d'anguilles européennes (Figure 25). Cette représentation suggère qu'il existe bien une relation inversement proportionnellement entre la taille des individus et leur effectif.

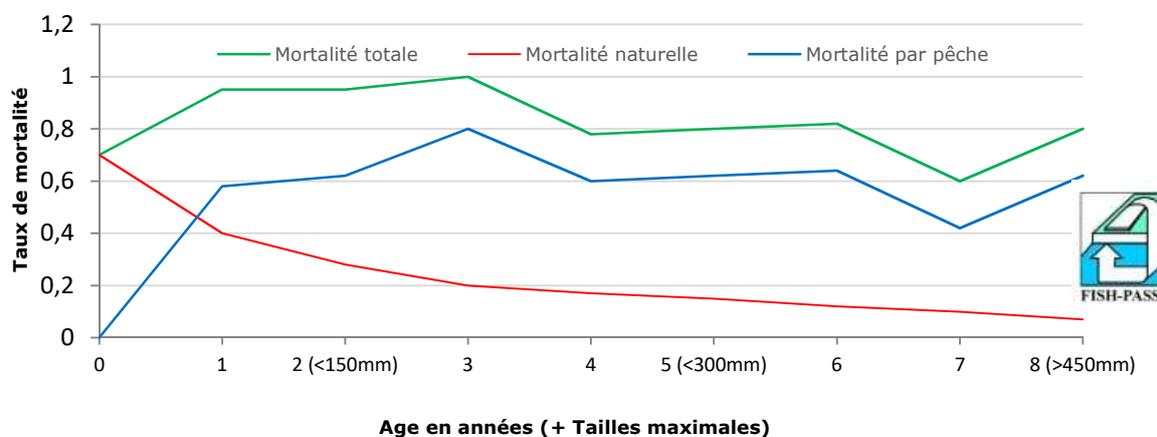


Figure 25 : Première approche de l'évolution de la mortalité par pêche, naturelle et totale au cours du temps (Source : personnelle, repris depuis <http://www.fish-pass.fr/ichtyologie-4-dynamique-des-populations.php>)

Dans le cas de l'axe Charente, les individus mesurant entre 80/90 et 120 mm sont anormalement peu représentés en 2017 (moins de 4 %) par rapport aux gammes de tailles inférieures et supérieures. Ils ont également été peu échantillonnés par les Flottangs (13,8 % des captures).

Deux hypothèses, compatibles entre elles, pourraient permettre d'argumenter cette observation. D'une part, l'effet d'accumulation et la dégradation de l'état sanitaire des individus au pied des ouvrages (comm. interne C. Rigaud) pourraient exercer une pression particulière sur ces gammes de tailles, les individus plus petits étant présents depuis moins longtemps (et donc moins impactés par d'éventuelles infections) et les plus grands ceux qui ont été épargnés par ces pathologies.

La modélisation proposée par *Fish-Pass* permet également de supposer que l'activité de pêche (particulièrement intense sur la première année de vie (Figure 25)) peut aussi en partie expliquer cette faible présence d'une gamme de taille particulière. La concentration de l'activité de pêche à la civelle sur une période de temps relativement courte aurait pu conduire à ponctionner une partie des gammes de tailles du recrutement annuel (les plus petites étant arrivées après l'atteinte des quotas, et les plus grandes avant ou au début de la saison de pêche).

### 2.3.2. Remarques sur la représentativité des résultats de pêches pour les petites anguilles

Concernant l'utilisation de la méthode Carle & Strub par la CMCS pour mesurer des densités estimées, il semble également pertinent de questionner la représentativité réelle des résultats obtenus en ce qui concerne les petites anguilles. En effet, la cohérence des résultats issus de la méthode Carle & Strub est pour partie basée sur l'hypothèse selon laquelle la taille du poisson n'influe pas sur sa probabilité de capture (Gerdeaux, 1986). Or, il semble que la technique de pêche électrique montre aujourd'hui certaines limites concernant l'échantillonnage des anguilles <120mm (Rigaud et Fabre, 2010). Les estimations de densités obtenues pour ces gammes de tailles dans le cadre de l'étude seraient donc à considérer avec précaution.

### 3. Vers une méthode d'analyse de la répartition des petites anguilles en pied d'ouvrage

#### 3.1. Ciblage du dispositif

Les résultats des captures montrent que la conception actuelle des Flottangs et le matériau employé (le *MacMat*®) cible de manière efficace les individus de moins de 150mm, et particulièrement la gamme de taille 60-90mm, qui représente 71% de captures totales (355 individus). En comparaison, la pêche électrique a permis d'échantillonner 751 d'individus de 60-90mm, mais ils représentent seulement 24% des captures. Les pêches ayant montré une faible présence des individus de 80/90-120 mm cette année, on peut s'interroger sur l'efficacité du Flottang sur cette gamme si elle avait montré un pourcentage de présence plus important sur le bassin. Les Flottangs ont donc montré une relative efficacité dans le ciblage des petites anguilles, surtout en considérant qu'ils ont échantillonné une portion représentant un faible pourcentage de la population globale.

#### 3.2. Représentativité du Flottang et analyse des différences observées sur Bruant/Ruttelière

La question de la représentativité du nombre de captures obtenues pose toutefois problème. En effet, si d'après le coefficient de Spearman une corrélation semble se dessiner pour les individus <100 et <150 mm entre les valeurs de densités estimées par pêche électrique et les effectifs capturés par les Flottangs, la très grande dispersion des nuages de points produits invite à la prudence quant à une telle interprétation.

Toutefois, les similitudes entre les représentations graphiques des captures Flottangs et des densités de pêches devraient encourager la poursuite des recherches en ce sens. Les graphiques semblent montrer que les captures Flottangs ont des valeurs correspondant à entre 40 et 50% des valeurs de densité estimée par pêche, mais ces observations sont issues de la seule visualisation des graphiques et ne peuvent donc être considérées comme fiables. Elles constituent néanmoins un postulat de départ pour d'éventuels comparatifs ultérieurs. Une étude *ex situ* au cours de laquelle le nombre d'anguilles est connu avec exactitude pourrait constituer un bon point de départ pour évaluer un taux moyen de capture par rapport à une densité estimée connue.

La différence d'efficacité entre les résultats Flottang et la pêche sur le Bruant peut s'expliquer par la position très aval de cette station. Les effectifs de civelles y sont très importants, et les flottangs ne peuvent qu'en prélever une petite partie, *a contrario* de la pêche électrique qui a vocation à échantillonner le maximum d'individus. De plus, les fluctuations de marées ayant lieu sur le site ont mis hors d'eau certains Flottangs lors de la première session de prélèvement. Les captures Flottangs y sont donc certainement sous-estimées.

#### 3.3. Vers un signal de répartition des individus à l'aval d'un obstacle anthropique

Les campagnes Flottang menées sur Seugne et Trois Doux ont permis d'observer une concordance entre des forts niveaux de captures et des augmentations de débit. On peut donc conjecturer que l'accroissement du débit va engendrer un appel d'eau provoquant un mouvement des jeunes anguilles en phase de montaison.

Ces sessions d'échantillonnages offrent également des indices sur la répartition des individus <150mm à l'aval d'un obstacle bloquant, puisque l'on observe une accumulation significative des anguilles <150mm en pied d'ouvrage.

Les comparaisons de tailles moyennes effectuées au cours de cette étude (III.4.2.2 / III.4.4.1) semblent aussi indiquer que les individus capturés en pied d'ouvrage sont significativement plus grands que ceux retrouvés à l'aval. Ces observations pourront éventuellement être confirmées lors de futurs suivis.

On observe aussi qu'entre le pied d'ouvrage et 12l, le nombre d'individus capturés par les Flottangs décroît (III.4.2.2.). En revanche, les captures ré-augmentent au niveau de 18l pour les deux stations. On peut donc avancer l'hypothèse qu'un ouvrage exerce une influence et un effet d'accumulation sur une distance correspondant à au moins 12 à 18 fois sa largeur. Ces observations, ainsi que les premiers résultats issus de la technique des quartiles, permettent de questionner la représentativité d'un signal Bief placé à 10l.

Ce signal, en s'éloignant du PO, devrait pouvoir fournir une image du flux d'individus indépendante de l'effet d'accumulation de l'ouvrage. Toutefois, plusieurs observations viennent contredire ce point :

- 🚧 la décroissance des captures observées jusqu'à 12 voire 18l décrite précédemment, qui tend à montrer que le « Bief » 10l se situe encore dans la zone d'influence de l'ouvrage.
- 🚧 la présence d'un Q3/Q1 faible corrélé avec des effectifs faibles capturés à 10-12l (III.4.2.2.). Cela pourrait potentiellement montrer que l'effet d'accumulation s'étend jusqu'à cette zone.
- 🚧 l'absence de différence significative entre les effectifs capturés en PO et en Bief (10l) (III.4.3.1.) ce qui pourrait appuyer l'hypothèse que ce signal soit influencé par la présence de l'ouvrage.

A l'inverse, une différence significative des niveaux de captures a été montrée sur les stations Seugne et Trois-Doux lorsque des points de prélèvements situés plus à l'aval (18-24l) étaient pris en compte (III.4.2.2). Une différence de taille significative a aussi été montrée entre les individus retrouvés en Pied d'ouvrage (plus grands) et ceux retrouvés au niveau du « Bief » incluant 18-24l (plus petits). Ces résultats s'inscrivent en faveur d'un modèle de répartition des petits individus sur les stations, et permettent de remettre en question la pertinence du signal bief recherché à 10l, puisque ce dernier semble situé dans la zone d'influence de l'ouvrage. Les meilleurs niveaux de captures obtenus plus à l'aval (entre 18 et 24l) suggèrent qu'il pourrait être cohérent d'expérimenter un signal Bief dans ce secteur, afin de diminuer le biais lié à un effet d'accumulation, et d'obtenir une image du flux de meilleur qualité (III.4.2.2).

Cette préconisation est d'autant plus cohérente que les niveaux de captures obtenus en Bief 10l (40) ne représentent que 19% des captures totales lors de l'expérimentation Bief/PO. A titre de comparaison, sur les stations Seugne et Trois Doux, les captures obtenues entre 18 et 24l représentent 22% des captures totales (280), alors que les effectifs échantillonnés dans la zone « bief » 10-12l ne représentent que 6% des captures.

### **3.4. La méthode des quartiles : vers un indice de mesure de la transparence des ouvrages?**

Concernant la recherche d'une variable (indicateur) permettant d'évaluer l'importance de l'accumulation au pied d'un ouvrage, on note que l'utilisation des quartiles préconisée par Rigaud (2017) montre des premières tendances intéressantes. Sous certaines conditions de pose (Pied d'ouvrage) et de débits (Sessions de poses des semaines 21 et 24), il existe une concordance entre les valeurs de ratios Q3/Q1 et le niveau de franchissabilité des ouvrages testés (Figure 26).

Les premiers tests relatifs à cette méthodologie ont été réalisés sur des stations dont la franchissabilité a déjà été évaluée. Cela permet de confronter le fonctionnement du ratio Q3/Q1, mais limite l'interprétation aux seules stations étudiées.

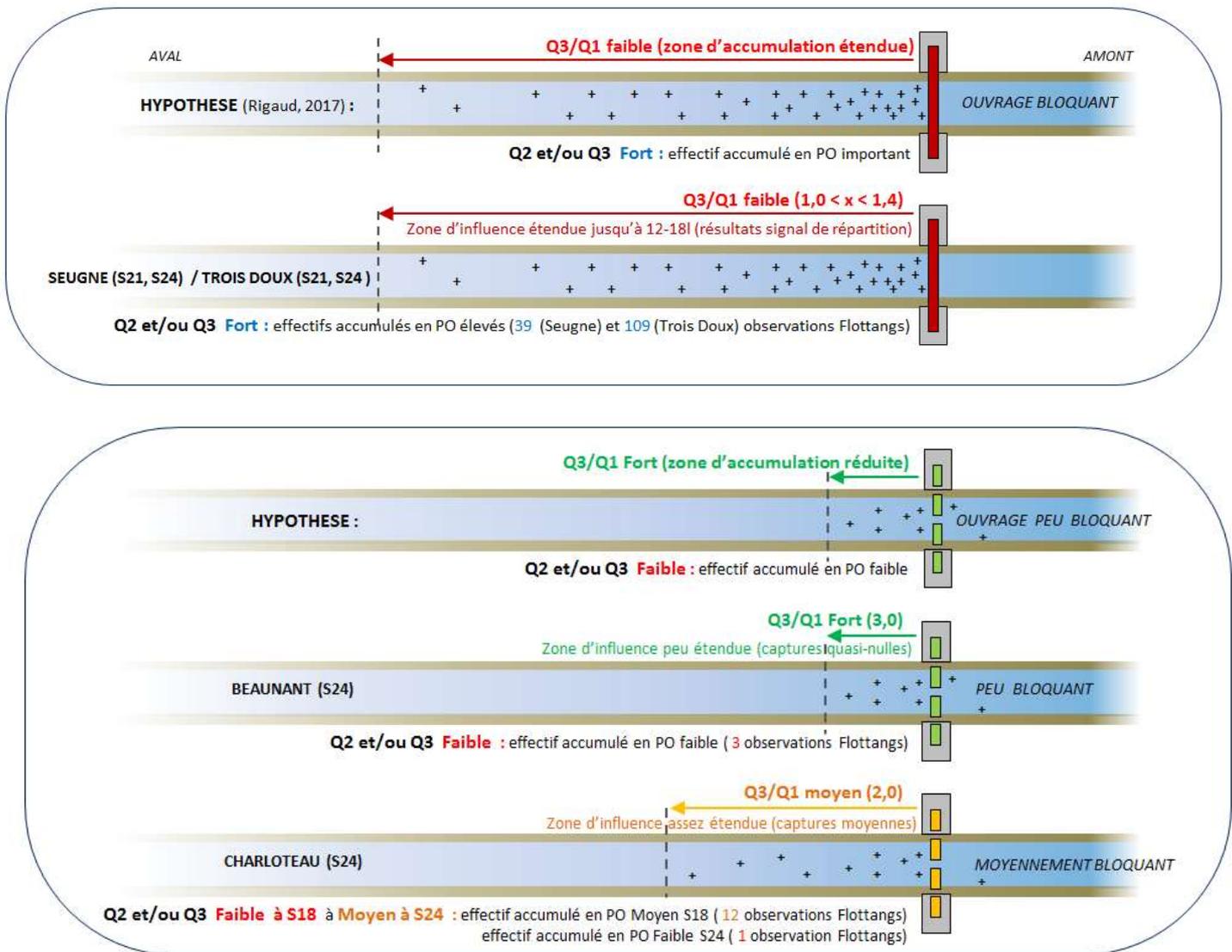


Figure 26 : Corrélations observées lors entre l'hypothèse des quartiles et les observations issues de l'étude (source personnelle)

La station Beaunant (ouvrage rendu compatible avec le franchissement de l'anguille (**Annexe 8**)) présente un ratio Q3/Q1 fort. A l'inverse, des ouvrages bloquants comme ceux de Trois Doux et Seugne (**Annexe 8**), présentent des valeurs de ratios plus faibles. L'ouvrage de Charloteau, moins infranchissable que les deux précédents, présente une valeur de Q3/Q1 moyenne.

Ces observations permettent de conjecturer l'existence d'une tendance de corrélation entre l'importance d'une hypothétique accumulation des anguilles <150mm au pied d'un ouvrage et la valeur de Q3/Q1. Un Flottang utilisé au niveau d'un pied d'ouvrage bloquant présenterait des niveaux de captures plus importants et un ratio plus faible. En effet au niveau des stations étudiées, l'élévation des niveaux de captures aurait potentiellement tendance à accroître la probabilité d'obtenir des effectifs différents au sein des Flottangs. Cela augmente de fait la variabilité entre les quartiles et la probabilité de diminuer la valeur du ratio.

Cette hypothèse des quartiles s'appuie aussi sur les résultats montrés par le *signal de répartition*, qui semblent valider l'effet d'accumulation des individus en PO. Ces conjectures doivent toutefois être considérées avec précaution.

En effet, du fait de la relative franchissabilité de certains ouvrages (Beunant et Charloteau), les valeurs de quartiles et les interprétations réalisées se basent sur des effectifs de captures très faibles.

Ces faibles niveaux de captures, s'ils résultent de la méthode de prélèvement choisie (sessions de poses isolées), pourraient aussi n'être qu'une traduction logique du niveau de franchissabilité de l'ouvrage (faibles effectifs car faible accumulation).

Concernant une éventuelle corrélation entre les valeurs de Q2 et/ou Q3 et l'intensité de l'accumulation, on observe que sur les stations testées, plus l'accumulation est importante, plus les valeurs des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> quartiles ont tendance à augmenter. Des valeurs de Q2 et Q3 fortes semblent assez bien corrélées avec des accumulations de fortes intensités constatées sur Seugne et Trois Doux.

Il semble toutefois que pour des valeurs de Q2 et Q3 faibles (qui témoignent logiquement de faibles effectifs de captures), il existe une certaine variabilité : au niveau de Charloteau, des captures faibles fournissent des valeurs de Q2 et Q3 moyennes, alors que des captures moyennes donnent des Q2 et Q3 faibles. Cette variabilité moyenne/faible est cependant indissociable du fait que cet indicateur potentiel se base sur des faibles effectifs de captures. Cet aspect reste donc à préciser.

Ces premières observations pourraient néanmoins être confirmées par des mesures *in situ* plus poussées (basées sur des relèves hebdomadaires de Flottangs sur une période d'un mois ou plus, au moment d'un pic de débit par exemple) afin d'accroître la robustesse des données. Dans le cas où une corrélation pourrait être établie entre Q3/Q1 et l'accumulation, l'estimation du ratio serait susceptible de fournir une variable précieuse dans le cadre de la mise en place d'un indice qui permettrait aux gestionnaires d'évaluer à terme le niveau de transparence d'un ouvrage pour les jeunes Anguilles européennes en phase de colonisation.

## CONCLUSION

Dans le cadre des mesures prises en faveur d'une reconquête des Bassins Charente et Seudre par l'anguille européenne, l'expérimentation de nouvelles techniques de suivis ciblant les petits spécimens en phase de colonisation est indispensable pour compléter les méthodes d'échantillonnages et les connaissances actuelles.

Le traitement des données FDAAPPMA via l'outil cartographique s'est révélé pertinent pour dresser un premier état des lieux du peuplement sur le bassin. De même, l'analyse des données historiques CMCS a permis d'observer les fluctuations des effectifs des principales gammes de tailles. Les résultats de ces observations, qui s'alignent sur les observations 1997-2007, semblent montrer que le vieillissement de la population a plutôt eu tendance à se poursuivre sur le bassin de la Charente.

L'utilisation conjointe de la méthode Flottang et des pêches électriques dans le cadre du suivi front de colonisation a permis de densifier le réseau de suivi, même si la méthodologie Flottang employée (une unique session de relève) a éventuellement pu conduire à sous-estimer la valeur de la D50 qui semble, en dépit de l'utilisation des Flottangs, globalement plus faible en 2017 qu'en 2015.

Au cours des prochaines expérimentations incluant le Flottang dans le cadre du front de colonisation, il serait plus pertinent de laisser en place les dispositifs sur une période longue et de multiplier les sessions de relèves (hebdomadaires par exemple) en recherchant un signal d'occurrence.

Du fait de l'absence totale de captures, il semble en l'état peu judicieux de reconduire les stations Front de colonisation Flottang expérimentées cette année sur l'axe Charente (Bassac, PontD423, ADDEC, Argence, Marsac, Ménadeau, Les Moulins, La Saulaie) même s'il existe un risque que l'absence d'occurrence puisse aussi correspondre à de fausses absences sur certaines stations. En revanche, il semblerait pertinent d'expérimenter de nouvelles stations Flottangs plus en aval au niveau des ouvrages situés entre Crouin à Saintonge, *via* la méthode de relève hebdomadaire proposée ci-dessus.

Ce type de pose servirait un double objectif : d'une part préciser le front de colonisation sur une zone de disparition probable des jeunes anguilles, et d'autre part fournir des données au niveau d'obstacles connus pour expérimenter de manière plus robuste la méthode des quartiles qui semble avoir montré des premières tendances intéressantes dans le cadre de cette étude.

Les premiers résultats obtenus concernant l'existence d'un modèle de répartition des petits individus à l'aval d'un obstacle potentiel (diminution des captures entre le PO et 12-18l, puis augmentation à 18l et éventuellement 24l), semblent attester d'un effet d'accumulation des anguilles <150mm au pied d'ouvrages bloquant. Il semble cohérent de conjecturer que l'ouvrage va exercer cet « effet accumulation » sur une portion aval plus étendue que celle soupçonnée au début de l'étude (signal Bief arbitrairement placé à 10l pour également correspondre à la zone prospectée par pêche électrique).

Un signal Bief cohérent pour obtenir une image du flux migrant de petits individus non biaisée par l'effet d'accumulation de l'ouvrage (Rigaud, 2017) devrait donc être recherché plus à l'aval, à une distance minimum équivalent à 18l.

Il serait intéressant de procéder à des analyses équivalentes sur les futures années de suivi et d'étendre cette expérience à d'autres zones de la façade atlantique colonisées par l'anguille (Bretagne, Gironde), afin de voir si de telles observations d'accumulations, de fonctionnement des quartiles et de signal Bief se généralisent.

Concernant la représentativité des captures réalisées par le système Flottang, il semble qu'une corrélation puisse à terme être trouvée avec les résultats fournis par la pêche électrique. Dans le cadre de l'étude cependant, en dépit du résultat statistique montrant qu'une corrélation non due au hasard existe entre les captures flottangs et les données de pêche électrique, il convient de faire preuve de prudence dans l'interprétation de ce résultat, notamment en raison de la grande variabilité des ratios (Captures Flottangs / Densité Pêche) obtenus et donc de la faible robustesse des données utilisées.

Si visuellement une corrélation semble se dessiner entre les deux techniques (les différences majeures ayant pu être en partie justifiées sur les stations Bruant et Ruttelière), la nature exacte de cette corrélation ne saurait être révélée pour l'instant.

Finalement, la méthode d'échantillonnage à privilégier dépendra de l'objectif recherché. Si on souhaite déterminer la population globale d'une station à un instant  $t$ , la pêche électrique demeure la technique incontournable pour échantillonner l'ensemble des gammes de tailles. Cependant, son efficacité fluctuante sur les petits individus doit inviter à relativiser les résultats fournis lors du calcul de densité estimée de Carle et Strub (1978) utilisée par la CMCS, qui suppose une probabilité de capture indépendante de la taille du poisson.

Inversement, si l'objectif recherché cible exclusivement les petits individus et nécessite une importante accumulation de données via des échantillonnages répétés et peu invasifs (exemple : obtenir une succession d'images traduisant l'état du flux migrant, estimer la répartition en pied d'ouvrage, déterminer la présence d'un effet accumulation, etc.), le Flottang se révèle une alternative intéressante, susceptible d'être laissée sur site sur une longue période, peu coûteuse et nécessitant peu de main d'œuvre.

La combinaison des deux techniques semble pertinente et apporte un supplément d'information intéressant dans le cadre du suivi Front de colonisation, bien que le positionnement des stations Flottangs soit perfectible sur l'axe Charente.

Enfin signalons qu'au cours de l'étude, la recherche d'une corrélation entre l'environnement de pose (température, ombrage, courant, présence de caches, profondeur du lit, granulométrie) des Flottangs et leur efficacité a été recherchée, mais sans succès. Si l'ensemble des données Flottangs a d'abord été utilisé pour rechercher cette corrélation, il apparaît finalement que ce choix de données était discutable. En effet, l'accumulation générée les ouvrages bloquants semble influencer le positionnement des petits individus, et crée de fait un biais qui altère leur répartition naturelle au sein des différents environnements de pose.

Afin de déterminer si certains habitats sont plus favorables que d'autres aux captures des petites anguilles, il serait intéressant de renouveler l'expérience en s'éloignant drastiquement de l'ouvrage, afin de supprimer le biais de l'effet d'accumulation mis en évidence.

## BIBLIOGRAPHIE

Aalto E., Capoccioni F., Terradez-Maz J., Schiavina M., Leone C., De Leo G., Ciccoti E., 2016. Quantifying 60 years of declining European eel (*Anguilla anguilla* L., 1758) fishery yields in Mediterranean coastal lagoons. *ICES J. Mar. Sci.*, 73(1): 101-110.

Acou A., Laffaille P., Legault A., 2008. Migration pattern of silver eel (*Anguilla anguilla* L.) in an obstructed river system. *Ecol. Freshw. Fish.*, 17(1): 432-442.

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 de Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, 353p.

Albert F., 2014. Trafic international de civelle démantelé en Charente Maritime, Affaire du 19 juin 2014.

Als T., Hansen M., Maes G., Castonguay M., Riemann L., Aarestrup K., Munk P., Sparholt H., Hanel R., Bernatchez L., 2011. All roads lead to home: panmixia of European eel in the Sargasso Sea. *Mol. Ecol.*, 20(7): 1333-1346.

Amilhat E., 2007. Etat sanitaire de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* dans le Bassin Rhône Méditerranée et Corse : synthèse bibliographique. Rapport Pôle lagunes et Cépralmar. CBETM, Université de Perpignan, 88p.

Bachelet G., Castel J., Desprez M., Marchand J., 1997. Biocénose des milieux estuariens. In Dauvin J.C. (ed). Les biocénoses marines et littorales française des côtes atlantiques, Manche et Mer du Nord : synthèse, menaces et perspectives: 130-140. Laboratoire de Biologie des Invertébrés Mains et Malacologie - Service du Patrimoine Naturel / IEGB / MNHN, Paris.

Baisez A., 2007. L'anguille, vie et péripéties de ce poisson migrateur hors du commun du bassin de la Loire. *Editions Loire et terroirs*, 37p.

Berg T., Steen J., 1965. Physiological mechanisms for aerial respiration in the eel. *Comp. Biochem. Physiol.*, 15: 469-484.

Boivin B., 2013. Influence de la salinité et de l'origine sur la dispersion continentale et la croissance des juvéniles chez l'anguille d'Amérique, *Anguilla rostrata*. Mémoire. Rimouski, Québec, Université du Québec à Rimouski, Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER), 89 p.

Bonhommeau S., Chassot E., Rivot E., 2008. Fluctuations in European eel (*Anguilla anguilla*) recruitment resulting from environmental changes in the Sargasso Sea. *Fish. Oceanogr.*, 17(1): 32-44.

Breukelaar A., Bij de Vaate A., Fockens K., 1998. Inland migration of sea trout (*Salmo trutta*) into the rivers Rhine and the Meuse (The Netherlands), based on inductive coupling radio telemetry. *Hydrobiologia*, 371 / 372: 29-33.

Briand C., Fatin D., Lambert P., 2004. Effets de la température et de la salinité sur le développement de la pigmentation des civelles (*Anguilla anguilla*). *Cybium*, 28(3): 247-254.

Carle F., Strub M., 1978. A New Method for Estimating Population Size from Removal Data. *Int. Bio. Soc.*, 34(4): 621-630.

Castonguay M., Hodson P., Moriarty C., Drinkwater K., Jessop B., 1994. Is there a role of ocean environment in American and European eel decline? *Fish. Oceanogr.*, 3: 197-203.

Cellule Migrateurs Charente Seudre, 2015. Compte rendu du suivi anguilles 2010-2014 en fossés à poissons de la Seudre, 31p.

Cellule Migrateurs Charente-Seudre, rapport des actions 2015. 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, 115p.

Cellule Migrateurs Charente-Seudre, rapport des actions 2013. 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, 128p.

Cellule Migrateurs Charente-Seudre, rapport des actions 2012. 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, 171p.

Clay C., 1961. Design of Fishways and other Fish facilities. Department of Fisheries of Canada, Ottawa, 341p.

Cotten A., 1996. La Gironde, un écosystème estuarien. Conservatoire de l'Estuaire de la Gironde, 17p.

Dannewitz J., Maes G., Johansson L., Wickström H., Volckaert F., Järvi T., 2005. Panmixia in the European eel: a matter of time. *Proc. R. Soc. Lond. Biol. Sci.*, 272: 1129-1137.

Dekker W., 2003. Worldwide decline of eel resources necessitates immediate action. *Fisheries*, 28(12): 28-30.

Dekker W., 2004. Slipping through our hands. Population dynamics of the European eel, PhD thesis, University of Amsterdam, 186p. ISBN 90-74549-10-1.

- Desbruyères D., 2010. Les trésors des abysses. Editions Quae, collection Carnets de sciences, 184p.
- Dufour S., 1994. Neuroendocrinologie de la reproduction de l'anguille : de la recherche fondamentale aux problèmes appliqués. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 335: 187-211.
- Durif C., Elie P., Dufour S., Marchelidon J., Vidal B., 2000. Analyse des paramètres morphologiques et physiologiques lors de la préparation à la migration de dévalaison chez l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) du lac de Grand-Lieu (Loire-Atlantique). *Cybium*, 24, 63-74.
- Durozoi B., Postic-Puivif A., 2009. Analyse des indicateurs d'abondance et de colonisation de l'anguille sur les bassins Charente et Seudre. Exploitation des données de pêche à l'électricité de l'ONEMA (1988 à 2007), 29p.
- Edeline E., Elie P., 2004. Is salinity choice related to growth in juvenile eel *Anguilla anguilla*? *Cybium*, 28(1) suppl.: 77-82.
- Edeline E., Dufour S., Elie P., 2005. Role of glass eel salinity preference in the control of habitat selection and growth plasticity in *Anguilla anguilla*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 304: 191-199.
- Elie P., 1997. L'impact d'un barrage d'estuaire sur la migration des poissons amphihalins : solutions de réhabilitation et premiers résultats. *Actes Coll. IFREMER*, 22: 141-156.
- Elie P., Lecomte-Finiger R., Cantrelle I., Charlon N., 1982. Définition des limites des différents stades pigmentaires durant la phase civelle d'*Anguilla anguilla* (L.). *Vie Milieu*, 32: 149-157.
- Feunteun E., Acou P., Laffaille P., Legault A., 2000. European eel (*Anguilla anguilla*): prediction of spawner escapement from the continental population parameters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 57 : 1627-1635.
- Fontaine Y., 1994. L'argenture de l'Anguille: métamorphose, anticipation, adaptation. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 335: 171-185.
- Georgin J.P, Gouet M., 2005. Statistiques avec Excel, *Presses Universitaires de Rennes* (PUR), 285p.
- Girard P., Elie P., 2007. Manuel d'identification des principales lésions anatomo-morphologiques et des principaux parasites externes des anguilles. CEMAGREF / Association « Santé Poissons Sauvages », 81p.
- Haenen O., 1995. *Anguillicola crassus* (Nematoda, Dracunculoidea) infections of European eel (*Anguilla anguilla*) in the Netherlands: epidemiology, pathogenesis and pathobiology. PhD thesis, Agricultural University of Wageningen, 127p.
- Holmgren K., Wickström H., Clevestam P., 1997. Sex-related growth of European eel, *Anguilla anguilla*, with focus on median silver age. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.*, 54(12): 2775-2781.

Jellyman D., 1979. Scale development and age determination in New Zealand freshwater eels (*Anguilla* ssp.). *J. Mar. Freshw. Res.*, 13(1): 23-30.

Journal officiel de l'Union européenne, 22.9.2007. Règlement (CE) N° 1100/2007 du Conseil du 18 septembre 2007, instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes, 7p.

Jungwirth M., 1998. River continuum and fish migration - Going beyond the longitudinal river corridor in understanding ecological integrity. In Jungwirth M., Schmultz S. and Weiss S. (eds), *Fish Migration and Fish Bypasses*. Fishing News Books-Blackwell Science Ltd Publisher, Oxford: 19-32.

Keith P., 2011. *Les Poissons d'eau douce en France*. Editions Biotope, 552p.

Knights B., 2003. A review of the possible impacts of long-term oceanic and climate changes and fishing mortality on recruitment of anguillid eels of the Northern Hemisphere. *Sci. Total Environ.*, 310: 237-244.

Krueger W., Oliveira K., 1999. Evidence for Environmental Sex Determination in the American eel, *Anguilla rostrata*. *Env. Bio. Fish.*, 55(4): 381-389.

Laffaille P., Lafage D., 2003. Organisation spatiale et évaluation de l'état des stocks d'anguilles du bassin versant de l'Aulne. Rapport final. Contrat de Plan Etat-Région 2000-2006. Fédération du Finistère pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, 63p.

Laffaille P., Rigaud C., 2009. L'anguille européenne. Indicateurs d'abondance et de colonisation. Chapitre 8 : Indicateurs de colonisation et de sédentarisation, 58p.

Lecomte-Finiger R., 1992. Growth history and age at recruitment of European glass eels as revealed by otolith microstructure. *Mar. Biol.*, 114: 205-210.

Lecomte-Finiger R., 1994. Les stades larvaires (leptocéphales et civelles) de l'anguille européenne *A. anguilla* : migrations et métamorphose. *Ann. Biol.*, 33(1): 1-17.

Lecomte-Finiger R., Maunier C., Khafif M., 2004. Les larves leptocéphales, ces méconnues. *Cybium*, 28: 83-95

Legault A., 1988. Le franchissement des barrages par l'escalade de l'anguille, Etude en Sèvre Niortaise. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 308: 1-10.

Maes G., Pujolar J.M., Hellemans B., Filip A., Volckaert M., 2006. Evidence for isolation by time in the European eel (*Anguilla anguilla* L.). *Mol. Ecol.*, 15(8): 2095-2107.

McGovern P., McCarthy T.K., 1992. Local movements of freshwater eels (*Anguilla anguilla* L.) in western Ireland. In Priede I., Swift S. (Eds), *Wildlife telemetry: remote sensing and monitoring of animals*. Ellis Horwood, Chichester: 319-327.

Mohr H., 1971. The effects of some behaviour patterns on the catching techniques for eel. *EIFAC Technical Paper*, 14: 27-30.

Naismith I., Knights B., 1988. Migrations of elvers and juvenile European eels, *Anguilla anguilla* L., in the River Thames. *J. Fish. Biol.*, 33: 161-175.

Ovidio M., Philippart J.C., 2002. The impact of small physical obstacles on upstream movements of six species of fish. Synthesis of a 5-year telemetry study in the River Meuse basin. *Hydrobiologia*, 483: 55-69.

Pankhurst N., Lythgoe J., 1983. Changes in vision and olfaction during sexual maturation in the European eel *Anguilla anguilla* (L.). *J. Fish. Biol.*, 23: 229-240.

Parlement Européen, 2006. Rapport A6-0140/2006 sur la proposition de règlement du Conseil instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguille européenne (COM(2005)0472 - C6 0326/2005 - 2005/0201(CNS)). Commission de la pêche, 21p.

Philippart J.C., 1987. Histoire de l'extinction et de la problématique de la restauration des salmonidés migrateurs. In Thibault, M., Billard R. (eds), *La restauration des rivières à saumons*, INRA, Paris, France: 125-137.

Philippart J.C., Ovidio M., Rimbaud G., Poncin P., 2013. Essai d'estimation des dommages piscicoles engendrés par les prises d'eau industrielles et les turbines hydroélectriques dans les cours d'eau de la Province de Liège. Partie F. Chapitre 7. Les centrales hydroélectriques sur la Vesdre. Rapport pour l'année 2013 à la Commission provinciale de Liège du Fonds piscicole de Wallonie, Université de Liège LDPH, 187p.

Piquet J.C., Fillon A., Thomas G., 2011. Caractérisation de la contamination microbiologique d'origine fécale de l'estuaire de la Seudre en période sèche. R.INT.ODE/LER/LERPC 2011.

Plan de Gestion Anguilles de la France. Application du règlement R(CE) n°1100/2007 du 18 septembre 2007. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer, Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche, ONEMA, 120p.

Plan de Gestion des Poissons Migrateurs des bassins Garonne, Dordogne, Charente, Seudre, Leyre 2015-2019. Comité rédactionnel.

Potter I., Claridge P., Warwick R., 1986. Consistency of seasonal changes in estuarine fish assemblage. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 32: 217-228.

Ramade F., 2008. Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. DUNOD.

Rapin F., Blanc P., Corvi C., 1989. Influence des apports sur le stock de phosphore dans le lac Léman et sur son eutrophisation. *Journal of Water Science*, 24: 721-737.

Rigaud C., 2017. Vers une méthode d'évaluation de la transparence d'un axe fluvial vis-à-vis de la phase initiale de colonisation de l'anguille européenne. 1<sup>er</sup> rapport d'état d'avancement, Février 2017. Années de programmation 2016-2018, Action n°44, sous-action 2, IRSTEA, ONEMA, 70p.

Rigaud C., Fabre R., 2012. Analyse des captures par engins passifs et pêches au Martin Pêcheur sur le Canal du Porge (Gironde) en 2010. Compte rendu, 27p.

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

Shapiro S., Wilk M., Chen H., 1968. A Comparative Study of Various Tests for Normality. *J. Am. Stat. Assoc.*, 63(324): 1343-1372.

Silberschneider V., Pease B., Booth D., 2001. A novel artificial habitat collection device for studying resettlement patterns in anguillid glass eels. *J. Fish Biol.*, 58(5): 1359-1370.

Snyder D., 2004. Invited overview: conclusions from a review of electrofishing and its harmful effects on fish. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 13: 445-453.

Tapie N., Budzinski H., Elie P., Gonthier P., 2006. Contamination en polychlorobiphényles (PCB) des anguilles du système fluvio-estuarien de la Gironde. Rapport final, Nov. 2006, LPTC Bordeaux-Cemagref Bordeaux, 58p.

UICN, 2009. *Anguilla anguilla*, available at: [www.iucnredlist.org/details/60344/0](http://www.iucnredlist.org/details/60344/0), Accessed 10/04/2017.

Van Ginneken V., Maes G., 2005. The European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), its lifecycle, evolution and reproduction: a literature review. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 15: 367-398.

Van Ginneken V., 2006. Simulated Migration of European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus 1758). PhD dissertation n° 3979, Wageningen University, The Netherlands, 309p.

Van Ginneken V., Durif C., Balm P., Boot R., Verstegen M., Antonissen E., Van den Thillart G., 2007. Silvering of European eel (*Anguilla anguilla* L.): seasonal changes of morphological and metabolic parameters. *Anim. Biol.*, 57(1): 63-67.

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

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Evolution des débits de la Charente à Vindelle (en m <sup>3</sup> /s) entre 2004 et 2017. (Source : personnelle, d'après eaufrance.fr) .....	2
Figure 2 : Ci-dessus, deux anguilles européennes capturées par pêche électrique (Source personnelle) .....	4
Figure 3 : Cycle de vie d'une Anguille européenne effectuant sa croissance continentale sur le Bassin de la Charente (Source personnelle, repris depuis van Ginneken, 2005).....	5
Figure 4 : Anguilles européennes à différents stades de développement. A gauche, les stades civelle (1) et anguillette (2). A droite, une anguille jaune d'une trentaine de centimètres. (Source personnelle).....	6
Figure 5 : Tendances d'évolution de l'abondance des juvéniles des stocks majeurs d'anguilles (Source personnelle, repris et traduit depuis Dekker, 2003).....	7
Figure 6 : Pathologies observées au cours de l'étude. (Source : personnelle, diagnostic établi d'après Girard et Elie, 2007). .....	8
Figure 7 : A gauche, un Flottang sous la surface d'un cours d'eau. A droite, la gamme de taille ciblée par le dispositif (<15 cm), ici une anguille d'une douzaine de centimètres. (Source personnelle).....	13
Figure 8 : Méthodologie de pose des 5 pièges par station pour rechercher le front de colonisation. (Source personnelle) .....	14
Figure 9 : Méthodologie de pose des 12 pièges par station pour évaluer la répartition des jeunes anguilles. (Source personnelle) .....	15
Figure 10 : Méthodologie de pose pour la comparaison des techniques Flottangs / Pêches électriques (Source personnelle) .....	15
Figure 11 : Echantillonnage d'anguilles réalisés par les FDAAPPMA 16-17 entre 2007 et 2016 .....	16
Figure 12: Evolution spatio-temporelle de la population d'anguilles sur l'axe Charente .....	17
Figure 13 : Evolution de la population d'anguilles et de sa composition entre 2009 et 2017. ....	18
Figure 14 : Fréquence de taille des d'anguilles échantillonnées lors de la campagne de pêche Charente 2017	19
Figure 15: Répartition des différentes gammes de tailles échantillonnées sur l'axe Charente .....	20

Figure 16 : Régressions logistiques de la probabilité d'occurrence des anguilles <150mm et <100mm sur l'axe Charente .....	20
Figure 17 : Fréquence de taille des d'anguilles échantillonnées lors de la campagne de pêche Seudre 2017 ...	21
Figure 18 : Régression logistique de la probabilité d'occurrence des anguilles <100 et <150mm sur l'axe Seudre .....	22
Figure 19 : Bilan des captures réalisées sur Seugne (a) et Trois-Doux (b), en corrélation avec le Débit de la Charente à la station de Vindelle et de la Seudre à la station de Corme-Ecluse .....	24
Figure 20 : Répartition des captures de jeunes anguilles à l'aval des ouvrages de Seugne et Trois-Doux .....	24
Figure 21 : Répartition des effectifs totaux de captures Flottangs sur les stations Seugne et Trois-Doux.....	25
Figure 22 : Tendances d'échantillonnages sur les stations de Charente (a) et de la Seudre (b).....	26
Figure 23 : Localisations des obstacles potentiels au front de colonisation des anguilles <100mm et <150mm sur l'axe Charente .....	31
Figure 24 : Localisations des obstacles potentiels au front de colonisation des anguilles <100mm et <150mm sur l'axe Seudre .....	32
Figure 25 : Première approche de l'évolution de la mortalité par pêche, naturelle et totale au cours du temps (Source : personnelle, repris depuis <a href="http://www.fish-pass.fr/ichtyologie-4-dynamique-des-populations.php">http://www.fish-pass.fr/ichtyologie-4-dynamique-des-populations.php</a> ).	33
Figure 26 : Corrélations observées lors entre l'hypothèse des quartiles et les observations issues de l'étude (source personnelle) .....	36

# TABLE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : Caractéristiques des bassins versants de la Charente et de la Seudre .....	2
<b>Tableau 2</b> : Classes de tailles d'anguilles échantillonnées par les FDAAPPMA 16 - 17 entre 2007 et 2016. ....	16
<b>Tableau 3</b> : Bilan des campagnes de l'axe Charente par la CMCS entre 2009 et 2015. Les données 2009-2011 sont une moyenne des résultats de 2009, 2010 et 2011. ....	18
<b>Tableau 4</b> : Bilan des captures réalisées par pêches électriques sur l'axe Charente en 2017. ....	19
<b>Tableau 5</b> : Evolution du front de colonisation de l'axe Charente pour les anguilles entre 2009 et 2017. Les valeurs entre parenthèses correspondent aux D50 qui auraient été obtenues sans l'utilisation des Flottangs..	21
<b>Tableau 6</b> : Bilan des captures réalisées par pêches électriques sur l'axe Seudre en 2017. ....	21
<b>Tableau 7</b> : Evolution du front de colonisation sur l'axe Seudre pour la période 2009 - 2017. Les valeurs entre parenthèses correspondent aux D50 qui auraient été obtenues sans l'utilisation des Flottangs. ....	22
<b>Tableau 8</b> : Bilan des captures d'individus <150mm lors des campagnes de Pêches électriques 2017 .....	22
<b>Tableau 9</b> : Bilan global des captures des campagnes d'échantillonnages Flottangs 2017 .....	23
<b>Tableau 10</b> : Bilan des captures des 3 campagnes Flottangs menées sur les stations Seugne et Trois-Doux .	23
<b>Tableau 11</b> : Bilan des calculs de quartiles et de leurs dérivés, ainsi que des captures effectuées en Bief. ....	27

# ANNEXES

# TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Photographies de différents spécimens d' <i>Anguilla anguilla</i> réalisées au cours de l'étude .....	<b>II</b>
Annexe 2 : Classes de tailles des individus de l'espèce <i>Anguilla anguilla</i> , et interprétations biologiques correspondantes .....	<b>III</b>
Annexe 3 : Principales entités hydrographiques et obstacles à la continuité écologique présents sur les bassins versants de la Charente et de la Seudre .....	<b>IV</b>
Annexe 4 : Etat de la restauration écologique au niveau de la ZAP définie par le PLAGEPOMI pour les bassins Charente et Seudre .....	<b>V</b>
Annexe 5 : Bilan méthodologique : localisation des différentes stations et objectifs .....	<b>V</b>
Annexe 6 : Coordonnées des stations prospectées et nature de l' (ou des) échantillonnage(s) pratiqué(s) .....	<b>VI</b>
Annexe 7 : Planning des prospections réalisées de l'étude et objectifs associés .....	<b>VII</b>
Annexe 8 : Ouvrages hydrauliques divers et illustrations de la technique et des résultats Flottangs .....	<b>IX</b>
Annexe 9 : Méthodes d'échantillonnage expérimentées lors du stage. A gauche, la pose d'un dispositif Flottang. A droite, une pêche électrique réalisée par la FDAAPPMA 16 .....	<b>X</b>
Annexe 10 : Ratio entre le % d'anguilles $\leq 150\text{mm}$ et le % d'anguilles de 150-300mm .....	<b>X</b>
Annexe 11 : Efficacité de la campagne de pêche électrique 2017 sur les stations de la Charente (a) et de la Seudre (b). L'efficacité globale est également présentée (c) .....	<b>XI</b>
Annexe 12 : Estimation de la représentativité du Flottang par rapport à la pêche électrique, et ratios associés	<b>XII</b>
Annexe 13 : Représentation des corrélations entre les variables « densités estimées par pêche » et « effectifs de captures Flottangs » pour les individus $< 100\text{mm}$ et $< 150\text{ mm}$ .....	<b>XIII</b>

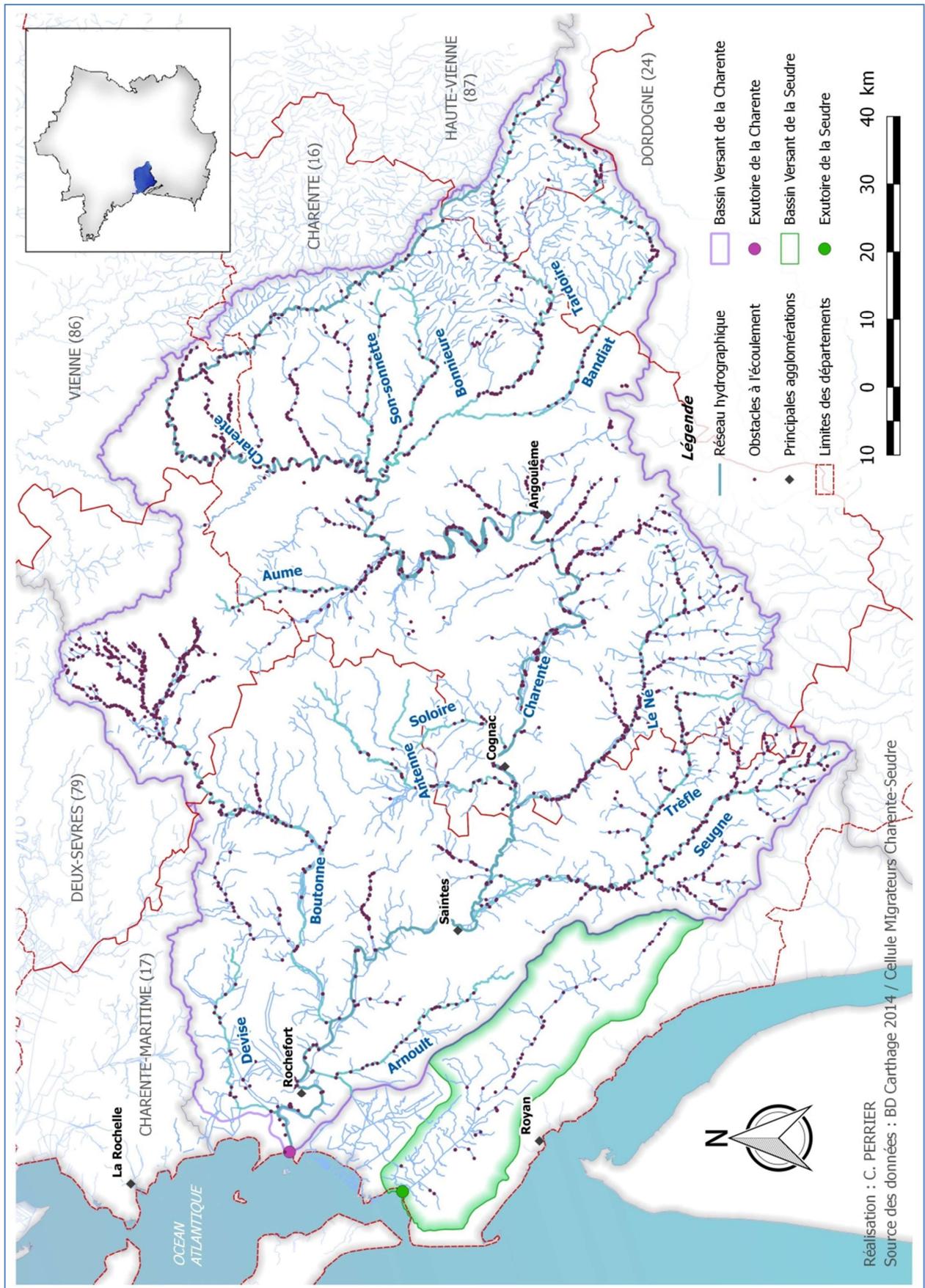
**Annexe 1 :** Photographies de différents spécimens d'*Anguilla anguilla* réalisées au cours de l'étude (Source personnelle)



**Annexe 2** : Classes de tailles des individus de l'espèce *Anguilla anguilla*, et interprétations biologiques correspondantes (Source : Laffaille et Rigaud, 2009).

CLASSES DE TAILLE	INTERPRETATIONS BIOLOGIQUES
50 - 150 mm	Individu en migration dans leur première /deuxième année de vie continentale
150 - 300 mm	Individu en migration et en croissance (2 à 5 ans de croissance selon les sites et les individus)
300 - 450 mm	Individu male susceptibles de s'argenter ou individu femelle en croissance
450 - 600 mm	Individu femelle pouvant s'argenter. Petits Gabarits (150 - 400 g) souvent retrouvés en milieux peu profonds.
600 - 750 mm	Individu femelle pouvant s'argenter. Gabarits Moyens (400 - 800 g)
Plus de 750 mm	Individu femelle pouvant s'argenter. Gros Gabarits (plus de 800 g) souvent retrouvés en milieux profonds.

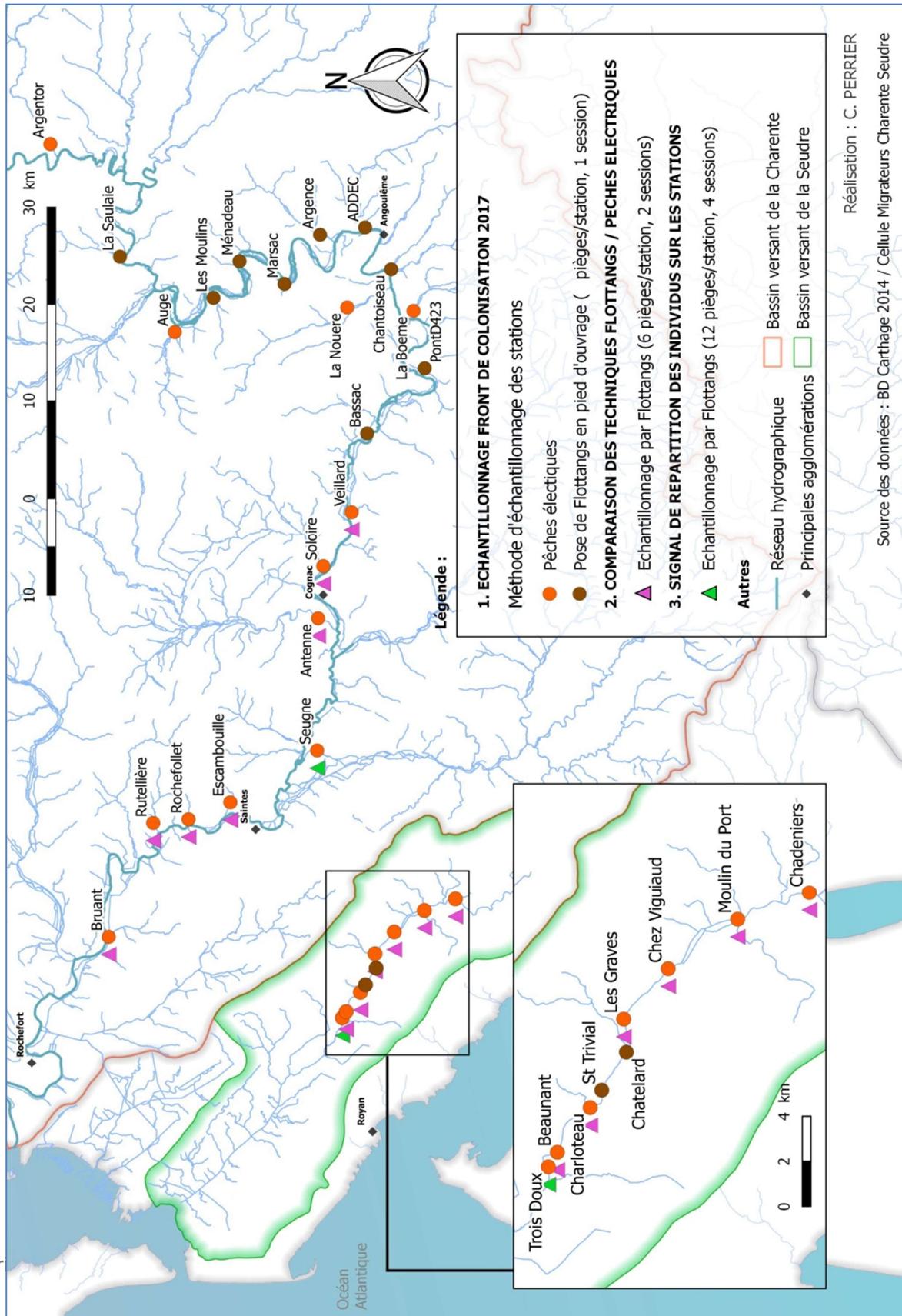
**Annexe 3** : Principales entités hydrographiques et obstacles à la continuité écologique présents sur les bassins versants de la Charente et de la Seudre (Source personnelle)



**Annexe 4 :** Etat de la restauration écologique au niveau de la ZAP définie par le PLAGEPOMI pour les bassins Charente et Seudre (Source : Cellule Migrateurs Charente-Seudre)

Année	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ouvrages aménagés ou en projet	8 %	43 %	55 %	56 %	57 %	58 %	58 %

**Annexe 5 :** Bilan méthodologique : localisation des différentes stations et objectifs (Source personnelle)



**Annexe 6** : Coordonnées des stations prospectées et nature de l' (ou des) échantillonnage(s) pratiqué(s).

Le code Flottang (1, 2 ou 3) renvoi à la méthode de répartition des dispositifs :

1 = Front de colonisation (Figure 8) / 2= Signal Bief/pied d'ouvrage (Figure 10) / 3= Signal de répartition (Figure 9)

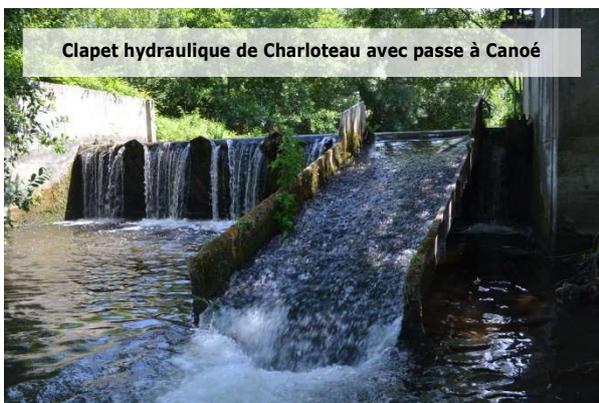
STATION	DEPARTEMENT	METHODE(S)		X (L93)	Y (L93)
<i>Le Bruant</i>	17	Flottang (2)	Pêche	357170	2102337
<i>La Ruttelière</i>	17	Flottang (2)	Pêche	368978	2097881
<i>Le Rochefollet</i>	17	Flottang (2)	Pêche	369381	2094274
<i>L'Escambouille</i>	17	Flottang (2)	Pêche	371154	2090015
<i>La Seugne</i>	17	Flottang (3)	Pêche	376538	2081187
<i>Antenne</i>	16	Flottang (2)	Pêche	390194	2081201
<i>Soloire</i>	16	Flottang (2)	Pêche	395565	2080717
<i>Veillard</i>	16	Flottang (2)	Pêche	401200	2077868
<i>La Boème</i>	16	X	Pêche	421981	2071707
<i>La Nouère</i>	16	X	Pêche	422275	2078482
<i>Argence</i>	16	X	Pêche	429731	2081326
<i>Auge</i>	16	X	Pêche	419599	2096091
<i>Argent or</i>	16	X	Pêche	438891	2108966
<i>Bassac</i>	16	Flottang (1)	X	409284	2076337
<i>Pont D423</i>	16	Flottang (1)	X	416008	2070515
<i>Chantoiseau</i>	16	Flottang (1)	X	426242	2074026
<i>ADDEC</i>	16	Flottang (1)	X	430524	2076728
<i>Marsac</i>	16	Flottang (1)	X	424635	2084917
<i>Ménadeau</i>	16	Flottang (1)	X	426935	2089540
<i>Les Moulins</i>	16	Flottang (1)	X	423147	2092165
<i>Pont D19</i>	16	Flottang (1)	X	419599	2096091
<i>La Saulaie</i>	16	Flottang (1)	X	427314	2101757
<i>Trois Doux</i>	17	Flottang (3)	Pêche	349029	2078384
<i>Beunant</i>	17	Flottang (2)	Pêche	349681	2077991
<i>Charloteau</i>	17	Flottang (2)	Pêche	351673	2076551
<i>Les Graves</i>	17	Flottang (2)	Pêche	355655	2075100
<i>Chez Viguiard</i>	17	Flottang (2)	Pêche	357920	2073152
<i>Moulin du Port</i>	17	Flottang (2)	Pêche	360151	2070093
<i>Chadeniers</i>	17	Flottang (2)	Pêche	361373	2066928

## Annexe 7 : Planning des prospections réalisées de l'étude et objectifs associés

Sem.	Jour	Date	STATIONS ECHANTILLONNEES	OBJECTIF(S)
17	Lundi	24/04/2017	Pose : Bruant / Ruttelière / Rochefollet / Escambouille	<b>Comparaison des méthodes</b> <b>Flottangs / pêches Charente <u>Session 1</u></b> + <b>Signal de répartition Charente <u>Session 1</u></b>
	Mardi	25/04/2017	Pose : Seugne(12) / Antenne / Soloire / Veillard	
	Mercredi	26/04/2017	Relève : Bruant / Ruttelière / Rochefollet / Escambouille	
	Jeudi	27/04/2017	Relève : Seugne (12) / Soloire / Antenne / Veillard	
	Vendredi	28/04/2017		
	Samedi	29/04/2017		
	Dimanche	30/04/2017		
18	Lundi	01/05/2017		<b>Comparaison des méthodes</b> <b>Flottangs / pêches Seudre <u>Session 1</u></b> + <b>Signal de répartition Seudre <u>Session 1</u></b>
	Mardi	02/05/2017	Pose :Troix Doux (12) / Beaunant / Charloteau	
	Mercredi	03/05/2017	Pose : Les Graves / Chez Viguiaud / Le Port / Chadeniers	
	Jeudi	04/05/2017	Relève : Troix Doux (12) / Beaunant / Charloteau	
	Vendredi	05/05/2017	Relève : Les Graves / Chez Viguiaud / Le Port / Chadeniers	
	Samedi	06/05/2017		
	Dimanche	07/05/2017		
20	Lundi	15/05/2017		Discussions sur la méthode Flottang
	Mardi	16/05/2017	POSE CHARRAS (IRSTEA)	
	Mercredi	17/05/2017		
	Jeudi	18/05/2017	RELEVÉ CHARRAS (IRSTEA)	
	Vendredi	19/05/2017		
	Samedi	20/05/2017		
	Dimanche	21/05/2017		
21	Lundi	22/05/2017	Pose : Seugne (12) / Trois doux (12)	<b>Signal de</b> <b>Répartition (Charente + Seudre)</b> <b><u>Session 2</u></b>
	Mardi	23/05/2017	Invitation au Comité de pilotage de la Cellule Migrateurs	
	Mercredi	24/05/2017	Relève : Seugne (12) / Trois doux (12)	
	Jeudi	25/05/2017		
	Vendredi	26/05/2017		
	Samedi	27/05/2017		
	Dimanche	28/05/2017		
22	Lundi	29/05/2017	Pose : Escambouille / Rochefolet / Ruttelière / Bruant	<b>Comparaison des méthodes</b> <b>Flottangs / pêches Charente <u>Session 2</u></b>
	Mardi	30/05/2017	Pose : Veillard / Soloire / Antenne	
	Mercredi	31/05/2017	Relève : Escambouille / Rochefolet / Ruttelière / Bruant	
	Jeudi	01/06/2017	Relève : Veillard / Soloire / Antenne	
	Vendredi	02/06/2017		
	Samedi	03/06/2017		
	Dimanche	04/06/2017		
23	Lundi	05/06/2017		Formation à la pêche anguille <b>Recherche du front de colonisation 2017</b> Recherche d'Aloses avec l'AFB <b>Recherche du front de colonisation 2017</b>
	Mardi	06/06/2017	PECHE ELECTRIQUE FD 16 (MOULDE / CHARENTE)	
	Mercredi	07/06/2017	Pose : Bassac / Pont D423 / Chantoiseau / ADDEC / Marsac	
	Jeudi	08/06/2017	PROSPECTION CHARENTE	
	Vendredi	09/06/2017	Relève : Bassac / Pont D423 / Chantoiseau / ADDEC / Marsac	
	Samedi	10/06/2017		
	Dimanche	11/06/2017		

<b>24</b>	Lundi	12/06/2017	Pose : <b>Seugne (12) / Trois doux (12) + Beaunant / Charloteau/ Graves</b>	<b>Comparaison des méthodes</b> <b>Flottangs / pêches Seudre <u>Session 2</u></b> <b>Recherche du front de colonisation 2017</b> <b>Signal de répartition (Charente + Seudre) <u>Session 3</u></b>
	Mardi	13/06/2017	Pose : <b>Montignac / Les Moulins / Pont D19 / La Saulaie</b>	
	Mercredi	14/06/2017	Relève : <b>Seugne (12) / Trois doux (12) + Beaunant / Charloteau/ Graves</b>	
	Jeudi	15/06/2017	Relève : <b>Montignac / Les Moulins / Pont D19 / La Saulaie</b>	
	Vendredi	16/06/2017		
	Samedi	17/06/2017		
	Dimanche	18/06/2017		
<b>25</b>	Lundi	19/06/2017		<b>Recherche du front de colonisation 2017</b>
	Mardi	20/06/2017	Pêches électriques : <b>Antenne / Soloire</b>	
	Mercredi	21/06/2017	Pêches électriques : <b>Veillard / Boème</b>	
	Jeudi	22/06/2017	Pêches électriques : <b>Argentor / Auge / Nouère</b>	
	Vendredi	23/06/2017		
	Samedi	24/06/2017		
	Dimanche	25/06/2017		
<b>26</b>	Lundi	26/06/2017	Pêche électrique : <b>Bruant</b>	<b>Recherche du front de colonisation 2017</b>
	Mardi	27/06/2017	Pêches électriques : <b>Ruttelière / Rochefolet</b>	
	Mercredi	28/06/2017	Pêches électriques : <b>Escambouille / Seugne</b>	
	Jeudi	29/06/2017		
	Vendredi	30/06/2017	-	
	Samedi	01/07/2017		
	Dimanche	02/07/2017		
<b>27</b>	Lundi	03/07/2017		<b>Recherche du front de colonisation 2017</b>
	Mardi	04/07/2017	Pêches électriques : <b>Trois Doux /Beaunant + Pose : St Trivial / Chatelard</b>	
	Mercredi	05/07/2017	Pêches électriques : <b>Charloteau / Les Graves</b>	
	Jeudi	06/07/2017	Pêches électriques : <b>Chez Viguiaud / Le Port / Chadeniers + Relève : St Trivial / Chatelard</b>	
	Vendredi	07/07/2017		
	Samedi	08/07/2017		
	Dimanche	09/07/2017		

**Annexe 8 : Ouvrages hydrauliques divers et illustrations de la technique et des résultats Flottangs (Source personnelle)**



**Annexe 9** : Méthodes d'échantillonnage expérimentées lors du stage. A gauche, la pose d'un dispositif Flottang. A droite, une pêche électrique réalisée par la FDAAPPMA 16. (Source personnelle)



**Annexe 10** : Ratio entre le % d'anguilles  $\leq 150\text{mm}$  et le % d'anguilles de 150-300mm (Données CMCS)

Station	Référence	2013	2015	2017	Moyenne station
Bruant	11,1	30,3	/	7,0	16,2
Ruttelière	1,0	0,1	2,1	0,7	1,0
Rochefollet	1,0	5,8	2,8	3,9	3,4
Seugne	1,1	3,9	1,4	2,8	2,3
Antenne	0,5	3,0	5,6	0,7	2,4
Soloire	0,1	0,5	0,3	0,3	0,3
Veillard	/	/	0,1	0,1	0,1
Boème	0,1	0,1	0,0	0,3	0,1
Nouère	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Argentor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Moulde	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Charente Amont	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Moyenne annuelle	1,9	5,5	1,5	1,7	

**Annexe 11** : Efficacité de la campagne de pêche électrique 2017 sur les stations de la Charente (a) et de la Seudre (b). L'efficacité globale est également présentée (c).

a)

STATION	< 100 mm	< 150 mm	150 - 300 mm	> 300 mm	Total
Bruant	68%	67%	54%	93%	66%
Ruttelière	65%	35%	53%	80%	44%
Rochefollet	60%	60%	75%	91%	64%
Escambouille	100%	75%	57%	80%	61%
Seugne	48%	54%	54%	67%	53%
Antenne	83%	22%	46%	70%	15%
Soloire	100%	77%	52%	96%	82%
Veillard	100%	60%	86%	84%	82%
Boème			100%	100%	83%
Nouère			50%	100%	75%
Auge					
Argent or			50%	80%	67%
Moulde			63%	100%	75%
Charente			46%	70%	50%
Moyenne	78%	50%	60%	86%	63%

b)

STATION	< 100 mm	< 150 mm	150 - 300 mm	> 300 mm	Total
Trois Doux	43%	53%	74%	80%	61%
Beunant	100%	100%	95%	50%	94%
Charloteau		6%	75%	100%	73%
Graves		58%	31%	70%	36%
Chez Viguiard		100%	60%	84%	70%
Moulin du Port			80%	100%	82%
Chadeniers			100%	66%	80%
Moyenne	72%	76%	85%	65%	78%

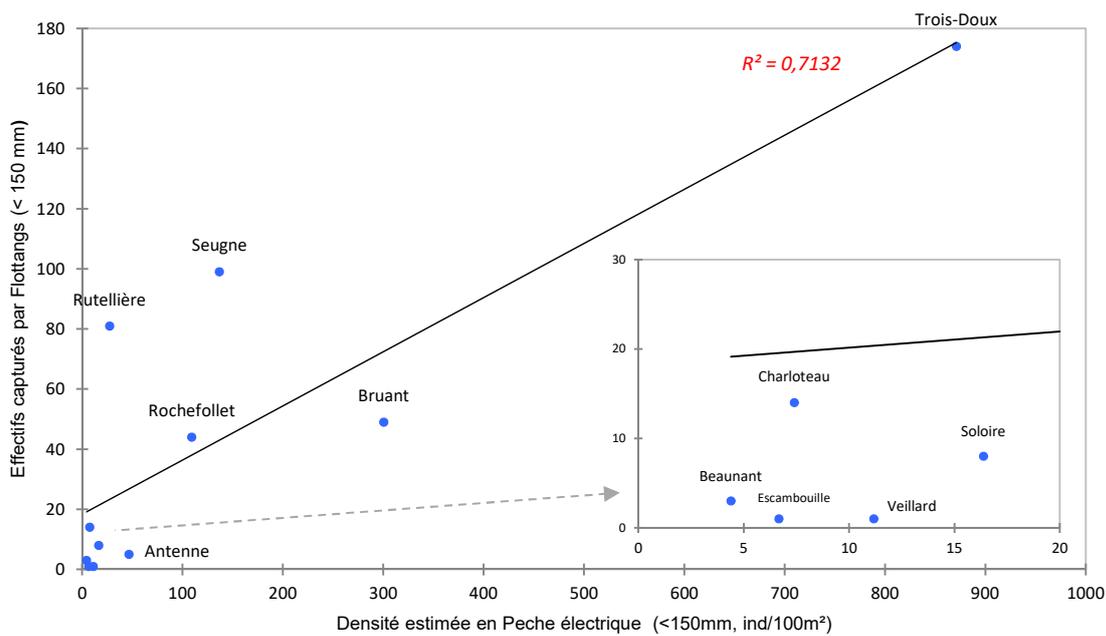
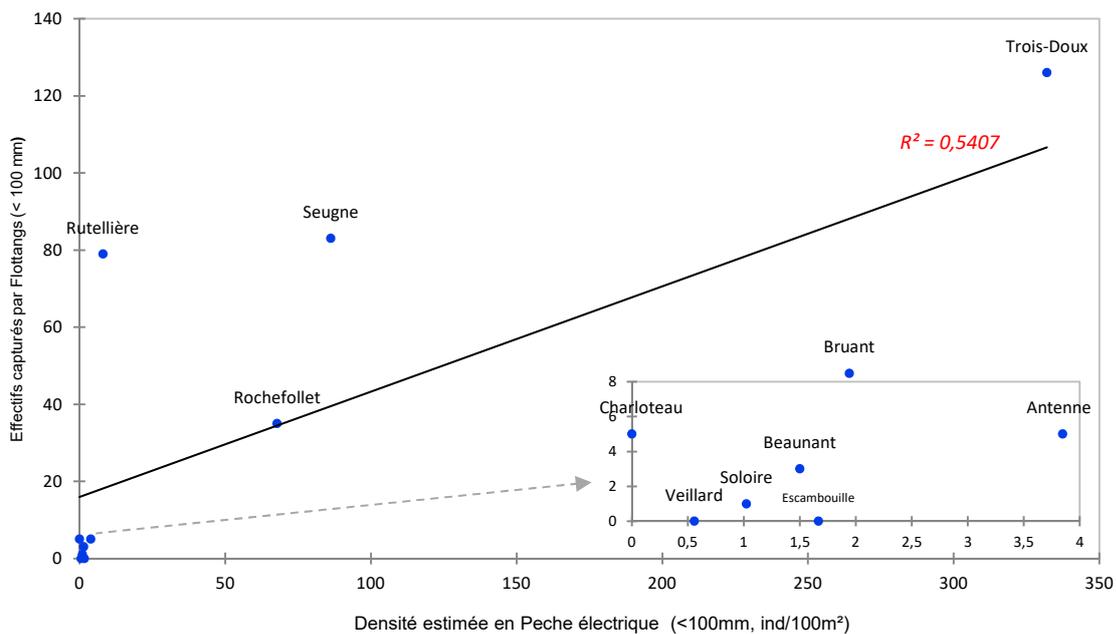
c)

	< 100 mm	< 150 mm	150 - 300 mm	> 300 mm	Total
Efficacité 2017	75%	63%	72,5%	75,5%	70,5%

**Annexe 12** : Estimation de la représentativité du Flottang par rapport à la pêche électrique, et ratios associés

Bassin	Cours d'eau	Densité estimée de pêche (ind/100m <sup>2</sup> )		Captures Flottangs totales (BIEF+PO)		Ratio Flottang/Densité estimée	
		< 100mm	<150mm	< 100 mm	< 150 mm	< 100 mm	< 150 mm
<i>Charente</i>	Bruant	264,2	300,7	48	49	0,18	0,16
<i>Charente</i>	Ruttelière	8,1	27,4	79	81	9,74	29,5
<i>Charente</i>	Rocheffollet	67,8	109,1	35	44	0,52	0,40
<i>Charente</i>	Escambouille	1,7	6,7	0	1	0	0,15
<i>Charente</i>	Seugne	86,2	136,7	83	99	0,96	0,72
<i>Charente</i>	Antenne	3,8	46,7	5	5	1,30	0,11
<i>Charente</i>	Soloire	1,0	16,4	1	8	0,98	0,49
<i>Charente</i>	Veillard	0,6	11,2	0	1	0	0,09
<i>Seudre</i>	Trois-Doux	332,0	871,1	126	174	0,38	0,2
<i>Seudre</i>	Beunant	1,5	4,4	3	3	2,0	0,68
<i>Seudre</i>	Charlotteau	0	7,4	5	14	0	1,89
	<i>Moyenne</i>	69,7	139,8	35,0	43,5	0,5	0,31

**Annexe 13 :** Représentation des corrélations entre les variables « densités estimées par pêche » et « effectifs de captures Flottangs » pour les individus <100mm et <150 mm



## RÉSUMÉ

Une recherche du front de colonisation de l'Anguille européenne est réalisée sur les bassins Charente et Seudre, afin d'évaluer l'efficacité des mesures de préservation de l'espèce engagées sur le territoire. L'étude a montré un léger recul de la distance de colonisation maximale des anguilles de tailles <150mm entre 2015 et 2017. Une augmentation pour les anguilles de tailles <100mm a tout de même été notée sur l'axe Charente.

Le recul du front de colonisation des anguilles <150mm peut partiellement être imputé aux conditions hydrologiques défavorables de l'année 2017, l'utilisation d'une nouvelle technique de suivi en complément des pêches électriques, le FLOTTANG, peut également en partie expliquer ces résultats.

Ce nouveau dispositif d'échantillonnage passif, qui semble cibler de manière quasi-exclusive les petites anguilles de moins de 150mm, a pu être expérimenté au niveau des stations de pêches électriques. Des tentatives pour évaluer sa représentativité par rapport aux résultats des pêches ont été réalisées, mais ces résultats restent perfectibles du fait de la grande variabilité des ratios Flottangs/Pêches observés.

Le Flottang a par opposition montré des résultats encourageants pour mettre en évidence un modèle de répartition des jeunes anguilles en aval d'un obstacle anthropique. Les premiers résultats laissent conjecturer qu'un effet d'accumulation semble se produire au pied de l'ouvrage. Au niveau de deux obstacles particulièrement bloquants, cet effet d'accumulation semble exercer son influence sur une distance importante. La recherche d'un indicateur pour évaluer l'intensité de cette accumulation, basé sur l'observation des quartiles des effectifs de captures a été tentée et montre des premiers résultats encourageants. Sur les stations testées, une relation semble exister entre l'intensité de l'effet d'accumulation et le Ratio Q3/Q1. Les données actuelles restent toutefois fragmentaires et nécessitent une poursuite des analyses.

**mots-clés :** Anguille européenne, Poissons migrateurs, Pêche électrique, Continuité écologique, dynamique des populations, pressions anthropiques, Flottang, Accumulation, Ouvrages hydrauliques, Quartiles

## ABSTRACT

A research of elvers and yellow eels migration ability on basins of Charente and Seudre (France) is conducted, according to a national safeguard plan put in place on the French territory. This study concludes the local colonization ability of eels <150mm has globally shown a slight retreat between 2015 and 2017.

This can be partially explained by the weak water flows of 2017 on these basins, but it seems that the jointed use of electrofishing and FLOTTANG (Floateel) methods also allows explaining a part of these results. This new trapping method, tested on electrofishing stations, have shown interesting potential to catch elvers and young eels under 150mm. Attempts were made to estimate the representativeness of Flottangs in comparison with electrofishing, but these analyses require improvements, due to a high variability of traps/electrofishing ratios measured.

In contrast, Flottang has shown encouraging results to reveal a repartition model of elvers down to anthropic obstacles like dams or locks. It seems there is a sort of accumulation process of young eels at the bottom of these structures. Moreover, it appears that obstacles vacuumed young eels to their foot from a quite longue distance (corresponding to around 12-18 times the width of the obstacle).

A method to evaluate this accumulation effect has been tested. It's based on the analysis on quartiles of headcounts trapped on flottangs on each station. On the few stations studied, a correlation appears between the importance of accumulation and the value of the Ratio Q3/Q1. However, further analyses are essential to confirm these first tendencies.

**keywords :** *Anguilla anguilla*, Migratory fish, Electrofishing, Ecological continuity, Populations dynamics, Anthropic activities, dams, Accumulation process, Quartiles

# ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné(e) *Charlie PERRIER*,  
déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une  
partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet,  
constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.  
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées  
pour écrire ce rapport ou mémoire.

signé par l'étudiant(e) le **29 / 08 / 2017**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Charlie Perrier', with a long horizontal stroke extending to the right and a diagonal line crossing it at the end.