



## **Suivi de l'évolution de la population de l'Anguille européenne et du peuplement piscicole au sein du Bassin Loire et des côtières vendéens**



### Jury de la Soutenance :

Timothée BESSE : Tuteur professionnel, Chargé de programme – Tableaux de Bord Migrateurs, LOGRAMI

Jean-Michel OLIVIER : Tuteur universitaire, Ingénieur de Recherche CNRS

Norbert LANDON : Coordonnateur du Master Sciences de l'Eau, de l'Université Lumière Lyon 2.

Soutenance : le 17 septembre 2019



## **Table des matières**

<b>Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>1 L'anguille européenne.....</b>	<b>7</b>
1.1 Descriptif.....	7
1.2 Cycle de vie .....	7
1.2.1 Reproduction.....	8
1.2.2 Stade larvaire .....	8
1.2.3 De la civelle à l'anguillette.....	9
1.2.4 L'anguille jaune .....	9
1.2.5 L'anguille argentée .....	10
<b>2 Aire de répartition et Habitats.....</b>	<b>10</b>
<b>3 Une espèce menacée .....</b>	<b>11</b>
<b>4 Gestion et protection de l'espèce .....</b>	<b>13</b>
<b>5 Programme de transferts de civelles (repeuplement) sur l'UGA Loire .....</b>	<b>14</b>
<b>6 Contexte et objectifs de l'étude 2019 .....</b>	<b>15</b>
6.1 Mise à jour du Tableau de bord Anguille du Bassin Loire .....	15
6.2 Enjeu de l'intercalibration des méthodes d'échantillonnage « anguille ».....	16
<b>Matériel &amp; Méthodes .....</b>	<b>17</b>
<b>1 Zone d'étude .....</b>	<b>17</b>
1.1 Détermination des stations de pêches .....	17
1.2 Correspondance des stations pour analyse interannuelle.....	17
<b>2 Protocole de pêche .....</b>	<b>18</b>
2.1 Répartition des points de pêche par station.....	18
2.2 Matériel .....	19
2.3 Mode opératoire.....	19
2.4 Recueil des données .....	20
<b>3 Protocole de pêche de calibration .....</b>	<b>20</b>
3.1 Choix de la station d'échantillonnage .....	20
3.2 Principe .....	21
3.3 Matériel .....	22
3.4 Mode opératoire.....	22
3.5 Recueil des données .....	23
<b>4 Analyses statistiques des données de pêches.....</b>	<b>24</b>

4.1	Conditions de pêche .....	24
4.1.1	Hydrologie .....	24
4.1.2	Caractéristiques physiques des stations .....	24
4.2	Abondances et classes d'anguilles .....	25
4.2.1	Classes de taille .....	25
4.2.2	Indice d'Abondance.....	25
4.2.3	Variabes explicatives des abondances observées.....	26
4.3	Analyse et description du peuplement piscicole en 2019 .....	26
4.3.1	Evolution du peuplement piscicole entre 2013 et 2019 .....	26
4.3.2	L'Anguille au sein du peuplement piscicole .....	27
<b>5</b>	<b>Modélisation du front de colonisation .....</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>Calcul du coefficient de calibration .....</b>	<b>28</b>
6.1	Estimation de l'efficacité de la pêche complète .....	29
6.2	Estimation de la relation Indice d'Abondance / Densité .....	29
	<b>Résultats .....</b>	<b>31</b>
<b>1</b>	<b>Conditions de pêche.....</b>	<b>31</b>
1.1	Hydrologie.....	31
1.2	Habitats rencontrés .....	32
1.3	Faciès prospectés.....	33
1.4	Substrats prospectés.....	34
<b>2</b>	<b>Abondances et Classe de tailles .....</b>	<b>35</b>
2.1	Capture d'anguilles à l'échelle du Bassin Loire .....	35
2.2	Indices d'abondance .....	36
<b>3</b>	<b>Variabes explicatives des abondances observées .....</b>	<b>36</b>
3.1	Distance de la station à la mer.....	38
3.2	Années d'échantillonnage.....	39
3.3	Bassins versants .....	40
<b>4</b>	<b>Répartition des classes de tailles .....</b>	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>Front de colonisation .....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>Peuplement piscicole .....</b>	<b>44</b>
6.1	Captures totales.....	44
6.2	Captures par espèces en 2019 .....	45
6.3	Occurrence par station en 2019 .....	46
6.4	Evolution du peuplement échantillonné entre 2013 et 2019.....	46

6.5	Evolution de la richesse spécifique entre 2013 et 2019 .....	47
6.6	Part de l'anguille au sein des captures .....	49
6.7	L'anguille au sein du peuplement piscicole .....	50
<b>7</b>	<b>Calibration IA/Densités .....</b>	<b>51</b>
<b>8</b>	<b>Influence des alevinages de civelles .....</b>	<b>53</b>
	<b><i>Discussion</i> .....</b>	<b>55</b>
<b>1</b>	<b>Conditions de pêches .....</b>	<b>55</b>
<b>2</b>	<b>Abondances et Classe de tailles .....</b>	<b>56</b>
<b>3</b>	<b>Front de colonisation .....</b>	<b>58</b>
<b>4</b>	<b>Peuplement piscicole .....</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>Calibration IA/Densités .....</b>	<b>61</b>
<b>6</b>	<b>Influence des alevinages de civelles .....</b>	<b>62</b>
<b>7</b>	<b>Proposition de suivi.....</b>	<b>63</b>
	<b><i>Conclusion</i>.....</b>	<b>65</b>
	<b><i>Bibliographie</i>.....</b>	<b>66</b>



# Introduction

## 1 L'anguille européenne

### 1.1 Descriptif

L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) est une espèce de poissons appartenant à la famille des Anguillidés faisant elle-même partie de l'ordre des Anguilliformes. L'anguille européenne est une espèce autochtone des cours d'eau de l'Atlantique, de la Manche, de la Mer du Nord et de la Méditerranée. Cette espèce a la particularité d'être une espèce migratrice amphihaline thalassotoque semelpare (Adam, 1997). L'anguille est donc une espèce qui migre entre le milieu marin et le milieu dulçaquicole (amphihaline), qui vit en eau douce mais qui naît et se reproduit en mer (thalassotoque) et qui ne se reproduit qu'une fois au cours de sa vie (semelpare). Le corps de l'anguille a un aspect serpentiforme, il est tout d'abord cylindrique dans sa partie antérieure avant de s'aplatir graduellement au niveau de la partie caudale. L'anguille dispose de deux nageoires pectorales de petite taille ainsi qu'une nageoire impaire unique regroupant les nageoires caudale, anale et dorsale. La peau de l'anguille est recouverte d'un mucus généralement abondant qui favorise la reptation. Sa couleur varie tout au long de sa croissance, de jaune à argentée, en fonction de son stade de maturation. En tant que grand prédateur, l'anguille joue un rôle clé dans le fonctionnement des écosystèmes

### 1.2 Cycle de vie

Le cycle biologique de l'anguille est pour le moins complexe comme l'illustre le schéma ci-dessous (Figure 1) et il subsiste encore aujourd'hui de nombreuses interrogations sur l'ensemble de son déroulement (Adam et al., 2008). Comme indiqué précédemment, l'anguille migre des cours d'eau européens et africains vers l'océan Atlantique pour se reproduire, avant que les individus issus de cette reproduction reviennent en Europe et en Afrique pour y effectuer leur croissance. La difficulté majeure concerne le lieu exact ainsi que le déroulement de cette reproduction. En effet, à ce jour, il n'existe aucune observation de traces de reproduction ou de naissances d'anguilles, ni même de présence d'individus adultes dans la zone de frai présumée.

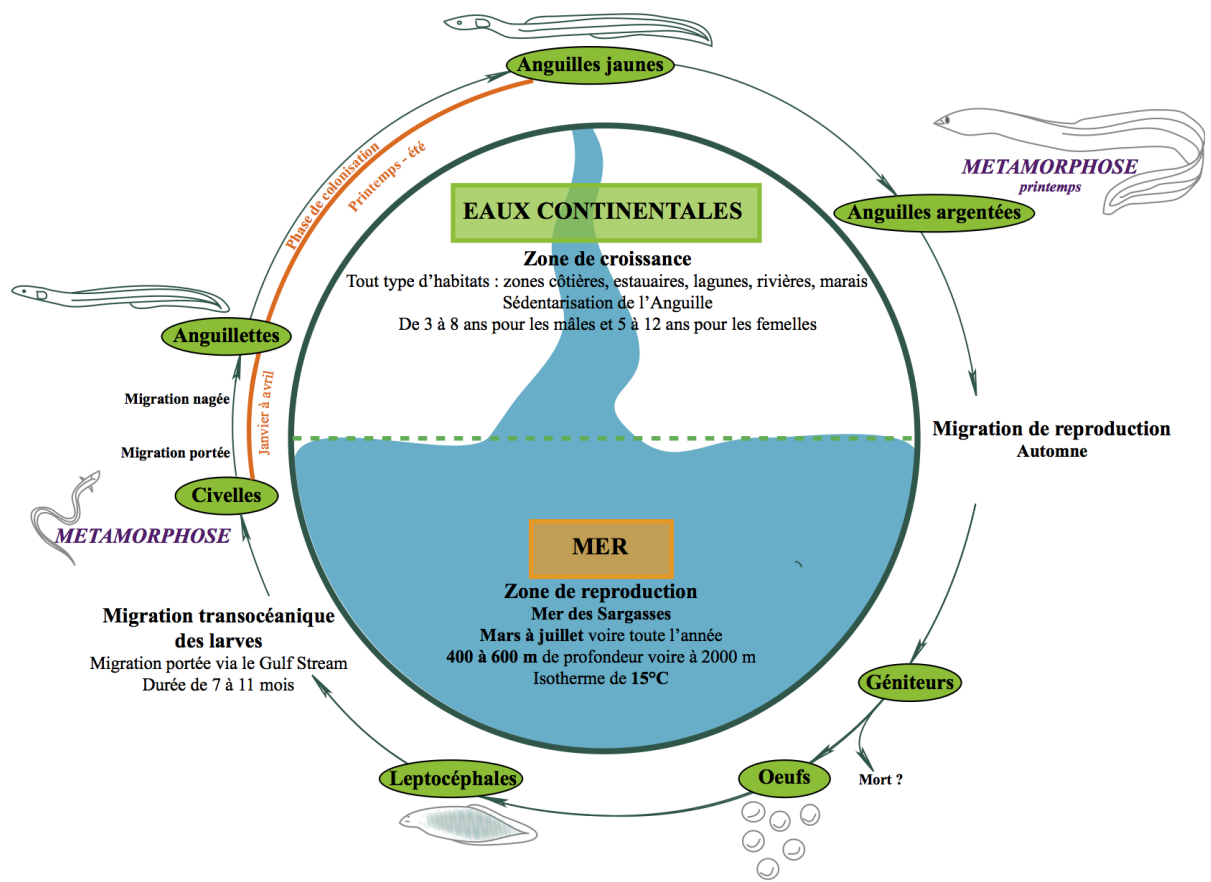


Figure 1 Cycle biologique de l'anguille européenne (source : <https://www.observatoire-rhone-mediterranee.fr/anguille-europeenne/>)

### 1.2.1 Reproduction

Les anguilles argentées, après une phase de croissance en rivière de 3 à 12 ans, dévalent les cours d'eau européens et africains puis entament leur migration à travers l'océan Atlantique pour se reproduire à 7500 km des côtes européennes au sein de la mer des Sargasses en Atlantique nord. La durée de cette migration est estimée entre 7 et 9 mois et la reproduction dans les Sargasses aurait lieu plus généralement en début d'année, même s'il existe une probabilité que cette production puisse se dérouler tout au long de l'année. Il est supposé que les géniteurs ne survivent pas à la phase de reproduction même s'il n'existe pas d'indication quant aux potentialités de leur survie (Baisez, 2007).

### 1.2.2 Stade larvaire

Les œufs d'anguilles laissent place, après éclosion tout au long de l'année mais plus généralement au printemps, aux larves leptocéphales. Leur naissance a lieu dans des zones caractérisées par de grandes profondeurs, à savoir les fosses océaniques. Ensuite, les larves



d'anguilles vont migrer passivement grâce au Gulf Stream vers les côtes d'Europe et d'Afrique, durant une traversée comprise en 6 mois et 1 an (Baisez, 2007).

### **1.2.3 De la civelle à l'anguillette**

La première métamorphose de l'anguille se déclenche à l'approche du plateau continental, les leptocephales deviennent alors des civelles. Ces civelles vont ensuite se concentrer au niveau des estuaires à l'aide des courants des marées (Baisez, 2007). Cette arrivée en estuaire est ordinairement constatée sur la période des mois de janvier et février (Adam, 1997), même si cette période d'arrivée peut varier en fonction des sites étudiés. Les jeunes civelles qui colonisent la zone d'estuaire dynamique représentent le recrutement estuarien. La civelle, dont la taille est généralement comprise entre 50 et 80 mm, est le stade transitoire avant la transformation en anguillette et la pigmentation des individus anciennement incolore. Ces jeunes anguilles doivent ensuite faire face à l'ensemble des nombreuses pressions présentes dans l'estuaire à savoir le bouchon vaseux (blocage des sédiments en suspension amenés par le fleuve), la pêche et la prédation naturelle. Les individus qui parviennent à franchir la zone de l'estuaire dynamique vont alors constituer ce que l'on appelle le recrutement fluvial. Ces anguillettes poursuivent ensuite leur migration vers l'amont des cours d'eau. Le comportement migratoire chez l'anguille se retrouve essentiellement pour les spécimens dont la taille est inférieure à 300 mm, alors que les plus gros spécimens ont tendance à se sédentariser. La migration anadrome des anguilles vers l'amont des bassins versants semble être soumise au mécanisme de densité-dépendance (Lasne et al., 2008). Ainsi, plus le recrutement fluvial sera intense et plus les zones avals des cours d'eau feront l'objet d'une occupation conséquente, plus les individus migrateurs seront contraints de remonter plus loin vers l'amont à la recherche d'habitats disponibles.

### **1.2.4 L'anguille jaune**

L'anguille jaune représente le stade principal de la croissance de l'espèce qui intervient après la phase de migration et de colonisation réalisée par les anguillettes. Cette colonisation s'applique à l'ensemble des milieux aquatiques continentaux et côtiers à savoir les fleuves, les rivières, les marais les lacs ou encore les étangs. Cette longue phase consacrée à la croissance (Adam, 1997) peut s'étaler sur une durée très variable comprise entre 3 et 20 ans. L'anguille jaune est le seul stade où l'espèce est sédentaire, comparativement aux civelles et anguillettes qui montent et aux anguilles argentées qui dévalent. Les anguilles jaunes font généralement plus de 300 mm et il est considéré que la grande majorité des mâles ne dépasse pas les 450 mm. La répartition territoriale des mâles et des femelles diffèrent également. En effet, les mâles se retrouvent le plus souvent dans les parties avals des cours d'eau là où les densités d'anguilles sont les plus élevées, alors que les femelles sont majoritaires dans les parties amonts des bassins versants là où les densités sont plus faibles (Lasne et

al., 2008). Au cours des différentes études et campagnes de pêches ciblées sur l'anguille, un schéma de distribution ressort très souvent : un gradient aval-amont décroissant des densités d'anguilles, avec une prépondérance des plus petits individus en aval et la seule présence des grands spécimens dans la partie amont des bassins versants (Laffaille et al., 2003). Ce schéma de distribution dépendrait de 2 facteurs principaux à savoir le besoin énergétique très élevé pour permettre aux anguilles migratrices de pouvoir progresser loin vers l'amont et l'arrêt de leur migration lorsqu'elles rencontrent un habitat favorable et disponible (Canal et al., 2013).

### **1.2.5 L'anguille argentée**

Il s'agit de la dernière métamorphose de l'anguille qui intervient à la fin de sa phase de croissance, lorsque celle-ci est prête à se reproduire. L'anguille jaune se métamorphose en anguille argentée généralement à l'automne, lorsqu'elle a accumulé le plus de réserves. Cette métamorphose se compose tout d'abord d'un changement de couleur du jaune vers le noir argenté (sombre sur le dos et noir sur les côtés), mais également de changements physiques avec un grossissement des yeux et des nageoires pelviennes adapté à la vie marine. Une ligne latérale sensitive ponctuée de points noirs apparaît également. L'anguille argentée profite généralement des premiers coups d'eau pour descendre les cours d'eau et rejoindre l'océan. Les forts débits automnaux sont souvent les déclencheurs de cette migration. Pendant leur traversée vers la mer des Sargasses durant 4 à 6 mois, les anguilles ne se nourrissent plus et ce jusqu'à leur reproduction, grâce aux réserves de graisse accumulées en prévision de leur migration.

## **2 Aire de répartition et Habitats**

L'aire de répartition de l'anguille européenne a la particularité de s'étendre sur un territoire immense et de pouvoir être séparée en deux unités bien distinctes : l'aire de reproduction au sein de la mer des Sargasses et l'aire de croissance au sein des cours d'eau continentaux (Baisez, 2007). Il est possible également de considérer une troisième partie plutôt intermédiaire qui correspond à la migration marine des anguilles argentées et des larves leptocéphales. L'aire de croissance de l'anguille européenne occupe l'ensemble des cours d'eau littoraux de la majorité des pays côtiers d'Europe et d'Afrique du Nord.

Les anguilles colonisent et s'installent dans de très nombreux et variés milieux : eaux saumâtres (baies, estuaires, fjords et lagunes), milieux dulçaquicoles lotiques (fleuves, rivières, torrents) et lentiques (canaux, étangs et lacs).

L'anguille est une habitante de l'ombre, qui reste la majorité de son temps cachée dans des obstacles à l'abri de la lumière et ne sort que principalement la nuit. Si l'on retrouve plus généralement les plus petits spécimens d'anguilles au sein des radiers, les plus grosses sont généralement retrouvées dans divers caches et abris tels que les racines, les sous-berges ou encore la végétation aquatique.

L'anguille est un poisson carnassier qui se trouve en haut de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques continentaux. C'est un grand prédateur qui tout au long de son cycle biologique en eau douce se nourrit de larves, d'insectes, de vers, de crustacés, de petits poissons voire même de petits rongeurs dans le cas des plus gros spécimens.

### **3 Une espèce menacée**

L'anguille européenne constitue une ressource socio-économique importante (Bevacqua et al., 2015) pour les populations riveraines des cours d'eau. Cela s'illustre notamment par le fait que chacun de ces stades de développement (civelle, anguille jaune et anguille argentée) est exploité conjointement par des pêcheurs professionnels et de loisir (Dekker 2000 ; Baisez & Laffaille, 2005). Néanmoins, depuis le début des années 1980, un important déclin de sa population a été mis en évidence (Figure 2) par de nombreuses études (e.g. Bruslé, 1990 ; Chancerel, 1994 ; Moriarty & Dekker, 1997 ; Dekker, 2003a ; Dekker, 2003b ; ICES 2013).

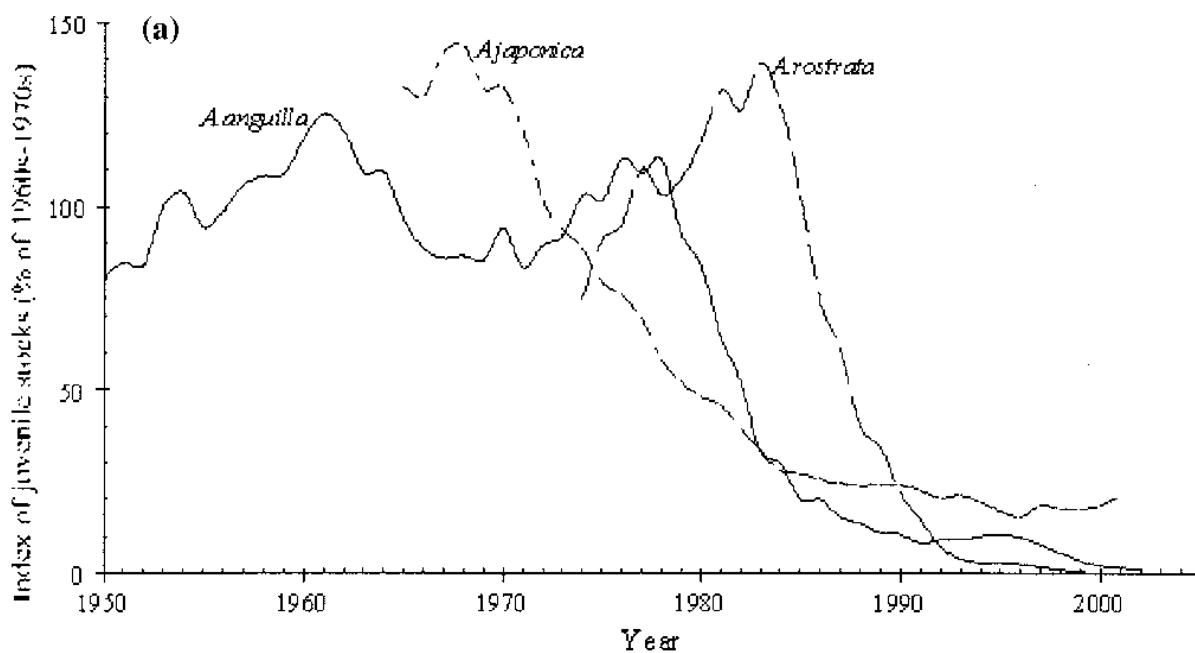


Figure 2 Evolution de l'abondance des juvéniles de 3 espèces d'anguilles, de 1950 à 2002 (Van Ginneken & Maes, 2005)

La raréfaction de l'anguille est également corroborée par la baisse drastique des captures commerciales des civelles arrivant sur le continent comme le démontre (Figure 3 & Figure 4) les études menées par le Conseil International pour l'Exploitation de la Mer notamment en 2015.

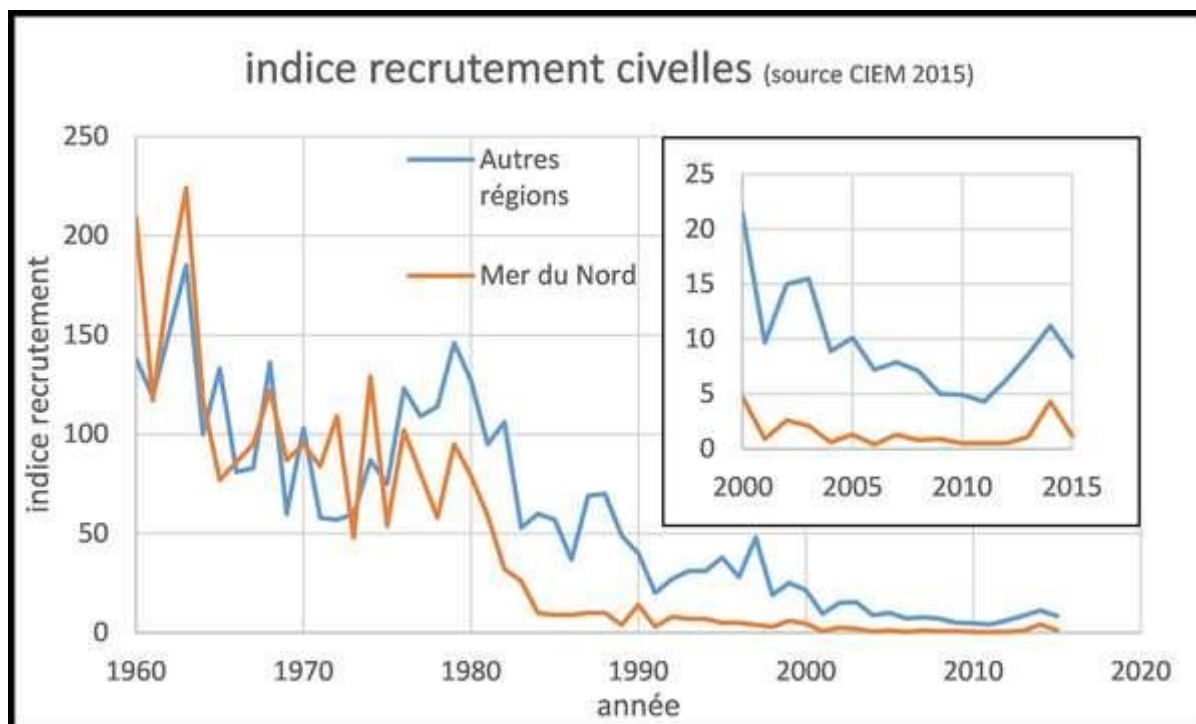


Figure 3 Evolution des indices de recrutement de civelle en Europe de 1960 à 2015 (CIEM 2015)

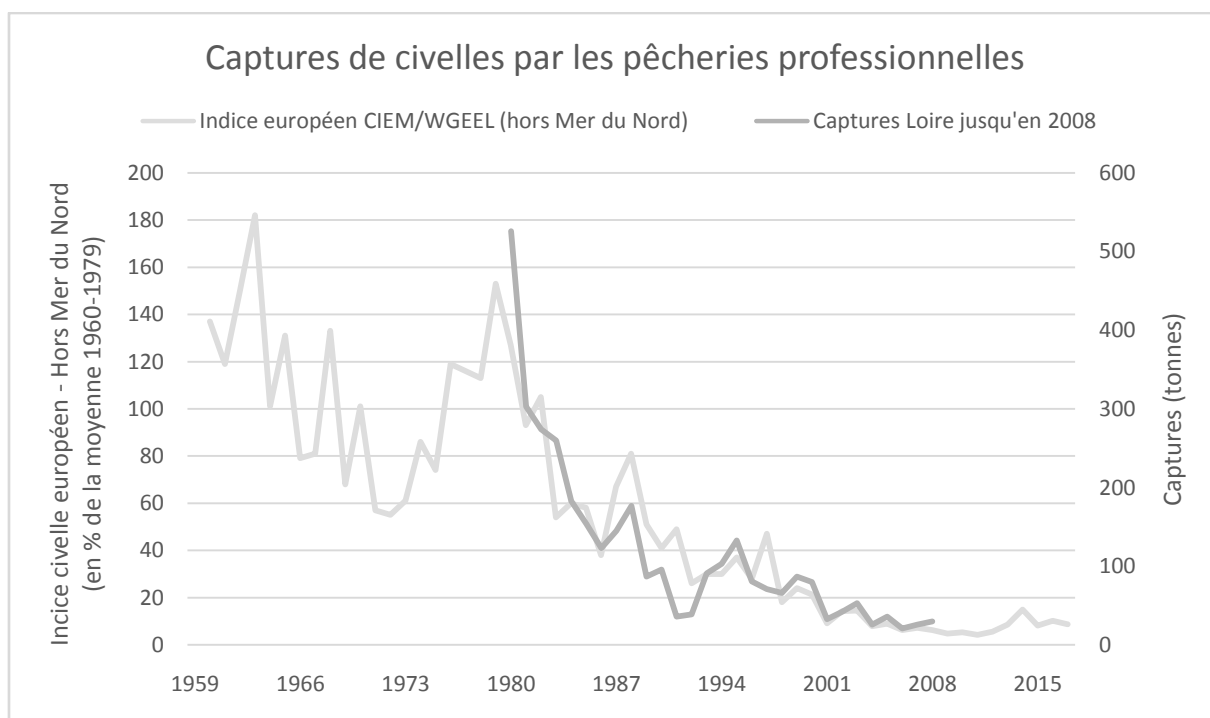


Figure 4 Indice européen de recrutement de civelles depuis 1959, hors Mer du Nord (base 100 = moyenne des captures 1959-1970) et captures par les pêcheurs professionnels dans l'estuaire de la Loire 1980-2008 (tonnes). Source CIEM/WGEEL 2018 et DPMA 2019.

Les causes de ce déclin sont multifactorielles et il est actuellement impossible de quantifier la part de chacun (e.g. Moriarty & Dekker, 1997 ; Feunteun, 2002 ; Laffaille et al., 2003 ; Friedland et al., 2007 ; Bonhommeau et al., 2008 ; Charrier et al., 2012) : les changements climatiques (e.g. modification du climat, des débits, des courants marins), diminution de la productivité océanique, dégradation des habitats, dégradation de la qualité de l'eau, les pathologies propres à l'espèce (e.g. le parasite *Anguicolla crassus*, le virus Evex), les invasions de prédateurs aquatiques, la présence d'obstacles à la migration, l'exploitation par la pêche, la mortalité induite par l'hydroélectricité.

## 4 Gestion et protection de l'espèce

Par son rôle clé dans le fonctionnement des écosystèmes ainsi qu'au vu de son importance socio-économique, la préservation de l'anguille au sein des hydrosystèmes est absolument nécessaire. De fait, en 1999, l'anguille a été reconnue par le CIEM comme « en dehors de ses limites biologiques de sécurité ». L'anguille européenne a ensuite été classée comme « espèce en danger critique d'extinction » dans la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) en 2008, avant d'être ensuite intégrée à l'annexe II de la Convention de Washington (ou convention *CITES* sur le Commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées

d'extinction), qui stipule que « l'exploitation durable de l'anguille européenne n'est plus garantie ». Dans l'optique d'endiguer ce déclin, plusieurs textes comme le Règlement européen R(CE) n°110/2007 du 18 septembre 2007 ont été adoptés. Ce règlement met en place des mesures visant la reconstitution de la population d'anguilles européennes, avec l'objectif à long terme d'atteindre une biomasse de géniteurs retournant à l'océan équivalente à 40% d'une situation « pristine » (avant les effets anthropiques). En France, un plan d'action de gestion de l'anguille européenne a été proposé le 31 décembre 2008, il vise à réduire l'ensemble des causes de mortalité de l'espèce à travers cinq axes principaux à savoir : les obstacles à la continuité écologique, la pêche légale ou non, les pollutions, les habitats et le repeuplement. La mise en application de ces plans et règlements à l'échelle européenne et français implique une évaluation régulière des mesures de gestion mises en place au niveau du territoire français. Néanmoins, la grande majorité des réseaux existants de suivi de la population piscicole dans le domaine continental français n'est pas spécialement axée sur le suivi de l'anguille européenne. Le traitement et le suivi de l'anguille européenne en France peuvent donc sembler incomplets, car sans véritables études et suivis axés spécialement sur l'espèce, l'impact des différentes mesures de gestion visant à la protéger ne pourra être évalué de manière compétente dans les années suivant leur mise en place.

## **5 Programme de transferts de civelles (repeuplement) sur l'UGA Loire**

La France s'est engagée dans un programme expérimental de « repeuplement » en civelles en application du règlement (CE) n° 1100/2007 du 18 septembre 2007 (dit règlement anguille). Le Règlement anguille indique dans son paragraphe 13 que « si un état membre autorise la pêche d'anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm [...] il affecte au moins 60% de toutes les anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm pêchées dans ses eaux chaque année destinées à la commercialisation en vue de servir au repeuplement dans les bassins hydrographiques de l'anguille [...] aux fins d'augmenter le taux d'échappement des anguilles argentées. »<sup>1</sup>. En réponse à ce règlement européen, la France a pris la disposition de maintenir la pêche des civelles et de fixer pour objectif dans le Plan de Gestion Anguille (PGA) français du 3 février 2010 « de réserver 5 à 10 % des civelles pêchées annuellement à des opérations de repeuplement sur les bassins français ». Ces

---

<sup>1</sup> Journal Officiel de l'Union Européenne : RÈGLEMENT (CE) No 1100/2007 DU CONSEIL du 18 septembre 2007 instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes, p18/148.

transferts sur le territoire métropolitain devront alors faire l'objet de suivis afin de « quantifier la contribution des opérations à la restauration des stocks. »<sup>2</sup>.

Comme chaque année depuis 2011 plusieurs porteurs de projets issus des organisations de pêche professionnelle ont répondu à l'appel à projets national pour la mise en œuvre du programme de repeuplement de l'anguille en France. Le programme est présenté comme « expérimental » et s'appuie sur l'hypothèse que les civelles transférées dans des milieux productifs permettront une meilleure contribution à la biomasse de géniteurs en mesure de migrer vers les Sargasses, d'un point de vue quantitatif mais également qualitatif. En effet, le but est de produire davantage de femelles ainsi que des individus potentiellement moins parasités. La mise en place d'un tel projet nécessite la participation de nombreux acteurs (pêcheurs professionnels, bureau d'études, scientifiques...) pour garantir la prise d'un nombre suffisant de civelles, de leur transfert dans des conditions optimales vers leur lieu de marquage et de conservation, puis vers leur zone de déversement en amont. Les civelles capturées et relâchées vont également faire l'objet d'un marquage d'un colorant vitale sur les otolithes (concrétion minérale de l'oreille interne), de manière à ce qu'un certain nombre d'entre elles puisse être retracé lors des pêches électriques de suivis qui seront réalisées 6 mois, 1 an et 3 ans après l'alevinage. Ces suivis doivent permettre d'estimer le taux de survie ainsi que de mesurer leurs caractéristiques évolutives à savoir leur croissance, leur poids moyen, leur état sanitaire ainsi que leur dispersion dans le milieu. Il n'est cependant pas possible pour l'instant de mesurer la contribution des anguilles transférées à la biomasse de géniteurs atteignant l'océan, ni si cette contribution compense la mortalité de civelles liée aux différentes étapes des opérations de transfert (pêche, stabulation, marquage, transport, déversement).

## **6 Contexte et objectifs de l'étude 2019**

### **6.1 Mise à jour du Tableau de bord Anguille du Bassin Loire**

La position géographique de l'estuaire de la Loire (Baisez & Laffaille, 2005) et l'absence d'obstacles sur la plupart de l'axe principal (Laffaille et al., 2009) font de ce fleuve l'un des plus favorables à la colonisation par les anguilles européennes. Quatre études antérieures ont estimé, en 2005 et 2010 (Besse & Laffaille, 2005 ; 2010) ainsi qu'en 2013 et 2016 (Besse, 2013 ; 2016), le recrutement fluvial des jeunes anguilles, ainsi que la population en place dans la partie aval de Loire et de ses affluents. Les différences relevées entre les études de 2010 et 2013 devaient évaluer l'impact de la mise en place des mesures de gestion qui découlent du plan Loire, sur le recrutement

---

<sup>2</sup> Plan de gestion anguille de la France : Rapport de mise en œuvre – juin 2018 Article 9 du R (CE) n°1100/2007, p144/200.

fluvial des jeunes anguilles et sur la population en place à l'aval. L'objectif de l'étude de 2019 est donc de réaliser le même protocole d'échantillonnage que lors des études précédentes de manière à pouvoir comparer les résultats actuels avec les résultats antérieurs. Cette comparaison doit permettre d'identifier les tendances qui se dégagent, celles qui se confirment et celles qui ne sont que passagères. Le Tableau de bord Anguille du Bassin Loire tend à évaluer l'importance du recrutement des jeunes anguilles sur la Loire par le suivi du front de colonisation des jeunes anguilles dans la partie aval du bassin-versant, et également d'établir une cartographie de l'état actuel de la population d'anguilles dans l'ensemble du bassin versant de la Loire, ainsi que pour les côtiers vendéens depuis l'établissement en 2013 d'un nouveau réseau de stations sur les petits fleuves côtiers vendéens.

## **6.2 Enjeu de l'intercalibration des méthodes d'échantillonnage « anguille »**

De nombreuses pêches « indice d'abondance anguille » sont réalisées chaque année par différents opérateurs et suivant des méthodes d'échantillonnage différentes. En effet, il est estimé que pour l'ensemble des stations pêchées à pied, 60% d'entre elles font l'objet de pêche de type inventaire (pêche complète par épuisement), alors que les 40% restant font l'objet d'échantillonnages ponctuels d'abondance (protocole indice d'abondance anguille ou protocole RCS « EPA grand milieu »)<sup>3</sup>. Ces deux différentes méthodes d'échantillonnage impliquent donc une véritable nécessité d'intercalibration des méthodes et donc d'établir une relation statistiquement fiable entre indice d'abondance et densité. Abordé notamment dans le programme du Monitoring Anguille de 2016, l'enjeu de l'intercalibration des méthodes d'échantillonnage « anguille » est sujet d'étude depuis plusieurs années. Certains rapports d'intercalibration estimés par P. Lafaille remontent d'ailleurs à 2005, alors que d'autres menés depuis 2007 sont à mettre au crédit de l'ONEMA, de Fédérations de Pêche et de l'Institut d'Aménagement de la Vilaine. L'association Bretagne Grands Migrateurs (BGM), s'est fixée comme objectif depuis 2016 de préciser la relation entre l'indice d'abondance et la densité qui a été mise au point au niveau national. Pour ce faire, leur proposition initiale a été d'échantillonner sur 2 ans 16 stations en Bretagne.

L'objectif suivi sur le Bassin Loire en 2019 est donc de participer à l'effort national d'intercalibration des méthodes d'échantillonnage « anguille ».

---

<sup>3</sup> Monitoring Anguille, Organisation et Animation des Journées Techniques, Rapport 2016, Institut d'Aménagement de la Vilaine



# Matériel & Méthodes

## 1 Zone d'étude

### 1.1 Détermination des stations de pêches

Les stations sont choisies régulièrement le long de l'axe de migration, de la zone estuarienne vers l'amont. Le tronçon prospecté doit être accessible et d'une profondeur inférieure à 60 cm. Au-delà d'une profondeur de 60 cm, l'efficacité de pêche n'est plus assurée. Lorsque le lit du cours d'eau suivi n'est pas pêchable, la pêche est réalisée au niveau ou le plus près possible des petites confluences prospectables à pied ou des annexes hydrauliques. Il s'agit également d'éviter l'aval immédiat d'obstacles à la migration qui peuvent créer des accumulations d'anguilles.

Les 146 stations de pêche du réseau 2016 sont conservées pour le réseau 2019. Elles sont situées en Loire aval ainsi que sur ses principaux affluents. Parmi elles, 36 sont prospectées par LOGRAMI, les autres par les fédérations départementales de pêche et de protection du milieu aquatique.

### 1.2 Correspondance des stations pour analyse interannuelle

Entre les campagnes de 2013 et de 2016, le réseau de suivi qui couvrait les principaux axes de migrations à l'échelle de l'ensemble du bassin de la Loire, des côtiers vendéens et de la Sèvre niortaise a été réduit à sa partie aval afin de se focaliser sur la zone de colonisation des jeunes anguilles, en retirant pour chaque affluent les sites au-delà 30km en amont de la dernière observation d'anguilles de moins de 30cm. Certains bassins qui avaient été pêchés en 2013 ont ainsi été abandonnés lors des campagnes 2016 et 2019 (Allier, Aron, Arconce, Brivet, Huisne, Romme et Sioule). Le nombre de stations pêchées a été considérablement réduit en 2016, passant de 277 à 146.

Le réseau échantillonné en 2016 a été reconduit en 2019, à l'exception de certaines stations abandonnées pour des raisons d'accès, d'assecs ou pour contenir l'étude dans une enveloppe budgétaire contrainte.

De manière à ce que les analyses interannuelles ne soient pas biaisées, il a été choisi d'analyser et d'interpréter les données seulement sur les stations qui ont fait l'objet de pêches scientifiques sur les 3 dernières campagnes à savoir 2013, 2016 et 2019.

## **2 Protocole de pêche**

Le protocole de pêche électrique utilisé est celui l'« indice d'abondance anguille » mis au point par Cédric Briand (Institut d'Aménagement de la Vilaine) et Pascal Laffaille (ex Université de Rennes 1, INP-ENSAT ; Pascal Laffaille et al. 2005). Cette méthode inspirée de l'Echantillonnage Ponctuel d'Abondance (EPA) et spécifique au suivi des stocks d'anguille a été développée afin de répondre à un besoin important d'échantillonnage par une méthode reproductible.

Cette méthode permet d'obtenir de nombreux échantillons en peu de temps, car elle nécessite un matériel assez simple et peu de personnel, ce qui permet la prospection de plusieurs stations par jour. De plus, son application facilement reproductible permet de comparer spatialement et temporellement les différents types de stations échantillonnées.

### **2.1 Répartition des points de pêche par station**

Cette méthode inspirée de l'Echantillonnage Ponctuel d'Abondance consiste à une prospection par points du cours d'eau selon un schéma d'échantillonnage adapté à la largeur du cours d'eau. Dans le cas de certaines annexes hydrauliques de la Loire, une partie des stations sont échantillonnées en berge. Une station mesure généralement autour de 100 m, sur lesquels sont répartis régulièrement 30 points de pêche de 30 secondes minimum, avec un espacement minimum de 4m pour que les zones d'attraction ne se chevauchent pas (Germis, 2016). Le champ électrique est évalué dans un cercle de 3 m de diamètre autour du cercle de 1 m. L'opération dure 1 à 2 heures par station en fonction de l'abondance du peuplement. La prospection sur le cours d'eau ne doit pas chercher à cibler les habitats préférentiels de l'anguille, mais doit quand même être déterminée de manière à couvrir autant que possible la diversité d'habitats de la station.

## 2.2 Matériel

Ces pêches scientifiques sont des pêches électriques. Elles consistent à générer dans le cours d'eau un champ électrique qui va attirer les poissons vers le pôle positif (anode) puis les immobiliser de manière à faciliter leur capture. Pour ce faire, un appareil de pêche électrique portatif (type « martin-pêcheur ») est utilisé pour les cours d'eau dont la profondeur est faible. Lorsqu'il s'agit de cours d'eau de plus grande profondeur, de plus grande largeur ou de stations pêchées en rive, le protocole va être adapté à un matériel de pêche électrique plus puissant et fixe (Type « Héron » ou « EFKO »). Pour les captures, le matériel est composé de deux épuisettes à cadre métallique avec le bord inférieur plat et une maille fine (2 mm), d'une petite épuisette à main (« volante ») ronde ou carrée avec une maille fine également, de plusieurs seaux pour les transferts de poissons, d'un chronomètre, d'un décamètre, d'un topofil et du matériel de biométrie. Les waders et les gants sont également indispensables pour toute personne en contact avec l'eau durant l'opération.

## 2.3 Mode opératoire

Une pêche électrique basée sur la méthode EPA nécessite généralement six personnes. On retrouve tout d'abord un conducteur d'opération qui reste en rive pour mesurer la longueur de la station à l'aide d'un topofil et pour chronométrer les 30 secondes de pêche par point. Ensuite, dans l'eau une première personne est en charge de l'anode : sur chaque point de pêche, elle ouvre le circuit électrique pendant 30 secondes minimum, et peut plusieurs fois interrompre et remettre le courant électrique pour améliorer l'efficacité de pêche. Son rôle consiste à créer un courant électrique dans l'eau en faisant un mouvement circulaire d'environ un mètre de diamètre avec l'anode. Deux pêcheurs sont présents en aval du champ électrique, avec chacun une épuisette fixe placée l'une à côté de l'autre en aval de l'anode dans le courant. Un des deux pêcheurs tient également une épuisette mobile, de manière à capturer les anguilles s'enfuyant à contre-courant mais également à retirer de l'eau les autres espèces piscicoles afin d'éviter de les soumettre trop longtemps au choc électrique. Un porteur de seaux est chargé de recueillir les anguilles et les autres espèces piscicoles pour les transférer en berge si l'abondance est trop forte, avant la biométrie.

Enfin, une personne est chargée de prendre les notes de terrain et de transporter le décamètre pour la mesure de la profondeur moyenne de la station (une mesure tous les 5 points).

## **2.4 Recueil des données**

Durant la pêche, l'ensemble des anguilles capturées sont conservées dans un seau avant la biométrie prévue en fin d'opération. Ainsi, à la fin des 30 points de pêches, chaque anguille sera mesurée et pesée individuellement, et les pathologies observées seront répertoriées et photographiées. Une fiche spécifique à la biométrie des anguilles est remplie à chaque pêche. Les autres espèces sont déterminées et comptabilisées durant la pêche si leur abondance est faible. Dans chacune des stations, des informations générales sur la station (coordonnées GPS, commune, etc.), ainsi qu'un relevé des caractéristiques de l'habitat est effectué (types de faciès (%), types de substrat (%), présence d'habitats pour les poissons, type de végétation aquatique (présence-absence et recouvrement global de la station (%)), ombrage (%), largeur et profondeur moyenne (en m)). (Voir fiche station 2019 – Annexe 1).

## **3 Protocole de pêche de calibration**

### **3.1 Choix de la station d'échantillonnage**

Certains critères de choix des stations pour des pêches de calibration des indices d'abondances anguille ont été définis dans le cadre du programme de « monitoring » du plan national de gestion de l'anguille. La station choisie doit soit déjà faire partie d'un réseau spécifique Anguille régional ou, à défaut faire l'objet d'observations d'anguilles répétées. Cette station doit être éloignée des points de blocage de la migration, mais également la plus proche possible de la confluence de l'axe principal s'il n'y a pas la possibilité de pêcher le cours principal. La station doit être intégralement pêchable à pied (profondeur < 60 cm).

Il est conseillé de chercher à prospecter des stations avec des abondances d'anguilles diverses et de prospecter différentes tailles de cours d'eau (entre 1 et 20m de largeur), afin d'élargir la gamme de validité de la relation de calibration.

Il faut également s'assurer que la station désignée ait une longueur prospectable suffisante pour réaliser les 30 points de l'EPA.

### 3.2 Principe

Sur une même station, il faut réaliser une pêche d'Indice d'Abondance Anguille de 30 points distants de 3m ou EPA, puis une pêche complète par épuisement comptant au moins 2 passages (ne pas hésiter à en effectuer un 3<sup>ème</sup> si besoin). Le recours à un 3<sup>ème</sup> passage est à déterminer en fonction du rapport entre le nombre d'individus capturés aux 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> passages (plus ce rapport est faible, plus un 3<sup>ème</sup> passage est préconisé). Cela se décide en fonction de l'efficacité de pêche. Il faut prévoir un 3<sup>ème</sup> passage si l'effectif du 2<sup>ème</sup> passage est supérieur à 50% de celui du 1<sup>er</sup> passage.

Largeur (m) cours d'eau	Longueur station / 30 points	
	proto BGM	proto adapté
1	150	150
3	150	150
5	120	120
7	90	75
12	90	50
17	90	40
22	90	30

Figure 5 Protocole de pêche en fonction de la largeur (Source : BGM)

Les anguilles capturées lors de l'EPA sont conservées et comptabilisées dans le 1<sup>er</sup> passage de la pêche complète.

La station pêchée doit être isolée en amont et en aval à l'aide de filets. La pêche complète (ou d'inventaire) s'effectue avec un courant continu. Il est important de bien conserver le même type de matériel et de courant pour l'ensemble des pêches de calibration.

La pêche IAA et la pêche d'inventaire devant être réalisées sur une même station de même longueur, il faut alors adapter un protocole plus resserré pour l'IAA dès que la largeur du cours d'eau est supérieure ou égale à 7m (Germis, BGM 2016), ou bien réduire la longueur de la station et donc réduire le nombre de points pêchés (15 minimum) de manière à ce qu'ils ne se chevauchent pas.

Pour éviter que la pêche complète ne prenne trop de temps, il est possible de réduire à 15 le nombre de points pêchés durant cette pêche. Mais il va donc falloir comptabiliser séparément les anguilles capturés lors des 15 premiers points de la pêche IAA de celles capturées des points 16 à 30, pour effectuer correctement les comparaisons menant à l'indice de relation entre IAA et densité.

### **3.3 Matériel**

Il faut tout d'abord un appareil de pêche électrique portatif de type Martin-pêcheur pour réaliser le premier passage en pêche EPA. Ensuite, pour réaliser les différents passages de la pêche complète, on utilise un appareil de pêche électrique fixe (2 dans le cas d'un cours d'eau large), type Héron avec 2 anodes par Héron (3 anodes pour un cours d'eau > 9-10m de large).

Deux grandes épuisettes à cadre métallique avec le bord inférieur plat et à maille fine 2-4 mm (4 dans le cas d'un cours d'eau large) sont également à prévoir pour la capture des individus dérivants, ainsi que 2 petites épuisettes à main rondes ou carrées à maille fine (4 dans le cas d'un cours d'eau large) pour la capture des individus non dérivants et espèces sensibles.

L'isolation complète de la station s'effectue à l'aide de 2 filets à maille fine positionnés aux limites amont et aval de la station.

Enfin, comme pour les pêches électriques spécifiques aux anguilles, le reste du matériel doit être composé de nombreux seaux, d'un décamètre, d'un chronomètre, d'un topofil, de matériel de biométrie, ainsi que de bacs et de bulleurs pour assurer la bonne survie des poissons capturés. Les waders et les gants sont également indispensables pour toute personne en contact avec l'eau durant l'opération.

### **3.4 Mode opératoire**

Une pêche de calibration est une opération très lourde qui nécessite un nombre de personnes bien plus élevé qu'une simple pêche EPA et qui s'étale sur une durée dépassant allégrement les 4h.

Il faut compter tout d'abord une personne responsable du groupe électrogène dont le rôle va être centré sur la surveillance du bon déroulement des opérations électriques. Ensuite, on retrouve un responsable de l'atelier pêche qui va de nouveau s'occuper de gérer le connaître ainsi que de remplir les informations nécessaires à la description de la station. Dans l'eau, il y a tout d'abord un porteur d'anode (voire deux dans le cas d'un cours d'eau large) chargé de créer le champ électrique dans l'eau. On retrouve à ses côtés deux porteurs d'épuisettes fixes et volantes (4 dans le cas d'un cours d'eau large) chargés de capturer l'ensemble des anguilles et espèces piscicoles attirés par le champ électrique. Il faut également prévoir un ou plusieurs porteurs de seaux en fonction de la largeur du cours d'eau et de l'abondance piscicole rencontrée. Ces porteurs de seaux chargés de la

mesure des profondeurs et des largeurs de la station se relaient également pour amener directement les individus capturés à l'opération de biométrie. Enfin, il est conseillé de mener le chantier de biométrie en parallèle des opérations de pêche et non successivement, de manière à ne pas rallonger encore plus le temps passé sur une seule et même station. Concernant l'atelier de biométrie, il faut prévoir au minimum 3 personnes : une première chargée de trier les poissons, une deuxième chargée de compter et mesurer (si on veut établir une calibration par classes de taille également) les anguilles et enfin une dernière s'occupant de prendre en note l'ensemble des données relevées durant la biométrie.

### **3.5 Recueil des données**

A chaque passage de pêche, d'abord le passage en pêche EPA puis les différents passages successifs en pêche complète, l'ensemble des anguilles capturées sont transférées dans des seaux vers des bacs en berge, afin que chacune soit mesurée et pesée individuellement, et les pathologies observées seront répertoriées et photographiées. Une fiche spécifique à la biométrie des anguilles est remplie à chaque passage de pêche. Chaque passage doit faire l'objet d'une biométrie bien distincte des autres passages. Dans le cas où la possibilité que les passages en pêche complète soient réduits à une quinzaine de points existe, il faudra alors réaliser pour la pêche EPA une première biométrie pour les anguilles capturées sur les 15 premiers points et une deuxième sur celles capturées sur les 15 derniers points. Les autres espèces capturées sont également sorties de l'eau et transférées dans des bacs, et elles pourront également être déterminées et comptabilisées durant cette opération de pêche de calibration.

Dans chacune des stations de pêche de calibration, des informations générales sur la station (coordonnées GPS, commune, etc.), ainsi qu'un relevé des caractéristiques de l'habitat est effectué (types de faciès (%), types de substrat (%), présence d'habitats pour les poissons, type de végétation aquatique (présence-absence et recouvrement global de la station(%)), ombrage (%), largeur et profondeur moyenne (en m)) (Annexe 1).

## **4 Analyses statistiques des données de pêches**

### **4.1 Conditions de pêche**

#### **4.1.1 Hydrologie**

L'hydrologie peut avoir une part prépondérante dans les conditions de pêches d'une campagne par rapport à une autre et donc sur les différences de résultats qui en découlent. Pour la campagne de 2019, on va s'intéresser aux diversités existantes par rapport aux deux campagnes précédentes au niveau des précipitations durant les périodes de pêches grâce aux suivis de Météo France, au niveau des débits mesurés sur la Loire à la station de Montjean-sur-Loire<sup>4</sup> en juin et juillet grâce aux suivis de la Banque Hydro<sup>5</sup>, mais également sur la profondeur moyenne de l'ensemble des stations grâce aux relevés en temps réel effectués lors des opérations de pêche.

#### **4.1.2 Caractéristiques physiques des stations**

L'évolution des conditions de pêches peut également dépendre de l'évolution physique des stations pêchées. C'est pourquoi il a été choisi lors des campagnes de 2013 à 2019, de renseigner sur le terrain pour chaque station la présence et la part des différents habitats, substrats et faciès d'écoulement rencontrés, et d'en faire une moyenne à l'échelle de l'ensemble des stations de manière à évaluer d'une campagne à l'autre l'évolution des caractéristiques physiques des stations.

---

<sup>4</sup> Source des données pour la station de Montjean-sur-Loire (49) : DREAL Pays de la Loire / HYDRO-MTES/DE, hydro.eaufrance.fr.

<sup>5</sup> Données du réseau national de suivi des débits et hauteurs d'eau des cours d'eau (Banque Hydro, Ministère de la Transition écologique et solidaire).



## **4.2 Abondances et classes d'anguilles**

### **4.2.1 Classes de taille**

Les analyses portent sur la présence et l'abondance de l'ensemble anguilles, mais également sur plusieurs groupes d'anguilles répartis en 4 classes de taille distincte. Il y a tout d'abord les anguilles de taille inférieure à 150 mm, celles de taille comprise entre 150 et 300 mm, celles de taille comprise entre 301 et 450 mm, et enfin les anguilles dont la taille est supérieure à 450 mm. Cette distinction de 4 classes de taille d'anguille reposent sur une distribution pertinente associée aux différentes phases du cycle biologique de l'espèce qui se caractérisent par une écologie et des comportements différents (Canal et al., 2013). La première classe de taille (< 150 mm) représente le jeune recrutement qui commence la colonisation du bassin versant. La seconde (151 – 300 mm) correspond aux anguilles plus âgées (de 2 à 5 ans) en colonisation déjà bien avancée. Les deux classes suivantes représentent les anguilles jaunes sédentaires, respectivement, essentiellement les mâles (301 – 450 mm) et les femelles (> 450 mm).

### **4.2.2 Indice d'Abondance**

L'Indice d'Abondance Anguille (IAA) se calcule grâce de l'analyse des données de biométrie des anguilles. Pour chaque station pêchée en 2019, un nombre d'anguilles pêchées ainsi qu'un nombre de points pêchées y sont associés, cela va donc permettre pour l'ensemble des stations de rapporter le nombre d'anguilles capturées à une même unité d'effort de pêche à savoir le point de pêche. Ce rapport se traduit par le calcul d'une Capture Par Unité d'Effort (CPUE). Cette CPUE est donc ici le résultat du nombre d'anguilles mesurées sur une station divisé par le nombre de points de pêche réalisés sur la station.

Les différents Indices d'Abondance Anguille calculés sur l'ensemble des stations vont ensuite être confrontés aux principales variables explicatives retenues pour les différentes campagnes de pêche à savoir l'année d'échantillonnage, la distance à la mer ou encore le bassin versant.

### 4.2.3 Variables explicatives des abondances observées

Afin de décrire et comprendre la variabilité des indices d'abondance observées en 2013, 2016 et 2019, l'effet direct ou combiné de 3 principales variables "explicatives" choisies, à savoir l'année d'échantillonnage, la distance à la mer et le bassin versant, sur le résultat des captures a été testé pour chaque classe de tailles d'anguilles par l'ajustement d'un modèle linéaire généralisé (GLM) du type :

***cpue par classe de taille ~ année + bassin + dmer + année \* bassin + dmer \* bassin + année \* dmer.***

Ce procédé a pour objectif de déterminer quels effets ont le plus impact sur la variabilité des indices d'abondance mesurés, de manière directe ou bien combinée entre plusieurs effets, mais également de constater si ces effets évoluent différemment dans le temps ou non. Cette analyse appliquée aux différentes classes de tailles évoquées précédemment peut permettre également d'observer des différences et des tendances de variabilité à ces effets en fonction de la phase du cycle biologique de l'anguille.

De plus, l'axe Loire est divisé en 3 zones distinctes en fonction de leur distance à la mer. Ainsi, on retrouve la zone aval qui comprend l'ensemble des stations situées à moins de 150 km de la mer, puis la zone intermédiaire comprenant les stations situées entre 150 et 300 km de la mer, et enfin la zone amont pour les stations situées à plus de 300 km de la mer.

## 4.3 Analyse et description du peuplement piscicole en 2019

Il a été choisi pour la campagne de 2019 de s'intéresser à la composition du peuplement piscicole rencontré lors des différentes opérations de pêche, de manière à l'évaluer et à observer sa répartition à l'échelle du bassin Loire. La place de l'anguille au sein du cortège piscicole va également être analysée d'une manière spécifique de façon à illustrer son importance et sa concomitance avec d'autres espèces piscicoles.

### 4.3.1 Evolution du peuplement piscicole entre 2013 et 2019

La première analyse concerne l'évolution du nombre de poissons capturés (anguilles comprises) pour chaque campagne, et les différences observées entre les campagnes vont permettre d'estimer si des tendances positives ou négatives semblent se mettre en place entre 2013 et 2019. La

seconde analyse, dans la continuité de la première, s'intéressera à cette évolution mais cette fois-ci mesurée à l'échelle de chaque bassin, de manière à comparer entre eux le peuplement piscicole de chaque bassin et leurs évolutions.

Les autres analyses porteront sur l'évolution de la richesse spécifique (anguilles comprises pour chaque campagne, de manière à estimer comme précédemment si des tendances positives ou négatives semblent se dessiner entre 2013 et 2019. De même, la richesse spécifique va ensuite également être analysée pour chaque bassin, toujours dans le but de constater les différences et évolutions qui peuvent exister au niveau géographique.

L'ensemble de ces analyses va être réalisé par le biais de croisement entre l'ensemble des jeux de données existants, de manière à pouvoir entrecroiser les données sur les anguilles, sur les autres espèces piscicoles, sur les stations pêchées et sur les différentes opérations de pêche en général.

A l'aide de CPUE, la présence de chaque espèce au sein de l'ensemble de ces analyses sera exprimée en termes d'Indice d'Abondance.

#### **4.3.2 L'Anguille au sein du peuplement piscicole**

La présence de l'Anguille au sein du peuplement piscicole pêché peut d'abord être analysée par l'évolution de sa part au sein des captures entre chaque campagne de pêche. Pour cela, il va falloir établir le rapport entre le nombre de captures d'Anguille à chaque campagne et le nombre total de captures de l'ensemble des espèces (Anguille comprise) également à chaque campagne. Le but étant ici d'évaluer si la présence de l'anguille évolue de la même manière que la présence de l'ensemble des espèces piscicoles.

La deuxième partie de l'analyse concernant l'Anguille au sein du peuplement piscicole va s'intéresser aux interactions existantes entre l'Anguille et les différentes espèces pêchées. Pour cela, il va falloir calculer la fréquence d'occurrence de chaque espèce par opération et calculer la fréquence de co-occurrence de chaque espèce avec l'Anguille. Le calcul de la fréquence d'occurrence de chaque espèce par opération consiste à rapporter le nombre d'opération où une espèce est présente sur le nombre total d'opération. Le calcul de la fréquence de co-occurrence de chaque espèce avec l'Anguille consiste à rapporter le nombre d'opération où une espèce est capturée en même temps que de l'Anguille sur le nombre total d'opération pour lesquelles cette espèce est capturée. Ensuite, dans un nuage de points, il va falloir représenter chaque espèce en fonction des deux fréquences calculées précédemment, de manière à pouvoir lire pour chaque espèce son abondance et sa fréquence de capture en même temps que l'anguille. Cette représentation

graphique doit permettre de déterminer les espèces les plus fréquemment associées à l'anguille durant les campagnes de pêche.

## 5 Modélisation du front de colonisation

La distribution des anguilles de petite taille (< 300 mm) a été analysée tout le long de l'axe Loire, de ses principaux affluents et des côtières vendéens. Pour ce faire, il a fallu calculer un indice standardisé de colonisation de l'axe Loire et de ses différents bassins versants, basé sur l'analyse de la présence des classes de tailles, modélisée à l'aide de régressions logistiques (Lasne & Laffaille, 2008). Cette analyse permet de calculer la D0,5, qui correspond à la distance à partir de l'estuaire dynamique pour laquelle la probabilité d'observer des anguilles de la classe de taille sur une station échantillonnée devient inférieure à 0,5 (i.e. une chance sur deux). Ainsi, la distance estimée sera définie comme l'indice du front de colonisation des anguilles de petite taille (<300 mm). L'analyse temporelle de cette distance de colonisation a été effectuée pour l'ensemble du linéaire de la Loire, de ses affluents et des côtières vendéens pour les campagnes des années 2013, 2016 et 2019. Pour calculer ce front de colonisation, on utilise un modèle de régression logistique dont l'équation est la suivante :

***Présence (classe de taille) ~ bassin + année + distance mer + bassin\*année + bassin\*distance mer + distance mer\*année***

## 6 Calcul du coefficient de calibration

Le coefficient reliant les IA ANG et les densités obtenues pour les pêches complètes anguille s'écrit : **Densité = n x nb anguille par point.**

Le calcul du coefficient de calibration a donc pour but de trouver ce **n** permettant d'établir la relation entre le résultat d'une pêche EPA et le résultat d'une pêche complète.

## 6.1 Estimation de l'efficacité de la pêche complète

On fait tout d'abord l'hypothèse selon laquelle l'efficacité de pêche est la même entre les sites, les secteurs de points et les passages successifs, de manière à pouvoir l'estimer par régression sur l'ensemble des données au lieu faire un calcul pour chaque pêche.

On a alors :  $C_1 = e \times N_1$  et  $C_2 = e \times N_2$

avec

- $C_1$  les captures d'anguilles au 1<sup>er</sup> passage de la pêche complète
- $C_2$  les captures au 2<sup>nd</sup> passage
- $e$  l'efficacité de pêche
- $N_1$  le nombre d'anguilles disponibles après la pêche EPA et avant le 1<sup>er</sup> passage
- $N_2$  le nombre d'anguilles disponibles avant le 2<sup>nd</sup> passage ( $N_2 = N_1 - C_1$ )

D'où  $N_1 = \frac{C_1}{e}$

L'efficacité de pêche peut être estimée à partir de  $\frac{C_2}{C_1} = 1 - e$ , soit  $e = 1 - \frac{C_2}{C_1}$  ( $\frac{C_2}{C_1}$  est estimé par régression linéaire).

## 6.2 Estimation de la relation Indice d'Abondance / Densité

L'effectif total d'anguilles avant la pêche peut se calculer ainsi :  $T = N_1 + C_{epa}$  avec  $C_{epa}$  les captures d'anguilles pendant la pêche par EPA.

La densité d'anguilles (/100 m<sup>2</sup>) est alors  $T/S \times 100$   $D = \frac{T}{S \times 100}$  avec  $S$  la surface prospectée en m<sup>2</sup>.

La relation de calibration est estimée par régression linéaire entre l'IAA et la densité estimée par la pêche complète à 2 passages.

Le résultat trouvé valable pour une station peut-être comparé aux résultats des autres stations calibrées, de manière à calculer un coefficient de calibration global, et ce à plusieurs échelles, que ce soit pour le même cours d'eau, à l'échelle d'un bassin ou encore à l'échelle nationale.

Enfin, il est conseillé de ne jamais sur-interpréter les différences trouvées, notamment aux vues des incertitudes existantes dans ce type d'analyse.

# Résultats

## 1 Conditions de pêche

### 1.1 Hydrologie

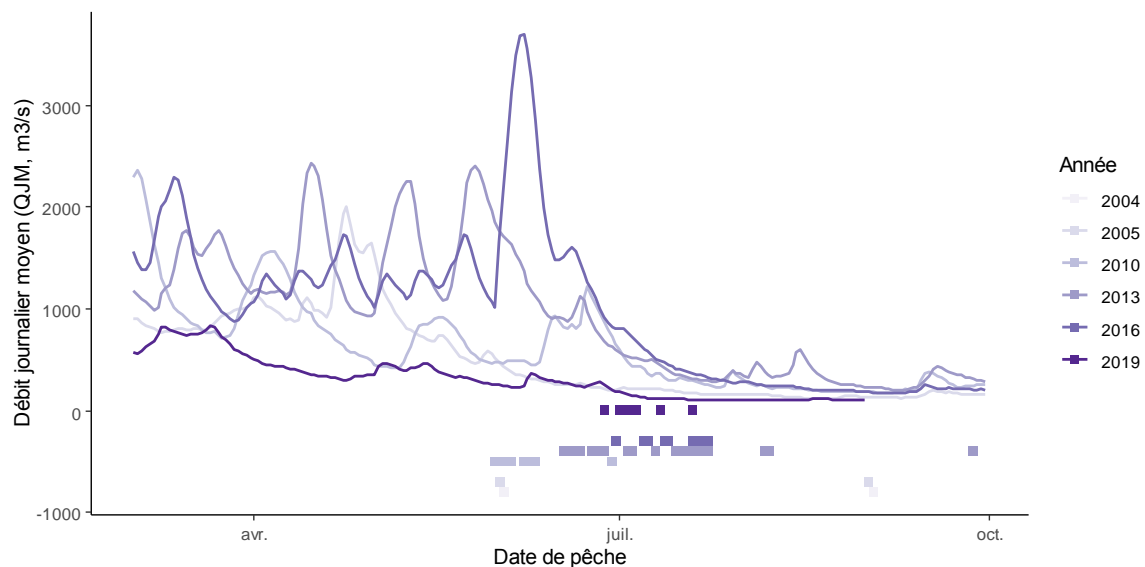


Figure 6 Débits de la Loire à Montjean-sur-Loire et pêches réalisées sur l'axe Loire. Données SANDRE, Univ. Rennes 1, Logrami

Les pêches de la campagne 2016 avaient été décalées d'au moins une semaine sur la plupart des bassins versants en raison de forts épisodes pluvieux, entre fin mai et début juin, entraînant de nombreuses crues et précipitations. A l'inverse, la fin du printemps et le début de l'été de l'année 2019 ont été marqués par d'importants épisodes de sécheresse, avec notamment seulement 14,5 mm de précipitations au mois de juillet dans le Maine-et-Loire, soit environ 72% de moins que la normale mensuelle habituelle (Météo France). La prospection de certaines stations a même été décalée de plusieurs jours en raison des épisodes de canicule. La campagne de 2019 a donc été effectuée en présence de débits nettement inférieurs qu'en 2016 et 2013. En effet, à la station de référence pour notre étude, située dans le Maine-et-Loire à Montjean-sur-Loire, les débits mesurés de 2019 étaient de 192 m<sup>3</sup>/s minimum en Juin et 115 m<sup>3</sup>/s minimum en juillet, contre 810 m<sup>3</sup>/s minimum en juin et 281 m<sup>3</sup>/s minimum en juillet en 2016, ainsi que de 604 m<sup>3</sup>/s minimum en Juin et 283 m<sup>3</sup>/s minimum en juillet en 2013). Cette forte sécheresse a entraîné l'abandon de plusieurs stations à sec sur l'ensemble du bassin de la Loire, notamment dans le Maine-et-Loire et dans l'Indre, ou encore en Vendée.

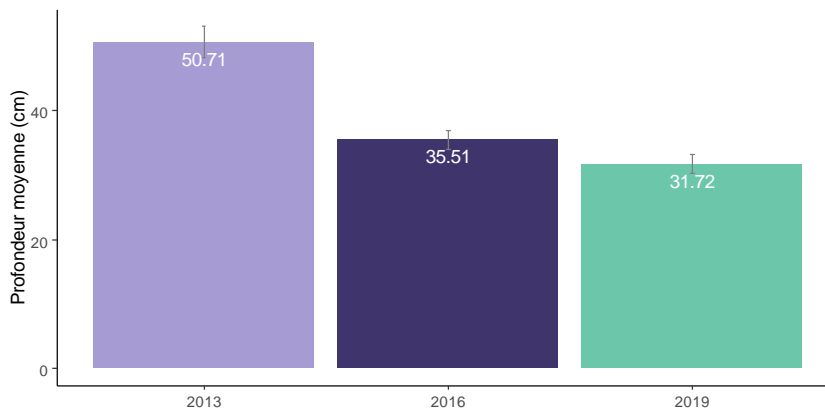


Figure 7 Comparaison des profondeurs moyennes 2013-2019

En 2016, violence de la décrue avait souvent ramené les hauteurs d'eau en-dessous des niveaux observés en 2013, lorsque les opérations de pêche avaient finalement pu être réalisées. La profondeur moyenne des stations pêchées était déjà significativement plus faible en 2016 qu'en 2013, mais la sécheresse de 2019 a également abaissé cette profondeur moyenne par rapport à la valeur de 2016. La profondeur moyenne des stations pêchées en 2019, bien que très inférieure à la valeur de 2013, reste néanmoins relativement proche de celle de 2016.

## 1.2 Habitats rencontrés

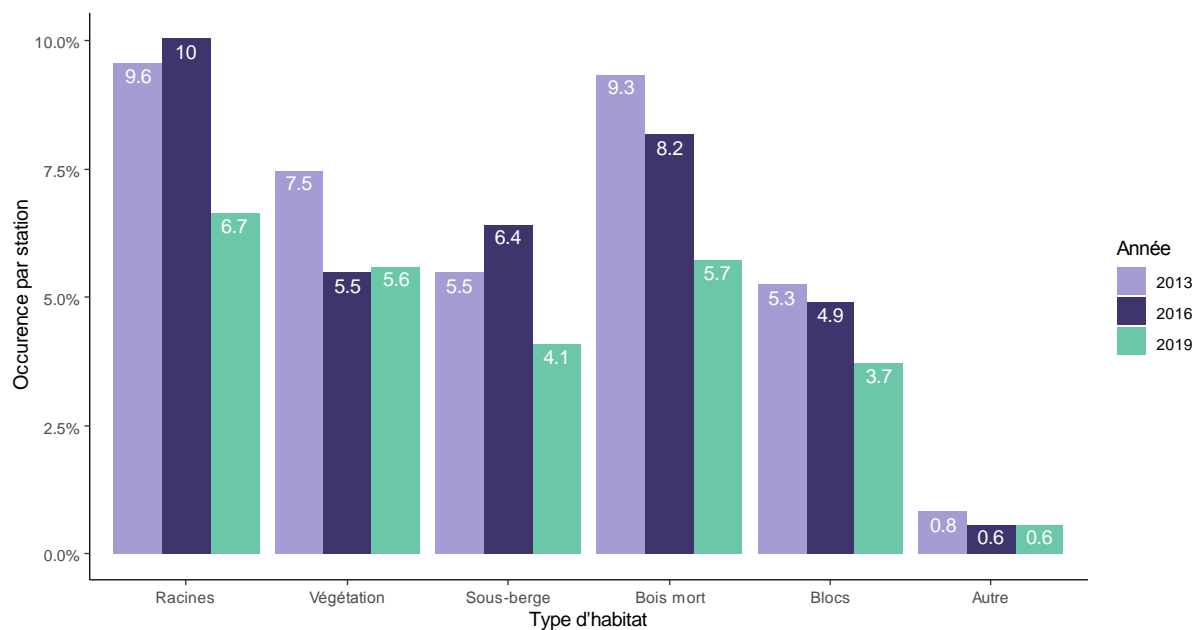


Figure 8 Pourcentages d'occurrence des habitats rencontrés

L'observation des types d'habitats (racines, végétation aquatique, sous-berges, bois mort, roches, etc.) en proportion du total des stations pêchées n'est pas significativement différente des



opérations menées en 2013 et 2016. On remarque néanmoins qu'une tendance de diminution des habitats semble se dégager pour la campagne de 2019. L'habitat le plus fréquemment rencontré est l'abri formé par les racines, les bois morts et la végétation aquatique.

### 1.3 Faciès prospectés

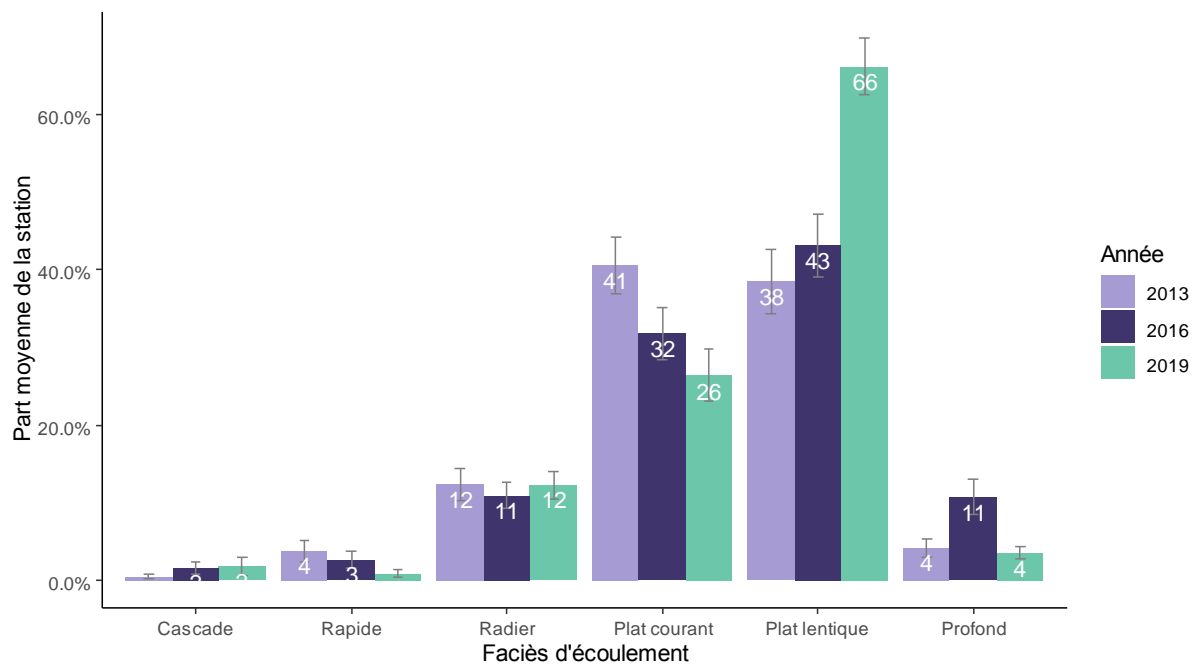


Figure 9 Pourcentages d'occurrence des faciès prospectés

Les stations échantillonnées en 2019 sont majoritairement couvertes par des faciès de plats lents et de plats courants. La proportion globale de chaque type de faciès est sensiblement conservée pour les faciès minoritaires, en revanche, l'occurrence des plats courants diminue de 13 points entre 2013 et 2019 alors que celle des plats lents augmente de 37 points, soit ici quasiment du double.

## 1.4 Substrats prospectés

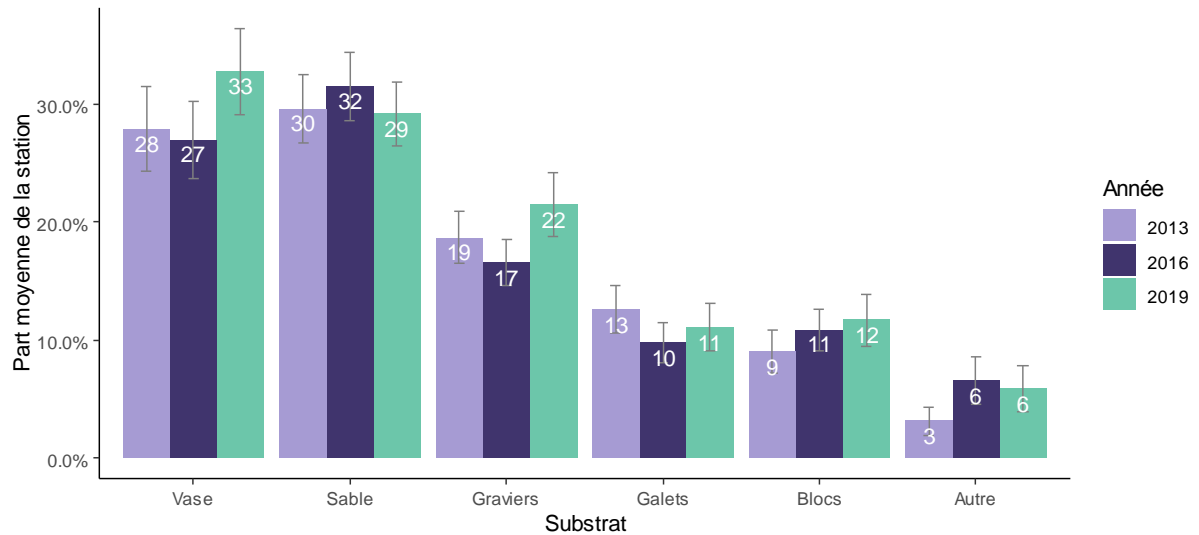


Figure 10 Pourcentages d'occurrence des substrats prospectés

Les stations pêchées en 2019 sont dominées par des substrats fins (62% de vases et sables) et la proportion moyenne de chaque type de substrat est comparable à 2013 et 2016, avec toutefois une augmentation significative de la part des graviers (+4 points par rapport à 2013 et +6 points par rapports à 2016).

## 2 Abondances et Classe de tailles

### 2.1 Capture d'anguilles à l'échelle du Bassin Loire

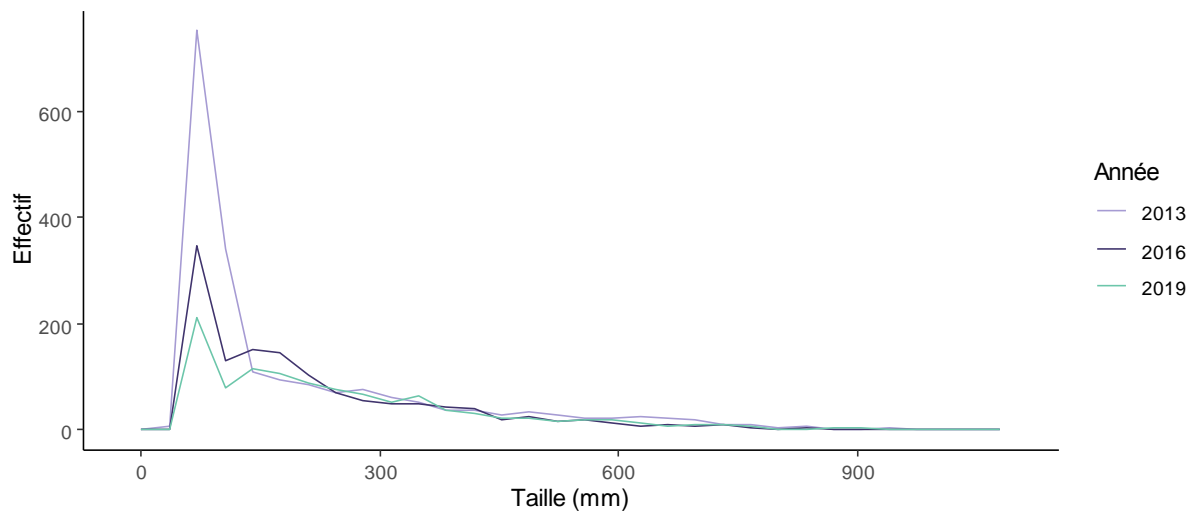


Figure 11 Distribution des tailles

Le pic de capture d'anguilles de moins de 150mm visible sur la distribution des tailles d'anguilles (mode ~ 60-80mm) est quatre fois moins élevé qu'en 2013 et quasiment moitié moins élevé qu'en 2016. Le pic secondaire (mode ~ 150mm) est déjà observé en 2016 et également visible en 2019, il correspond vraisemblablement au recrutement important observé de 2012 à 2014. Les données ne permettent pas cependant de confirmer cette hypothèse par une analyse de cohorte.

## 2.2 Indices d'abondance

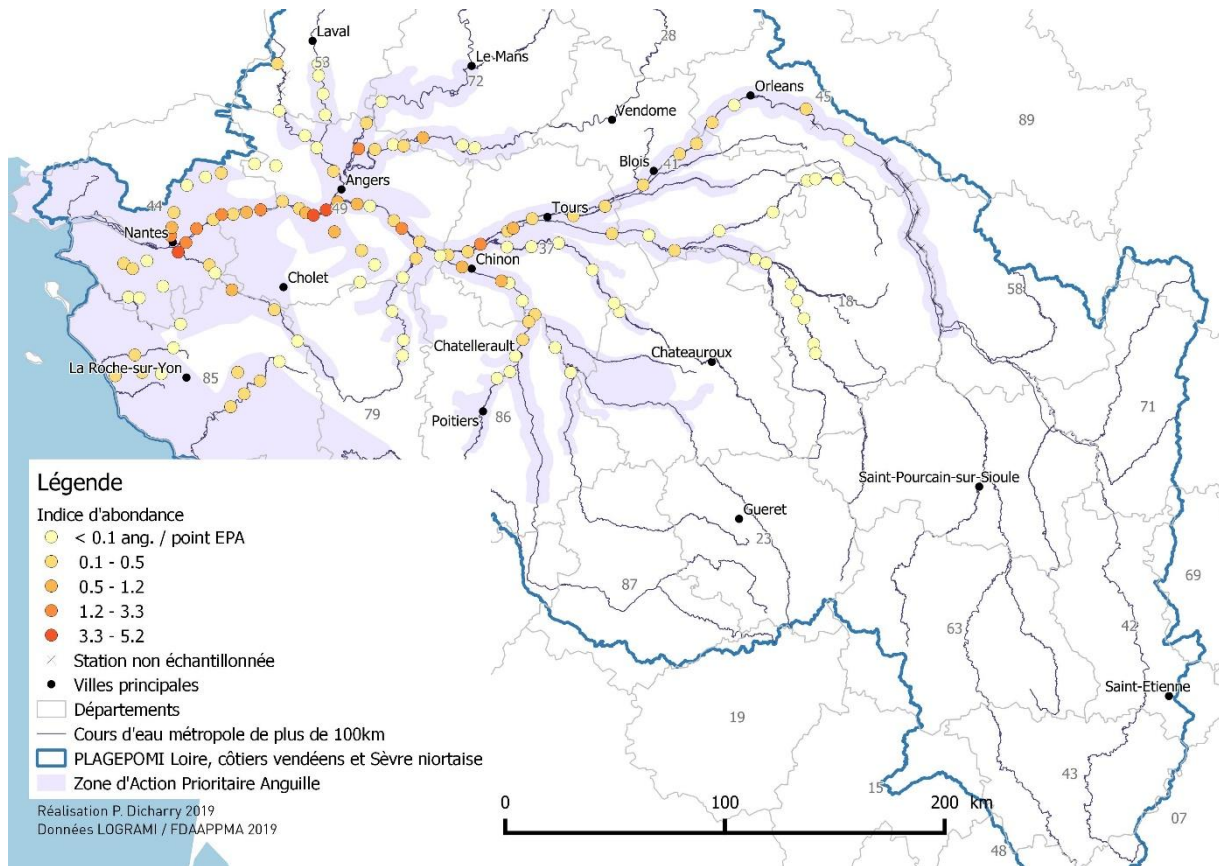


Figure 12 Distribution géographique des indices d'abondance

Les plus fortes abondances d'anguilles sont observées sur l'axe de la Loire entre l'estuaire de la Loire à Nantes et Montsoreau, à la confluence avec la Vienne, ainsi que sur la Sèvre Nantaise.

## 3 Variables explicatives des abondances observées

Afin de décrire la variabilité des indices d'abondance observées en 2013, 2016 et 2019, l'effet direct ou combiné des variables "explicatives" (année d'échantillonnage, distance à la mer (dmer), bassin versant, etc.) sur le résultat des captures a été testé pour chaque classe de tailles d'anguilles par l'ajustement d'un modèle linéaire généralisé (GLM) du type :

$cpue\_sup450 \sim \text{année} + \text{bassin} + \text{dmer} + \text{année} * \text{bassin} + \text{dmer} * \text{bassin} + \text{année} * \text{dmer}.$

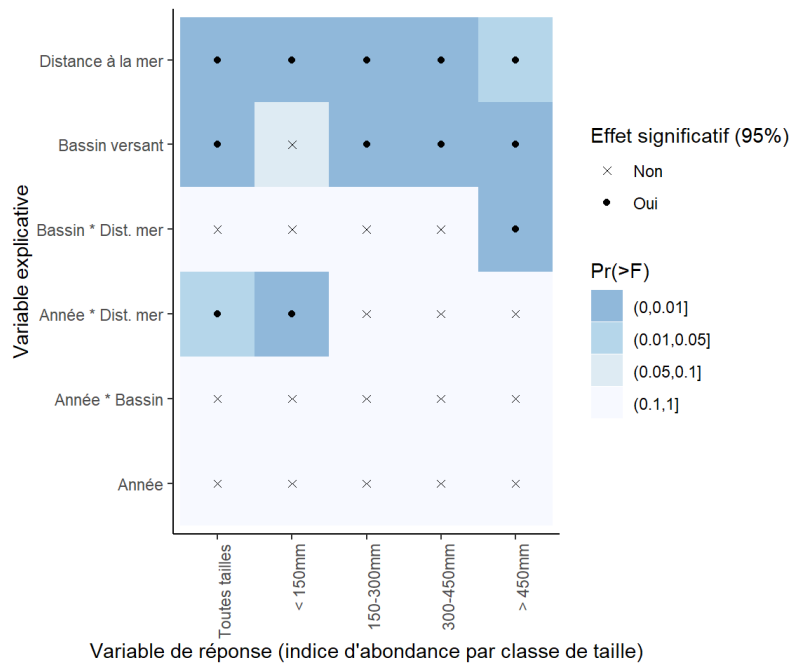


Figure 13 Significativité des effets des variables pour l'abondance de chaque classe de taille

La **distance à la mer** est la variable qui caractérise le mieux les abondances d'anguilles observées. Pour les anguillettes (inf. à 300mm), cet effet est différent en fonction de l'**année d'échantillonnage**. Pour les anguilles de plus de 450mm, l'effet de la distance à la mer est différent en fonction du **bassin versant**.

Les indices d'abondances des anguilles de plus de 150mm sont également significativement différents en fonction du **bassin versant**.

### 3.1 Distance de la station à la mer

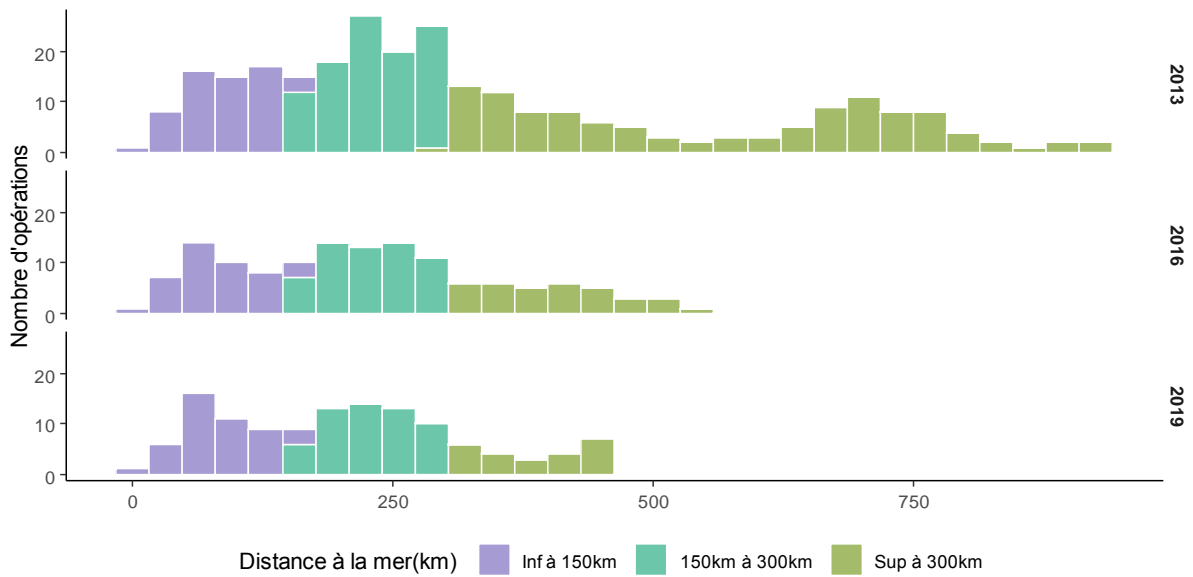


Figure 14 Histogramme de la distance à la mer des stations échantillonnées en 2013, 2016 et 2019

Généralement, le réseau retenu en 2016 et 2019 correspond à la Zone d'Action Prioritaire du plan de gestion national de l'anguille (ZAP anguille).

La distribution des anguilles est déterminée par le gradient aval-amont : 81% des anguilles ont été observées à moins de 200km de la mer au cours des pêches 2019. Ce pourcentage est supérieur (92%) en 2013.

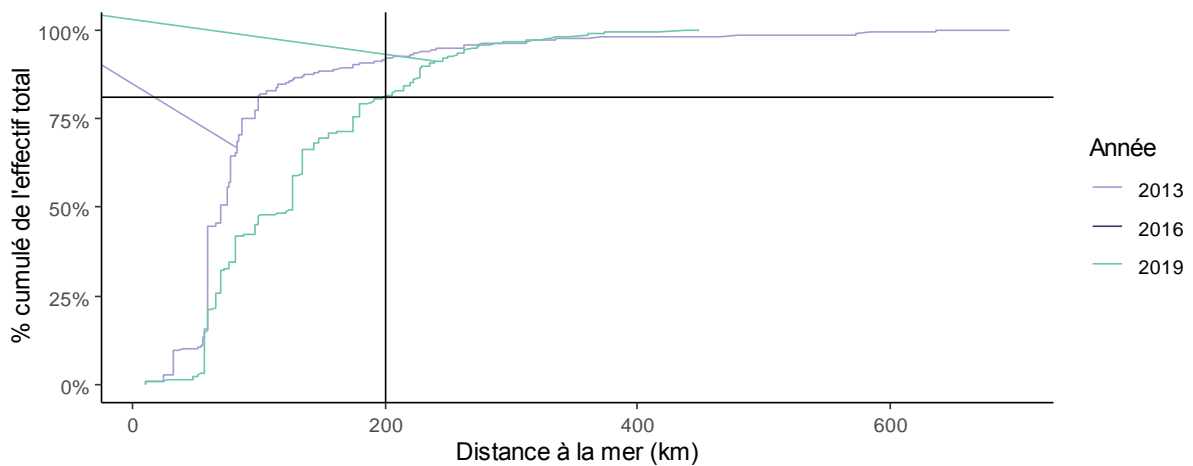


Figure 15 Effectif cumulé des anguilles observées en fonction de la distance à la mer

### 3.2 Années d'échantillonnage

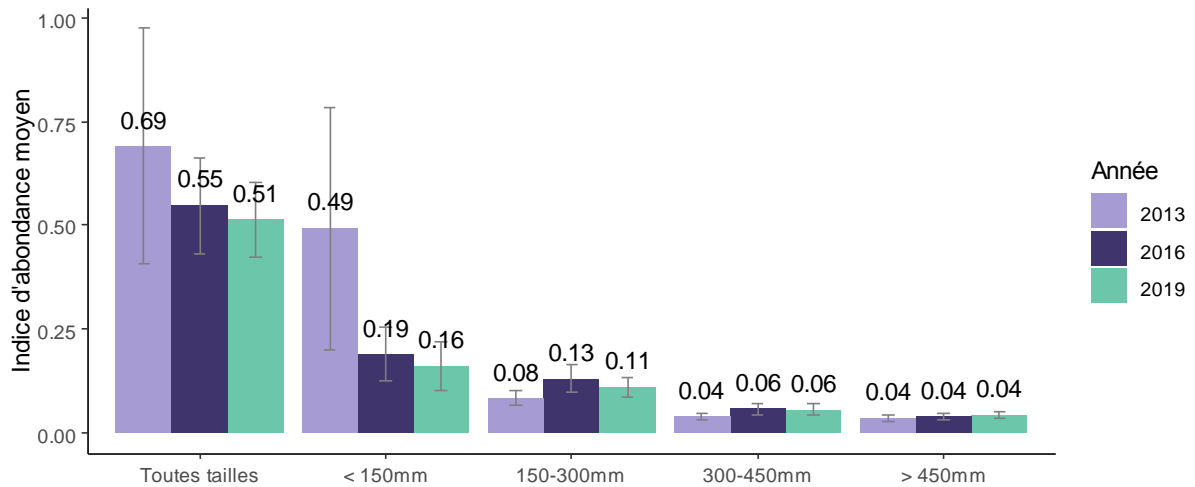


Figure 16 Comparaison des indices d'abondance 2013-2016-2019 par classe de tailles

Il y a au total 104 stations communes entre les campagnes de pêche 2016 et 2019, soit 312 opérations au total. 1382 anguilles ont été observées au cours des opérations de pêche de la campagne 2019, soit en moyenne **0.51 anguilles par point de pêche** (+/- 0.92). En 2016 sur ces mêmes stations 1487 anguilles avaient été observées, soit en moyenne 0.55 anguilles par point de pêche (+/- 1.18)

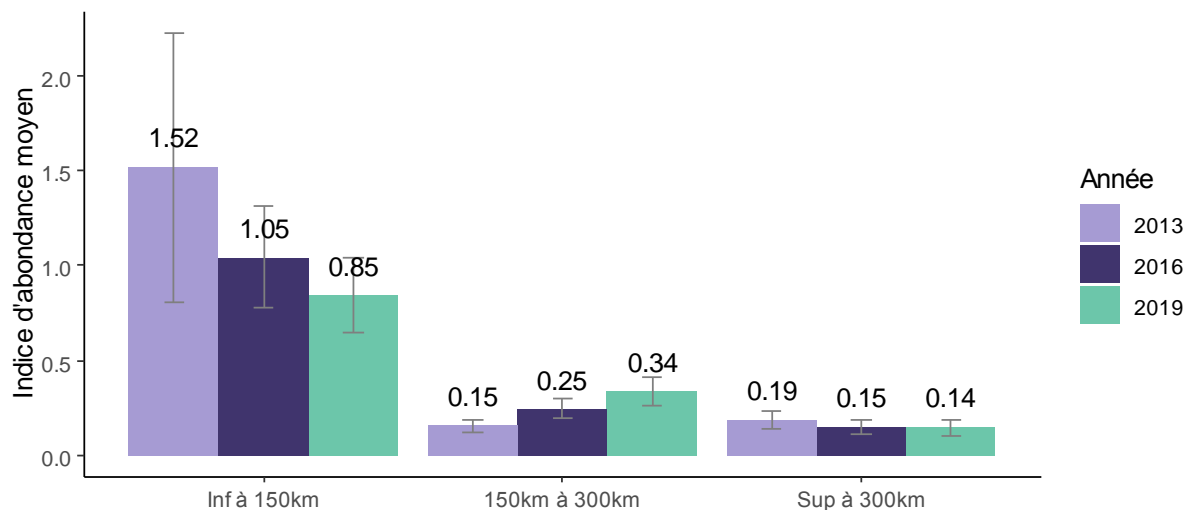


Figure 17 Comparaison des indices d'abondance 2013-2016-2019 par distance à la mer

L'effet de l'année d'échantillonnage est dépendant de la distance à la mer pour les anguilles de moins de 150 mm. La diminution du recrutement d'anguilles est en effet visible dans la zone aval des bassins versants (moins de 150 km de la mer) et l'augmentation des abondances d'anguillettes

de 150 à 300 mm est marquée dans le secteur intermédiaire (150 à 300 km). Ces deux tendances déjà observées en 2016 se sont confirmées avec l'analyse de la campagne 2019.

### 3.3 Bassins versants

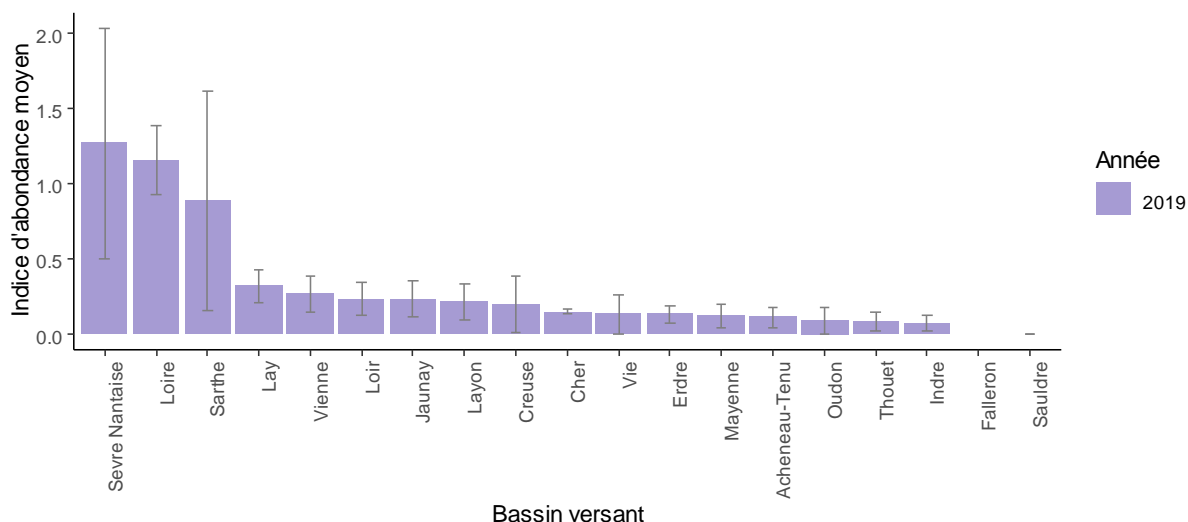


Figure 18 Comparaison des indices d'abondance 2019 par bassin versant

Les abondances des anguilles de plus de 150 mm sont significativement différentes en fonction de l'axe de migration où se situe la station de pêche. Les bassins versants les plus en aval (Loire et Sèvre nantaise) sont ceux qui accueillent les abondances d'anguilles les plus importantes, avec un peu plus d'une anguille par point de pêche. Toutefois, bien que faisant partie des bassins versants les plus en aval, les fleuves côtiers vendéens (Falleron, Jaunay, Lay et Vie) accueillent des abondances d'anguilles bien plus faibles que la Loire et la Sèvre Nantaise. Cela est également valable pour le bassin de l'Erdre. On retrouve en suite la Sarthe qui se détache également du reste des bassins avec un peu moins d'une anguille capturée par point de pêche. L'ensemble des autres bassins versants accueillent des abondances d'anguilles inférieures à 0.5 anguille par point de pêche.



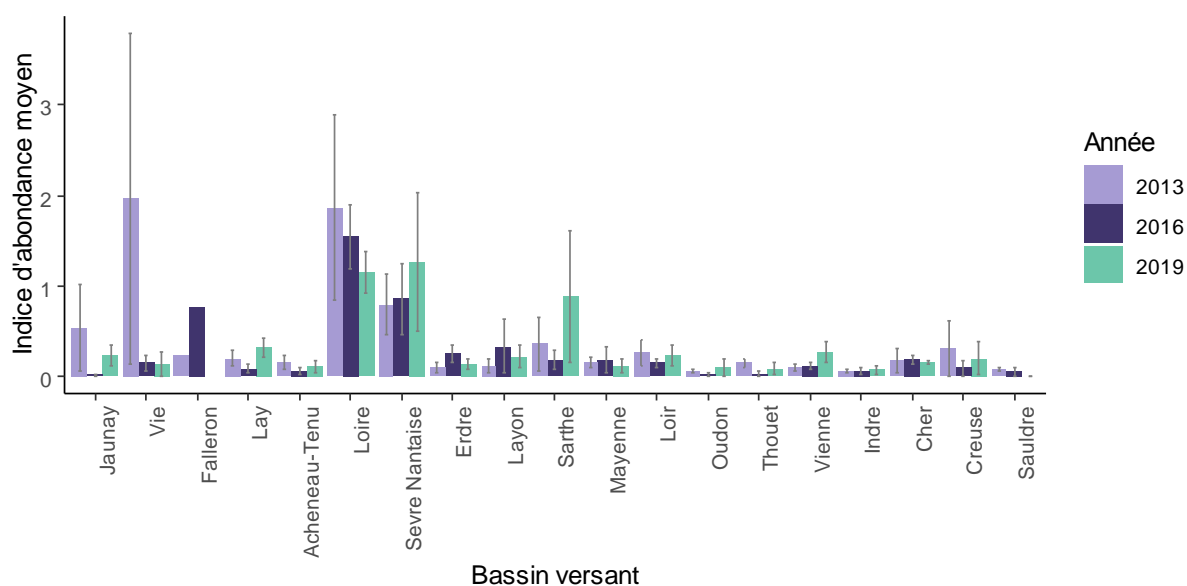


Figure 19 Comparaison des indices d'abondance 2013-2019 par bassin versant

Certains bassins versants ont vu leurs indices d'abondances moyens diminuer fortement entre 2013 et 2016. C'est notamment le cas des fleuves côtiers vendéens (Vie, Lay, Jaunay), de la Creuse et du Thouet. Cependant, pour certains de ces bassins, leur indice d'abondance moyen s'est stabilisé entre 2016 et 2019 (Vie), et a même augmenté entre ces deux dates (Jaunay, Lay Creuse, Acheneau-Tenu). En revanche, le bassin de la Loire a connu une diminution constante de son indice d'abondance moyen entre 2013 et 2019, alors que celui de la Sèvre Nantaise a connu une belle augmentation entre 2016 et 2019 après la légère augmentation constaté entre 2013 et 2016. Enfin, le cas du bassin de la Sarthe se démarque également car après une diminution significative entre 2013 et 2016, son indice d'abondance a très fortement augmenté entre 2016 et 2019.

## 4 Répartition des classes de tailles

La répartition des tailles d'anguilles observées permet de juger de la qualité du recrutement fluvial : la présence des anguilles de moins de 300mm est un indicateur de l'efficacité de leur colonisation et de l'accessibilité du cours d'eau.

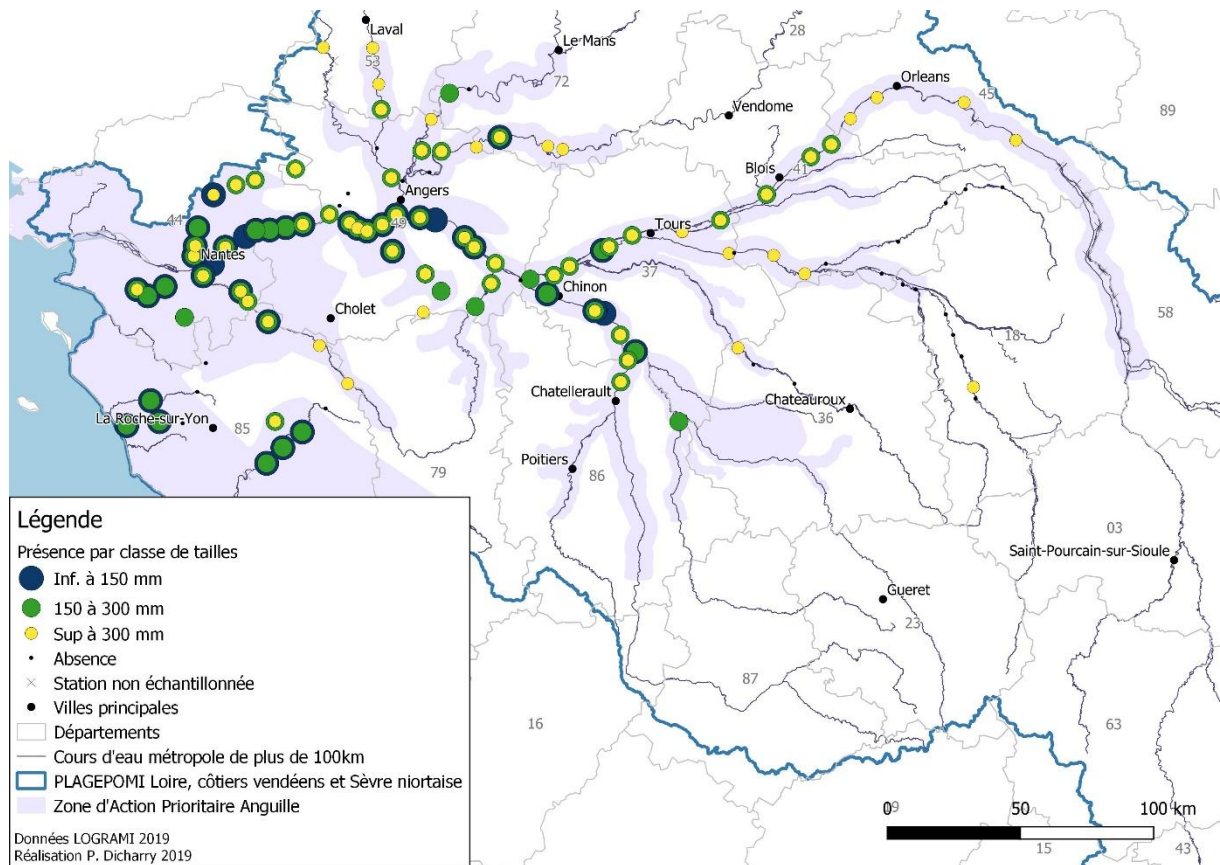


Figure 20 Carte de répartition des tailles d'anguilles en 2019

Les anguilles de moins de 150mm sont observées sur la Loire jusqu'à l'aval de la confluence avec le Cher en Indre-et-Loire à 240km de la mer, sur les affluents principaux en aval (Erdre, Sèvre Nantaise), ainsi que sur le Loir dans la Sarthe à 222km de la mer et sur un affluent de la Creuse en amont de la confluence avec la Vienne en Indre-et-Loire à 262km de la mer. Les anguilles de moins de 150mm sont également observées en 2019 au sein des bassins côtiers vendéens. Les anguilles de la classe de tailles supérieure (150 à 300mm) ont colonisé les bassins côtiers vendéens ainsi que l'aval de ceux de la Maine, du Loir, de la Vienne, de la Creuse et de l'Indre.

## 5 Front de colonisation

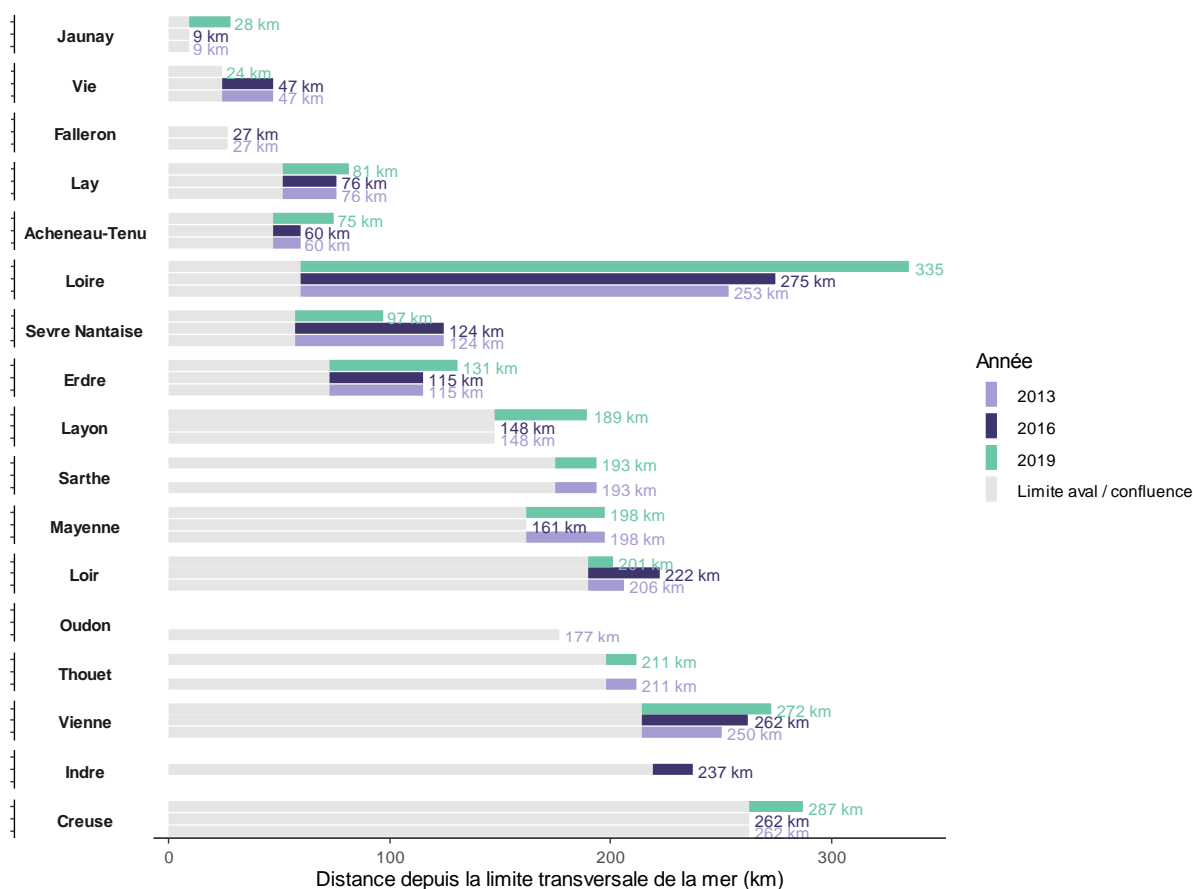


Figure 21 Distance du front de colonisation (<300mm) depuis la limite transversale de la mer (km)

En 2013, le front de colonisation (D50) des anguilles de taille inférieure à 300 mm était situé, le long de l'axe Loire (libre d'obstacle), à 253 km de la limite transversale de la mer (LTM). En 2016, cette distance est passée à 275 km, faisant progresser le front de colonisation de 22 km vers l'amont. En 2019, cette distance est passée à 335 km, faisant ainsi progresser le front de colonisation de 60 km vers l'amont.

La comparaison de la D50 pour chaque bassin permet de visualiser l'évolution du front de colonisation sur chaque bassin versant, en fonction de son accessibilité et des conditions hydrauliques rencontrées par les anguillettes en migration. Le graphique ci-dessus montre l'étendue des stations échantillonnées colonisées par les anguillettes jusqu'à la D50. Il permet de distinguer les bassins versants dont le front de colonisation a progressé vers l'amont en 2019 : Erdre, Loire, Vienne, Creuse et Layon pour les principaux. Mais aussi ceux pour lesquels il a régressé, comme la Vie, la Sèvre Nantaise ou encore le Loir, voire n'a pas atteint la confluence du bassin avec la Loire en 2019 (Oudon, Indre, Falleron). Il a par ailleurs atteint la Mayenne, le Layon et la Creuse en 2019.

## 6 Peuplement piscicole

### 6.1 Captures totales

9014 poissons, appartenant à 47 espèces piscicoles différentes ont été capturés sur les 126 sites échantillonnés en 2019.

Tableau 1 Récapitulatif des captures 2013-2019

Année	Nombre de stations pêchées	Captures totales	Richesse spécifique
2013	147	19 490	38
2016	136	14 190	47
2019	126	9 014	47

Le nombre de poissons capturés a constamment diminué entre 2013 et 2019, passant de 19 490 individus pêchés en 2013 à 9 014 en 2019, soit une diminution de 53.8 %, sur l'ensemble des stations communes entre les campagnes. Entre 2013 et 2016, le nombre d'individus capturés avait diminué de 27.2 %, puis entre 2016 et 2019, il a diminué de 36.5 %. Mais il faut noter également que le nombre d'opérations entre 2013 et 2019 a également diminué, passant de 147 opérations de pêches en 2013 à 126 en 2019 soit une diminution de 14.3 %. Entre 2013 et 2016, le nombre d'opérations de pêches avait diminué de 6.8 %, puis entre 2016 et 2019, il a diminué de 8 %.

Avec cette diminution du nombre d'opérations de pêches entre 2013 et 2019, il est plus juste de ramener le nombre de poissons capturés par campagne en proportion par rapport au nombre de stations pêchées en 2013, soit une moyenne de 132 individus par station, 104 individus par station en 2016 et 71 individus par station en 2019. La tendance globale est donc à la baisse des abondances moyennes observées par pêche, pour une diminution de 21% entre 2013 et 2016, une diminution de 31 % entre 2016 et 2019, et donc une diminution globale de 46 % entre la campagne de 2013 et celle de 2019.

Dans les parties suivantes les captures seront exprimées en Capture par unité d'effort (CPUE) par point de pêche électrique (généralement 30 points EPA par station pêchée).

## 6.2 Captures par espèces en 2019

Tableau 2 Captures en effectif et CPUE, occurrence par station et abondance relative à l'ensemble du peuplement pour les 8 espèces les plus représentées dans les captures 2019.

Espèce	Effectif	CPUE	Occurrence par station	Abondance relative (%)
Anguille d'Europe	1 508	0.400	85,1 %	16,7 %
Gardon	975	0.260	47,8 %	10,8 %
Chevaine	873	0.240	54,3 %	9,7 %
Goujon	771	0.210	48,6 %	8,6 %
Chabot	587	0.170	34,1 %	6,5 %
Vairon	538	0.180	29,7 %	6,0 %
Loche franche	414	0.200	30,4 %	4,6 %
Poisson chat	396	0.110	20,3 %	4,4 %

Il a été choisi pour la campagne de 2019 de s'intéresser aux 8 espèces piscicoles qui ont été les plus capturées durant les opérations de pêches : l'anguille (16,7 % des captures, présente sur 85,1 % des stations), le Gardon (10,8 %), le Chevesne (9,68 %), le Gougeon (8,55 %), le Chabot (6,51 %), le Vairon (5,97 %), La Loche de rivière (4,59 %) et le poisson-chat (4,39 %).

### 6.3 Occurrence par station en 2019

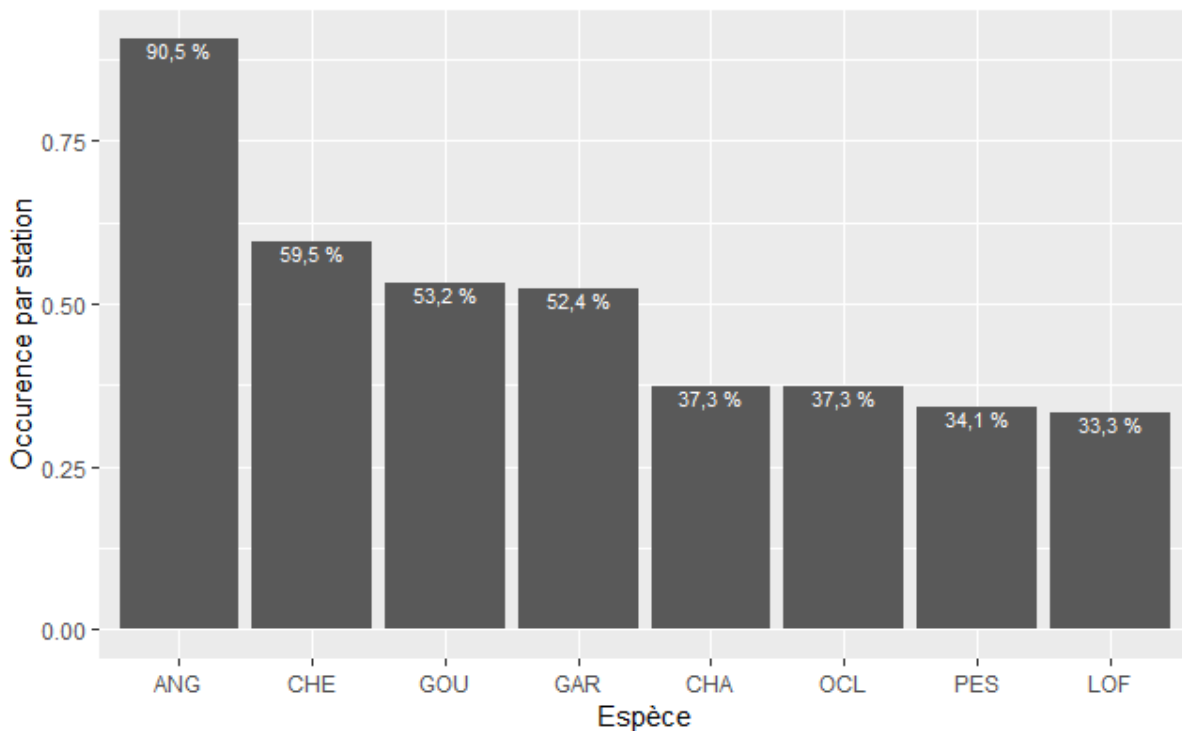


Figure 22 Occurrence des espèces par station en 2019

L'analyse de l'occurrence des espèces capturées par station permet d'illustrer la présence relative des différentes espèces lors des opérations de pêches, pour identifier les espèces les plus fréquemment observées par pêche lors de la campagne 2019. On remarque que 8 espèces ont été capturées dans au moins un tiers des stations : l'Anguille (90,5%), le Chevesne (59,5%), le Goujon (53,2%), le Gardon (52,4%), le Chabot (37,3%), l'Ecrevisse américaine (37,3%), la Perche-soleil (34,1%) et la Loche franche (33,3%). L'anguille européenne a donc été pêchée dans 9 stations sur 10 de la campagne 2019, ce qui semble logique dans le cas d'une campagne de pêche axée spécifiquement sur l'aval des axes de migration de l'anguille.

### 6.4 Evolution du peuplement échantillonné entre 2013 et 2019

Pour cette partie de l'analyse, il a été choisi d'étudier l'évolution de l'abondance relative entre 2013 et 2019 des 8 espèces piscicoles les plus pêchées lors de ces 3 campagnes à savoir : le gardon (14,5%), la bouvière (13,5%), l'anguille (10,4%), le goujon (9,1%), le chevesne (8,4%), la perche soleil (5,5%), l'ablette (4,1%) et la loche de rivière (4%).

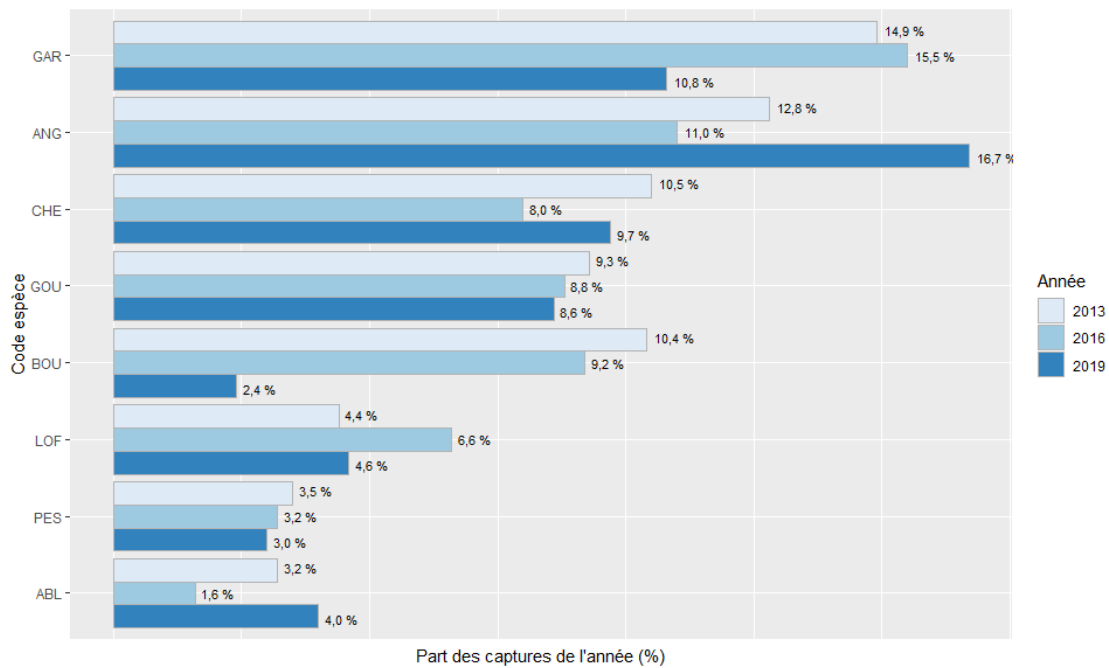


Figure 23 Evolution de l'abondance relative des espèces dans les captures entre 2013 et 2019

Dans le contexte de la diminution progressive de l'abondance des captures entre 2013 et 2019, toutes espèces confondues, la composition relative du peuplement est également variable. L'anguille est l'espèce dont la part au sein des captures a le plus augmentée entre 2013 et 2019, passant de 13% à 16,8% soit une augmentation de 3,8 points. De plus, la part de l'anguille avait été en régression entre la campagne de 2013 et celle de 2016, l'augmentation de sa présence parmi les captures en 2019 en est donc encore plus significative. On peut noter également que la part de la Bouvière s'est complètement effondrée passant de 10,6% en 2013 à seulement 2,5% en 2019. La part du gardon dans les captures a également connu une diminution importante passant de plus de 15% en 2013 et 2016 (espèce la plus capturée lors de ces 2 campagnes) à 10,9% en 2019.

### 6.5 Evolution de la richesse spécifique entre 2013 et 2019

Durant la campagne de pêche de 2019, 47 espèces piscicoles différentes ont été capturées, c'est autant qu'en 2016, mais surtout 9 de plus qu'en 2013 (38), soit une augmentation d'environ 24% en 6 ans.

L'analyse de l'évolution et de la répartition de la richesse spécifique piscicole peut également se faire à l'échelle des différents bassins qui ont fait l'objet de pêches scientifiques entre 2013 et 2019.

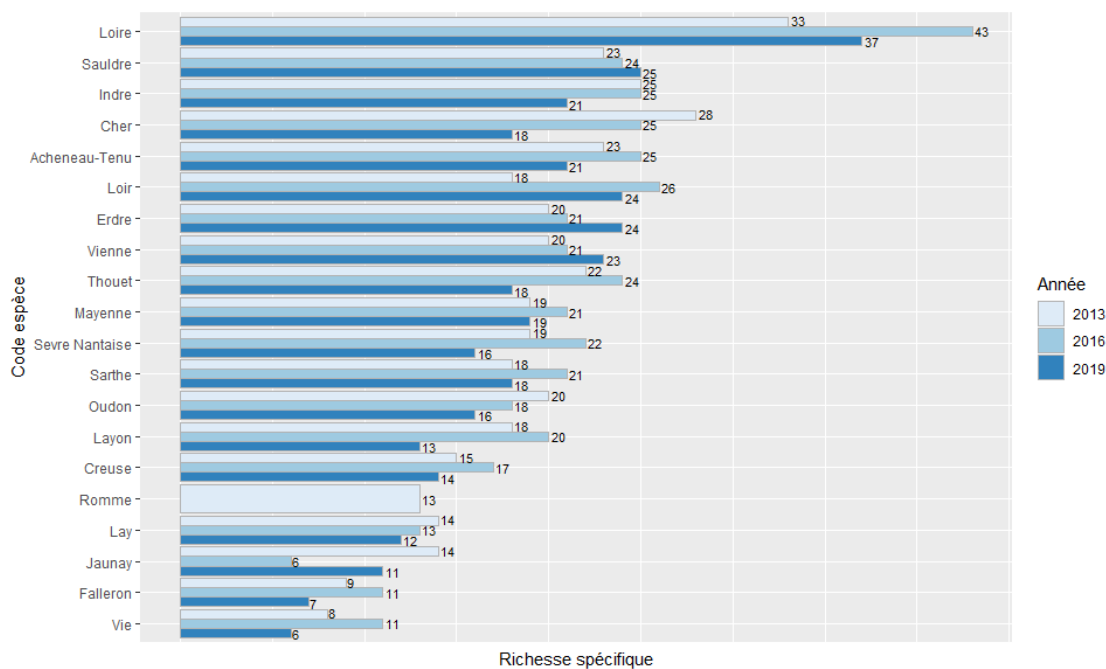


Figure 24 Evolution de la richesse spécifique par bassin entre 2013 et 2019

Par exemple, on constate rapidement que le bassin présentant la plus grande richesse spécifique piscicole est l'axe Loire avec 33 espèces différentes capturées en 2013, puis 44 en 2016 et enfin 37 en 2019. Si la richesse spécifique piscicole de 2019 sur le bassin de la Loire est en progression par rapport à 2013, elle reste néanmoins assez loin du record de 2016.

Sur les 19 bassins qui ont été pêchés en 2013, 2016 et 2019, on remarque que 5 bassins présentent une richesse spécifique piscicole plus forte en 2019 qu'en 2013, contre 12 bassins dont la richesse spécifique est plus faible en 2019 qu'en 2013.

En 2019, les bassins présentant les richesses spécifiques piscicoles les plus fortes, après la Loire, sont : Sauldre (25 espèces), Erdre (24 espèces), Loir (24 espèces), Vienne (23 espèces), Acheneau-Tenu (21 espèces), Indre (21 espèces), Mayenne (19 espèces), Cher (18 espèces). A l'inverse, les bassins présentant les richesses piscicoles les plus faibles en 2019 sont : Vie (6 espèces), Falleron (7 espèces), Jaunay (11 espèces), Lay (12 espèces), Layon (13 espèces), Creuse (14 espèces), Oudon (16 espèces), Sèvre Nantaise (16 espèces).



## 6.6 Part de l'anguille au sein des captures

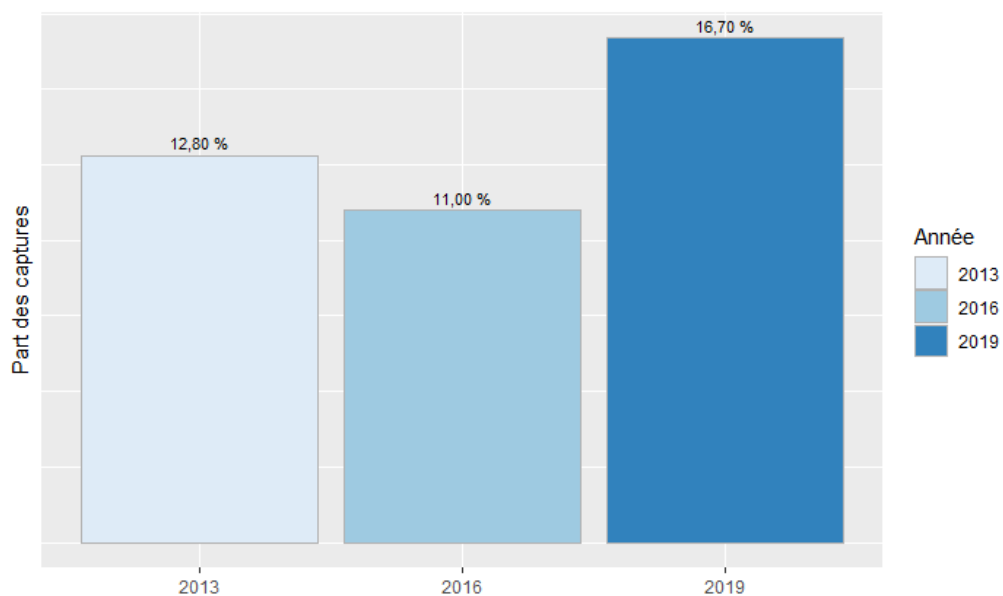


Figure 25 Evolution de la part de l'anguille au sein des captures

La part de l'anguille au sein des captures a évolué positivement entre les campagnes de 2013 et de 2019 passant de 12,8% en 2013 à 16,7% en 2019 soit une augmentation de 3,9 points entre les deux campagnes. La part de l'anguille au sein des espèces capturées avait toutefois diminué entre 2013 et 2016 (- 1,8 point) avant de connaître une grosse progression entre la campagne de 2016 et celle de cette année (+ 5,7 points).

## 6.7 L'anguille au sein du peuplement piscicole

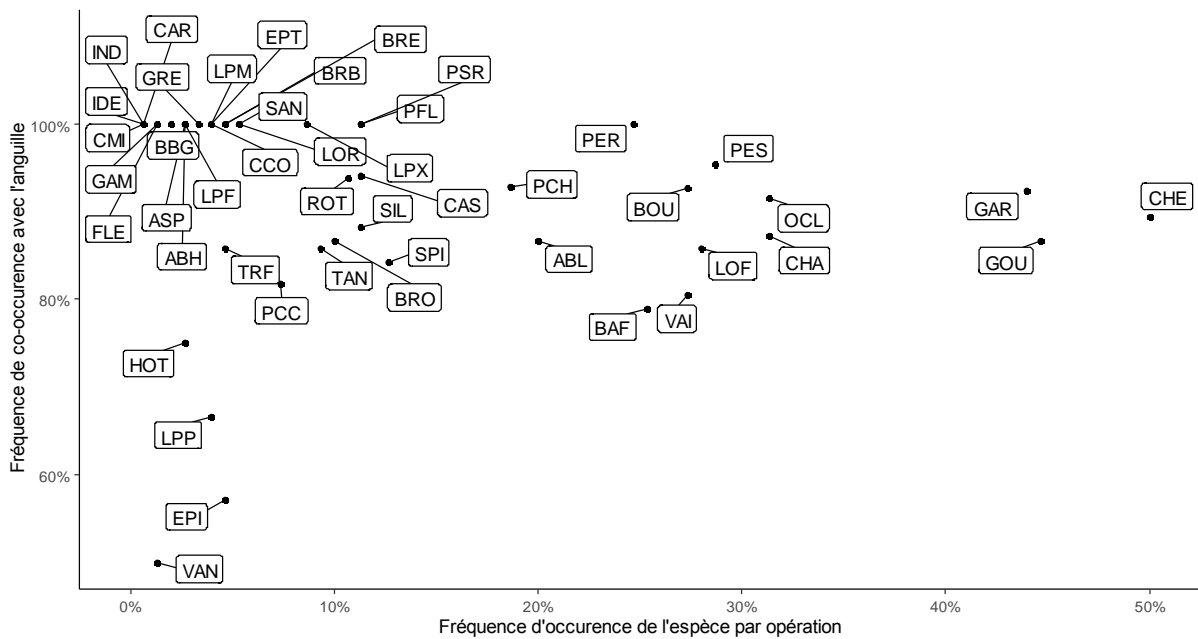


Figure 26 Co-occurrence de l'anguille avec les autres espèces

Le graphique ci-dessus présente la co-occurrence de l'anguille avec les autres espèces piscicoles capturées lors des campagnes de pêches, notamment en fonction de l'occurrence de ces autres espèces au sein des opérations de pêches. Cela va permettre de discerner les espèces dont la capture est plus ou moins rare durant les opérations (axe horizontal), les espèces dont la capture coïncide plus ou moins souvent avec des captures d'anguilles (axe vertical).

On peut tout d'abord distinguer sur le graphique un premier groupe composé de la Vandoise et l'Épinoche qui apparaissent comme des poissons plutôt rarement capturés lors des campagnes de pêches et qui dans moins de 60% des cas ont été capturés en même temps que des anguilles. Un deuxième groupe composé du Chevesne, du Gardon et du Goujon qui sont les 3 espèces les plus communes dans les opérations de pêche et qui de ce fait sont très fréquemment capturés en même temps que des anguilles. Enfin, le troisième groupe concerne les espèces dont la capture coïncide dans 100% des cas avec des captures d'anguilles. Ce groupe peut également être subdivisé en 2 catégories avec tout d'abord les espèces dont la capture est plutôt rare comme l'Aspe, l'Ide, la Gremille, la Carpe commune, le Carassin, le Flet, la Lamproie de rivière, le Sandre ou encore le Black-bass, et les espèces dont la capture est plus fréquente comme le Pseudorasbora et la Perche commune.

## 7 Calibration IA/Densités

Afin de multiplier les couples de données IAA / Densités, deux pêches de calibration ont été réalisées sur la station du Cens, à partir du linéaire prospecté par échantillonnage ponctuel d'abondance (EPA). Les deux passages de pêche complète à deux anodes ont ainsi été réalisés en distinguant les captures réalisées sur les linéaires correspondant aux 15 premiers points et aux 15 derniers points de la pêche par EPA.

Tableau 3 Données des pêches de calibration sur le Cens (secteur correspondants aux points EPA 01-15 et 16-30) et le Gesvres (secteur 10-15)

Station	Points EPA	Classe de Tailles	Captures par EPA	Captures au 1er passage	2nd passage	Surface prospectée (m <sup>2</sup> )
Cens	01-15	Inf. 300 mm	4	12	17	226.1
Cens	01-15	Sup. 300 mm	1	3	1	226.1
Cens	01-15	Toutes	5	15	18	226.1
Cens	16-30	Inf. 300 mm	32	118	58	143.1
Cens	16-30	Sup. 300 mm	0	2	0	143.1
Cens	16-30	Toutes	32	120	58	143.1
Gesvres	01-15	Toutes	3	0	1	306.8

Cependant, afin que la méthode d'estimation de l'efficacité de pêche puisse être valide, il est nécessaire que les captures au second passage soient au moins inférieures à la moitié du total des captures réalisées pendant la pêche par EPA et le premier passage de la pêche complète et ce pour chaque classe de taille cible. Cette condition n'est réalisée que pour le Cens sur le secteur 16-30 et le Gesvres pour le secteur 01-15 (Toutes classes de tailles confondues).

Tableau 4 Validation du contraste suffisant entre les captures du premier et du second passage de la pêche complète.

Site	Points	Inf. 300 mm	Sup. 300 mm	Toutes les tailles
Cens	01-15	Non	Oui	Non
Cens	16-30	Oui	Oui	Oui
Gesvres	01-15	NA	NA	Oui

L'estimation de l'efficacité de pêche  $e$  par régression linéaire n'est donc possible que pour ces deux secteurs, toutes tailles d'anguilles confondues (voir Figure 27). Elle est estimée en moyenne à 52,5 % de l'effectif d'anguilles disponible avant chaque passage, avec l'hypothèse qu'elle est identique entre les deux stations pêchées.

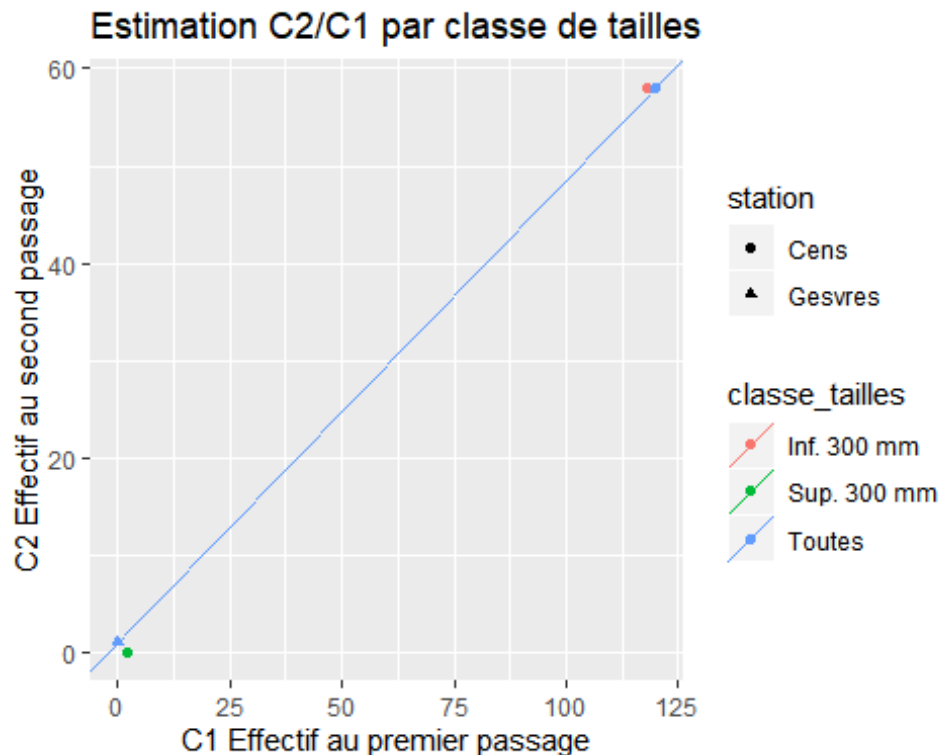


Figure 27 Estimation de l'efficacité de la pêche complète par régression entre les captures réalisées au premier et second passage de la pêche complète.

Tableau 5 Résultat de l'estimation de densité d'anguilles au cours de pêches de calibration IAA/densité sur le Cens et le Gesvres en 2019.

Station	Secteur	Classe de Tailles	IAA	Efficacité de pêche	Effectif total	Densité (/100m <sup>2</sup> )
Cens	16-30	Inf. 300 mm	2.13	inconnue	-	-
Cens	16-30	Sup. 300 mm	0.00	inconnue	-	-
Cens	16-30	Toutes	2.13	52,5 %	261	182.09
Gesvres	01-15	Toutes	0.20	52,5 %	3	0.98

Les densités estimées sont alors de 182 anguilles /100m<sup>2</sup> sur le Cens et de 1 anguille /100m<sup>2</sup> sur le Gesvres (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). En rapportant ces densités aux indices d'abondances mesurés en pêche par EPA, la relation de calibration est obtenue par régression linéaire (Figure 28). On obtient alors la relation de calibration suivante :

$$\text{Densité (ind./100m}^2\text{)} = 93,7 \times \text{IAA (ang./EPA)} - 17$$

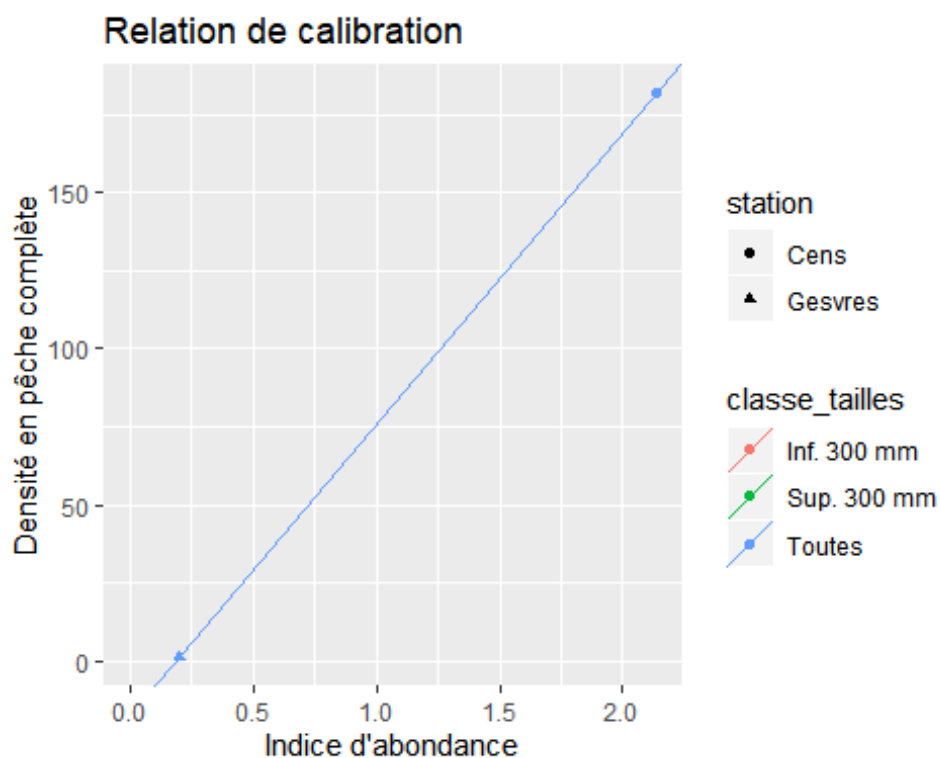


Figure 28 Régression linéaire entre les IAA et les densités estimées pendant les pêches de calibration sur le Cens et le Gesvres.

## 8 Influence des alevinages de civelles

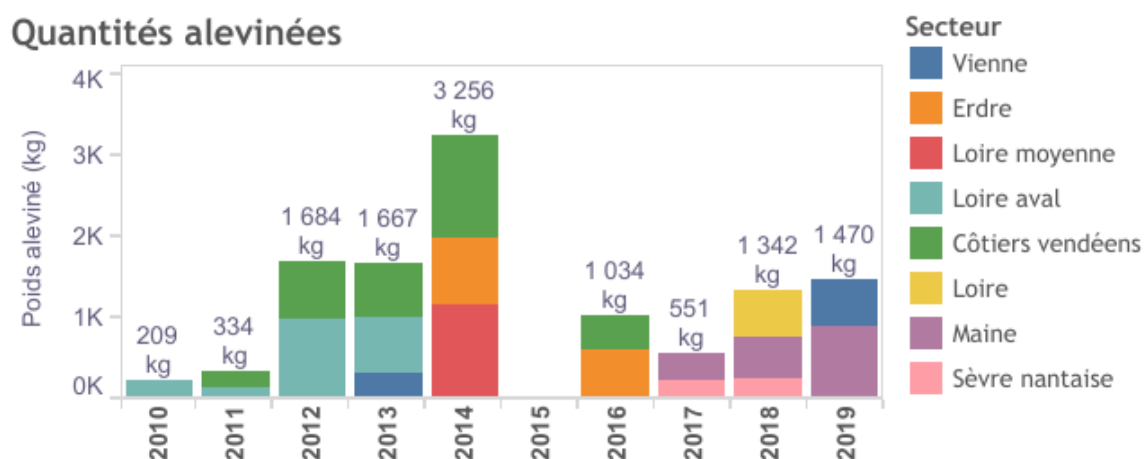


Figure 29 Campagnes d'alevinages sur l'UGA Loire 2010-2019 (Source : Logrami)

Entre la campagne de pêche scientifique de 2016 et celle de 2019, il y a eu 7 actions d'alevinages de civelles sur l'UGA Loire pour un total de 3363 kg de civelles déversées (Figure 29). En 2017, les 2 actions d'alevinages ont eu lieu sur la Sèvre Nantaise (215 kg de civelles déversées) et sur la Maine au niveau de l'île de Saint-Aubin (336 kg déversés). En 2018, il y a eu 3 actions d'alevinages

qui ont respectivement eu lieu sur la Sèvre Nantaise (250 kg déversés), sur la Maine au niveau de l'Île de Saint-Aubin (500 kg déversés) et sur la Loire au niveau des communes de Port Thibault et de La Daguenière pour un total de 592 kg de civelles déversées. Enfin, en 2019, 2 actions d'alevinages ont été menées, une première sur la Maine au niveau de l'Île de Saint-Aubin (883kg déversés) et une deuxième sur la Creuse (587kg déversés), quelques kilomètres en amont de la confluence avec la Vienne (Figure 30).

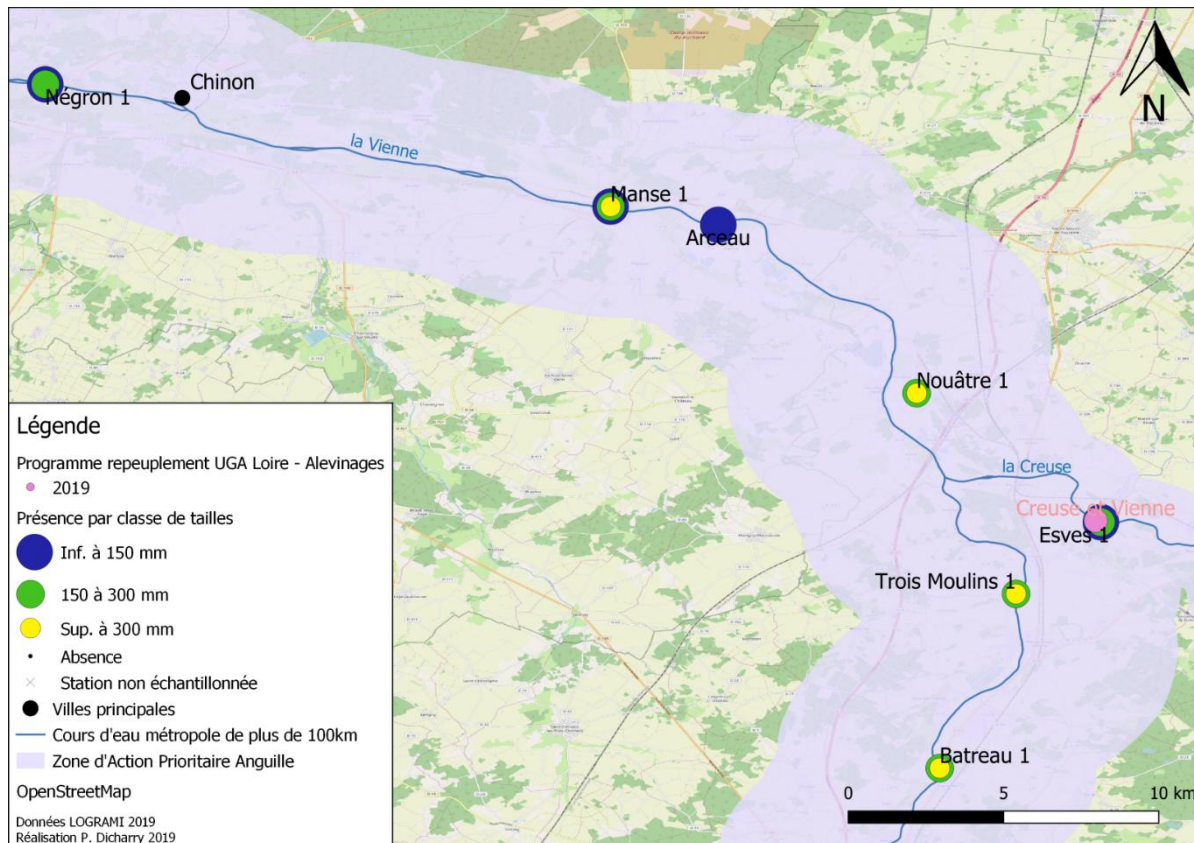


Figure 30 Alevinage Creuse&Vienne et Classe de tailles 2019

En 2019, dans la zone et en aval de l'alevinage qui a été effectué en mars sur la Creuse, on répertorie pour 4 stations (1 sur la Creuse juste en amont de la confluence avec la Vienne et 3 sur le bassin de la Vienne en aval de la confluence avec la Creuse), à savoir l'Esves, l'Arceau, la Manse et le Négron, la capture de 14 anguilles dont la taille était inférieure à 110 mm et même inférieure à 90 mm pour 9 d'entre elles.

La station sur l'Esves se trouve quasiment à la confluence avec la Creuse et donc à quelques centaines de mètres en amont de la zone d'alevinage de mars 2019. A l'inverse les 3 autres stations se trouvent en aval de la zone d'alevinage, à environ 21 km de la zone d'alevinage et 240 km de la mer pour l'Arceau, à 25 km de la zone d'alevinage et 236 km de la mer pour la Manse et à 47 km de la zone d'alevinage et 214 km de la mer pour le Négron.

# Discussion

## 1 Conditions de pêches

D'une campagne de pêche à une autre, les conditions de pêches peuvent évoluer de manière significative et donc avoir de véritables répercussions sur leurs résultats. Les comparaisons entre les campagnes de 2013, de 2016 et de 2019 font état de plusieurs différences hydrologiques et climatiques lors de chaque campagne. Par exemple en termes de hauteur d'eau, il y a une véritable différence entre la campagne de 2013 et celles de 2016 et 2019 qui affichaient en moyenne sur l'ensemble des stations respectivement 15 et 19 cm en moins qu'en 2013. Les campagnes les plus récentes, et plus particulièrement celle de 2019, ont été marquées par des conditions climatiques très chaudes ainsi que de très faibles précipitations notamment en 2019, impactant alors très négativement le débit de la Loire et des affluents à la fin du printemps et durant l'été. Il est donc probable que ces différents éléments aient entraîné sur certaines stations de la Loire une déconnexion plus fréquente des annexes hydrauliques que pour les campagnes précédentes, au dire des riverains et propriétaires rencontrés durant les prospections, et donc la réduction du nombre de captures d'espèces piscicoles, anguilles comprises. Certaines stations dorénavant complètement déconnectées du lit principal, ont vu leur milieu se refermer peu à peu sur lui-même, avec une très forte expansion de la végétation aquatique qui asphyxie peu à peu le milieu. D'autres stations dans le même cas, ont vu leur lit complètement s'assécher durant la campagne de pêche. Dans les 2 cas, la présence d'espèces piscicoles a, dans la majorité des cas, fortement diminuée.

Sur l'ensemble des stations prospectées, la diminution de la hauteur d'eau ainsi que l'augmentation de la fréquence et de la durée de déconnexion des milieux se sont fait ressentir sur les différents faciès et substrats rencontrés. En effet, la présence majeure en 2019 de plats lents et de matériaux fins est généralement une conséquence d'un ralentissement voire d'un arrêt (dans le cas de déconnexions complètes) des écoulements de la station échantillonnée. Ce ralentissement peut sans doute expliquer les nombreuses accumulations de matière fine, et par moment même de vase, constatées dans de nombreuses stations. Si de manière globale, la diversité des habitats rencontrés n'a pas véritablement changé, il est à noter que de nombreuses stations ont vu leurs habitats fortement se réduire voire disparaître, en lien notamment avec la diminution de la hauteur d'eau et le ralentissement du courant constatés dans les zones prospectées. Les conditions de fortes températures et de faible débit ont également favorisé le développement d'espèces envahissantes comme la jussie, qui a également altéré la qualité des habitats piscicoles en berge.

## 2 Abondances et Classe de tailles

Les résultats de la campagne de 2019 démontrent que les tendances déjà observées lors de la campagne de 2016 se sont confirmées en 2019. En effet, comme en 2016, le recrutement des anguilles de petites tailles (< 150 mm) reste très inférieur au fort recrutement qui avait été observé en 2013. Le constat ici est donc que le gros recrutement fluvial de 2013 ne semble pas s'être renouvelé depuis, ce qui pourra avoir une conséquence sur la progression du front de colonisation comme il va être vu par la suite. De plus, la distribution à l'échelle de la Loire des densités d'anguilles en 2019 suit la même tendance qu'en 2016, soit une distribution différente, dans les proportions, de celles constatées en 2013 ainsi que lors des campagnes précédentes. En effet, jusqu'en 2013, la distribution des anguilles diminuait significativement de l'aval vers l'amont, ce qui est généralement le schéma de distribution le plus souvent retrouvé au sein des cours d'eau (Laffaille et al., 2003). En 2013, l'indice d'abondance était énormément plus élevé dans la zone aval que dans la zone intermédiaire et que dans la zone amont, avec également un indice d'abondance légèrement plus élevé dans la zone amont que dans la zone intermédiaire. Or, en 2019 comme en 2016, les abondances d'anguilles constatées ont progressivement diminué dans la zone aval (bien qu'elles soient toujours les plus élevées) et augmenté dans la zone intermédiaire, de manière à ce que les abondances de 2019 se soient fortement rapprochées entre la zone aval et la zone intermédiaire. Ce nouveau rapport de distribution peut sans doute être la traduction des conséquences du très fort recrutement de 2013 qui a poussé les anguilles à rechercher des habitats toujours plus en amont faute d'habitats disponibles dans les zones les plus en aval et de recrutements moins forts en 2016 et 2019 qui n'ont pas renouvelé l'ensemble des migrations vers l'amont. Comme en 2016, il y a également eu une progression des anguillettes vers l'amont mais pas de gros renouvellement au sein de la population des jeunes anguilles. Les importantes densités de jeunes anguilles à l'aval observées en 2013 n'ont pas été observées en 2016 et 2019, ce qui pourrait avoir comme conséquence lors des prochaines campagnes un vieillissement des populations, car le recrutement plus faible de jeunes anguilles se répercutera sur les cohortes d'âge supérieur dans les zones estuariennes et moyennes de la Loire. De ce fait, les anguillettes en place ainsi que les nouvelles arrivantes n'auront pas à effectuer une longue migration vers l'amont pour trouver des habitats disponibles.



La campagne de 2019 présente également certaines différences avec celle de 2016 en termes d'abondance et de répartition sur plusieurs bassins comme notamment le bassin de l'Erdre et celui de la Sèvre nantaise.

Le bassin de l'Erdre par exemple, présente une augmentation de l'abondance de l'anguille en 2013 et 2016 puis une diminution de celle-ci entre 2016 et 2019. Or, en comparant l'évolution des passages d'anguilles à l'écluse de Saint-Félix à Nantes (passage de la Loire vers l'Erdre) ces dernières années on se rencontre que les passages d'anguillettes ont été exceptionnellement élevés en 2019. En effet, la Fédération de pêche de la Loire-Atlantique qui y effectue des piégeages quotidiennement pendant la période de migration, a relevé un peu plus de 451 kg d'anguilles en 2019 contre seulement 126 kg en 2017 et 2018, et surtout 99 kg d'anguilles en 2016 année de la campagne précédente. Les abondances d'anguilles dans le bassin de l'Erdre devraient donc être plus fortes en 2019 qu'en 2016 au vu des résultats constatés à l'écluse de Saint-Félix, or ce n'est pas le cas. L'explication à cette situation pourrait s'expliquer selon l'idée, partagée par la Fédération de pêche de Loire-Atlantique, ait que l'on a *a priori* généralement du mal à retrouver les anguilles dans l'Erdre : les pêches électriques sur l'Erdre au niveau de Nantes sont compliquées à effectuer en raison de la largeur du cours d'eau notamment et on ne sait pas bien exactement où les mener. En effet, le bassin de l'Erdre peut être prospecté au niveau de ses affluents et sur sa partie bien en amont de Nantes, alors que la partie Nantaise est difficile à prospecter seulement de la berge. La présence et la distribution de l'anguille dans l'Erdre au niveau de Nantes est difficile à étudier et donc encore relativement inconnue.

Le bassin de la Sèvre nantaise présente quant à lui un autre cas de figure, avec en 2019 une abondance plus forte qu'en 2016 mais un front de colonisation moins avancé. Or, une forte densité d'anguilles devrait pousser une partie de sa population à migrer vers l'amont à la recherche de nouveaux habitats disponibles. La baisse du niveau des eaux constatée sur ce bassin par la Fédération de pêche de Loire-Atlantique, notamment en raison de prélèvements sans doute agricoles dans certaines zones, peut contribuer à trouver une explication à ce cas de figure. En effet, la baisse du niveau d'eau sur la Sèvre nantaise semble participer à la réduction de la continuité écologique ainsi qu'à la réduction de l'accessibilité vers les zones en amont du cours d'eau. La réduction du front colonisation sur la Sèvre nantaise pourrait donc s'expliquer par cette réduction de l'accessibilité vers l'amont du cours d'eau. La réduction de son front de colonisation ainsi que l'augmentation de son indice d'abondance sont probablement liées, ainsi la difficulté pour de nombreuses anguilles de remonter le cours d'eau plus en amont a pu provoquer des zones d'accumulations d'anguilles et de forte densité de l'espèce.

### **3 Front de colonisation**

Lors de la campagne de 2019, le front de colonisation des anguillettes (< 300 mm) a significativement progressé vers l'amont, ainsi que dans certains bassins versants qui n'avaient pas été colonisés lors des campagnes précédentes. Cela laisse à penser que le gros recrutement de 2013 s'est répercuté au fur et à mesure des années de l'aval vers l'amont, obligeant les jeunes anguilles à remonter toujours plus en amont pour retrouver des habitats disponibles. Cependant, comme énoncé dans la partie précédente, le très fort recrutement de 2013 n'a semble-t-il pas été suivi de recrutement aussi fort lors des années qui ont suivi, si bien que la progression du front de colonisation observée lors des campagnes de 2016 et de 2019 pourrait bien s'arrêter lors des prochaines campagnes, faute de recrutement fluvial suffisant pour pousser les anguilles à remonter encore plus vers l'amont des bassins versants. Toutefois, la colonisation de nouveaux bassins versants comme ceux de la Creuse, le Layon et la Mayenne peut laisser supposer que des améliorations d'accessibilité et de continuité pour l'anguille ont progressivement permis à l'espèce de retourner au sein d'anciens territoires.

### **4 Peuplement piscicole**

La richesse spécifique globale s'est bien améliorée depuis 2013, avec en 2019 une richesse spécifique équivalente à celle de 2016. Le bassin présentant la plus grande richesse spécifique piscicole est l'axe Loire, avec des résultats bien supérieurs aux autres cours d'eau, ce qui s'explique bien évidemment par le fait qu'il est le cours d'eau le plus grand et le plus prospecté au sein du réseau anguille Loire et donc qu'il présente le plus de potentialité en termes de richesse spécifique.

Généralement, l'augmentation de la richesse spécifique d'un cours d'eau est un bon renseignement quant à la qualité de ses eaux et de ses milieux. Dans le cas de Loire aval et des cours de son bassin, l'amélioration de la richesse spécifique au cours des différentes campagnes ne découle pas forcément d'une amélioration de la qualité de l'eau et des milieux en place car les récentes études font plutôt état d'une qualité d'eau dégradée et d'habitats qui s'appauvrissent. La raison de cette amélioration constatée lors des campagnes de pêches anguilles, alors que la Liste rouge des poissons et macro-crustacés d'eau douce des Pays de la Loire (Gérard et Mouren, 2013) indique plutôt une réduction de la richesse piscicole de la Loire et de ses affluents, se trouverait peut-être plutôt dans le fait que l'identification des espèces piscicoles autres que l'anguille se fait de plus en plus précise au fur et à mesure des campagnes ou encore dans l'apparition de nouvelles espèces exotiques.

On remarque cependant que la place de l'anguille au sein de la population piscicole n'a cessé d'augmenter depuis 2013, alors que dans le même temps, le nombre de captures d'espèces piscicoles n'a eu de cesse que de diminuer. Ce constat est également nourri des nombreux retours de fédérations de pêche du bassin Loire, et plus particulièrement la fédération de la Loire Atlantique, qui déplorent une diminution chronique du nombre de captures lors des pêches scientifiques plus les années avancent. Se pose donc alors le problème de la diminution progressive constatée de la population piscicole des cours d'eau du Bassin Loire, notamment dans la partie aval. Les principaux facteurs explicatifs liés à cette diminution et signalés par les différents acteurs de l'eau sont la baisse des niveaux d'eau, le réchauffement de l'eau, les nombreuses pollutions, la pêche professionnelle et amateur, la diminution des habitats.

La Liste rouge des espèces menacées en Pays de la Loire réalisée en 2013 selon la méthodologie de l'UICN fait également ressortir que les espèces piscicoles dominant la chaîne alimentaire, comme le brochet et l'anguille dans notre cas, montrent une vulnérabilité marquée aux changements affectant les cours d'eau. La diminution des habitats favorables ainsi que la réduction des périodes de reproductions sont identifiées comme les causes principales du déclin de ces prédateurs, de même que l'effet de bioaccumulation des micropolluants forcément plus prononcé chez les espèces piscicoles en haut de la chaîne alimentaire a un impact négatif sur leur reproduction et leur durée de vie.

La diminution de la présence des grands carnassiers au sein de la chaîne alimentaire des cours d'eau peut entraîner une dérégulation et une déstructuration du peuplement, et ainsi permettre ou provoquer une amplification de l'abondance des espèces les plus communes mais également des espèces exotiques envahissantes. Lors des différentes campagnes de pêches anguilles, la présence d'espèces exotiques telles que la perche-soleil, le poisson-chat, le silure, le pseudorasbora ou encore la gambusie au sein de la Loire et de ses affluents s'est confirmée au fil des années. La présence nombreuse de ces espèces exotiques apparaît comme dommageable sur le plan de la qualité piscicole des cours d'eau. Ces espèces, généralement classées comme nuisibles, sont parfois à l'origine de déséquilibres biologiques au sein des milieux, avec notamment par exemple la prédation ou la compétition avec les espèces autochtones. De futures études sur l'impact des espèces invasives sur la dynamique des populations en place ainsi que sur les espèces autochtones qui les composent, devraient par la suite permettre de proposer des plans de gestion efficaces pour le maintien de la biodiversité locale (Gérard et Mouren, 2013).

Pour revenir plus spécialement sur l'anguille au sein du peuplement piscicole évalué durant les différentes campagnes, nous nous sommes intéressés dans les analyses à deux paramètres spécifiques à savoir d'une part l'évolution de la part de l'anguille au sein des espèces capturées et de l'autre la co-occurrence de l'anguille avec les autres espèces piscicoles. Concernant la part de

l'anguille au sein des captures, on a remarqué que celle-ci avait légèrement diminué entre 2013 et 2016 avant de fortement augmenter entre 2016 et 2019. Comme vu précédemment, les captures de poissons ont fortement diminué entre 2013 et 2019, et bien que les captures d'anguilles aient également diminué, leur diminution a été moins prononcée que celle des autres espèces. L'idée qui en ressort est que l'anguille aurait subi moins négativement les pressions exercées sur la population piscicole du bassin Loire.

De plus, l'anguille qui est également un grand prédateur a pu concourir à la diminution de la présence des autres espèces piscicoles dans les zones de chasse qui ont fait l'objet de pêches scientifiques.

La co-occurrence de l'anguille avec les autres espèces piscicoles du bassin Loire est une donnée plus complexe à expliquer. En effet, il faut arriver à comprendre et à expliquer quelles caractéristiques communes et/ou différentes à l'anguille et à l'ensemble des espèces piscicoles capturées lors des campagnes, vont pouvoir établir ou non des liens entre l'anguille et les autres espèces pêchées. La Vandoise par exemple, qui a été très peu capturée et qui est l'espèce dont la capture coïncide le moins avec celle de l'anguille, est un poisson qui contrairement à l'anguille préfère les eaux plus claires, ce qui peut expliquer sa faible co-occurrence avec l'anguille lors de nos pêches. Le Chevesne, le Gardon et le Goujon qui sont, avec l'anguille, les espèces les plus capturées lors des campagnes de pêches, sont très retrouvés en même temps que l'anguille (entre 85 et 95% des cas). Cela peut s'expliquer par le fait que ce sont des espèces plutôt communes qui s'adaptent à de nombreuses caractéristiques de cours d'eau d'où leur forte co-occurrence avec l'anguille. Leur très forte présence à l'échelle du bassin Loire explique également le fait que ces espèces ont aussi été retrouvées dans des stations où il n'y a pas eu de captures d'anguilles, notamment les stations les plus en amont des bassins. Concernant les espèces dont la capture coïncide à chaque fois avec la capture d'anguille et donc l'abondance est fréquente (la Perche commune) voire assez fréquente (le Pseudorasbora), la Perche commune comme l'anguille préfère les eaux calmes ou ralenties des cours d'eau et apprécie fortement les zones où elle peut se dissimuler, et le Pseudorasbora partage également avec l'anguille une préférence pour les eaux lenticules ou stagnantes et la capacité à évoluer dans des eaux saumâtres. Les espèces piscicoles dont l'abondance est faible durant les campagnes de pêches à l'anguille mais dont la capture coïncide dans 100% des cas avec celle de l'anguille peuvent faire l'objet d'explications différentes par rapport à leur co-occurrence avec l'anguille.

Le Flet, par exemple, est une espèce qui comme l'anguille se reproduit en mer et grandit en rivière, ses captures ont eu lieu à chaque fois dans les stations les plus en aval là où l'anguille est présente à chaque campagne. La Lamproie de rivière, qui se reproduit au sein des cours d'eau et dont la progéniture grandit quelques années en eau douce avant de rejoindre la mer, partage avec

l'anguille la migration amphihaline, c'est pourquoi on la retrouve généralement comme l'anguille dans les milieux d'eau douce et saumâtre, dans des eaux calmes et cachées dans milieux composés de matériaux fins. La Carpe commune et la Carassin, bien que plus généralement présents en étang que dans les cours d'eau, s'établissent le plus souvent dans les eaux lentes et brouillées, là où les captures d'anguilles sont les plus fréquentes. Les Brèmes vivent dans les eaux calmes aux fonds vaseux et limoneux qui sont également propices à la présence d'anguille. Enfin, le Black-bass est une espèce familiarisée avec les cours d'eau lents et les annexes fluviales, il tolère légèrement l'eau saumâtre et préfère généralement les eaux riches en végétation et en abris, soit à peu près l'ensemble des caractéristiques de milieux favorables à l'anguille.

Il existe sans aucun doute, de nombreuses autres manières de traiter et d'analyser la place de l'anguille au sein du peuplement piscicole du bassin Loire. Cela pourra faire l'objet de nouvelles analyses dans les mois et années à venir, notamment pour établir s'il existe un lien entre l'évolution positive des abondances d'anguilles sur certaines stations qui pourraient être couplées avec la diminution de la présence des autres espèces piscicoles. D'une campagne à une autre, cette analyse pourrait également permettre d'évaluer l'impact de la présence d'anguille sur le reste de la population piscicole pourrait se déplacer de la même manière que le front de colonisation.

## 5 Calibration IA/Densités

Les pêches de calibration effectuées sur le Gesvres et le Cens permettent d'obtenir une estimation de l'**efficacité de pêche à 52,5 %** de l'effectif d'anguilles disponible avant chaque passage. Lors des précédents exercices d'estimation de relations de calibration, l'efficacité des pêches réalisées était mesurée entre 0 et 100% avec une moyenne de 64% (Germis, 2016).

La relation de calibration obtenue entre les indices d'abondance et les densités d'anguilles est la suivante :

$$\text{Densité (ind./100m}^2\text{)} = 93,7 \times \text{IAA (ang./EPA)} - 17$$

Cette relation est du même ordre de grandeur que celles obtenues en comparant les densités modélisées à partir de différentes méthodes de pêche des réseaux de suivi de l'anguille au niveau national (Densité = 43,64 x IAA).

Lors de l'analyse des données des pêches de calibration, en plus d'établir seulement une calibration par station échantillonnée (en répondant à la demande formulée dans le cadre du programme national de monitoring anguille), nous avons également essayé de produire une calibration distincte pour les 15 premiers points de la station sur le Cens ainsi que sur les 15 derniers points, de manière à avoir un rapport de calibration en plus à ajouter au nuage de point pour établir

une relation plus complète. Malheureusement, lors de la réalisation de cette première pêche, nous n'avons calculé les rapports de nombres de captures entre chaque passage, uniquement pour l'ensemble des 30 points et non de manière à compter d'un côté les 15 premiers points puis d'un autre les 15 suivants. De ce fait, les conditions pour établir le calcul de calibration n'étaient remplies que pour l'ensemble des 30 points, ainsi que pour les 15 derniers points. Il a donc été impossible de produire ce rapport pour les 15 premiers points, et nous avons donc choisi de ne garder le rapport de calibration seulement sur l'ensemble de la station. De même, nous avons essayé de calculer un rapport de calibration pour chaque classe de tailles (< 150 mm ; 151-300 mm ; 301-450 mm ; > 450 mm), mais, de la même manière que pour le calcul des 15 premiers ou 15 derniers points, les rapports de nombres de captures entre chaque passage n'ont été calculés le jour de la pêche que pour l'ensemble des tailles d'anguilles et non par classe de tailles distincte, et ce pour la station du Cens comme pour la station sur le Gesvres.

Concernant les futures pêches de calibration anguille qui contribueront à l'effort national, l'estimation d'un rapport de calibration par classe de tailles pourra être envisagée si le contraste est suffisant entre les deux passages des pêches complètes pour chaque classe de taille ciblée. Par exemple, dans le cas du réseau anguille Loire qui s'intéresse plus particulièrement aux anguilles de taille inférieure à 300 mm, il peut être intéressant de développer parallèlement un rapport de calibration Indice d'Abondance/Densités qui soit spécifique aux anguilles de moins de 300 mm. Enfin, dans le cas des deux cours d'eau calibrés durant cette campagne ainsi que pour la plupart des cours d'eau calibrés en Bretagne, on se rend compte que les indices de calibration peuvent être très variables d'un cours d'eau à un autre. Ainsi, un coefficient de calibration à l'échelle nationale ou à l'échelle d'un bassin versant semble donc moins adapté qu'à l'échelle du simple cours d'eau. Il pourrait cependant être intéressant de voir s'il est possible de regrouper les coefficients de calibration en association des cours d'eau qui auraient des caractéristiques similaires ou proches (largeur, profondeur, courant, distance à la mer...).

## **6 Influence des alevinages de civelles**

Les opérations d'alevinages menées sur l'UGA Loire en 2019, notamment celle sur la Creuse, ont pu jouer sur les résultats de la campagne de pêche menée en juin et juillet 2019. En effet, il a été retrouvé lors de ces pêches, une dizaine de spécimens d'anguilles de taille comprise entre 66 et 107 mm, dans des stations relativement proches de la zone d'alevinage sur la Creuse.

Or, les civelles sont généralement d'une taille comprise aux alentours de 60 et 70 mm et les anguilles de plus de 1 an ont une taille comprise entre 120 et 160 mm en cours d'eau (Panfili & Ximenez, 1994).

Les 4 stations concernées par ces captures de toutes petites anguilles se trouvent toutes à une distance de la mer supérieure à 214 km, et lorsque que l'on sait qu'il faut un certain temps aux anguilles pour remonter les cours d'eau, temps pendant lequel les anguilles grandissent, il semble alors invraisemblable que de si petits spécimens soient venus directement de la mer et n'aient pas plus grandi. On est donc en droit d'imaginer que ces anguilles capturées proviennent directement de l'alevinage effectué sur la Creuse en début d'année.

Il est intéressant dans ce cas précis de relever également un fait pour le moins étonnant : 3 des 4 stations concernées se trouvent en aval de la zone d'alevinage, ce qui indique que ces petites anguilles transférées auraient dévalé le cours d'eau au lieu de migrer vers l'amont. De fait, les opérations de suivi menées sur l'UGA Loire à la suite de chaque alevinage réalisent des suivis des anguilles marquées non seulement en amont des zones d'alevinage mais également en aval.

L'étonnante dévalaison de ces civelles après leur alevinage pourrait trouver une explication auprès de deux hypothèses à savoir : une forte désorientation des civelles au moment de l'alevinage ou la présence proche d'un obstacle en amont rendant impossible la montaison.

Il faut noter que cet obstacle existe bien avec la présence du barrage de Descartes, premier obstacle à la mer sur la Creuse, à peine quelques kilomètres en amont de la zone d'alevinage sur la Creuse en 2019. Néanmoins, il existe sur ce barrage une rampe à anguilles qui est fonctionnelle en 2019, donc les anguilles doivent pouvoir franchir cet obstacle. Cependant, on peut se demander si cette rampe permet le franchissement du barrage de Descartes pour les civelles et jeunes anguilles de taille inférieure à 110 mm. De plus, cette passe n'étant pas équipée d'un dispositif de suivi, il ne peut y avoir de comptage sur Descartes permettant d'avoir un véritable aperçu de la population migrante dans cette zone.

Enfin, le fait d'avoir retrouvé des anguilles de ces tailles-là aux abords de la zone d'alevinage quelques mois après l'opération d'alevinage indique d'une certaine manière la réussite de l'opération en termes de contribution au recrutement de jeunes anguilles pour les populations en place. Il n'est cependant pas possible de conclure sur le fait que cette contribution aurait été moindre si les anguilles avaient poursuivi leur migration de manière autonome depuis l'estuaire, d'autant plus qu'elles auraient alors été épargnées des mortalités liées aux différentes étapes de l'opération de transfert (pêche au tamis poussé, stabulation chez le mareyeur, marquage, transport et alevinage).

## **7 Proposition de suivi**

Le recrutement fluvial des anguilles, avec l'ensemble des obstacles existants dans l'estuaire à savoir la pêche professionnelle et amateur, les différentes pollutions, la présence du bouchon vaseux

dans l'estuaire, ainsi que la distance de migration de la mer des Sargasses vers le plateau continental européen puis vers l'intérieur des cours d'eau, ne semble ni tranquille ni linéaire. Ainsi on est en droit penser que les civelles et jeunes anguillettes n'arrivent pas forcément d'une seule vague dans le recrutement fluvial et que leur arrivée dans la partie fluviale peut fluctuer d'une campagne à l'autre en fonction des difficultés rencontrées dans la migration à travers l'océan puis l'estuaire. C'est pourquoi les résultats sur les plus petites anguilles capturées dans les stations situées les plus en aval du réseau peuvent peut-être significativement évoluer au sein d'une même année en fonction de la période de pêche au vu de la probabilité que les jeunes anguilles arrivent dans le fleuve par vague successive séparée dans le temps. Il serait alors peut-être plus intéressant de sélectionner plusieurs stations (généralement porteuses de résultats significatifs) sur la partie aval du réseau pour y effectuer entre mai et aout plusieurs campagnes de pêches scientifiques anguilles, de manière à pouvoir relever par exemple plusieurs arrivées distinctes de civelles dans le début de la zone fluviale.

Bien que les campagnes de suivis et de pêches sur le réseau anguille Loire ne s'effectuent que tous les 3 ans faute de moyens humains et financiers, il serait peut-être plus intéressant et plus significatif de pouvoir effectuer un suivi du réseau anguille Loire qui soit non plus trisannuel mais bien annuel. En effet, même si un suivi tous les 3 ans permet de voir comment évolue la classe de taille moyenne des anguilles, un suivi annuel permettrait d'avoir une analyse plus précise concernant les arrivées et les migrations des plus petites anguilles, notamment avec les caractéristiques annuelles au niveau hydrologique et climatologique. S'il semble bien évidemment impossible (d'un point de vue temporel et financier) de mettre sur pied un suivi annuel de l'ensemble des stations qui composent le réseau anguille Loire, il pourrait cependant être judicieux d'effectuer une sélection d'un certain nombre de stations, dont les caractéristiques ainsi que leurs résultats lors des campagnes effectuées permettraient annuellement d'avoir une idée relative précise quant à la présence et aux migrations d'anguilles. Bien entendu, les stations sélectionnées doivent être d'un nombre limité pour rendre possible leur suivi piscicole annuellement et également être le plus intéressant possible. Cette sélection de stations de suivi annuel pourra se faire en fonction des données de pêches des dernières campagnes de pêches et avec la participation des fédérations de pêche qui seront les plus à même de définir l'intérêt des stations présentes sur leur territoire. Pour plus de facilité de réalisation, ce suivi annuel devra se construire avec et en accord avec les fédérations de pêche qui souhaiteront y prendre part et y contribuer à l'échelle d'une ou deux stations de leur territoire. L'objectif pour les années à venir pourrait donc être de créer au sein du trisannuel réseau anguille Loire un réseau de suivi annuel qui permettrait d'avoir des évolutions annuelles globales à l'échelle du Bassin Loire.



## Conclusion

La campagne de pêche anguille de 2019 sur le réseau anguille Loire laisse apparaître une confirmation des tendances déjà observées lors de la campagne de 2016 vis-à-vis des campagnes plus précédentes. Si les abondances d'anguilles, et notamment des petites classes de taille, sont moins importantes qu'avant 2016 dans les stations les plus en aval, le front de colonisation a quant à lui progressé sur l'axe Loire et également dans certains bassins versants, bien que d'autres ne soient toujours pas colonisés. La progression constante du front de colonisation constatée de plusieurs campagnes pourrait cependant connaître un ralentissement voire un arrêt dans les années à venir, du fait de l'affaiblissement du recrutement estuarien de jeunes anguilles depuis 2013. Le recrutement annuel d'anguilles sur la Loire semble donc aujourd'hui encore insuffisant à l'échelle du bassin Loire pour pouvoir permettre son entière colonisation et la pérennité de la progression du front de colonisation. Les pressions liées aux prélèvements de la pêche professionnelle et amateur impactent probablement de manière encore trop prononcée le recrutement fluvial chaque année, tandis que les problèmes de continuité piscicole ainsi que les destructions d'habitats ralentissent voire endiguent la progression des anguilles vers l'amont des affluents de la Loire.

Au sein des analyses qui ont suivi cette campagne, une diminution constante depuis 2013 des captures des espèces piscicoles en général (anguille comprise) a été observée. Cette diminution est également appuyée par les fédérations de pêche du bassin Loire qui en font le même constat depuis plusieurs années, et qui relèvent également une présence toujours plus importante d'espèces exotiques au sein du peuplement piscicole ligérien. Cette diminution des captures, couplée à l'expansion de la présence des espèces exotiques, laisse imaginer que les eaux du bassin de la Loire subissent de fortes dégradations en termes de pollution et de réchauffement. Toutefois, il a été constaté durant ces pêches que la part des anguilles capturées est plus importante qu'avant au sein des captures, ce qui pourrait indiquer une meilleure résistance de l'anguille aux pressions négatives que les autres espèces.

Enfin, un futur suivi de la population de l'anguille européenne au sein du bassin Loire, s'articulant autour de la mise en place d'un réseau de suivi annuel plus réduit et plus stratégique, ainsi qu'un échantillonnage plusieurs fois dans l'année de quelques stations les plus en aval, pourrait permettre de mieux localiser et identifier les différentes caractéristiques du recrutement fluvial et de la colonisation qui en découle.

## Bibliographie

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.

Adam G., Feunteun E., Prouzet P., Rigaud C., 2008. *L'anguille européenne: Indicateurs d'abondance et de colonisation*. Éditions Quae. 402 p.

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

Baisez, A., Laffaille, P. 2005. *Un outil d'aide à la gestion de l'anguille : le tableau de bord anguille du bassin Loire*. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 378-379, 115–130.

Besse T., 2016. *Protocole de suivi du front de colonisation de l'anguille sur les bassins de la Loire et des côtiers vendéens*. 28 p. Tableau de bord Anguille LOGRAMI.

Besse, T., Laffaille, P. 2010. *Front de colonisation de l'anguille européenne sur l'axe Loire*. Logrami – Recueil de données biologiques sur les poissons migrateurs du bassin Loire.

Bevacqua D., Melià P., Gatto M., De Leo G. A., 2015. *A global viability assessment of the European eel*. Global Change Biology.

Bonhommeau, S., Chassot, E., Rivot, E. 2008. *Fluctuations in European eel (Anguilla anguilla) recruitment resulting from environmental changes in the Sargasso Sea*. Fisheries Oceanography, 17, 32–44.

Bruslé, J. 1990. *Effects of heavy metals on eels, Anguilla sp.* Aquatic Living Resources, 3, 131-141.

Canal J., Besse T., Baisez A., Laffaille P., 2013. *Front de colonisation de l'Anguille européenne en Loire, année 2013*. 39 p. Association LOGRAMI, laboratoire Ecolab (Écologie Fonctionnelle et Environnement) - UMR 5245 CNRS UPS INPT.

Chancerel, F. 1994. Note technique. *La répartition de l'anguille en France*. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture. 335, 289-294.

Charrier F., Mazel V., Caraguel J.-M., Abdallah Y., Le Gurun L., Legault A., Laffaille P. 2012. *Escapement of a silver-phase eel population, Anguilla anguilla, determined from fishery in a Mediterranean lagoon (Or, France)*. ICES Journal of Marine Science, 69, 30-33.

Dekker, W. 2000. *A Procrustean assessment of the European eel stock*. ICES Journal of Marine Science, 57,938-947.

Dekker, W. 2003a. *On the distribution of the European eel (Anguilla anguilla) and its fisheries*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 60, 787–799.

- Dekker, W. 2003b. *Did lack of spawners cause the collapse of the European eel, *Anguilla anguilla*?* Fisheries Management and Ecology, 10, 365–376.
- Feunteun, E. 2002. *Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): an impossible bargain.* Ecological Engineering, 18, 575–591.
- Friedland, K.D., Miller, M.J., Knights, B. 2007. *Oceanic changes in the Sargasso Sea and declines in recruitment of the European eel.* ICES Journal of Marine Science, 64, 519-530.
- Gérard, B., Mouren, V. 2013. *LISTE ROUGE des poissons et des macro-crustacés d'eau douce des Pays de la Loire.* 20 p.
- Germis G., 2016. *Méthode de pêche électrique par échantillonnage par point au Martin-Pêcheur "Indice d'Abondance Anguille"*. Protocole 2009 actualisé avril 2016. Bretagne Grands Migrateurs.
- ICES. 2013. Report of the Workshop on Evaluation Progress Eel Management Plans (WKEPEMP), 13–15 May 2013, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2013/ACOM:32. 757 p.
- Institut d'Aménagement de la Vilaine. *Monitoring Anguille, Organisation et Animation des Journées Techniques*, Rapport 2016, 109 p.
- Journal Officiel de l'Union Européenne : RÈGLEMENT (CE) No 1100/2007 DU CONSEIL du 18 septembre 2007 instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes, 148 p.
- Lasne É., Acou A., Vila-Gispert A., Laffaille P., 2008. *European eel distribution and body condition in a river floodplain: effect of longitudinal and lateral connectivity.* Ecology of Freshwater Fish. Vol. 17, n°4, p. 567 576.
- Lasne É., Laffaille P., 2008. *Assessing the freshwater distribution of yellow eel.* Kmae. Vol. 4, p. 390 391.
- Laffaille P., Feunteun E., Baisez A., Robinet T., Acou A., Legault A., Lek S., 2003. *Spatial organisation of European eel (*Anguilla anguilla* L.) in a small catchment.* Ecology of Freshwater Fish. Vol. 12, n°4, p. 254 264.
- Laffaille P., Briand C., Fatin D., Lafage D., Lasne E., 2005. *Point sampling the abundance of European eel (*Anguilla anguilla*) in freshwater areas (English).* Archiv für Hydrobiologie. Vol. 162, n°1, p. 91 98.
- Moriarty, C., and Dekker, W. (Editors). 1997. *Management of the European eel.* Fishery Bulletin (Dublin), 15, 1–110.
- Observatoire des poissons migrateurs amphihalins Rhône-Méditerranée. *Observatoire Anguille européenne* [en ligne]. [Consulté le 13 août 2019]. <https://www.observatoire-rhonemediterranee.fr/anguille-europeenne/>.
- Panfili, J., Ximenez, M.C., 1994. *Évaluation de l'âge et de la croissance de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.) en milieu continental : Méthodologies, Validation, Application en Méditerranée et Comparaisons en Europe.* Bull. Fr. Pêche Piscic. (1994) 335 : 43-66.

Plan de gestion anguille de la France : Rapport de mise en œuvre – juin 2018 Article 9 du R (CE) n°1100/2007, 200 p.

Van Ginneken V. J. T., Maes G, 2005. *The European eel (Anguilla anguilla, Linnaeus), its lifecycle, evolution and reproduction: a literature review. Reviews in Fish Biology and Fisheries. Vol. 15, p. 367–398.*

## Table des illustrations

Figure 1 Cycle biologique de l'anguille européenne (source : <a href="https://www.observatoire-rhonemediterranee.fr/anguille-europeenne/">https://www.observatoire-rhonemediterranee.fr/anguille-europeenne/</a> ).....	8
Figure 3 Evolution des indices de recrutement de civelle en Europe de 1960 à 2015 (CIEM 2015) .....	12
Figure 2 Evolution de l'abondance des juvéniles de 3 espèces d'anguilles, de 1950 à 2002 (Van Ginneken & Maes, 2005).....	12
Figure 4 Indice européen de recrutement de civelles depuis 1959, hors Mer du Nord (base 100 = moyenne des captures 1959-1970) et captures par les pêcheurs professionnels dans l'estuaire de la Loire 1980-2008 (tonnes). Source CIEM/WGEEL 2018 et DPMA 2019. ....	13
Figure 5 Protocole de pêche en fonction de la largeur (Source : BGM) .....	21
Figure 6 Débits de la Loire à Montjean-sur-Loire et pêches réalisées sur l'axe Loire. Données SANDRE, Univ. Rennes 1, Logrami.....	31
Figure 7 Comparaison des profondeurs moyennes 2013-2019.....	32
Figure 8 Pourcentages d'occurrence des habitats rencontrés .....	32
Figure 9 Pourcentages d'occurrence des faciès prospectés .....	33
Figure 10 Pourcentages d'occurrence des substrats prospectés .....	34
Figure 11 Distribution des tailles .....	35
Figure 12 Distribution géographique des indices d'abondance .....	36
Figure 13 Significativité des effets des variables pour l'abondance de chaque classe de taille.....	37
Figure 14 Histogramme de la distance à la mer des stations échantillonnées en 2013, 2016 et 2019.....	38
Figure 15 Effectif cumulé des anguilles observées en fonction de la distance à la mer .....	38
Figure 16 Comparaison des indices d'abondance 2013-2016-2019 par classe de tailles.....	39
Figure 17 Comparaison des indices d'abondance 2013-2016-2019 par distance à la mer .....	39
Figure 18 Comparaison des indices d'abondance 2019 par bassin versant .....	40
Figure 19 Comparaison des indices d'abondance 2013-2019 par bassin versant.....	41
Figure 20 Carte de répartition des tailles d'anguilles en 2019 .....	42
Figure 21 Distance du front de colonisation (<300mm) depuis la limite transversale de la mer (km) .....	43
Figure 22 Occurrence des espèces par station en 2019 .....	46
Figure 23 Evolution de l'abondance relative des espèces dans les captures entre 2013 et 2019 .	47
Figure 24 Evolution de la richesse spécifique par bassin entre 2013 et 2019 .....	48
Figure 25 Evolution de la part de l'anguille au sein des captures.....	49

Figure 26 Co-occurrence de l'anguille avec les autres espèces.....	50
Figure 27 Estimation de l'efficacité de la pêche complète par régression entre les captures réalisées au premier et second passage de la pêche complète.....	52
Figure 28 Régression linéaire entre les IAA et les densités estimées pendant les pêches de calibration sur le Cens et le Gesvres. ....	53
Figure 29 Campagnes d'alevinages sur l'UGA Loire 2010-2019 (Source : Logrami) .....	53
Figure 30 Alevinage Creuse&Vienne et Classe de tailles 2019 .....	54
Tableau 1 Récapitulatif des captures 2013-2019 .....	44
Tableau 2 Captures en effectif et CPUE, occurrence par station et abondance relative à l'ensemble du peuplement pour les 8 espèces les plus représentées dans les captures 2019.....	45
Tableau 3 Données des pêches de calibration sur le Cens (secteur correspondants aux points EPA 01-15 et 16-30) et le Gesvres (secteur 10-15).....	51
Tableau 4 Validation du contraste suffisant entre les captures du premier et du second passage de la pêche complète. ....	51
Tableau 5 Résultat de l'estimation de densité d'anguilles au cours de pêches de calibration IAA/densité sur le Cens et le Gesvres en 2019.....	52

## **Annexes**

**Annexe 1 : Fiche saisie terrain**

## FICHE TERRAIN RESEAU ANGUILE LOIRE

Bassin  Cours d'eau  Station   
 Commune  X (L93) =  Y (L93) =   
 Date  Organisme  Resp. pêche   
 Matériel :   Type Héron  Type Martin-Pêcheur Temp. (°C)   
 Conductivité

### REMARQUES

### Caractéristiques de la station

Longueur prospectée (m)  Profondeur moyenne (cm)  1 mesure tous les 5 points  
 Largeur moyenne (m)  1 mesure tous les 5 points Nombre de points de pêche  30 par défaut

### Description des habitats

**Faciès d'écoulement (%)**  Cascade  Rapide  Radier  Plat courant  Plat lent  Profond  
Répartition des types d'écoulements (total = 100% de la station)

**Substrat (%)**  Vase  Sable  Gravier  Galets  Roches  Autres :  
Répartition de la granulométrie de la station (total = 100% de la station)

**Présence d'habitats piscicoles**  Racines  Végétation du lit  Sous-berges  Bois mort  Roches  Autres :  
Cochez les abris piscicoles observés sur la station Précisez

**Types de végétation aquatique**  Hélophyte  Hydrophyte fixe  Hydro flottante  Algue filamenteuse  Autres :  
Cochez les types de végétation aquatique observés sur la station Précisez

Recouvrement de la végétation (%)  Ombrage (%)   
Recouvrement de la station par la végétation aquatique

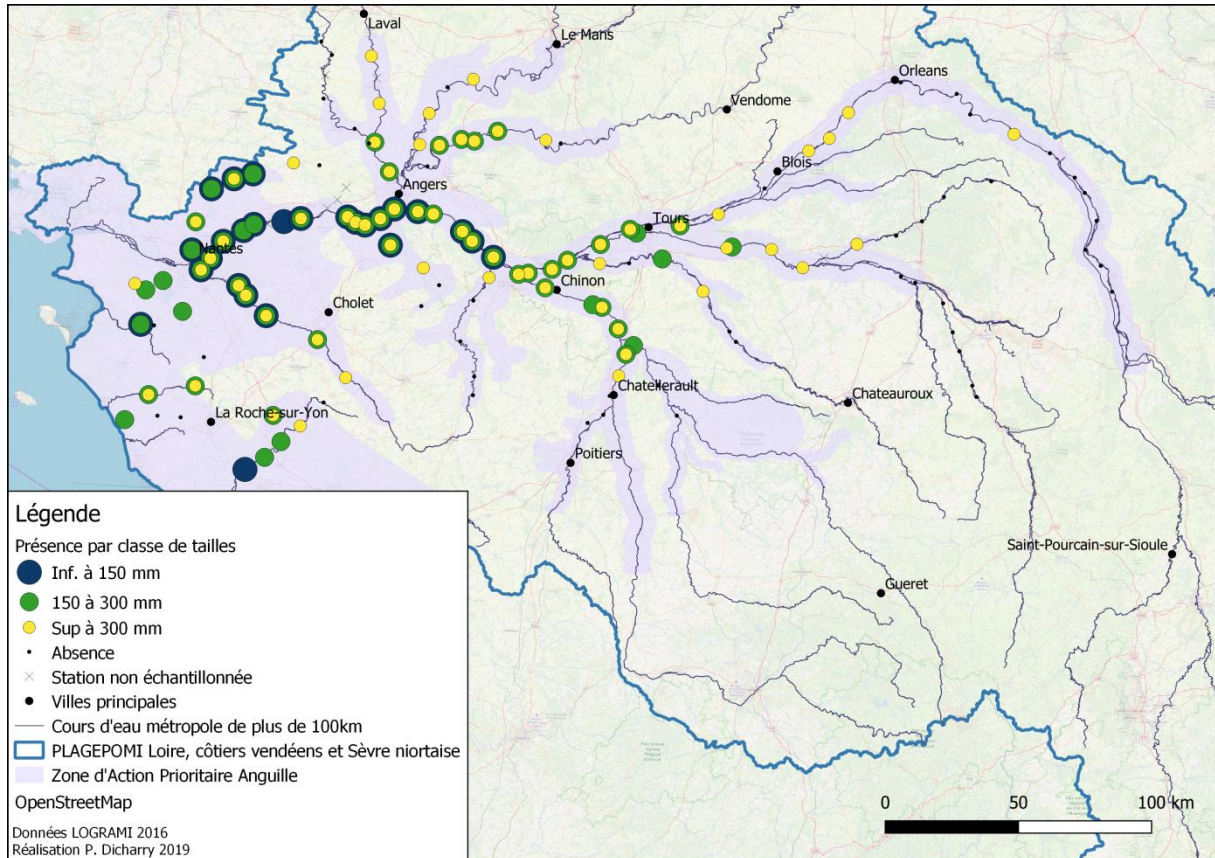
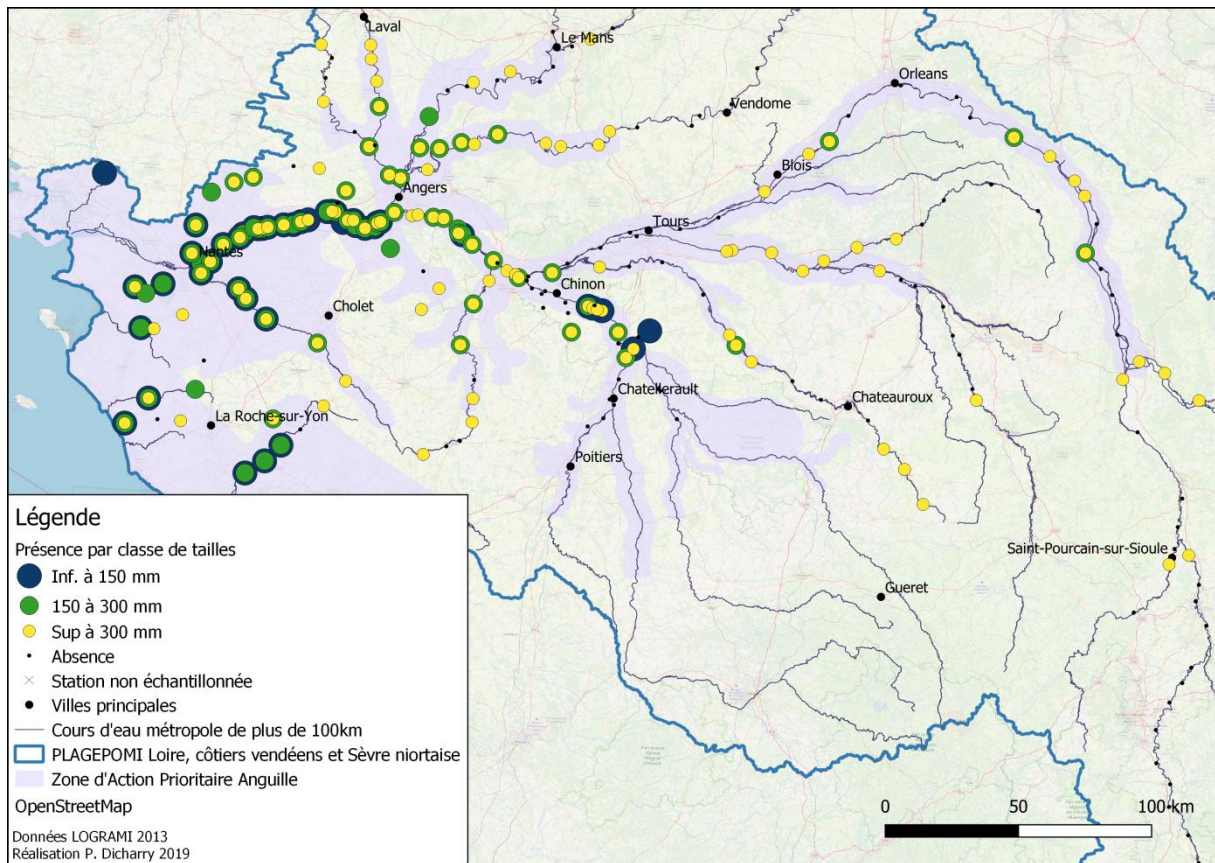
### Autres espèces

ESPECE	Effectif	ESPECE	Effectif	ESPECE	Effectif





## Annexe 2 : Cartes des répartitions des classes de tailles pour 2013 et 2016



**Annexe 3 : Espèces recensées dans la base de données du Réseau Anguille Loire**

Code	Nom commun	Nom latin
ABH	Able de Heckel	<i>Leucaspis delineatus</i>
ABL	Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>
AMO	Lamproie (ammocète indéterminé)	<i>Lampetra</i>
ANG	Anguille d'Europe	<i>Anguilla anguilla</i>
ASP	Aspe	<i>Aspius aspius</i>
BAF	Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i>
BBG	Black bass à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i>
BOU	Bouvière	<i>Rhodeus sericeus</i>
BRB	Brème bordelière	<i>Abramis bjoerkna</i>
BRE	Brème	<i>Abramis</i>
BRE	Brême	<i>Abramis brama</i>
BRO	Brochet	<i>Esox lucius</i>
CAA	Carassin doré	<i>Carassius auratus</i>
CAR	Carpe argentée	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>
CAS	Carassin	<i>Carassius carassius</i>
CCO	Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>
CDR	Crapet de roche	<i>Ambloplites rupestris</i>
CHA	Chabot	<i>Cottus gobio</i>
CHE	Chevaine	<i>Leuciscus cephalus</i>
CMI	Carpe miroir	<i>Cyprinus carpio</i>
CYP	Cyprinidé (genre <i>Leuciscus</i> )	<i>Leuciscus</i>
EPI	Epinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i>
EPT	Epinochette	<i>Pungitius pungitius</i>
FLE	Flet commun	<i>Platichthys flesus</i>
GAM	Gambusie	<i>Gambusia affinis</i>
GAR	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>
GOU	Goujon	<i>Gobio gobio</i>
GRE	Gremille	<i>Gymnocephalus cernuus</i>

Code	Nom commun	Nom latin
HOT	Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i>
IDE	Ide melanote	<i>Leuciscus idus</i>
IND	Taxon inconnu	<i>Taxon inconnu</i>
LOE	Loche d'étang	<i>Misgurnus fossilis</i>
LOF	Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i>
LOR	loche de rivière	<i>cabilis taenia</i>
LOT	Lote de rivière	<i>Lota lota</i>
LPF	Lamproie de rivière	<i>Lampetra fluviatilis</i>
LPM	Lamproie marine	<i>Petromyzon marinus</i>
LPP	Lamproie de planer	<i>Lampetra planeri</i>
LPX	Lamproie (genre Lampetra)	<i>Lampetra</i>
MUP	Mulet porc	<i>Liza ramada</i>
OCL	Ecrevisse américaine	<i>Orconectes limosus</i>
PCC	Ecrevisse de Louisiane	<i>Procambarus clarkii</i>
PCH	Poisson chat	<i>Ameiurus melas</i>
PER	Perche	<i>Perca fluviatilis</i>
PES	Perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>
PFL	Ecrevisse de Californie	<i>Pacifastacus leniusculus</i>
PSR	Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva</i>
ROT	Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>
SAN	Sandre	<i>Sander lucioperca</i>
SAT	Saumon atlantique	<i>Salmo salar</i>
SIL	Silure glane	<i>Silurus glanis</i>
SPI	Spirilin	<i>Alburnoides bipunctatus</i>
TAN	Tanche	<i>Tinca tinca</i>
TRF	Truite de riviere	<i>Salmo trutta fario</i>
VAI	Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i>
VAN	Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>

**Annexe 4 : Tableau des captures par espèces par année**

Code espèce	2004	2005	2009	2010	2013	2016	2017	2018	2019
ABH	0	0	0	0	118	66	0	0	49
ABL	291	693	0	83	633	226	0	10	358
AMO	8	10	0	17	181	38	0	0	0
ANG	0	0	22	142	2 488	1 563	123	56	1 508
ASP	0	0	0	0	0	0	0	0	13
BAF	22	33	0	14	344	140	0	0	203
BBG	11	1	0	0	6	2	0	2	26
BOU	1 330	2 438	0	310	2 031	1 307	4	7	220
BRB	0	0	0	0	0	74	0	14	40
BRE	176	1 072	0	116	580	260	0	0	106
BRO	16	26	0	18	172	151	4	7	30
CAA	0	0	0	0	0	11	0	0	0
CAR	0	0	0	0	0	0	0	0	29
CAS	4	13	0	0	62	69	0	0	67
CCO	28	39	0	0	10	26	1	2	20
CDR	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHA	0	0	0	0	757	859	5	18	587
CHE	224	290	0	105	2 050	1 132	43	51	873
CMI	0	0	0	0	0	4	0	0	1
CYP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EPI	0	3	0	0	213	18	0	0	108
EPT	0	0	0	0	191	253	1	0	71
FLE	12	8	0	11	13	1	0	0	12
GAM	0	0	0	0	12	42	0	0	4
GAR	676	792	0	414	2 905	2 199	62	175	975
GOU	301	692	0	297	1 808	1 252	25	37	771
GRE	17	23	0	1	71	88	13	3	19
HOT	0	15	0	0	28	76	0	0	11
IDE	0	0	0	0	2	5	0	2	7
IND	0	0	0	0	639	0	0	0	1
LOE	0	0	0	0	72	0	0	0	0
LOF	0	1	0	20	862	938	11	1	414

Code espèce	2004	2005	2009	2010	2013	2016	2017	2018	2019
LOR	0	0	0	0	0	212	0	0	36
LOT	0	0	0	0	1	0	22	0	0
LPF	0	0	0	0	0	20	0	0	26
LPM	0	0	0	0	0	53	0	0	19
LPP	0	0	0	0	0	20	8	2	27
LPX	0	0	0	0	0	13	0	0	38
MUP	0	2	0	0	0	1	0	0	0
OCL	0	0	0	0	0	151	6	3	190
PCC	0	0	0	0	0	49	0	0	51
PCH	268	635	0	74	247	425	4	2	396
PER	61	100	0	26	483	399	43	22	253
PES	690	885	0	137	674	453	2	31	267
PFL	0	0	0	0	0	37	4	37	171
PSR	43	163	0	47	269	264	0	0	81
ROT	26	8	0	33	98	50	0	0	101
SAN	19	15	0	1	212	12	1	7	24
SAT	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SIL	4	16	0	9	37	39	0	0	46
SPI	0	25	0	0	165	308	0	0	181
TAN	24	17	0	19	135	88	0	0	28
TRF	0	0	0	0	19	7	0	0	14
VAI	0	0	0	0	796	778	17	10	538
VAN	11	29	0	0	106	11	1	2	4
			0	0	0	0	0		0