

JUILLET 2020



FRONT DE COLONISATION DE L'ANGUILLE EUROPEENNE SUR LE BASSIN LOIRE EN 2019

Programme de recherches appliquées en faveur des poissons migrateurs 2019 - volet scientifique



L'Europe c'est ici.
L'Europe c'est maintenant.



Paul DICHARRY, Timothée BESSE & Aurore BAISEZ

Association LOGRAMI

Et la participation de : Timothé PAROUTY, Angéline SENECAL, Pierre PORTAFAIX, Leny RIMBERT, Paulin SENE-LACOMBE, Alexis RENE, Quentin MARCON, Olivier DEGLINIÈRE, Cédric PRADEILLES

Association LOGRAMI

Antenne Allier

8 rue de la Ronde

03500 Saint-Pourçain-sur-Sioule

logrami.allier@logrami.fr

Antenne Vienne

112 Faubourg de la Cueilie

Mirebalaise

86000 Poitiers

logrami.vienne@logrami.fr

PLAN LOIRE

Grandeur Nature

Cette action est cofinancée par l'Union Européenne, l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, les Régions Centre Val de Loire et Pays de la Loire. Avec la participation de la Fédération Nationale de Pêche en France et LOGRAMI.

L'Europe s'engage dans le bassin de la Loire avec le Fonds européen de développement régional.

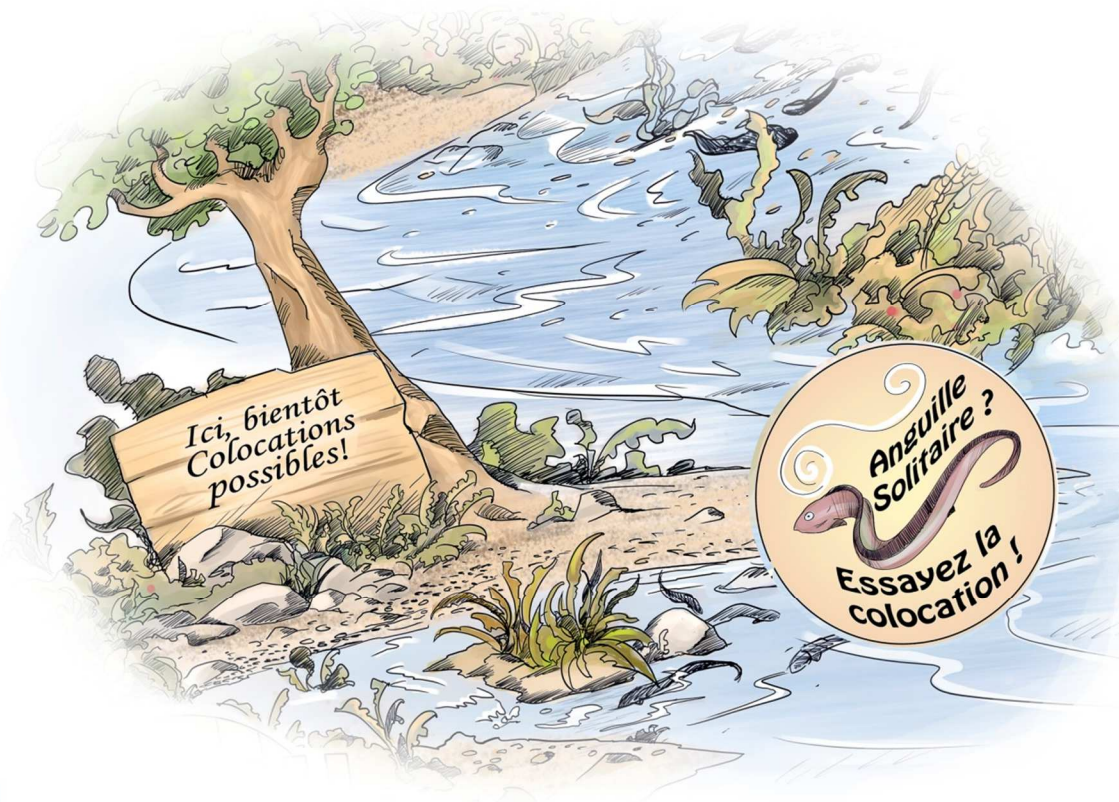
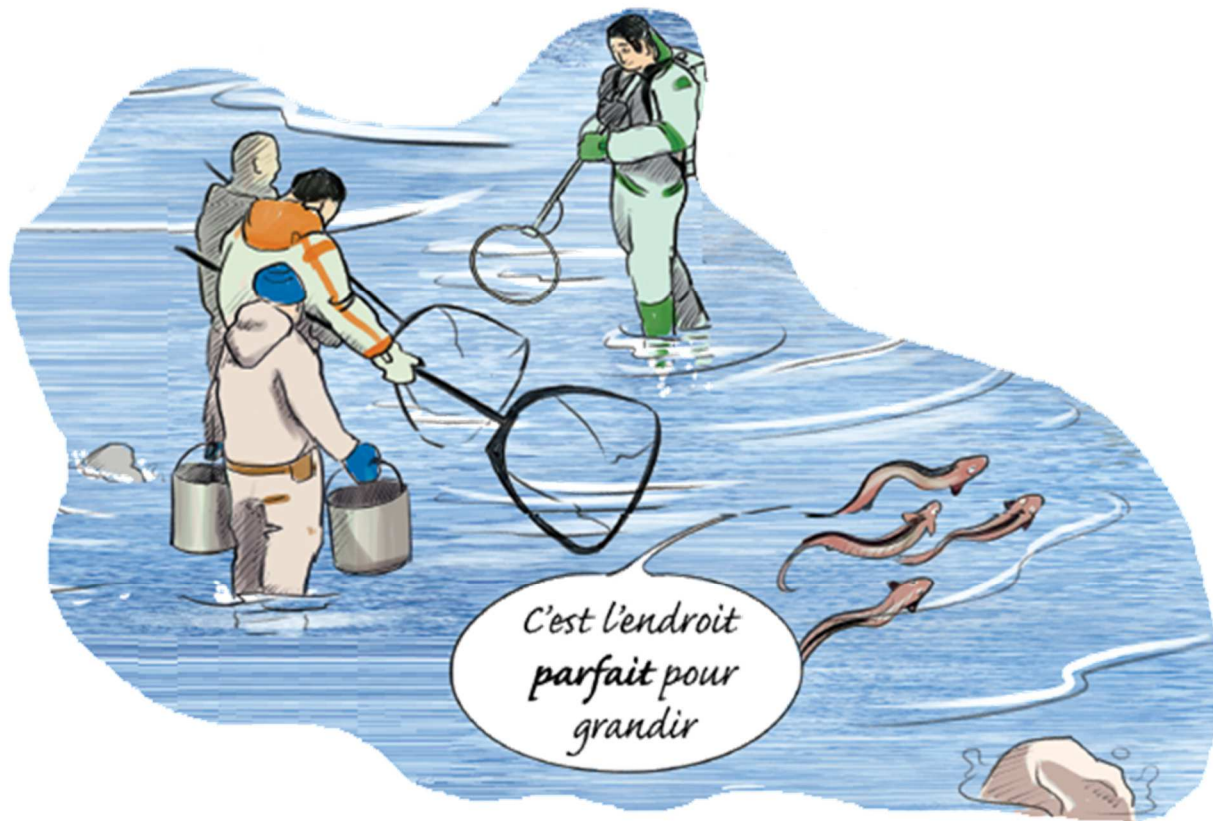
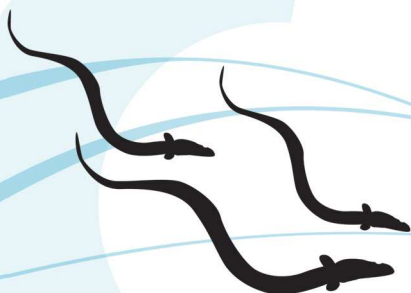


Figure 1 : Dessins des suivis effectués sur l'anguille (Sources Defarges, propriété LOGRAMI)





Actions en faveur des poissons grands migrateurs du bassin Loire

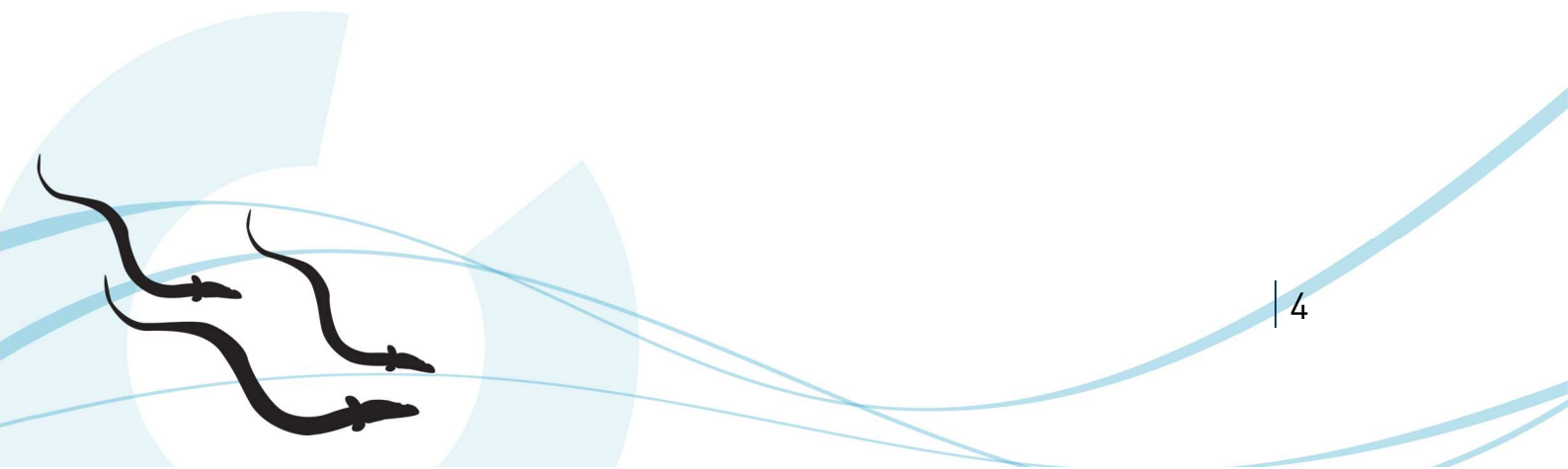
Citation

Paul DICHARRY, Timothée BESSE & Aurore BAISEZ, Front de colonisation de l'anguille européenne sur le Bassin Loire en 2019. Programme de recherches appliquées en faveur des poissons migrateurs 2019 - volet scientifique Association LOGRAMI, 48p.

SOMMAIRE

1. Contexte de l'étude	5
1.1. Situation de l'anguille européenne	5
1.2. Gestion et protection de l'espèce	7
1.2.1. Plan de Gestion Anguille Français	7
1.2.2. Programme de transferts de civelles	7
1.3. Le Réseau Anguille Loire	8
2. Objectifs de l'étude 2019	9
2.1. Mise à jour du Tableau de bord Anguille du Bassin Loire	9
2.2. Contribution à l'intercalibration des méthodes d'échantillonnage « anguille »	9
3. Mise en œuvre	10
3.1. Zone d'étude	10
3.1.1. Détermination des stations d'échantillonnage	10
3.2. Protocole d'échantillonnage	11
3.2.1. Matériel	12
3.2.2. Recueil des données	14
3.3. Protocole Calibration de l'indice d'abondance	14
3.3.1. Choix de la station d'échantillonnage	14
3.3.2. Principe	14
3.3.3. Mode opératoire	15
3.4. Analyses statistiques des données d'échantillonnage	16
3.4.1. Abondance et biométrie des anguilles	16
3.4.2. Analyse et description du peuplement pisciaire	16
3.4.3. Modélisation du front de colonisation	17
3.4.4. Calcul du coefficient de calibration	17

4. Résultats à l'échelle du bassin Loire	18
4.1. Conditions d'échantillonnage	18
4.1.1. Hydrologie	18
4.1.2. Faciès prospectés	20
4.1.3. Substrats prospectés	20
4.2. Abondances et Classe de tailles	21
4.2.1. Effectifs d'anguilles à l'échelle du Bassin Loire	21
4.2.2. Indices d'abondance	22
4.3. Variables explicatives des abondances observées	22
4.3.1. Distance de la station à la mer	23
4.3.2. Années d'échantillonnage	24
4.3.3. Bassins versants	25
4.4. Répartition des classes de tailles	26
4.5. Front de colonisation	27
4.6. Peuplement pisciaire	28
4.6.1. Captures totales	28
4.6.2. Occurrence par station en 2019	29
4.6.3. Evolution du peuplement échantillonné entre 2013 et 2019	29
4.6.4. Evolution de la richesse spécifique entre 2013 et 2019	30
4.6.5. Part de l'anguille au sein des échantillonnages	32
4.6.6. L'anguille au sein du peuplement pisciaire	33
4.7. Calibration IA/Densités	33
4.8. Influence des alevinages de civelles	35
5. Discussion	37
5.1. Conditions d'échantillonnages	37
5.2. Répartition et abondance des anguilles	38
5.3. Front de colonisation	40
5.4. Peuplement pisciaire	41
5.5. Calibration IA/Densités	43
5.6. Influence des alevinages de civelles	44
5.7. Proposition de suivi	45
6. Conclusion	46
7. Documents cités	47



1. Contexte de l'étude

1.1. Situation de l'anguille européenne

L'aire de répartition de l'anguille européenne à 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.

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 (Baisez et Laffaille, 2005 ; Dekker, 2000). Néanmoins, depuis le début des années 1980, un important déclin de sa population a été mis en évidence (Figure 2) par de nombreuses études (Bruslé, 1990 ; Chancerel, 1994 ; Willem Dekker, 2003 ; W. Dekker, 2003 ; Moriarty et Dekker, 1997).

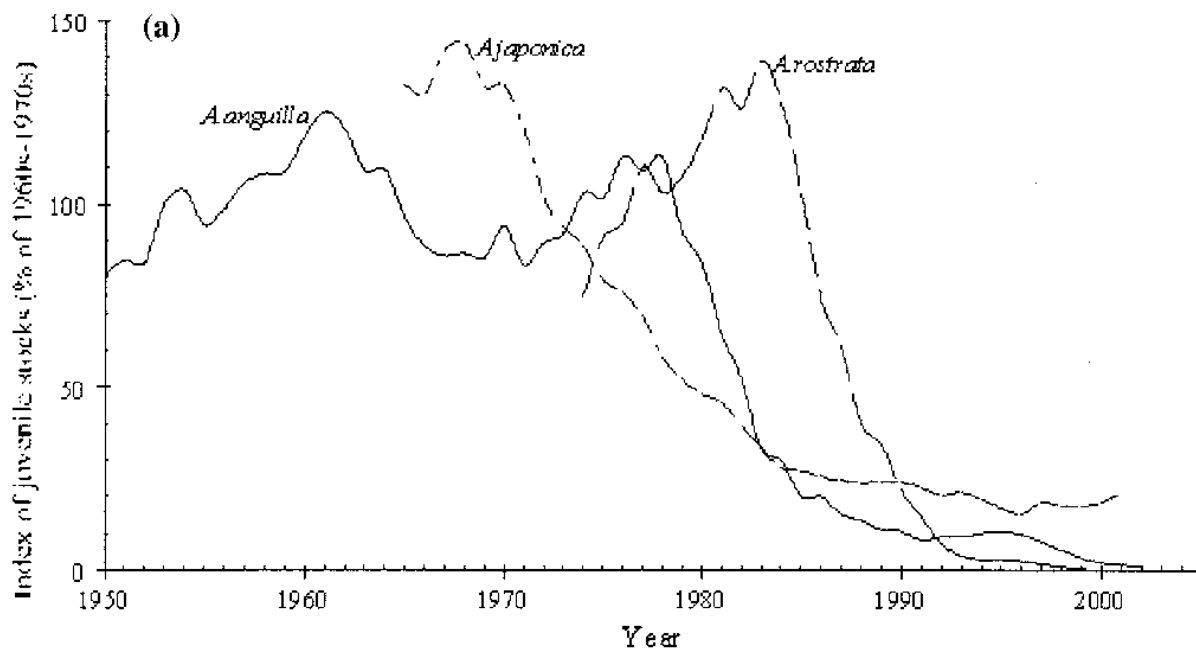
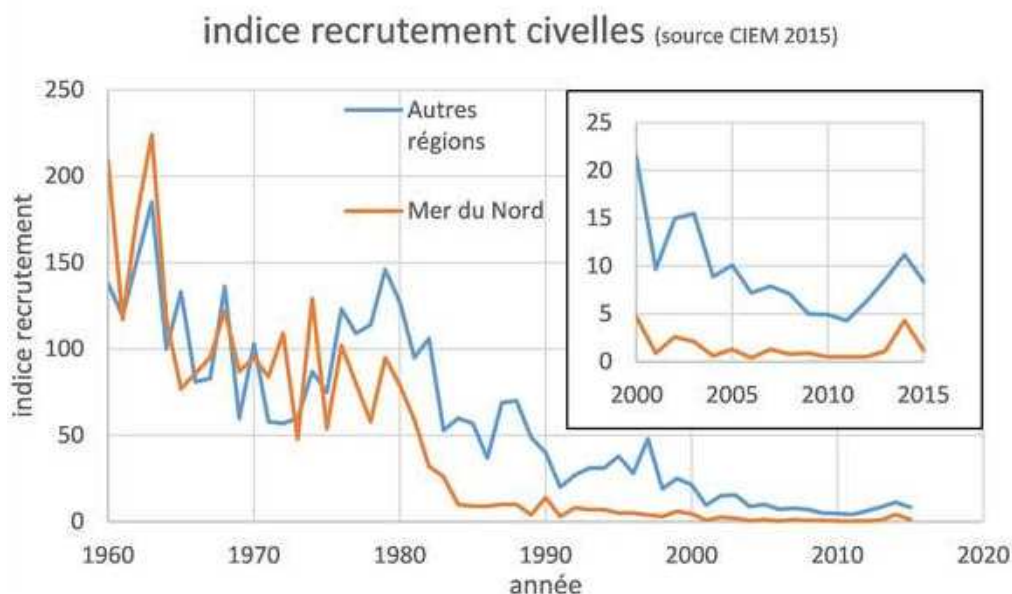


Figure 2 Evolution de l'abondance des juvéniles de 3 espèces d'anguilles, de 1950 à 2002 (Ginneken et Maes, 2005)



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

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

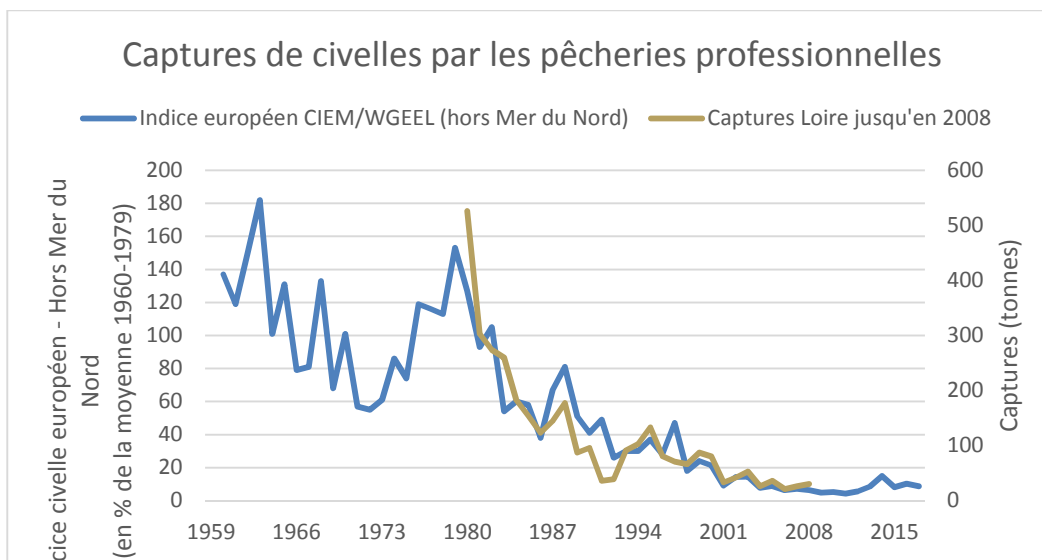


Figure 4 Indice européen de recrutement de civelles depuis 1959, hors Mer du Nord (base 100 = moyenne des captures 1959-1970) et captures par les pêcheurs professionnels dans l'estuaire de la Loire 1980-2008 (tonnes). Source CIEM/WGEEL 2018 et DPMA 2019.

Les causes de ce déclin sont multifactorielles et il est actuellement impossible de quantifier la part de chacun (Bonhommeau, 2008 ; Charrier et al., 2012 ; Feunteun, 2002 ; Friedland, Miller, et Knights, 2007 ; Laffaille, Lafage, et al., 2003 ; Moriarty et Dekker, 1997) : 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 Exev), les invasions de prédateurs aquatiques, la présence d'obstacles à la migration, l'exploitation par la pêche, la mortalité induite par l'hydroélectricité.



1.2. Gestion et protection de l'espèce

1.2.1. Plan de Gestion Anguille Français

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 (Conseil de l'Union Européenne, 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.

1.2.2. Programme de transferts de civelles

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

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. 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).

Sur l'Unité de gestion « Loire » du Plan de gestion Anguille, 10 secteurs ont reçu des civelles dans le cadre de ces opérations de transfert : La Loire aval et moyenne (Lots 11, 10, 9, 8, 7, 6, 3, 2, 1), la Creuse en aval de Descartes, l'Erdre, la Maine, la Sèvre nantaise et plusieurs marais et côtières vendéens (le Lay, l'Auzance et les marais d'Olonne, Le Jaunay et marais de Soullans, la Vie). **Les résultats sur ces secteurs sont donc potentiellement impactés par la présence de ces anguilles issues d'alevinages, en fonction de l'écart entre les transferts et la campagne de suivi et du taux de croissance des individus.**

1.3. Le Réseau Anguille Loire

Les réseaux d'échantillonnage des peuplements pisciaires menés à l'échelle nationale par l'Office Français pour la Biodiversité (OFB) n'ont pas été construits dans un objectif « anguille » (implantation et répartition spatiale des stations, méthode d'échantillonnage, etc.) et de ce fait, n'apportent pas toutes les informations nécessaires au suivi de cette espèce. Afin de répondre aux objectifs de suivi prévus par le Plan de gestion Anguille, la France a mis en place un réseau de rivières "index" où l'anguille sera suivie sur l'ensemble de son cycle de vie continentale. En se basant sur les travaux de E. Lasne et P. Laffaille sur les annexes hydrauliques de la Loire (2008), LOGRAMI a entamé le déploiement d'un réseau complémentaire de suivi de l'anguille sur la Vienne depuis 2009 et depuis 2010 sur la Loire aval.

L'objectif de ce suivi est de mettre en œuvre un suivi régulier de l'abondance et de la distribution de la population d'anguilles européennes du bassin Loire sur lequel pourront s'appuyer les décisions de gestion (notamment pour le rétablissement de la continuité écologique sur les secteurs peu colonisés).

L'examen des patrons de distribution des petites anguilles (de taille ≤ 300 mm) le long des réseaux hydrographiques fournit des informations précieuses pour le suivi des populations. Leur présence permet de calculer un indice standardisé de recrutement et de colonisation des bassins versants (Laffaille, Lasne, et Baisez, 2009).

Ce suivi est complémentaire du monitoring "anguille" prévu par le Plan de gestion national (Onema, 2010), focalisé sur les rivières "index" (la Sèvre niortaise pour l'Unité de Gestion Anguille "Loire"). Il permettra d'évaluer l'impact des mesures de gestion à l'échelle du bassin Loire, mais aussi de le comparer avec les autres Unité de gestion Anguille où l'anguille est suivie selon la même méthodologie.

Les données produites ont vocation à intégrer les prochaines mises à jour du modèle Eel Density Analysis (Briand et al., 2018) pour l'estimation de l'échappement des géniteurs dans le cadre du Plan de Gestion Anguille national. Elles permettent également la mise à jour de l'indicateur « Front de colonisation de l'anguille sur le Bassin Loire » des Tableaux de bord Migrateurs du Bassin Loire.

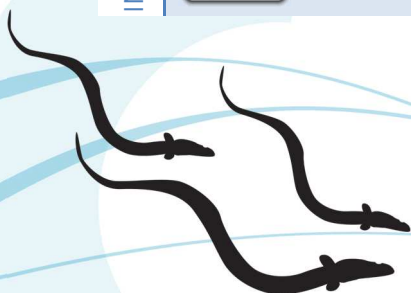
A consulter

INTERNET



www.migrateurs-loire.fr > Indicateurs de l'Anguille européenne

<http://www.migrateurs-loire.fr/anguille/>



2. Objectifs de l'étude 2019

2.1. Mise à jour du Tableau de bord Anguille du Bassin Loire

La position géographique de l'estuaire de la Loire (Baisez et Laffaille, 2005) et l'absence d'obstacles sur la plupart de l'axe principal (Laffaille, Lasne, et Baisez, 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 ainsi qu'en 2013 et 2016 (Besse et Baisez, 2010 ; Canal et al., 2013 ; Dufour et Besse, 2016 ; Laffaille et al., 2005), 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 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.

Les Tableaux de bord Migrateurs du Bassin Loire ont pour objectif 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 possible 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.

2.2. Contribution à l'intercalibration des méthodes d'échantillonnage « anguille »

De nombreuses pêches « indice d'abondance anguille » sont réalisées chaque année par différents opérateur 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 (échantillonnage complet 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 »)¹. 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. Laffaille 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 ».

¹ Monitoring Anguille, Organisation et Animation des Journées Techniques, Rapport 2016, Institut d'Aménagement de la Vilaine

3. Mise en œuvre

3.1. Zone d'étude

3.1.1. Détermination des stations d'échantillonnage

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 échantillonnable, 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.

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 30 cm. Certains bassins qui avaient été échantillonnés en 2013 ont ainsi été abandonnés lors des campagnes 2016 et 2019 (Allier, Aron, Arconce, Brivet, Huisne, Romme et Sioule). Le nombre de stations échantillonnées a été considérablement réduit en 2016, passant de 277 à 146.

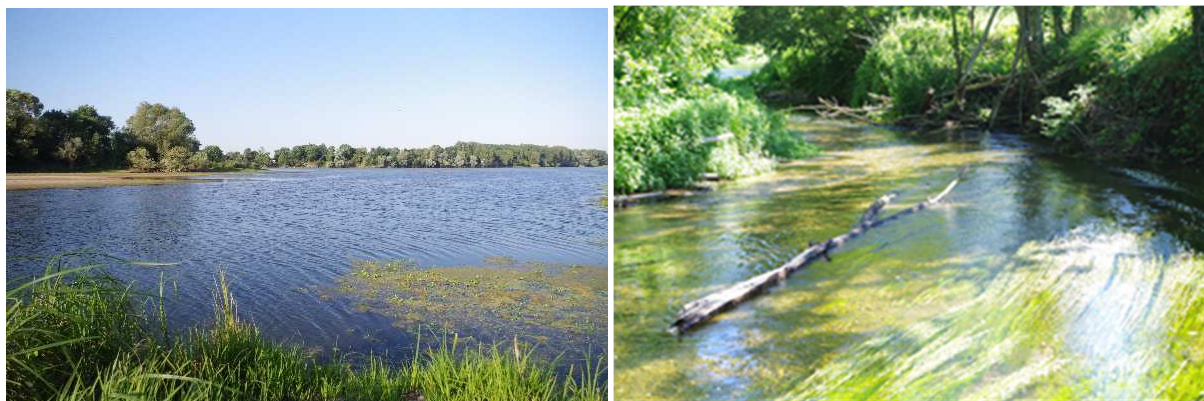


Figure 5: Deux types de sites échantillonnés : Un bras secondaire de la Loire en berge et le lit du Clain à sa confluence (Sources LOGRAMI).

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. 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.



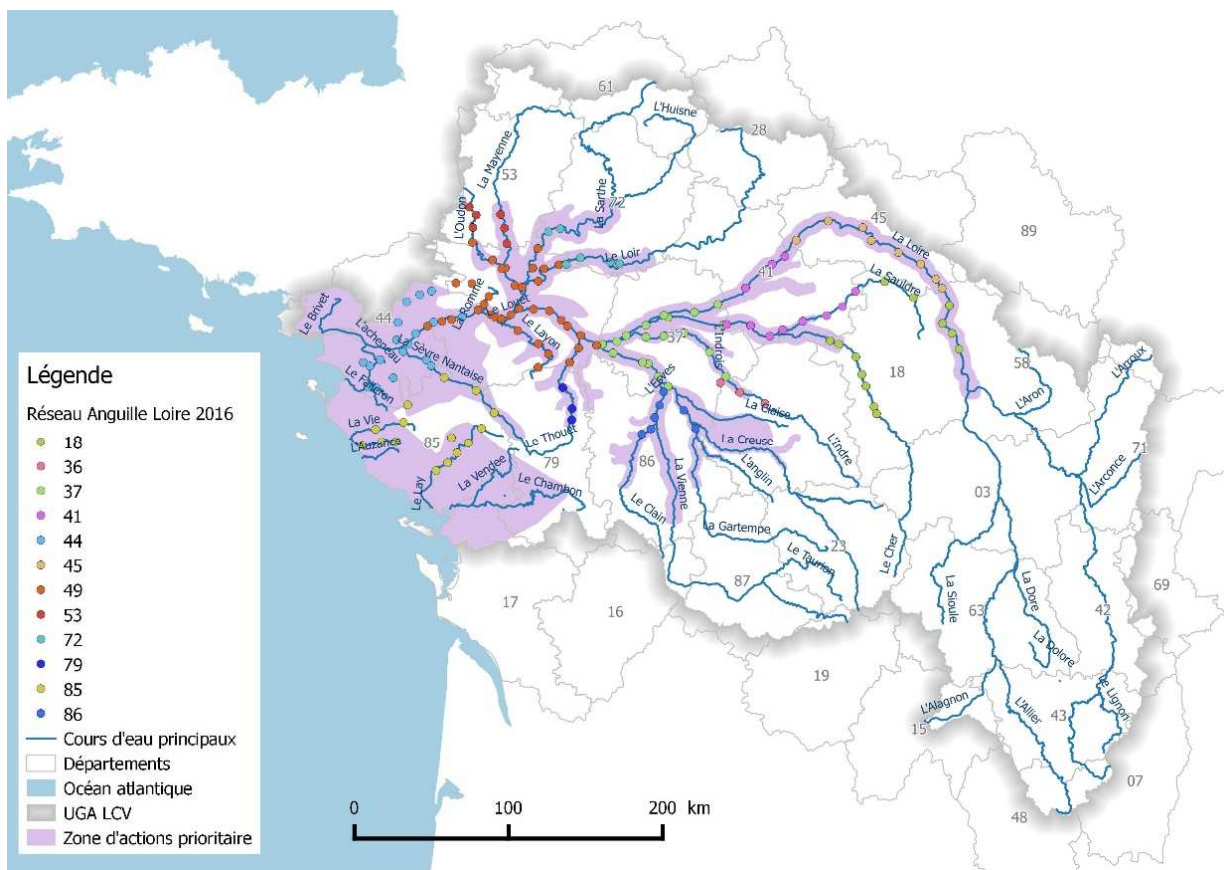


Figure 6 : Réseau de stations échantillonnées en 2016 et 2019 (Sources LOGRAMI).

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 d'échantillonnages scientifiques sur les 3 dernières campagnes à savoir 2013, 2016 et 2019.

3.2. Protocole d'échantillonnage

Le protocole d'échantillonnage 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.

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 d'échantillonnage 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.

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.

3.2.1. 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 (Marque IMEO Volta, Puls'ium, de 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 échantillonnées en rive, le protocole va être adapté à un matériel de pêche électrique plus puissant et fixe (Marque HANS GRASSL, modèle de type « Héron » ou « EFKO »).



Figure 7 : Matériel utilisé pour l'échantillonnage : portatif (à gauche) et fixe (à droite) (Sources LOGRAMI).

Pour les captures, le matériel est composé de deux épousettes à cadre métallique avec le bord inférieur plat et une maille fine (2 mm), d'une petite épousette à main (« volante ») ronde ou carrée avec une maille fine également, de plusieurs seaux pour les transferts de poissons, d'un chronomètre, d'un décimètre et du matériel de biométrie. Les waders et les gants sont également indispensables pour toute personne en contact avec l'eau durant l'opération.

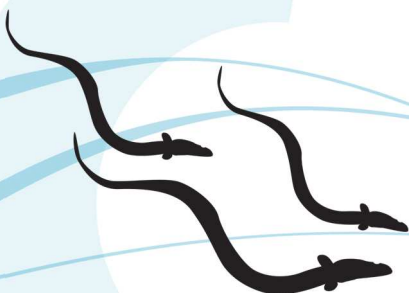




Figure 8 : Installation du générateur et signalisation du chantier électrique (Sources LOGRAMI).

Une anode électrique est utilisée pour créer un champ attractif pendant 30 secondes minimum sur chaque point d'échantillonnage. Deux opérateurs sont présents en aval du champ électrique, avec chacun une époussette fixe placée l'une à côté de l'autre en aval de l'anode dans le courant. Un porteur de seaux est chargé de recueillir les anguilles et les autres espèces pisciaires 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 décimètre pour la mesure de la profondeur moyenne de la station (une mesure tous les 5 points).



Figure 9 : Equipe d'échantillonnage utilisant le générateur fixe dans une boire de la Loire (Sources LOGRAMI).

3.2.2. Recueil des données

Durant l'échantillonnage, 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 d'échantillonnage, 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 échantillonnage. Les autres espèces sont déterminées et comptabilisées durant l'échantillonnage 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)).

3.3. Protocole Calibration de l'indice d'abondance

3.3.1. Choix de la station d'échantillonnage

Certains critères de choix des stations pour des échantillonnages 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 d'échantillonner le cours principal. La station doit être intégralement échantillonnable 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.

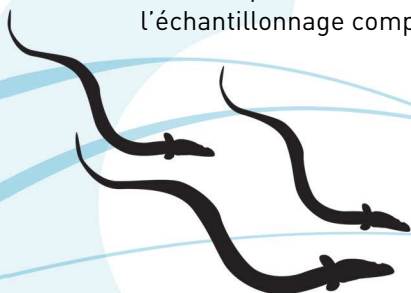
3.3.2. Principe

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

Les anguilles capturées lors de l'EPA sont conservées et comptabilisées dans le 1^{er} passage de l'échantillonnage complet.

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



La station échantillonnée doit être isolée en amont et en aval à l'aide de filets. L'échantillonnage complet (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 échantillonnages de calibration.

L'échantillonnage IAA et l'échantillonnage 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, 2016), ou bien réduire la longueur de la station et donc réduire le nombre de points échantillonnés (15 minimum) de manière à ce qu'ils ne se chevauchent pas.

3.3.3. Mode opératoire

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

A chaque passage d'échantillonnage, d'abord le passage en échantillonnage par EPA puis les différents passages successifs en échantillonnage complet, 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 d'échantillonnage. Chaque passage doit faire l'objet d'une biométrie bien distincte des autres passages.

Dans chacune des stations d'échantillonnage 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)).



Figure 11 : Installation pour la biométrie des anguilles (Sources LOGRAMI).

3.4. Analyses statistiques des données d'échantillonnage

3.4.1. Abondance et biométrie des anguilles

3.4.1.1 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. 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).

3.4.1.2 Indice d'Abondance

Pour chaque station prospectée en 2019, le nombre d'anguilles capturées à une même unité d'effort d'échantillonnage (point de d'échantillonnage). L'Indice d'Abondance Anguille (IAA) correspond au nombre d'anguilles mesurées sur une station divisé par le nombre de points d'échantillonnage 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 d'échantillonnage à savoir l'année d'échantillonnage, la distance à la mer ou encore le bassin versant.

3.4.1.3 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 :

$cpue \text{ par classe de taille} \sim \text{année} + \text{bassin} + \text{dmer} + \text{année} * \text{bassin} + \text{dmer} * \text{bassin} + \text{année} * \text{dmer}$.

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 différent 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, nous retrouvons 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.

3.4.2. Analyse et description du peuplement pisciaire

Il a été choisi pour la campagne de 2019 de s'intéresser à la composition du peuplement pisciaire rencontré lors des différentes opérations d'échantillonnage, 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 pisciaire va également être analysée d'une manière spécifique de façon à illustrer son importance et sa concomitance avec d'autres espèces pisciaires.



La présence de l'Anguille au sein du peuplement pisciaire échantillonné peut d'abord être analysée par l'évolution de sa part au sein des captures entre chaque campagne d'échantillonnage. Pour cela, il va falloir établir le rapport entre le nombre de captures d'Anguilles à chaque campagne et le nombre total de captures de l'ensemble des espèces (Anguilles comprises) 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 pisciaires.

Nous nous intéresserons également aux interactions existantes entre l'Anguille et les différentes espèces échantillonnées, en calculant la fréquence d'occurrence de chaque espèce par opération et la fréquence de co-occurrence de cette espèce avec l'Anguille.

3.4.3. 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 $D_{0,5}$, 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). Cette distance est définie comme le « 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, nous utilisons un modèle de régression logistique dont l'équation est la suivante :

$$\text{Présence (classe de taille)} \sim \text{bassin} + \text{année} + \text{distance mer} + \text{bassin*année} + \text{bassin*distance mer} + \text{distance mer*année}$$

3.4.4. Calcul du coefficient de calibration

Le coefficient reliant les IA ANG et les densités obtenues pour les échantillonnages complets anguille s'écrit :

$$\text{Densité} = n \times \text{nb anguilles par point.}$$

Le calcul du coefficient de calibration a donc pour but de trouver ce n permettant d'établir la relation entre le résultat d'un échantillonnage par EPA et le résultat d'un échantillonnage complet. Cette relation de calibration est estimée par régression linéaire entre l'IAA et la densité estimée par l'échantillonnage complet 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.

4. Résultats à l'échelle du bassin Loire

4.1. Conditions d'échantillonnage

4.1.1. Hydrologie

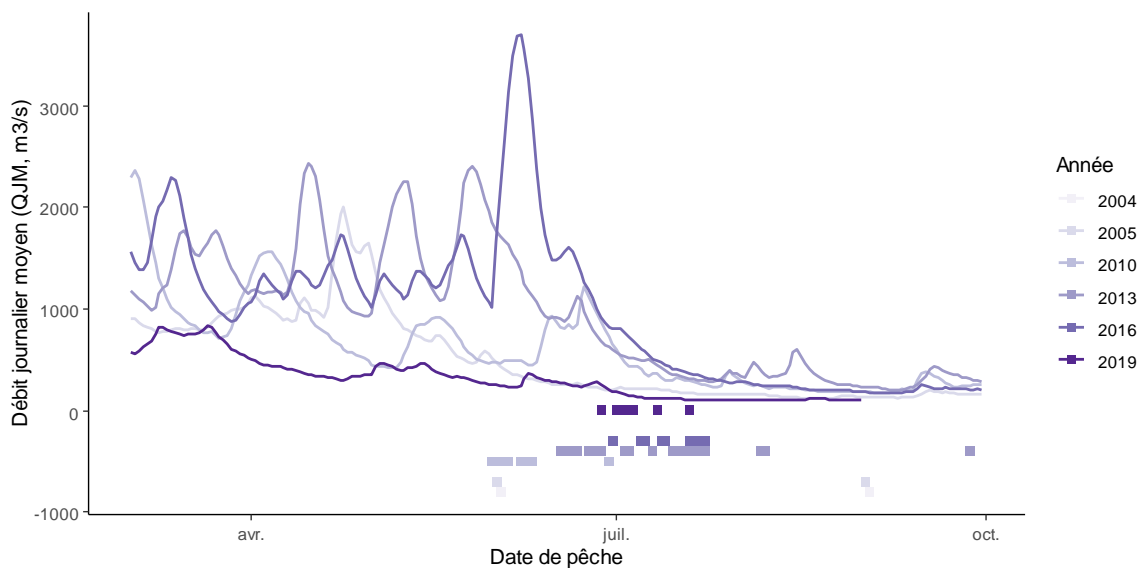


Figure 12 Débits de la Loire à Montjean-sur-Loire et pêches réalisées sur l'axe Loire. Données SANDRE, Univ. Rennes 1, Logrami

Les échantillonnages de la campagne 2016 avaient été décalés 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 à ceux mesurés durant les campagnes de 2016 et 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 13 : Echantillonnage d'un bras secondaire de la Loire en situation d'étiage, en Maine-et-Loire (Sources LOGRAMI).

En 2016, la violence de la décrue avait souvent ramené les hauteurs d'eau en-dessous des niveaux observés en 2013, lorsque les opérations d'échantillonnage avaient finalement pu être réalisées. La profondeur moyenne des stations échantillonnées 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 échantillonnées en 2019, bien que très inférieure à la valeur de 2013, reste néanmoins relativement proche de celle de 2016.

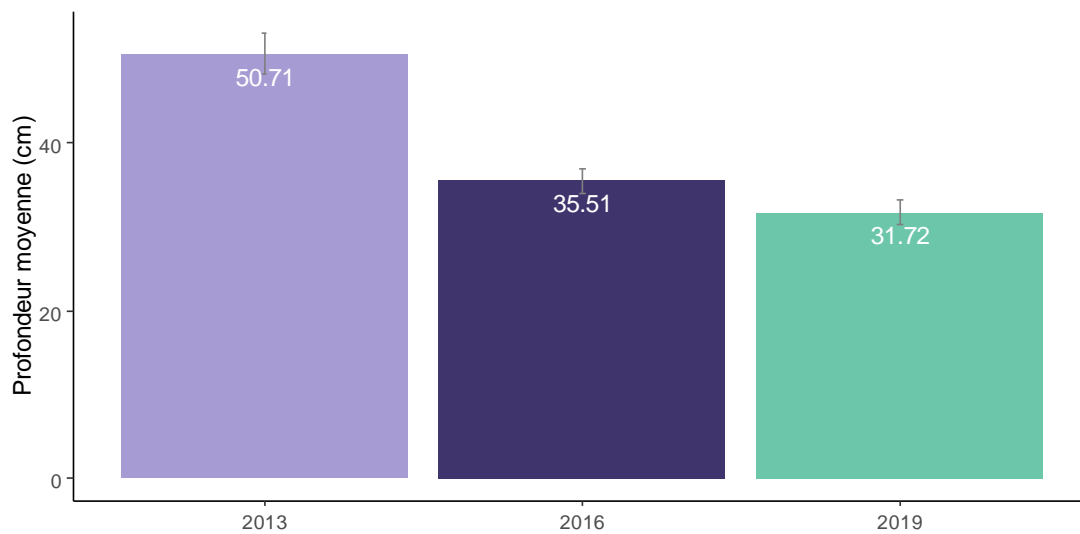


Figure 14 Comparaison des profondeurs moyennes 2013-2019 (Sources LOGRAMI).

4.1.2. Faciès prospectés

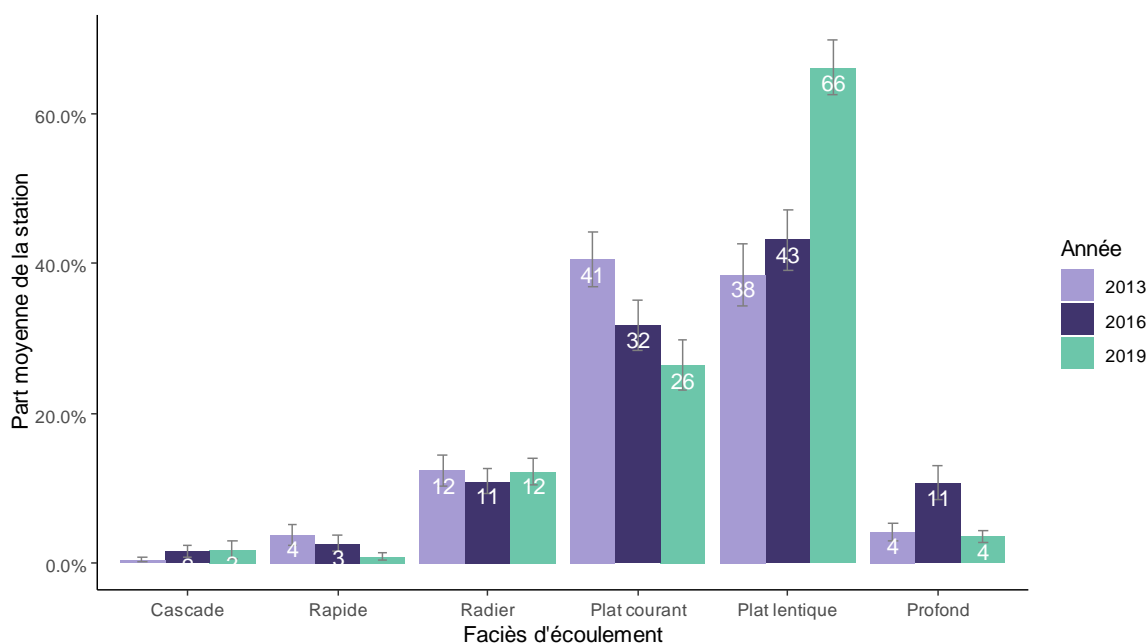


Figure 15 Pourcentages d'occurrence des faciès prospectés (Sources LOGRAMI).

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 lenticques augmente de 37 points, soit ici quasiment du double.

4.1.3. Substrats prospectés

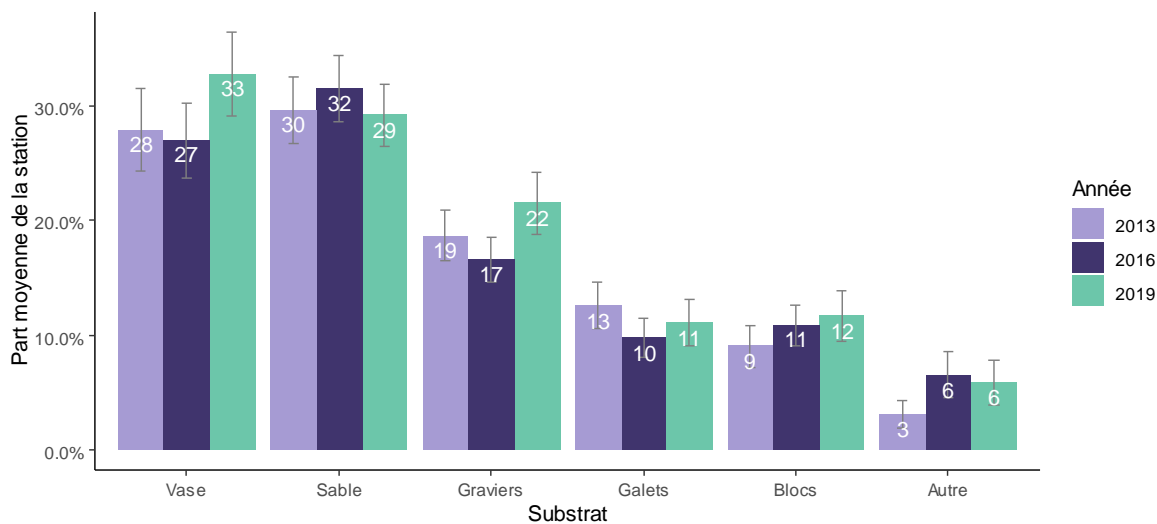


Figure 16 Pourcentages d'occurrence des substrats prospectés (Sources LOGRAMI).

Les stations échantillonnées 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 rapport à 2016).

4.2. Abondances et Classe de tailles

4.2.1. Effectifs d'anguilles à l'échelle du Bassin Loire

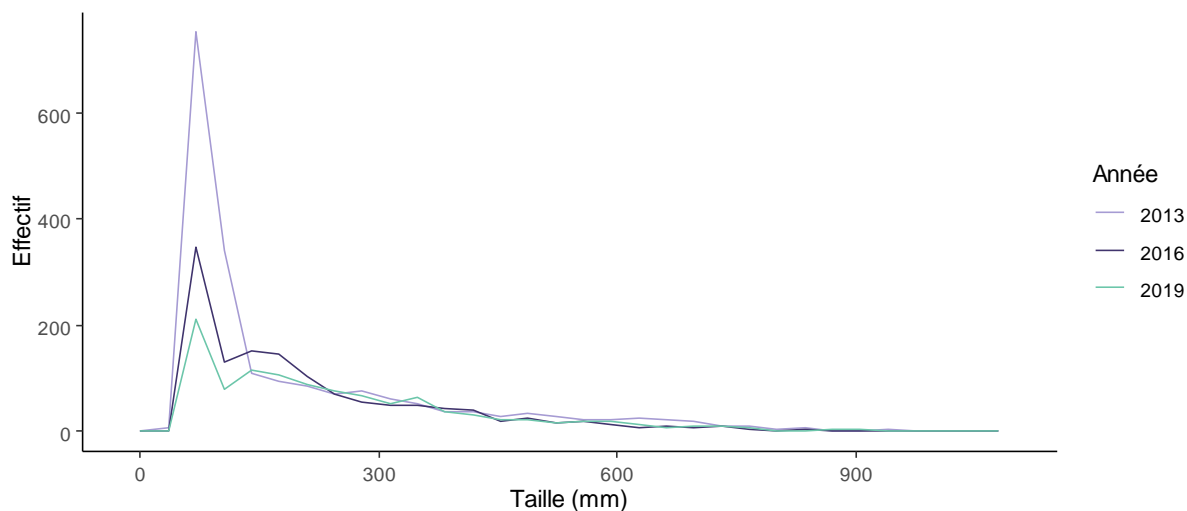


Figure 17 Distribution des tailles (Sources LOGRAMI).

Le pic de capture d'anguilles de moins de 150 mm 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.

4.2.2. Indices d'abondance

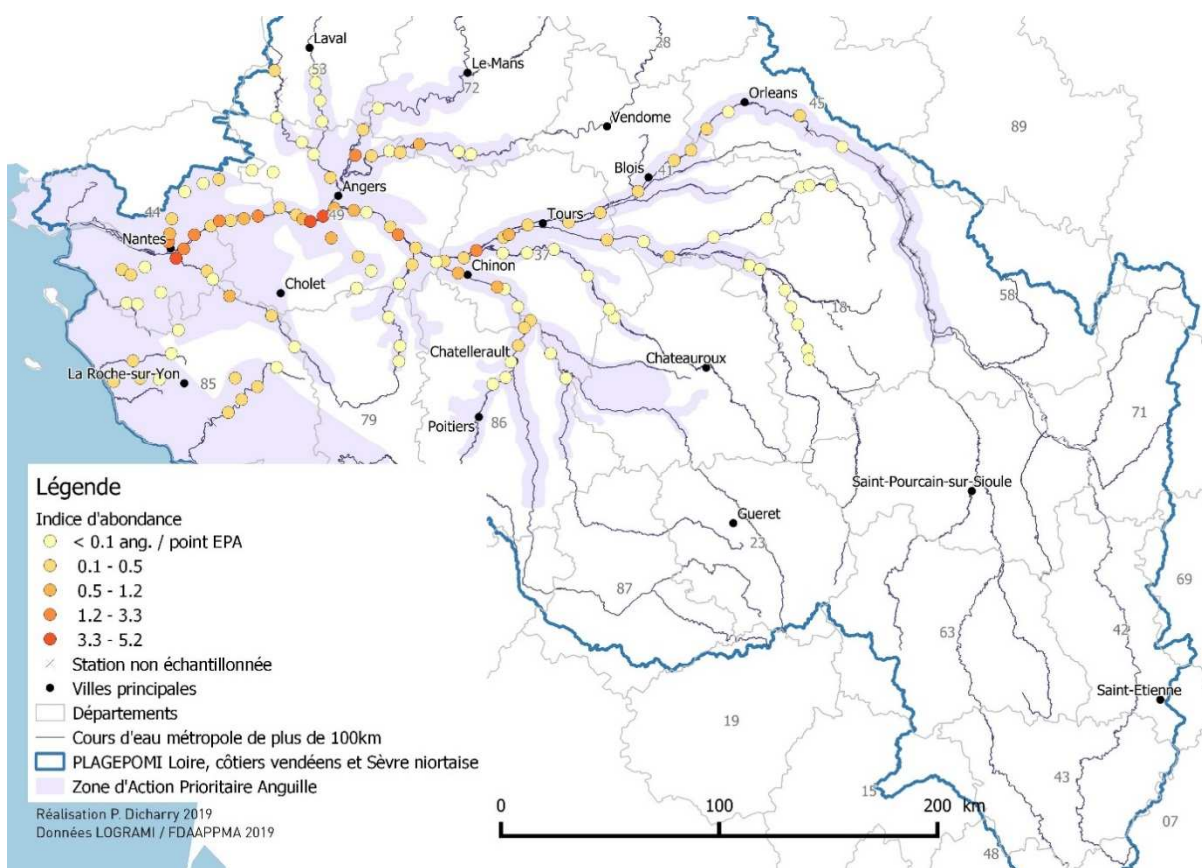


Figure 18 Distribution géographique des indices d'abondance (Sources LOGRAMI).

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.

4.3. 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 :

$$cpue_sup450 \sim \text{année} + \text{bassin} + \text{dmer} + \text{année} * \text{bassin} + \text{dmer} * \text{bassin} + \text{année} * \text{dmer}.$$

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

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



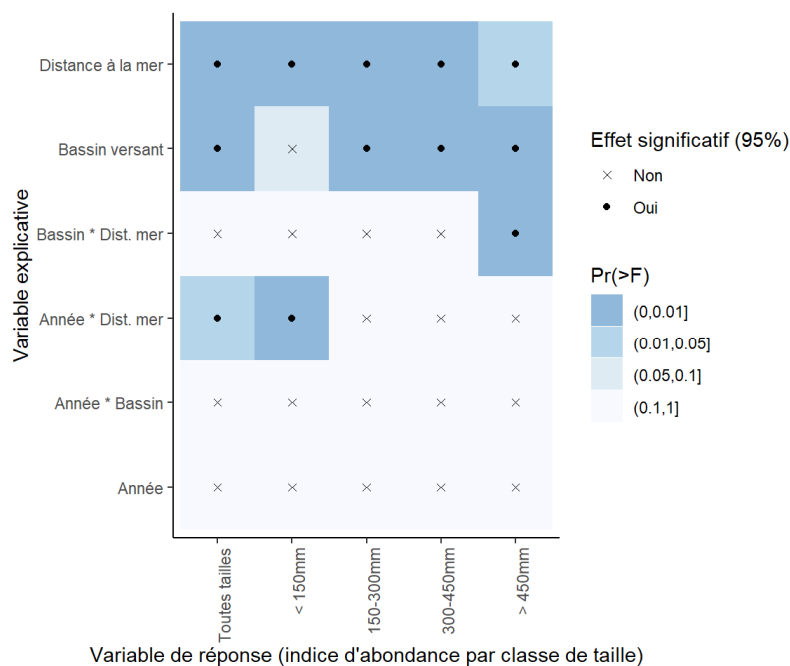


Figure 19 Significativité des effets des variables pour l'abondance de chaque classe de taille (Sources LOGRAMI).

4.3.1. Distance de la station à la mer

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 200 km de la mer au cours des échantillonnages de 2019. Ce pourcentage est supérieur (92%) en 2013.

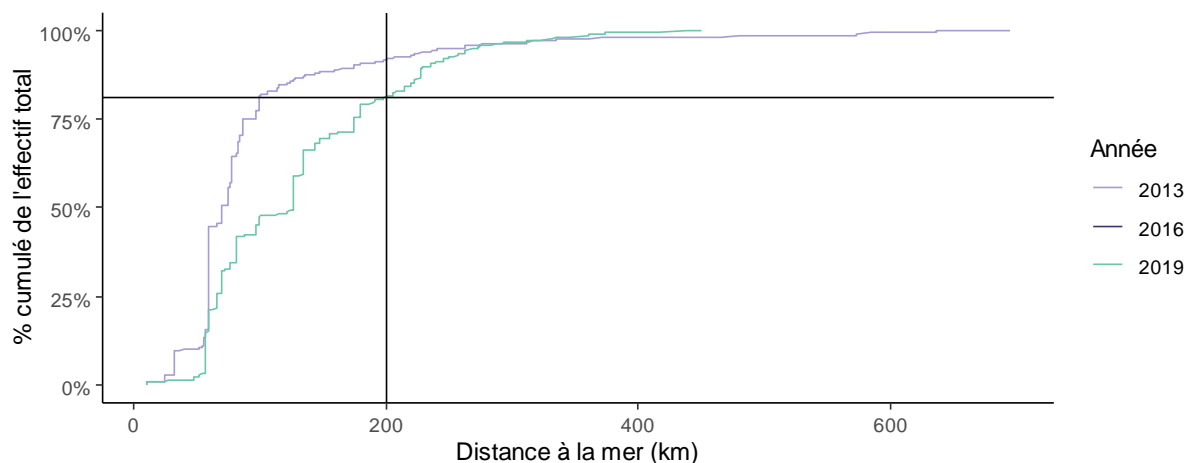


Figure 20 Effectif cumulé des anguilles observées en fonction de la distance à la mer (Sources LOGRAMI).

4.3.2. Années d'échantillonnage

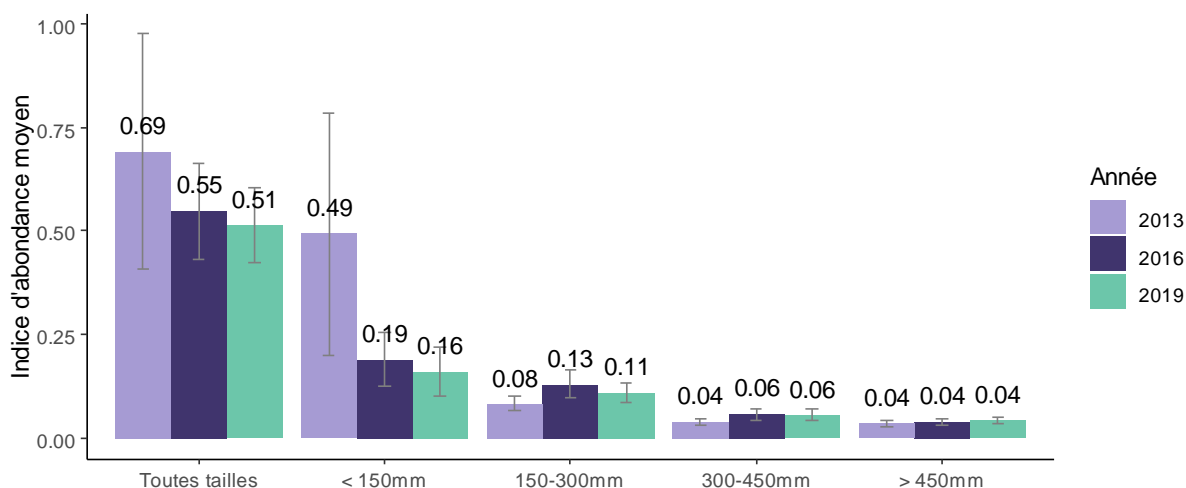


Figure 21 Comparaison des indices d'abondance 2013-2016-2019 par classe de tailles (Sources LOGRAMI).

Il y a au total 104 stations communes entre les campagnes d'échantillonnage 2016 et 2019, soit 312 opérations au total. 1382 anguilles ont été observées au cours des opérations d'échantillonnage de la campagne 2019, soit en moyenne **0,51 anguilles par point d'échantillonnage** (+/- 0,92). En 2016 sur ces mêmes stations 1487 anguilles avaient été observées, soit en moyenne 0,55 anguilles par point d'échantillonnage (+/- 1,18)

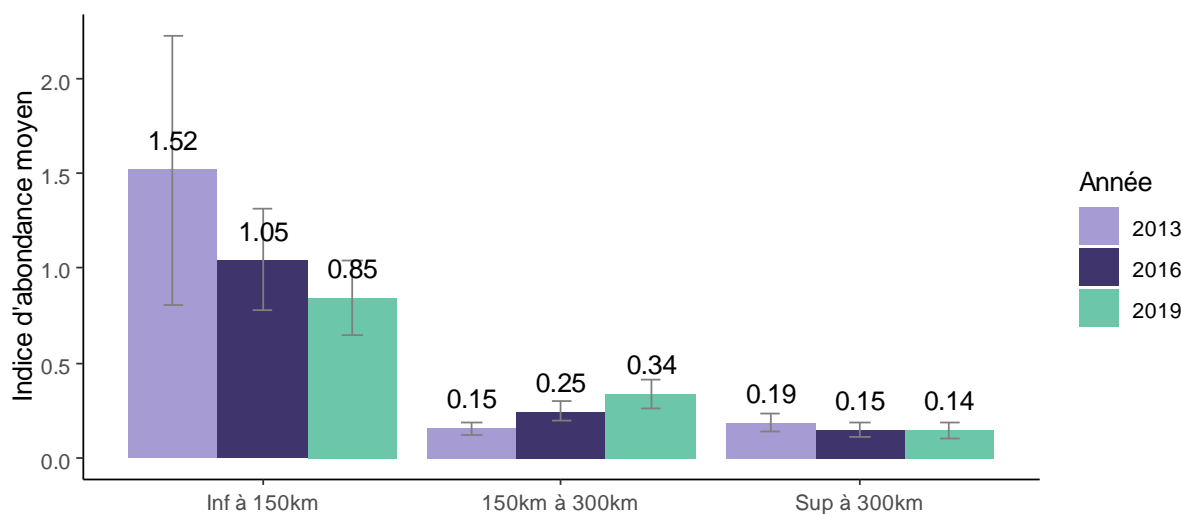
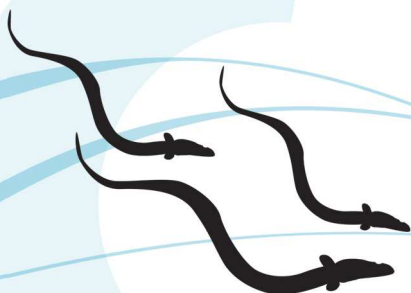


Figure 22 Comparaison des indices d'abondance 2013-2016-2019 par distance à la mer (Sources LOGRAMI).

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.



4.3.3. Bassins versants

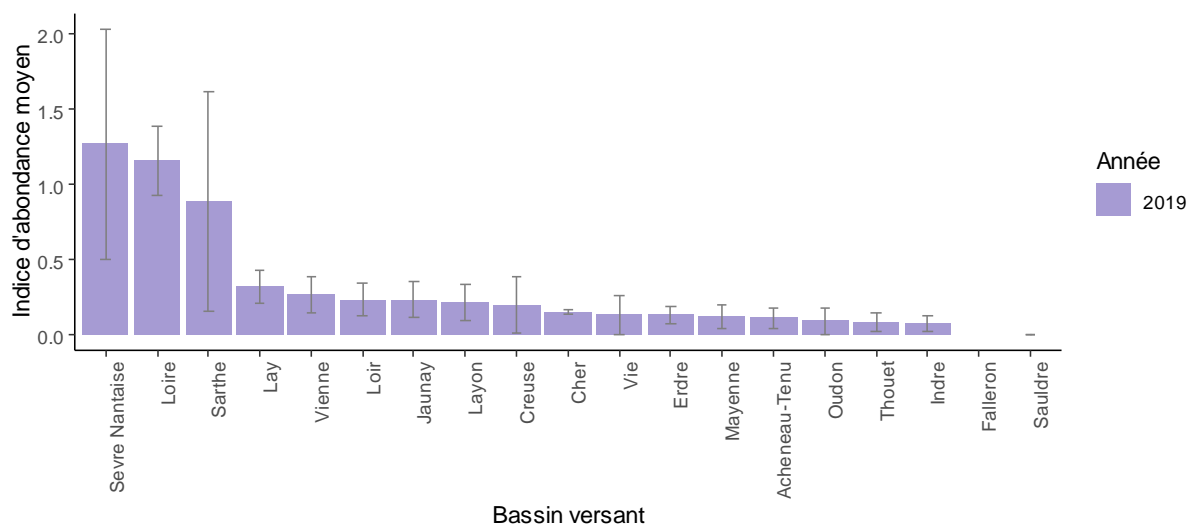


Figure 23 Comparaison des indices d'abondance 2019 par bassin versant (Sources LOGRAMI).

Les abondances des anguilles de plus de 150 mm sont significativement différentes en fonction de l'axe de migration où se situe la station d'échantillonnage. 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 d'échantillonnage. 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. Nous retrouvons ensuite la Sarthe qui se détache également du reste des bassins avec un peu moins d'une anguille capturée par point d'échantillonnage. L'ensemble des autres bassins versants accueillent des abondances d'anguilles inférieures à 0,5 anguille par point d'échantillonnage.

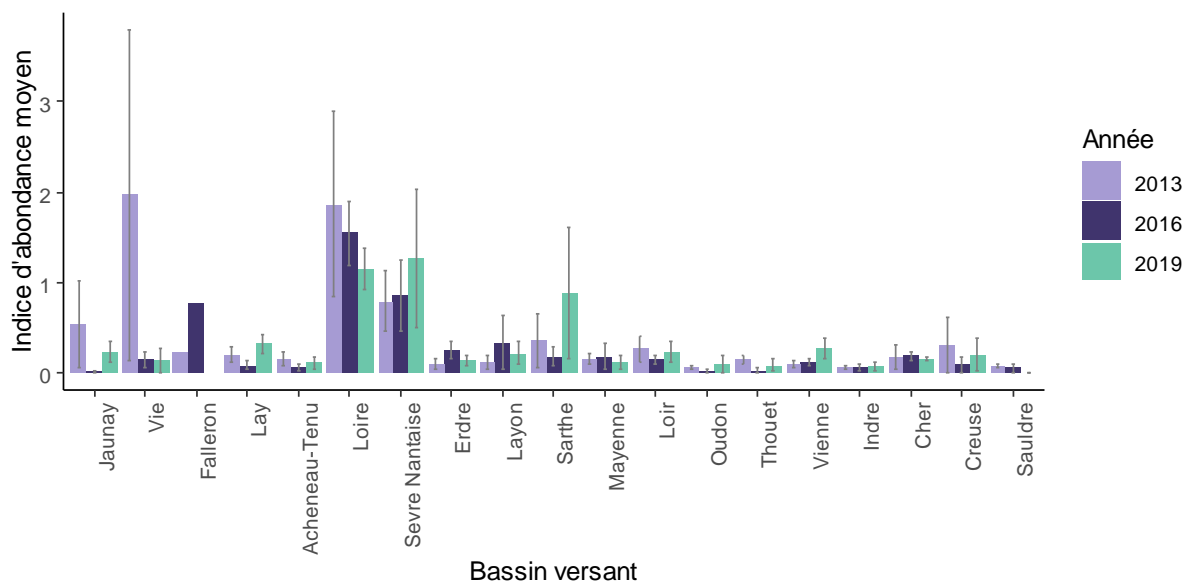


Figure 24 Comparaison des indices d'abondance 2013-2019 par bassin versant (Sources LOGRAMI).

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 constatée 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.

4.4. 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 300 mm est un indicateur de l'efficacité de leur colonisation et de l'accessibilité du cours d'eau.

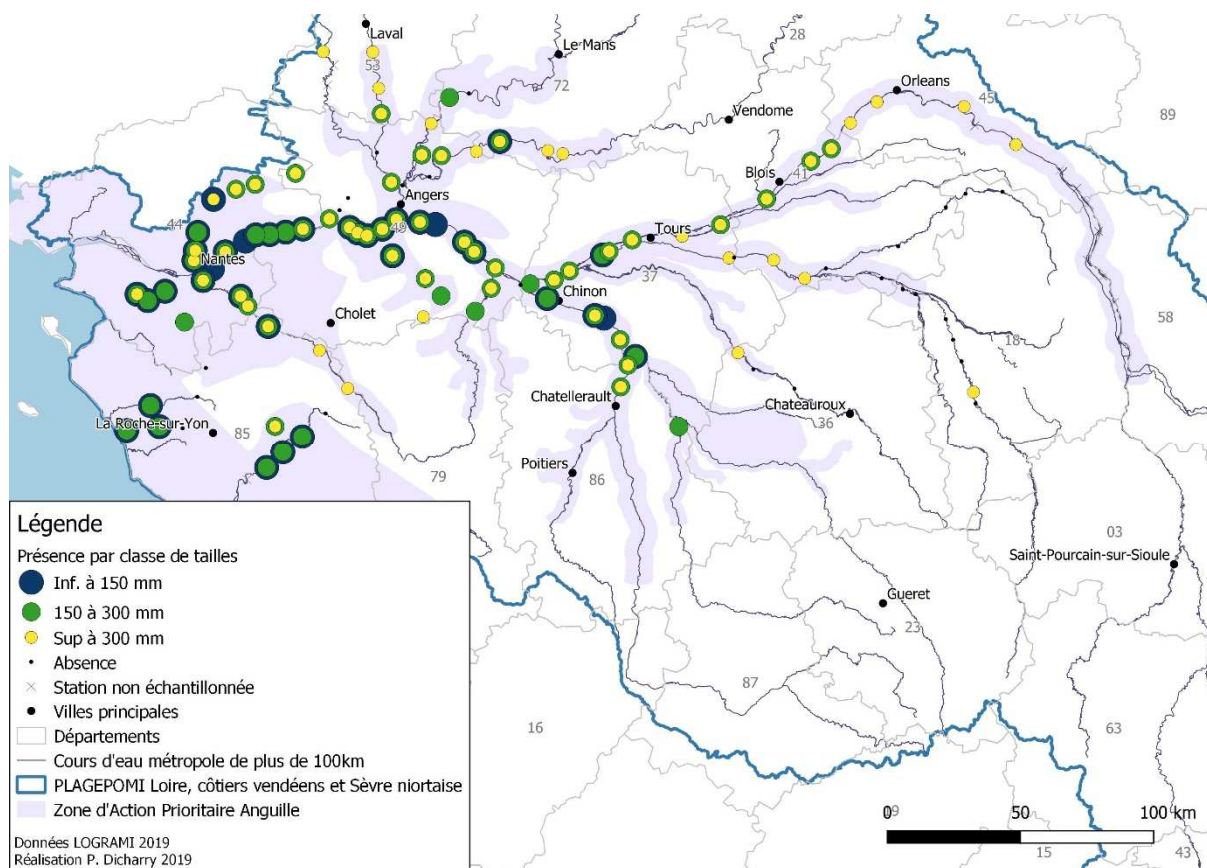


Figure 25 Carte de répartition des tailles d'anguilles en 2019 (Sources LOGRAMI).

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

4.5. Front de colonisation

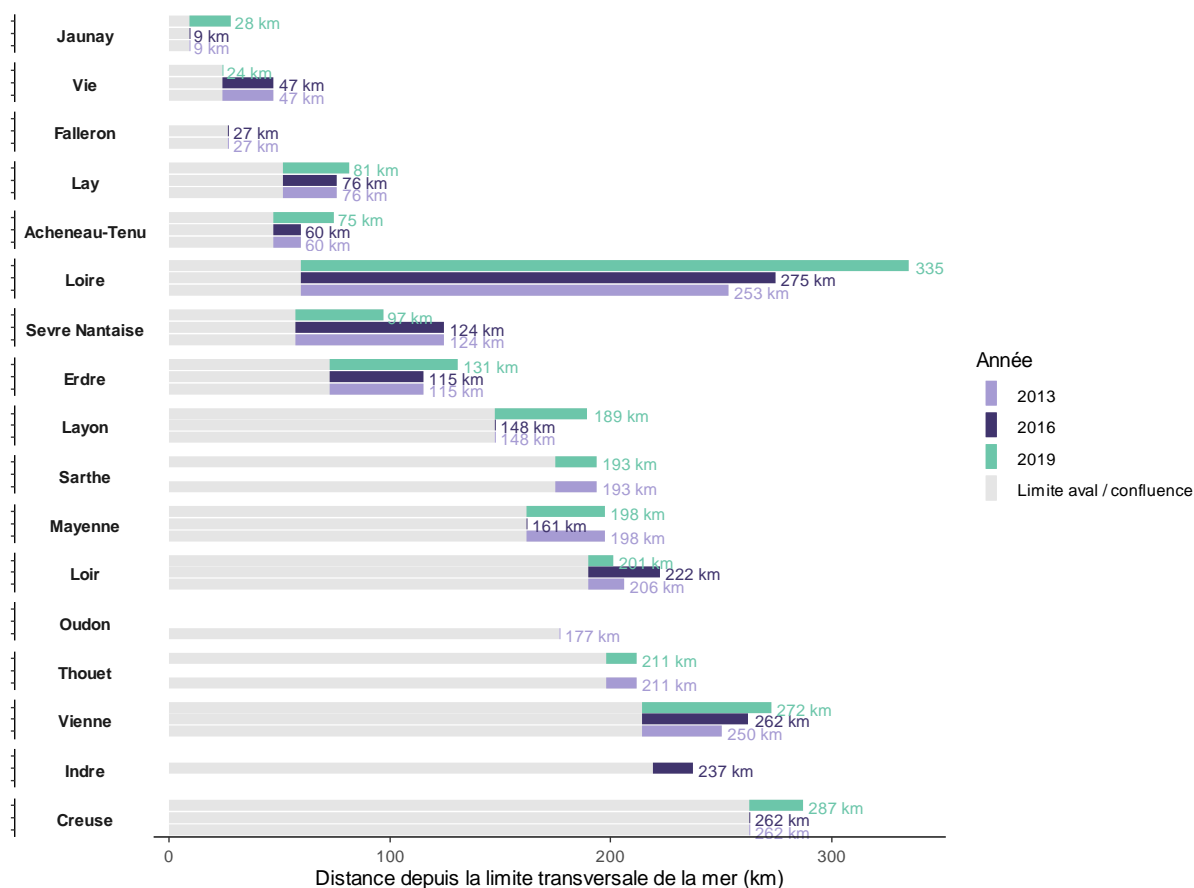


Figure 26 Distance du front de colonisation ($D_{0,5}$) depuis la limite transversale de la mer (km) (Sources LOGRAMI).

En 2013, le front de colonisation ($D_{0,5}$) 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 $D_{0,5}$ 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 D_{50} . 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 les bassins dont le recrutement 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.

4.6. Peuplement pisciaire

4.6.1. Captures totales

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

Tableau 1 Récapitulatif des captures 2013-2019 (Sources LOGRAMI).

Année	Nombre de stations échantillonnées	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 échantillonnés en 2013 à 9 014 en 2019, soit une diminution de 53,8 %, sur l'ensemble des stations communes entre les campagnes. Mais il faut noter également que le nombre d'opérations entre 2013 et 2019 a également diminué, passant de 147 opérations d'échantillonnages en 2013 à 126 en 2019 soit une diminution de 14,3 %. Le nombre de poissons capturés par campagne est donc rapporté en proportion du nombre de stations échantillonnées 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 échantillonnage, soit une diminution globale de 46 % entre la campagne de 2013 et celle de 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. (Sources LOGRAMI).

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 %

Les 8 espèces pisciaires qui ont été les plus capturées durant la campagne 2019 sont : 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 %).

4.6.2. Occurrence 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 d'échantillonnages, pour identifier les espèces les plus fréquemment observées par échantillonnage lors de la campagne 2019. Nous remarquons 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 échantillonnée dans 9 stations sur 10 de la campagne 2019, ce qui semble logique dans le cas d'une campagne d'échantillonnage axée spécifiquement sur l'aval des axes de migration de l'anguille.

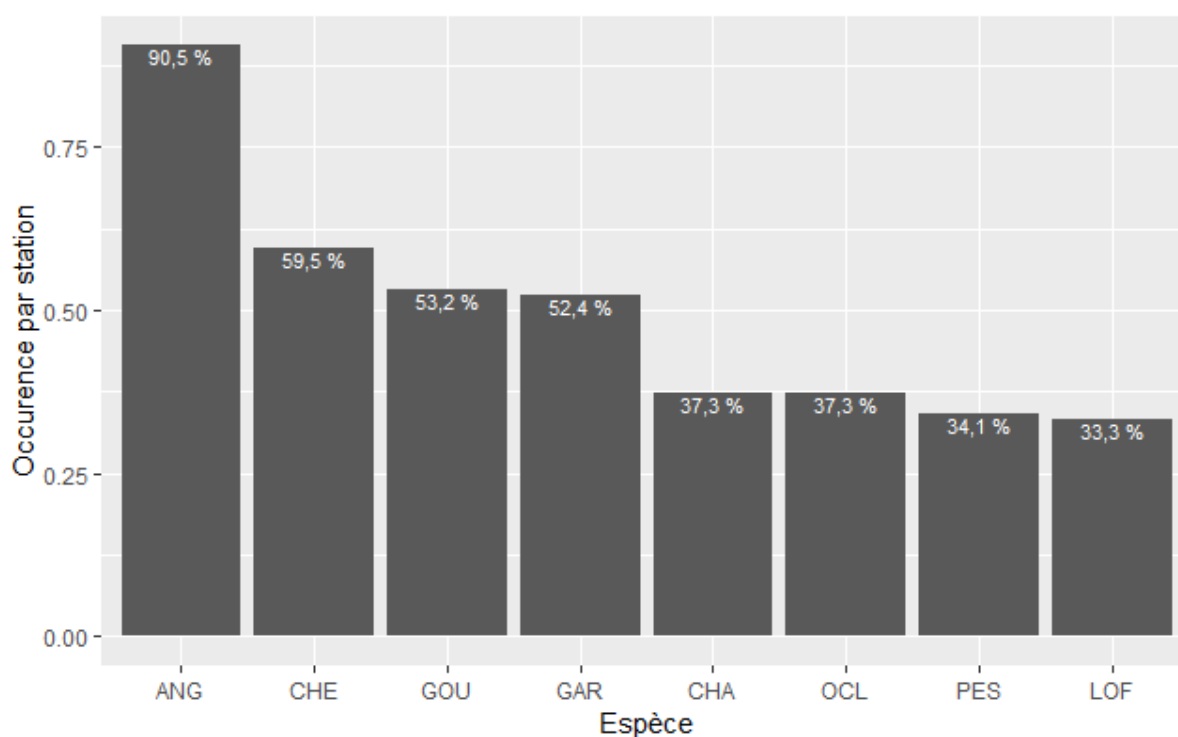


Figure 27 Occurrence des espèces par station en 2019 (Sources LOGRAMI).

4.6.3. 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 pisciaires les plus échantillonnées 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%).

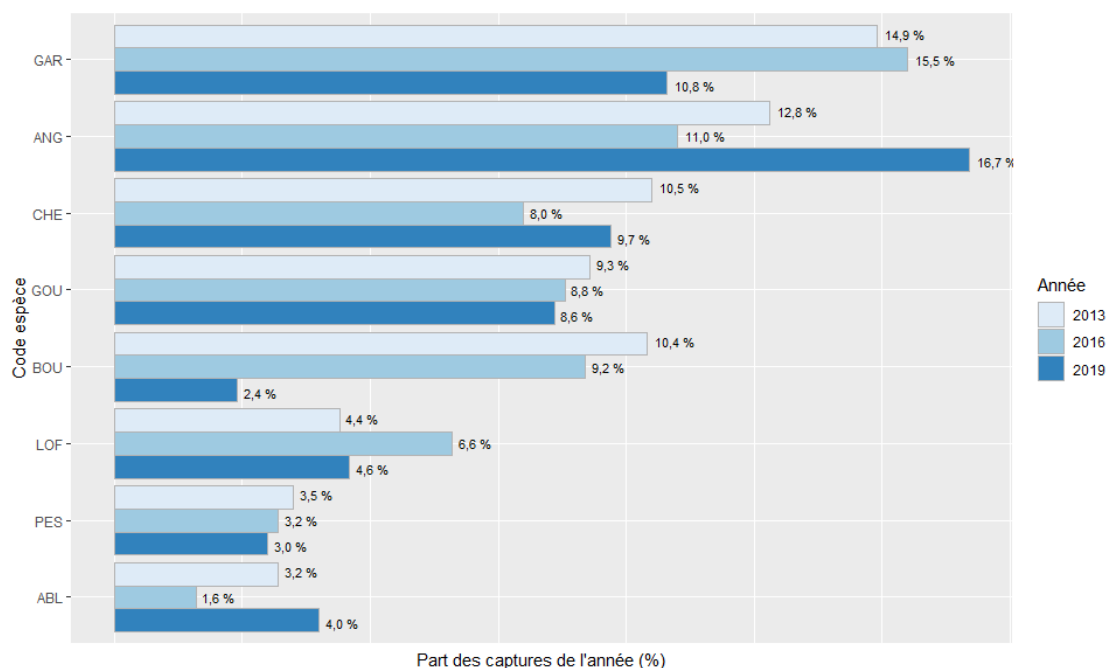


Figure 28 Evolution de l'abondance relative des espèces dans les captures entre 2013 et 2019 (Sources LOGRAMI).

L'anguille est l'espèce dont la part au sein des échantillonnages a le plus augmentée entre 2013 et 2019, passant de 12,8% en 2013 à 16,7% en 2019 soit une augmentation de 3,9 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. Nous pouvons noter également que la part de la Bouvière s'est complètement effondrée passant de 10,4% en 2013 à seulement 2,4% en 2019. La part du gardon dans les échantillonnages a également connu une diminution importante passant de plus de 14,9% en 2013 et 2016 (espèce la plus capturée lors de ces 2 campagnes) à 10,8% en 2019.

4.6.4. Evolution de la richesse spécifique entre 2013 et 2019

Durant la campagne d'échantillonnage de 2019, 47 espèces pisciaires 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 pisciaire peut également se faire à l'échelle des différents bassins qui ont fait l'objet d'échantillonnages scientifiques entre 2013 et 2019.



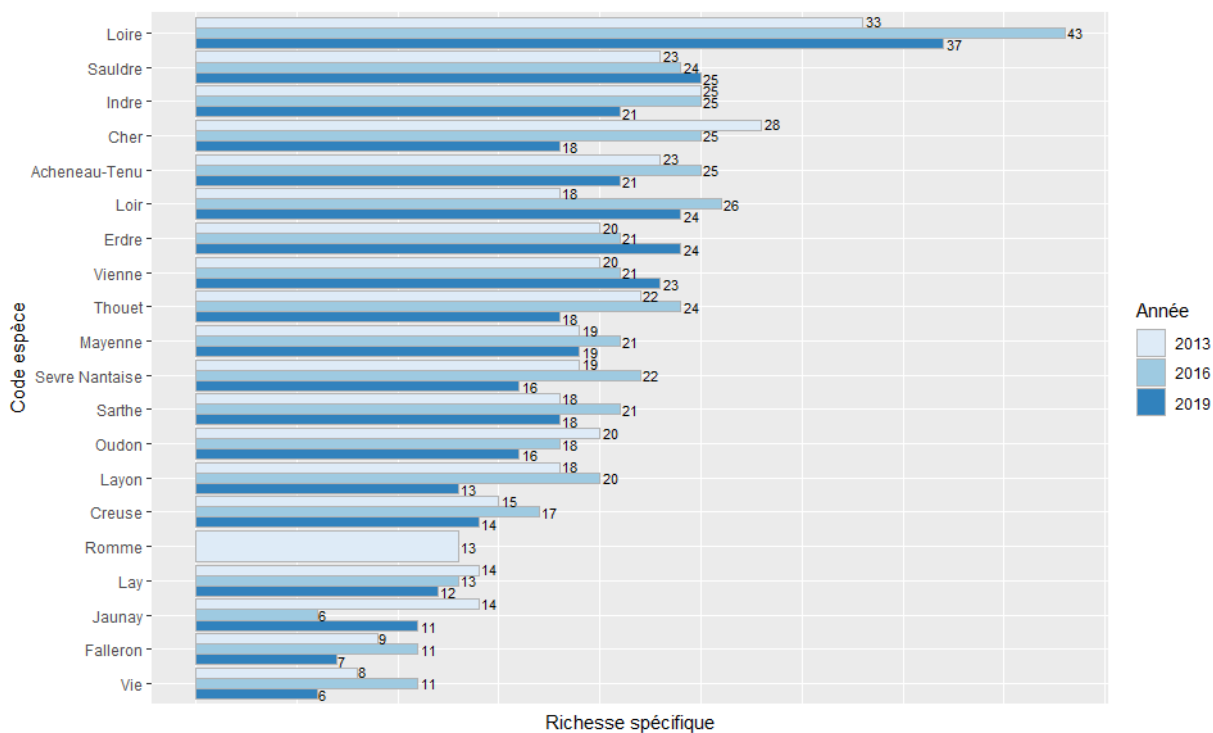


Figure 29 Evolution de la richesse spécifique par bassin entre 2013 et 2019 (Sources LOGRAMI).

Par exemple, nous constatons rapidement que le bassin présentant la plus grande richesse spécifique pisciaire est l'axe Loire avec 33 espèces différentes capturées en 2013, puis 44 en 2016 et enfin 37 en 2019. Si la richesse spécifique pisciaire 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 échantillonnés en 2013, 2016 et 2019, nous remarquons que 5 bassins présentent une richesse spécifique pisciaire 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 pisciaires 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 pisciaires 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).

4.6.5. Part de l'anguille au sein des échantillonnages

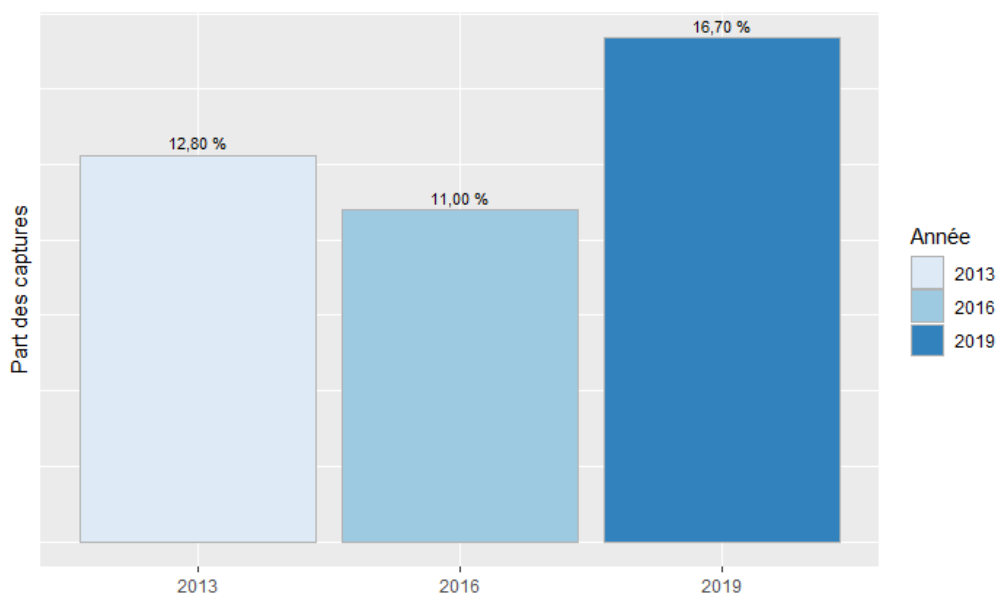


Figure 30 Evolution de la part de l'anguille au sein des captures (Sources LOGRAMI).

La part de l'anguille au sein des échantillonnages 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 échantillonnées 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).



4.6.6. L'anguille au sein du peuplement pisciaire

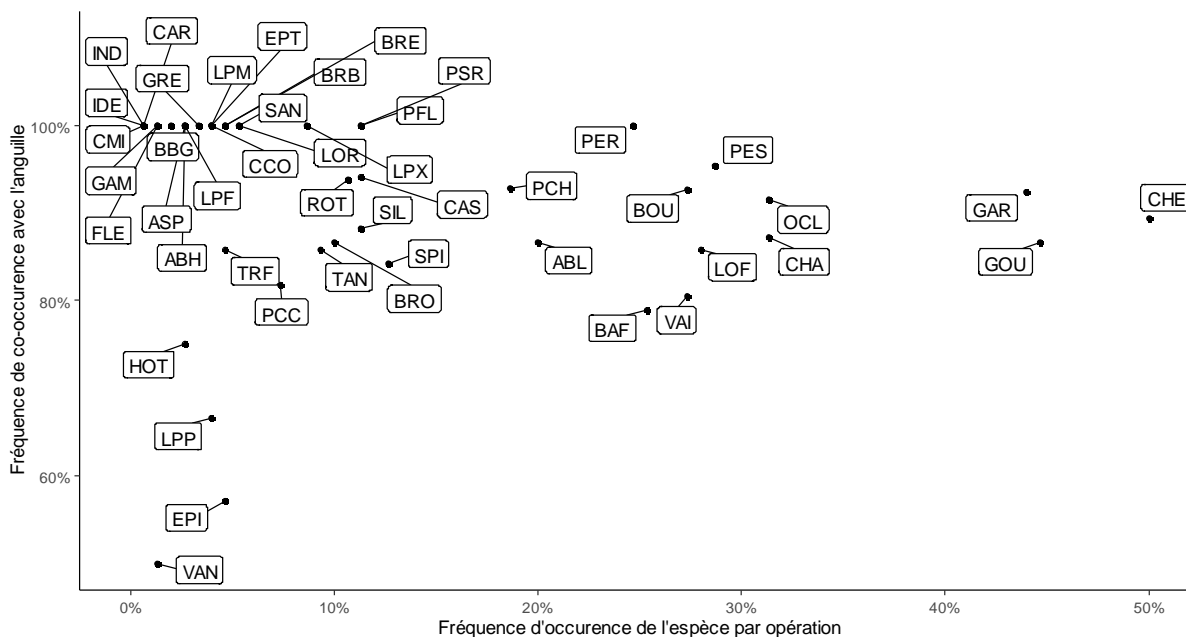


Figure 31 Co-occurrence de l'anguille avec les autres espèces (Sources LOGRAMI).

Le graphique ci-dessus présente la co-occurrence de l'anguille avec les autres espèces pisciaires capturées lors des campagnes d'échantillonnages, notamment en fonction de l'occurrence de ces autres espèces au sein des opérations d'échantillonnages. Il distingue les espèces dont l'échantillonnage est plus ou moins rare durant les opérations (axe horizontal), les espèces dont l'échantillonnage coïncide plus ou moins souvent avec des captures d'anguilles (axe vertical).

Nous pouvons 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 d'échantillonnages et qui dans moins de 60% des cas ont été échantillonnés 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 d'échantillonnage et qui de ce fait sont très fréquemment échantillonnés en même temps que des anguilles.

Enfin, le troisième groupe concerne les espèces dont l'échantillonnage coïncide dans 100% des cas avec des captures d'anguilles. Certaines espèces dont l'échantillonnage est plutôt rare comme l'Aspe, l'Idé, la Gremille, la Carpe commune, le Carassin, le Flet, la Lamproie de rivière, le Sandre ou encore le Black-bass, et d'autres espèces dont l'échantillonnage est plus fréquente comme le Pseudorasbora et la Perche commune.

4.7. Calibration IAA/Densités

Afin de multiplier les couples de données IAA / Densités, deux échantillonnages de calibration ont été réalisés sur la station du Cens, à partir du linéaire prospecté par échantillonnage ponctuel d'abondance (EPA). Les deux passages d'échantillonnage complet 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 l'échantillonnage 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)

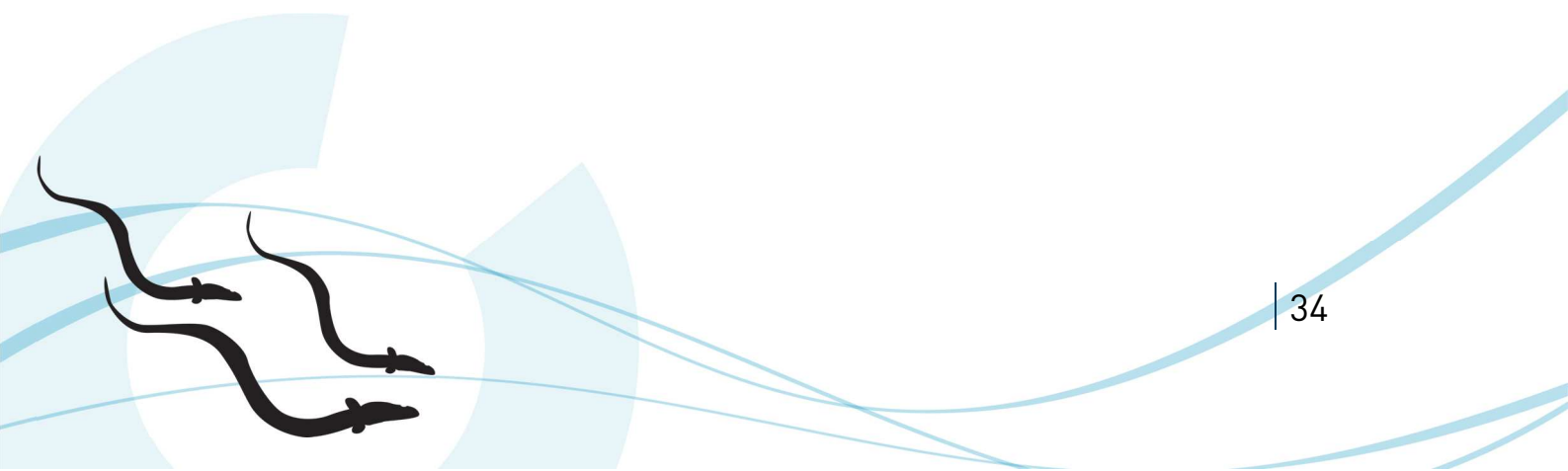
Station	Points EPA	Classe de Tailles	Captures par EPA	Captures au 1er passage	2nd passage	Surface prospectée (m ²)
Cens	01-15	Inf. 300 mm	4	12	17	226.1
Cens	01-15	Sup. 300 mm	1	3	1	226.1
Cens	01-15	Toutes	5	15	18	226.1
Cens	16-30	Inf. 300 mm	32	118	58	143.1
Cens	16-30	Sup. 300 mm	0	2	0	143.1
Cens	16-30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

Tableau 4 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 d'échantillonnage	Effectif total	Densité (/100m ²)
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 /100m² sur le Cens et de 1 anguille /100m² sur le Gesvres. En rapportant ces densités aux indices d'abondances mesurés par l'échantillonnage par EPA, la relation de calibration est obtenue par régression linéaire (Figure 32). Nous obtenons alors la relation de calibration suivante :

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



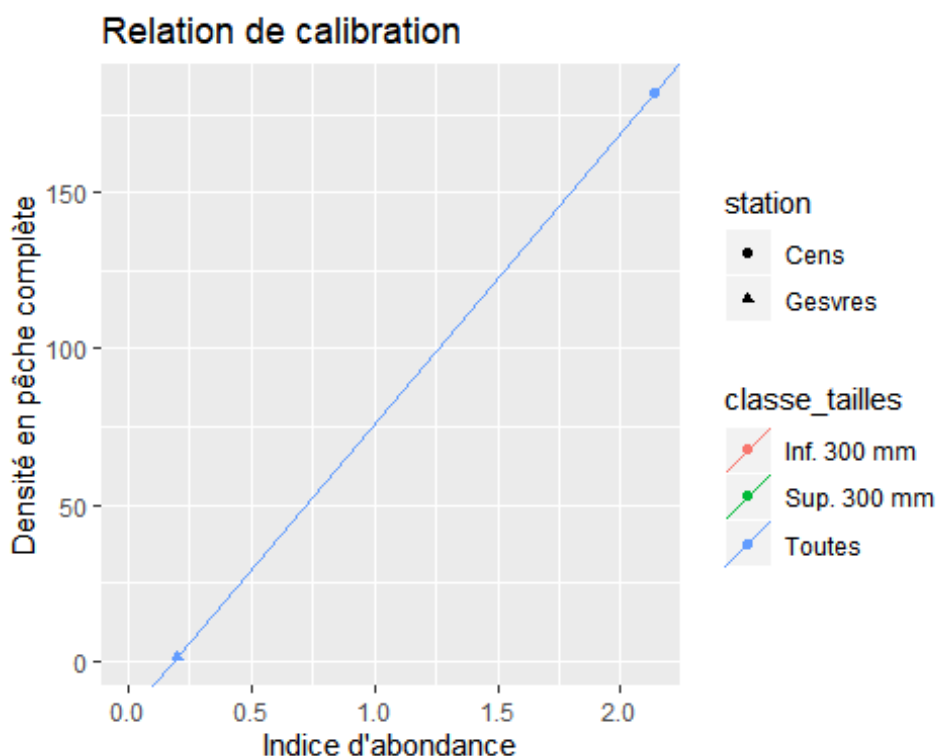


Figure 32 Régression linéaire entre les IAA et les densités estimées pendant les pêches de calibration sur le Cens et le Gesvres.

4.8. Influence des alevinages de civelles

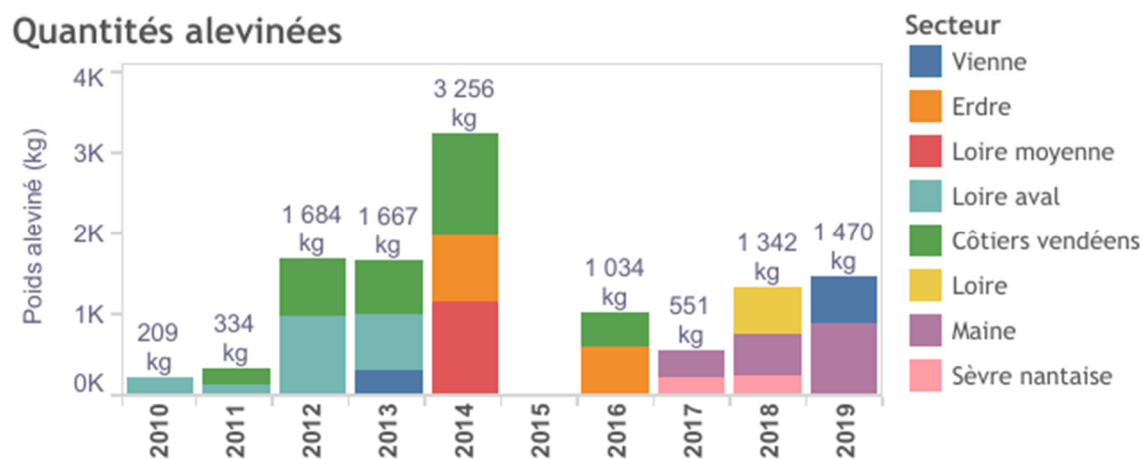


Figure 33 Campagnes d'alevinages sur l'UGA Loire 2010-2019 (Source : Logrami)

Entre la campagne d'échantillonnage 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 33). 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 (883 kg déversés) et une deuxième sur la Creuse (587 kg déversés), quelques kilomètres en amont de la confluence avec la Vienne (Figure 34).

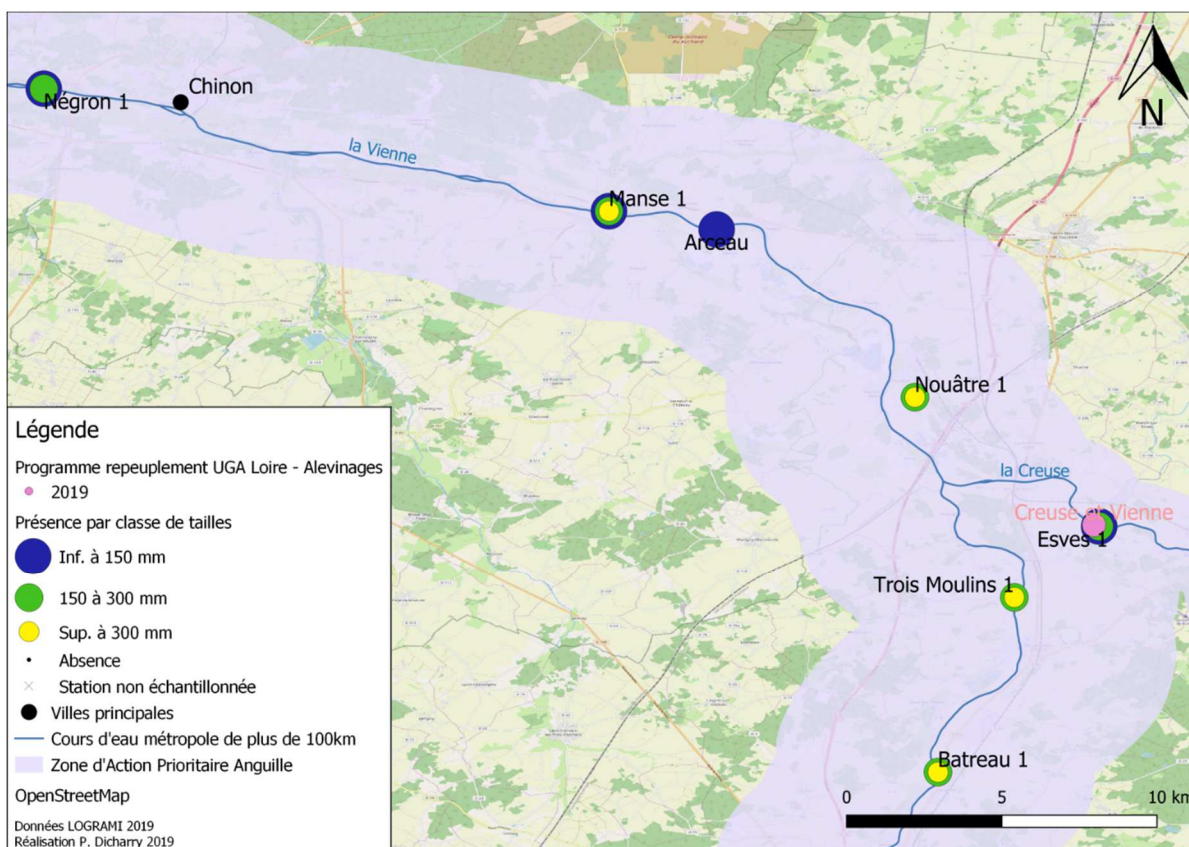
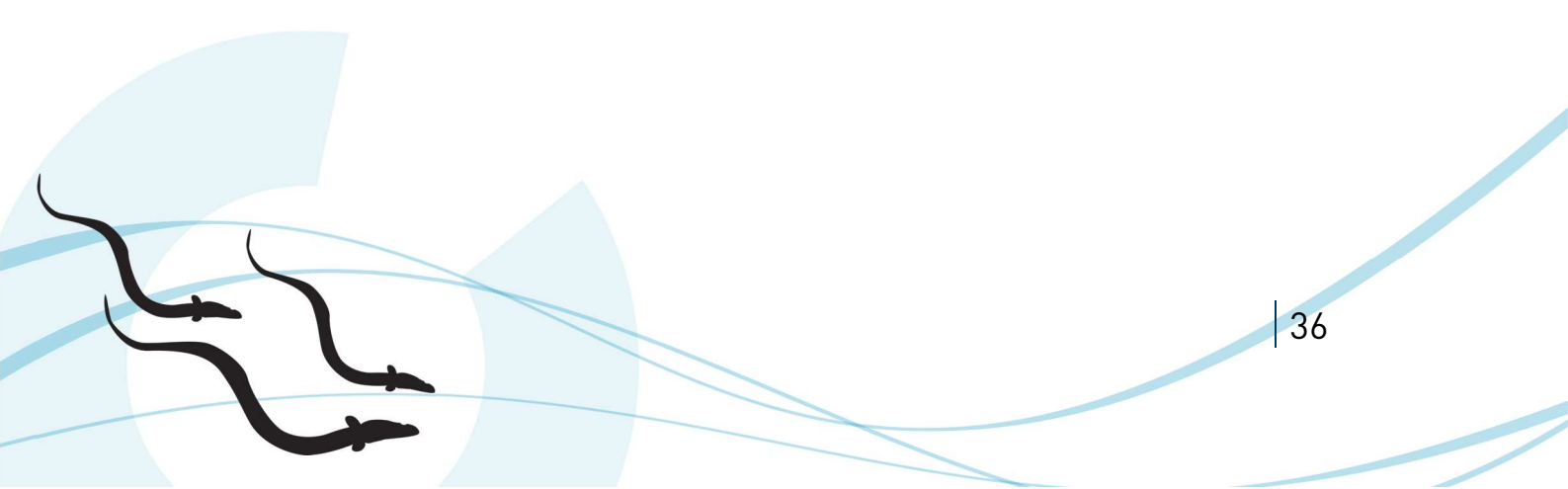


Figure 34 Alevinage Creuse&Vienne et Classe de tailles 2019 (Sources LOGRAMI).

En 2019, dans la zone et en aval de l'alevinage qui a été effectué en mars sur la Creuse, nous répertorions 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, l'échantillonnage 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.



5. Discussion

5.1. Conditions d'échantillonnages

D'une campagne d'échantillonnage à une autre, les conditions d'échantillonnages peuvent évoluer de manière significative et donc avoir de véritables répercussions sur leurs résultats. 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, aux dires des riverains et des propriétaires rencontrés durant les prospections, une déconnexion plus fréquente des annexes hydrauliques que pour les campagnes précédentes et donc la réduction du nombre de captures d'espèces pisciaires, 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 d'échantillonnage. **Dans les 2 cas, la présence d'espèces pisciaires 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 pisciaires en berge.

Figure 35 : Prospection de la berge d'un bras de Loire colonisé par la Jussie (Sources LOGRAMI).



5.2. Répartition et abondance des anguilles

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 recrutement fluvial conséquent de 2013 ne semble pas s'être renouvelé depuis.

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 diminuaient 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, Feunteun, et al., 2003). **En 2013, l'indice d'abondance était significativement 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 renouvellement conséquent 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.

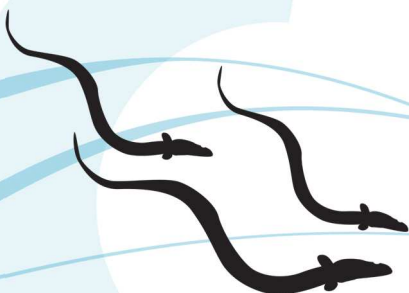




Figure 36 : Deux jeunes anguilles au stade de colonisation du bassin versant (anguillettes) (Sources LOGRAMI).

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, nous nous rendons compte 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'hypothèse de ce constat que nous émettons, partagée par la Fédération de Pêche de Loire-Atlantique, serait 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 nous ne savons 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 et 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 de 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.



Figure 37 : Prospection d'un affluent de la Vienne à l'aide d'un générateur électrique portatif (Sources LOGRAMI).

5.3. 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 recrutement conséquent 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, 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.

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.



5.4. Peuplement pisciaire

Le bassin présentant la plus grande richesse spécifique pisciaire 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.

La place de l'anguille au sein de la population pisciaire n'a cessé d'augmenter depuis 2013, alors que dans le même temps, **le nombre de captures des autres espèces pisciaires 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 un **appauvrissement régulier des peuplements au fil des campagnes d'échantillonnages scientifiques**. Se pose donc alors le problème de la diminution progressive constatée de la population pisciaire 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 pisciaires 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 pisciaires 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 d'échantillonnages 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 pisciaire 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).

Concernant la **part de l'anguille au sein des échantillonnages**, étant donné que 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 pisciaire 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 pisciaires dans les zones de chasse qui ont fait l'objet d'échantillonnages scientifiques.

La co-occurrence de l'anguille avec les autres espèces pisciaires du bassin Loire est une donnée plus complexe. La **Vandoise** par exemple, qui a été très peu capturée et qui est l'espèce dont l'échantillonnage 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 échantillonnages. Le **Chevesne**, le **Gardon** et le **Goujon** qui sont, avec l'anguille, les espèces les plus échantillonnées lors des campagnes d'échantillonnages, sont souvent 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.

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 pisciaires dont l'abondance est faible durant les campagnes d'échantillonnages à l'anguille mais dont l'échantillonnage 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 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 nous la retrouvons 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 teintées, 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.

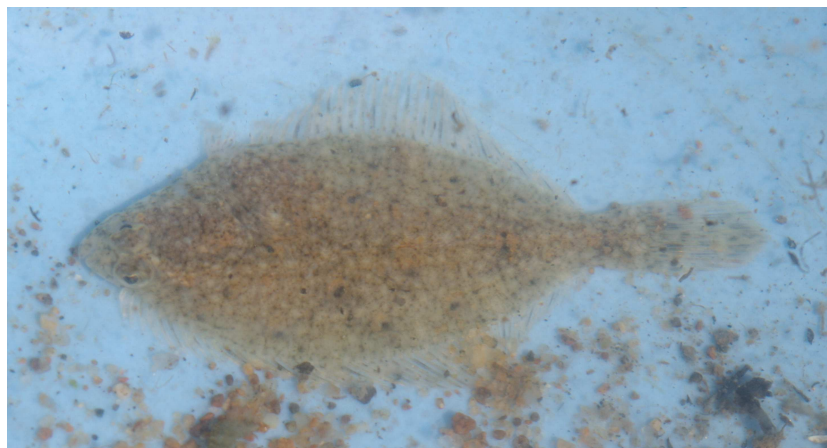


Figure 38 : Juvénile de Flet commun observé sur un bras de Loire à Oudon (44) (Sources LOGRAMI).

5.5. Calibration IA/Densités

Les échantillonnages de calibration effectués sur le Gesvres et le Cens permettent d'obtenir une estimation de l'**efficacité d'échantillonnage 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 échantillonnages réalisée 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 d'échantillonnage des réseaux de suivi de l'anguille au niveau national (Densité = 43,64 x IAA).

Concernant les futurs échantillonnages 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 échantillonnages complets 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, nous nous rendons 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...).



Figure 39 : Pêche de calibration de la méthode d'Indice d'Abondance sur un affluent de l'Erdre à Nantes (44) réalisée par LOGRAMI en collaboration avec la Fédération de pêche de Loire-atlantique et l'association Bretagne Grands Migrateurs (Sources LOGRAMI).

5.6. 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 d'échantillonnage 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).



Figure 40 : Jeune anguille échantillonnée lors d'une opération d'échantillonnage du Réseau Anguille (Sources LOGRAMI).

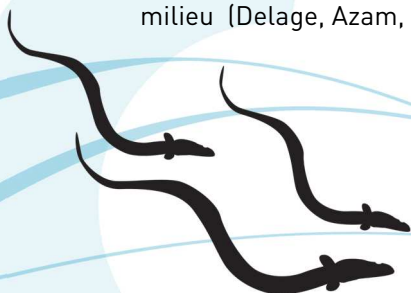
Les 4 stations concernées par ces captures de toutes petites anguilles se trouvent toutes à une distance de la mer supérieure à 214 km, et lorsque que l'on sait qu'il faut un certain temps aux anguilles pour remonter les cours d'eau, temps pendant lequel les anguilles grandissent, il semble alors invraisemblable que de si petits spécimens soient venus directement de la mer et n'aient pas plus grandi. Nous sommes 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, les anguilles devraient pouvoir franchir cet obstacle mais ce franchissement est vraisemblablement plus difficile 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 comme pour la passe à bassins, 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 une contribution de cette opération au recrutement de jeunes anguilles pour les populations en place. Il n'est cependant pas possible de conclure sur le fait que cette contribution n'aurait pas été meilleure 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). En effet, une étude récente a observé une survie *in situ* moindre (-50%) pour les anguilles issues d'alevinage en comparaison avec celles ayant colonisé naturellement le milieu (Delage, Azam, et Beaulaton, 2019).



5.7. 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 nous sommes en droit de 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 d'échantillonnage 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 intéressant de sélectionner plusieurs stations (généralement porteuses de résultats significatifs) sur la partie aval du réseau pour y effectuer entre mai et août plusieurs campagnes d'échantillonnages 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 d'échantillonnages 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 pisciaire annuellement et également être le plus intéressant possible.** Cette sélection de stations de suivi annuel pourrait se faire en fonction des données d'échantillonnages des dernières campagnes d'échantillonnages 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.

6. Conclusion

La campagne d'échantillonnage 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 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 pisciaire 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 de l'ensemble des espèces pisciaires** (anguille comprise) a été observée. Cette diminution est également observée 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 pisciaire ligérien. Cette diminution des abondances, 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 échantillonnages que la part des anguilles capturées est plus importante qu'avant au sein des échantillonnages, 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.



7. Documents cités

Baisez A. Tableau de Bord Anguille du bassin de la Loire, des Côtiers vendéens et de la Sèvre Niortaise, bilan de l'année de mise en place couvrant la période du 1er avril 2006 au 1er avril 2007. [s.l.] : LOGRAMI, 2007.

Baisez A., Laffaille P. « Un outil d'aide à la gestion de l'anguille : Le tableau de bord du bassin loire ». Bull. Fr. Pêche Piscic. 2005. Vol. 378-379, p. 115-130.

Besse T., Baisez A. Poursuite du Tableau de Bord Anguille du bassin de la Loire, des Côtiers vendéens et de la Sèvre Niortaise, 2009-2010. [s.l.] : LOGRAMI, 2010.

Bevacqua D., Melià P., Gatto M., De Leo G. A. « A global viability assessment of the European eel ». Glob. Change Biol. [En ligne]. 1 mai 2015. p. n/a-n/a. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1111/gcb.12972> >

Bonhommeau S. Effets environnementaux sur la survie larvaire de l'Anguille (*Anguilla anguilla*) et conséquences sur le recrutement. Thèse présentée devant Agrocampus Rennes pour obtenir le titre de Docteur de l'Agrocampus Rennes mention : Halieutique. [s.l.] : Agrocampus Rennes, 2008.

Briand C., Chapon P.-M., Beaulaton L., Drouineau H., Lambert P. Eel density analysis (EDA 2.2.1). Escapement of silver eels (*Anguilla anguilla*) from French rivers. 2018 report [En ligne]. [s.l.] : EPTB Vilaine, AFB-INRA, IRSTEA, 2018. Disponible sur : < https://www.researchgate.net/publication/327792368_Eel_density_analysis_EDA_221_Escapement_of_silver_eels_Anguilla_anguilla_from_French_rivers_2018_report > (consulté le 7 mai 2019)

Bruslé J. « The effects of heavy metals on eels, *anguilla* s.P. » Aquat. Living Resour. 1990. p. P2134.

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

Chancerel F. « Note technique : La répartition de l'anguille en France ». Bull. Fr. Pêche Piscic. 1994. Vol. 335, p. 289-294.

Charrier F., Mazel V., Caraguel J.-M., Abdallah Y., Le Gurun L. L., Legault A., Laffaille P. « Escapement of silver-phase European eels, *Anguilla anguilla*, determined from fishing activities in a Mediterranean lagoon (Or, France) ». ICES J. Mar. Sci. J. Cons. 2012. Vol. 69, p. 30-33.

Conseil de l'Union Européenne. Règlement (CE) n° 1100/2007 du conseil du 18 septembre 2007 instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes. [s.l.] : [s.n.], 2007.

Dekker W. « A Procrustean assessment of the European eel stock ». ICES J. Mar. Sci. août 2000. Vol. 57, n°4, p. 938-947.

Dekker Willem. « On the distribution of the European eel (*Anguilla anguilla*) and its fisheries ». Can. J. Fish. Aquat. Sci. [En ligne]. 2003. Vol. 60, n°7, p. 787-799. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1139/f03-066> >

Dekker W. « Did lack of spawners cause the collapse of the European eel, *Anguilla anguilla*? ». Fish. Manag. Ecol. [En ligne]. décembre 2003. Vol. 10, n°6, p. 365-376. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2003.00352.x> >

Delage N., Azam D., Beaulaton L. ACOR – Apport de Connaissances aux Opérations de Repeuplement en anguille. Expérimentations in situ et ex situ. [s.l.] : Pôle AFB-INRA Gest'Aqua, Agence Française pour la biodiversité, en partenariat avec le MNHN et Fish-Pass, 2019.

Dufour G., Besse T. Suivi des populations et de la colonisation des bassins versants par l'anguille européenne par pêche électrique - Synthèse bibliographique. 2016.

Feunteun E. « Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): An impossible bargain ». *Ecol. Eng.* [En ligne]. juin 2002. Vol. 18, n°5, p. 575-591. Disponible sur : < [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(02\)00021-6](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(02)00021-6) >

Friedland K. D., Miller M. J., Knights B. « Oceanic changes in the Sargasso Sea and declines in recruitment of the European eel ». *ICES J. Mar. Sci. J. Cons.* 2007. Vol. 64, n°3, p. 519.

Germis G. Méthode de pêche électrique par échantillonnage par point au martin pêcheur « indice d'abondance anguille ». [s.l.] : Bretagne Grands Migrateurs, 2016.

Ginneken V. J. T., Maes G. E. « The European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), its Lifecycle, Evolution and Reproduction: A Literature Review ». *Rev. Fish Biol. Fish.* [En ligne]. novembre 2005. Vol. 15, p. 367-398. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1007/s11160-006-0005-8> >

Laffaille P., Briand C., Fatin D., Lafage D., Lasne É. « Point sampling the abundance of European eel (*Anguilla anguilla*) in freshwater areas ». *Arch. Für Hydrobiol.* [En ligne]. 2005. Vol. 162, p. 91-98. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1127/0003-9136/2005/0162-0091> >

Laffaille P., Feunteun E., Baisez A., Robinet T., Acou A., Legault A., Lek S. « Spatial organisation of European eel (*Anguilla anguilla* L.) in a small catchment ». *Ecol. Freshw. Fish.* 2003. Vol. 12, n°4, p. 254-264.

Laffaille P., Lafage D., Aubert C., Feunteun E. Organisation spatiale et évaluation de l'état des stocks d'anguilles du bassin versant de l'aulne : bilan de la première année d'investigation. [s.l.] : Fédération de pêche, 2003.

Laffaille P., Lasne É., Baisez A. « Effects of improving longitudinal connectivity on colonisation and distribution of European eel in the Loire catchment, France ». *Ecol. Freshw. Fish* [En ligne]. 9 juillet 2009. Vol. 18, p. 610-619. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2009.00378.x> >

Lasne É., Acou A., Vila-Gispert A., Laffaille P. « European eel distribution and body condition in a river floodplain: effect of longitudinal and lateral connectivity ». *Ecol. Freshw. Fish* [En ligne]. décembre 2008. Vol. 17, n°4, p. 567-576. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2008.00307.x> >

Moriarty C., Dekker W. « Management of the European eel ». *Fish. Bull. Mar. Inst. Dublin.* 1997. Vol. 15, p. 109 pp.

Onema (Office National de l'eau et des milieux aquatiques). Plan de gestion anguille de la France - Volet national. 2010.

« Report of the Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eel (WGEEL) ». 2015. p. 132.

