

Suivi de la migration anadrome de l'Anguille européenne dans le Marais Poitevin

Parc Naturel Régional du Marais Poitevin

Sophie Der Mikaélian

Stage effectué du 11 mars 2019 au 26 juillet 2019



Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'entreprise ou du laboratoire d'accueil

Table des matières

Introduction.....	1
1. Etude bibliographique	2
1.1 Biologie et écologie de l'Anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>)	2
1.1.1 Cycle de vie.....	2
1.1.2 Menaces et pressions	5
1.1.3 Statuts et mesures de protection.....	6
1.1.4 Intérêts	6
1.2 Le Parc naturel régional du Marais poitevin	7
2. Matériels et méthodes	8
2.1 Les sites d'étude	8
2.2 Le matériel biologique.....	8
2.2.1 La méthode de capture	8
2.2.2 Le protocole de mesure.....	9
2.3 Les méthodes analytiques	10
3. Résultats	11
3.1 La passe du barrage des Enfreneaux.....	11
3.1.1 Etude de l'effet des facteurs abiotiques	11
3.1.2 Etude du rythme migratoire aux Enfreneaux.....	12
3.1.3 Etude de l'évolution de la taille des civelles.....	13
3.2 La passe du canal des cinq abbés	15
3.2.1 Etude de l'effet des facteurs abiotiques	16
3.2.2 Etude du rythme migratoire aux cinq abbés.....	16
3.3 Comparaison avec les données antérieures.....	17
3.3.1 Comparaison de l'intensité migratoire.....	17
3.3.2 Influence de la température et des coefficients de marée sur ces dernières années	20
3.3.3 Evolution de la taille des civelles au cours d'une année depuis 2013	21
4. Discussion	21
Conclusion	23
Bibliographie.....	24

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : AIRE DE REPARTITION DE L'ANGUILLE EUROPEENNE (ANGUILLA ANGUILLA), ADAPTEE DE GERMAIN (1927) POUR L'AIRE CONTINENTALE ET SCHMIDT (1924) POUR LA REPARTITION OCEANIQUE DES LARVES (ADAM,1997).....	2
FIGURE 2 : REPRESENTATION DU CYCLE DE VIE DE L'ANGUILLE EUROPEENNE.....	4
FIGURE 3 : EVOLUTION DE L'INDICE DE STOCKS DE JUVENILES D'ANGUILLES EN EUROPE (DEKKER, 2003)	5
FIGURE 4 : PHOTO D'UN PECHEUR A LA VERMEE (HTTPS://WWW.BLOG-MARAIS-POITEVIN.FR).....	7
FIGURE 5 : CARTE DE L'EMPLACEMENT DES PASSES A ANGUILLES ETUDIEES	8
FIGURE 6 : SCHEMA SIMPLIFIEE D'UNE PASSE A ANGUILLES.....	9
FIGURE 7 : EVOLUTION DU NOMBRE D'INDIVIDUS CAPTURES PAR JOUR EN FONCTION DE LA TEMPERATURE ET DU COEFFICIENT DE MAREE (SUR LE GRAPHIQUE DE GAUCHE EST REPRESENTE L'EVOLUTION DU NOMBRE D'INDIVIDUS CAPTURES PAR JOUR EN FONCTION DU COEFFICIENT DE MAREE ET SUR CELUI DE DROITE EN FONCTION DE LA TEMPERATURE).....	11
FIGURE 8 : EVOLUTION DU RYTHME MIGRATOIRE AU COURS DU TEMPS	13
FIGURE 9 : EVOLUTION DE LA TAILLE DES CIVELLES EN FONCTION DES SEMAINES.	14
FIGURE 10 : EVOLUTION DES CLASSES DE TAILLE DES CIVELLES EN FONCTION DES SEMAINES.....	14
FIGURE 11 : EVOLUTION DU NOMBRE D'INDIVIDUS CAPTURE PAR JOUR EN FONCTION DU COEFFICIENT DE MAREE ET DE LA TEMPERATURE (A GAUCHE EST REPRESENTEE L'EVOLUTION DU NOMBRE D'INDIVIDUS EN FONCTION DU COEFFICIENT ET A DROITE EN FONCTION DE LA TEMPERATURE)	16
FIGURE 12 : EVOLUTION DU RYTHME MIGRATOIRE AU COURS DU TEMPS.	17
FIGURE 13 : EVOLUTION DE L'EFFECTIF MOYEN ET DES MASSES MOYENNES AU COURS DES ANNEE SUR LES PASSES DES ENFRENEAUX ET CINQ ABBES (SUR LES GRAPHIQUES DU HAUT SONT REPRESENTE LES RESULTATS POUR LA PASSE DES ENFRENEAUX ET EN BAS CEUX DE CELLE DES 5 ABBES).....	18
FIGURE 14 : EVOLUTION DU NOMBRE MOYEN D'INDIVIDUS MIGRANT PAR JOUR AUX ENFRENEAUX ET AUX CINQ ABBES (A GAUCHE SONT PRESENTES LES RESULTATS DES ENFRENEAUX ET A DROITE CEUX DES CINQ ABBES).....	19
FIGURE 15 : EVOLUTION DU NOMBRE MOYEN D'INDIVIDUS MIGRANTS PAR JOUR SUR LES DEUX PASSES.	20

TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : TABLEAU BILAN DES RESULTATS OBTENUS SUR LA PASSE DES ENFRENEAUX.....	11
TABLEAU 2 : RESUME DES RESULTATS OBTENUS LORS DES TESTS DE CORRELATION DE PEARSON	12
TABLEAU 3 : RESUME DES RESULTATS OBTENUS LORS DU TEST DE CORRELATION DE PEARSON	15
TABLEAU 4 : BILAN RECAPITULATIF DES RESULTATS OBTENUS SUR LA PASSE DES CINQ ABBES	15
TABLEAU 5 : RESUME DES RESULTATS OBTENUS LORS DES TESTS DE CORRELATION DE PEARSON	16
TABLEAU 6 : SYNTHESE DES RESULTATS DES TESTS DE CORRELATION DE PEARSON SUR LA CORRELATION ENTRE LE NOMBRE MOYEN D'INDIVIDUS MIGRANTS PAR JOUR ET L'ANNEE.....	19
TABLEAU 7 : SYNTHESE DES RESULTATS OBTENUS DE L'INFLUENCE DE LA TEMPERATURE DE L'EAU ET DE LA MAREE SUR LA MIGRATION ANADROME DE L'ANGUILLE EUROPEENNE.....	20
TABLEAU 8 : SYNTHESE DES RESULTATS OBTENUS LORS DES TESTS SUR L'EVOLUTION DE LA TAILLE DES CIVELLES AU COURS D'UNE ANNEE DE L'ANGUILLE EUROPEENNE.....	21

Remerciements

Je remercie d'abord Sophie DER MIKAELIAN, ma responsable de stage, qui m'a accompagné pendant toute la durée mon stage et qui m'a transmis ses nombreuses connaissances, tout en me laissant beaucoup d'autonomie et en répondant à mes différentes interrogations. Mais aussi pour m'avoir mis dans de très bonnes conditions pour réaliser mon stage.

Je remercie également toute l'équipe du PNR, et plus particulièrement l'équipe Agriculture/Environnement qui m'a très bien accueilli, et Xavier Baron avec qui j'ai partagé les locaux de l'antenne de Charente Maritime et qui a répondu à certaines de mes interrogations.

Avant-propos

Le Parc naturel régional (PNR) du Marais poitevin a été créé en 1979. En 1996, il perd son label de PNR, et devient alors pendant 18 ans, le parc interrégional du Marais poitevin avant de récupérer son label en 2014. C'est l'un des 54 parcs naturels régionaux de France.

Il est situé dans le Marais poitevin (la deuxième plus grande zone humide de France), dans l'ouest du pays, à cheval entre la région des Pays de la Loire et de la Nouvelle Aquitaine. Au total, 89 communes réparties sur trois départements (Vendée, Deux Sèvres, Charente-Maritime) font partie des 197 221 hectares du territoire du Parc dont 107 536 ha de zone humide.

L'organisme de gestion du Parc naturel est un syndicat mixte constitué des deux régions, des trois départements, des 89 communes adhérentes, d'EPCI (Etablissement Public de Coopération Intercommunale) et des chambres d'agricultures. Le syndicat est le responsable de la mise en œuvre des projets du territoire consigné dans la Charte de Parc naturel régional.

La charte est le contrat signé par l'ensemble des acteurs concernés, elle détaille les missions assignées au Parc, fixe les orientations de protection, de mise en valeur et de développement du territoire ainsi que les mesures permettant de les mettre en œuvre.

Le Parc naturel régional du Marais poitevin accompagne l'ensemble des signataires de la charte à la mise en œuvre de leurs engagements pour le territoire. Il intervient dans l'animation du territoire, la maîtrise d'ouvrage, l'assistance et le conseil des collectivités pour leur développement de projets.

Les domaines d'activités du Parc sont variés et concerne à la fois, le développement économique, l'aménagement du territoire, la protection du patrimoine naturel ou encore l'éducation à l'environnement et au développement durable.

Une équipe pluridisciplinaire, constituée de 32 agents répartis sur cinq services (Ressources et animation territoriale, Développement et patrimoine, Agriculture et Environnement, Aménagement et cadre de vie, Administration et Finances), travaillent au sein du Parc. J'ai effectué mon stage au sein du service Agriculture et Environnement. J'ai été encadré par Sophie DER MIKAELIAN, chargée de mission environnement-milieus aquatiques.

Introduction

L'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*), espèce emblématique dans le Marais poitevin que ce soit d'un point de vue économique ou patrimoniale, était autrefois en abondance mais est aujourd'hui en grand danger. C'est dans les années 80, que la forte chute des stocks a été réellement observé en France. Ce déclin des populations d'anguilles est en grand partie due à l'homme et aux nombreuses pressions exercées soit directement sur les individus ou soit sur leur milieu de vie. En effet, l'aménagement passé des cours d'eau, la création de nouveaux barrages et la destruction de zones humides, sont des obstacles à la migration qui réduisent le nombre d'habitats et augmentent les risques de mortalité. D'autres phénomènes comme la surexploitation des civelles ou encore la pollution des eaux causée par l'émergence et l'utilisation plus importante de nouveaux polluants (produit phytosanitaire, PCB ...) sont aussi responsables de la diminution des stocks.

Le Marais poitevin s'est engagé très rapidement dans la résolution de ce problème. En 1984, la première passe à anguilles de France fut installée dans le marais, à Marans (Charente-Maritime), sur le barrage des Enfreneaux au niveau de l'exutoire de la Sèvre niortaise. C'est le début de la restauration de la continuité écologique. Suite à cela, et au vu de l'importance de l'anguille dans le marais, le Parc naturel régional du Marais poitevin décide de mettre en place des suivis sur cette espèce.

Le règlement européen de 2007 soumet chaque pays membre de l'union Européenne à la mise en place d'un plan de gestion de l'anguille (PGA) qui vise à reconstituer les stocks. Ainsi, en France, en 2010, le plan national de gestion de l'anguille est instauré. Il découpe le territoire métropolitain en neuf unités de gestion pilotées par l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB). Pour évaluer l'efficacité de conservation et de restauration de l'anguille, le PGA prévoit la mise en place de suivis par « rivière index » pour chaque unité de gestion. Ce dispositif est appelé « monitoring Anguille ».

En ce qui concerne l'unité de gestion Loire, côtiers vendéens et Sèvre niortaise, la rivière index choisie est la Sèvre niortaise, et le Parc naturel régional du Marais Poitevin est le maître d'ouvrage du suivi.

Dans le cadre de ces suivis, des opérations de piégeage et d'échantillonnage des populations de juvéniles entrants dans le Marais poitevin, au niveau des passes situées aux estuaires de la Sèvre niortaise et du canal des Cinq Abbés, ont été mises en place. L'objectif à long terme de ces travaux est de permettre de suivre les tendances d'évolution des populations migrantes. Ces opérations permettent de suivre l'intensité migratoire des civelles et son évolution saisonnière, de décrire les périodes de migrations de l'anguille, d'analyser la structure de taille des populations migrantes (grâce à des mesures biométriques), de mettre en évidence l'influence de facteurs abiotiques sur la dynamique migratoire et de comparer les résultats de l'année avec les précédentes.

Ce stage a donc pour objectif de répondre à ces différentes problématiques.

1. Etude bibliographique

1.1 Biologie et écologie de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*)

L'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*), est un poisson appartenant à la super classe des Ostéichthyens. C'est l'une des 19 espèces et sous espèces d'anguilles, aujourd'hui connues dans le monde (Feunteun, 2012). Leur cycle biologique est complexe et méconnu. Il semblerait que la ponte se fasse en mer tropicale puis les larves seraient transportées par les courants marins jusqu'aux littoraux, avant que les populations grandissent en milieu dulçaquicole¹. Ce poisson est amphihalín² et thalassotoque³. L'anguille est réputée pour ses capacités d'adaptation à la salinité et à la pression hydrostatique. Elle peut donc coloniser tant les fleuves que les marais (d'eau douce ou saumâtre) ou encore rester sur le domaine maritime mais sa densité diminue graduellement du littoral vers l'amont des cours d'eau (Chancerel, 1994). Elle a également la capacité à ramper sur des substrats humides. Elle est dite ubiquiste.

1.1.1 Cycle de vie

L'espèce européenne, possède une grande aire de répartition allant de la mer du nord jusqu'à la mer Noire en passant par toute la façade atlantique et la Méditerranée. Sa zone de reproduction est localisée en mer des Sargasses (McCleave et al., 1987) soit à un peu plus de 5000 km des côtes françaises. (Voir figure 1 : Aire de répartition de l'anguille européenne).

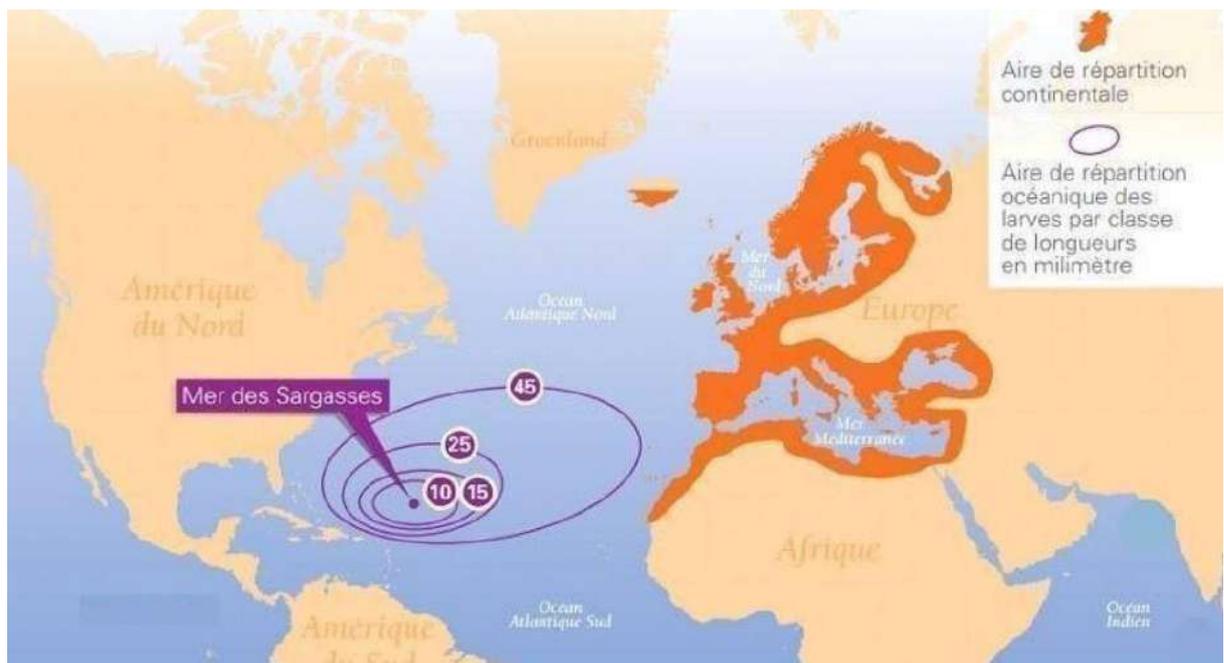


Figure 1 : Aire de répartition de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*), adaptée de Germain (1927) pour l'aire continentale et Schmidt (1924) pour la répartition océanique des larves (Adam, 1997)

Avec cette particularité, son cycle de vie est et doit être très bien adapté afin d'assurer la pérennité de l'espèce.

¹ Dulçaquicole : qui vit en eau douce

² Amphihalín : se dit d'une espèce migratrice dont le cycle de vie alterne entre le milieu marin et le l'eau douce

³ Thalassotoque : se dit pour une espèce vivant essentiellement en eaux douce mais se reproduisant en mer.

La zone de frai serait située à environ 200 ou 300 mètres de profondeur, d'après la capture de larves les plus petites n'ayant jamais été attrapées, (Schoth et Tesh, 1982). À ces profondeurs, la pression élevée permettrait d'augmenter l'activité des gonades et de déclencher l'émission des gamètes (Sébert et al., 2007). Les femelles pourraient produire entre 0.8 et 1.3 millions d'ovocytes.

Après l'éclosion des œufs (soit entre 46 et 110 heures après la fécondation), les larves appelées leptocéphales, de quelques millimètres (Lecomte-Finiger, 1994), sont transportées par les courants marins, principalement le Gulf Stream, jusqu'aux côtes européennes (Zompala et al. 2008). Durant ce voyage de plusieurs mois (Lecomte-Finiger, 1994), les leptocéphales se mêlent aux autres formes planctoniques et se nourrissent de matière organique en suspension (Adam et al, 2008). Puis à l'approche des côtes, les larves cessent de s'alimenter et commencent leurs transformations en civelle (ou pibale) durant quelques mois (Lecomte-Finiger, 1994 ; Lecomte-Finiger et al. 2004). (Voir figure 2 : Représentation du cycle de vie de l'Anguille européenne)

La phase civelle démarre lors de la métamorphose du leptocéphale. À son arrivée dans la zone estuarienne, la civelle est transparente, et elle va se pigmenter progressivement au fur et à mesure de sa migration vers les eaux douces. Ainsi, le stade de pigmentation de la civelle permet d'avoir une idée de son stade de développement (Elie *et al.* 1982, De Casamajor *et al.* 2003). A la fin de celle-ci les individus vont reprendre leur alimentation. (De Casamajor et al. 2001, 2003) (Voir figure 2)

La migration des civelles dépend de paramètres physiques comme les coefficients de marées. Leur migration se fait à l'aide des courants : pendant que la mer monte, les civelles se laissent porter par le courant pour remonter plus facilement et lorsqu'elle redescend, les animaux s'enfouissent dans le sédiment pour ne pas être emporté vers la mer. La température de l'eau est aussi un paramètre influençant la migration. En effet, les comportements migratoires n'apparaissent qu'à des températures supérieures à 9° Celsius (Adam et al. 2008). La luminosité en est aussi un, en raison du fait que les pibales sont lucifuges⁴ et qu'elles migrent préférentiellement la nuit (De Casamajor et al. 1999).

A la fin de sa pigmentation, elle devient alors une jeune anguille jaune (ou anguilletes), reprend son alimentation et adopte un comportement de plus en plus benthique (Prouzet, 2003). Elle va alors coloniser tous les milieux aquatiques continentaux à sa portée (des marais aux eaux saumâtres jusqu'aux rivières fraîches et oxygénées plus à l'amont des fleuves), et rentrer dans une phase de croissance de plusieurs années, de généralement 3 à 9 ans pour les mâles et de 3 à 12 ans pour les femelles (Lecomte-Finiger, 1990). (Figure 2)

A la fin de cette phase de croissance, l'Anguille européenne va alors démarrer la dernière phase de son cycle biologique. Durant cette étape, le dimorphisme sexuel est marqué (forte différence de taille entre la femelle et la mâle), la compétition intra-spécifique joue un rôle majeur dans la détermination sexuelle. En effet, dans les zones où la densité d'individus est forte, on retrouve plus de mâles que de femelles et inversement (Krueger et Oliveira, 1999). Ceci est dû au fait que les femelles peuvent atteindre des tailles allant jusqu'à 140 cm contre 45 cm pour les mâles (DeLeo et Gatto, 1995), ces dernières ont donc besoin de plus de

⁴ Lucifuge : se dit d'une espèce qui vit en grande partie la nuit et qui évite la lumière.

nourriture. La différenciation sexuelle est faite à ce stade du cycle biologique mais ce n'est que pendant la dévalaison que la maturité sexuelle va être acquise.

Pendant cette migration, l'anguille jaune va devenir une anguille argentée, c'est « l'argenteure ». Sa livrée ventrale va devenir blanche et la livrée dorsale plus sombre (argentée). De plus, la taille de ses yeux, de ses nageoires pectorales et l'épaisseur de sa peau et de sa vessie natatoire vont augmenter (Schmidt, 1906; Fontaine, 1994). Ensuite, elle va retourner en direction de la mer des Sargasses : c'est la dévalaison. Pendant cette traversée, elle rentre dans une période de jeûne (Fontaine, 1994), dans l'objectif de n'utiliser son énergie que pour la traversée et finaliser le développement des gamètes, qui serait stimulé par la nage sur plusieurs centaines de kilomètres (Van Ginneken et al. 2007).

Et enfin, arrivée en mer des Sargasses, l'anguille argentée va se reproduire une unique fois dans sa vie et de façon panmictique⁵, pour donner une nouvelle génération d'anguilles européennes prête à naître. C'est une espèce dite sémelipare⁶. (Figure 2)

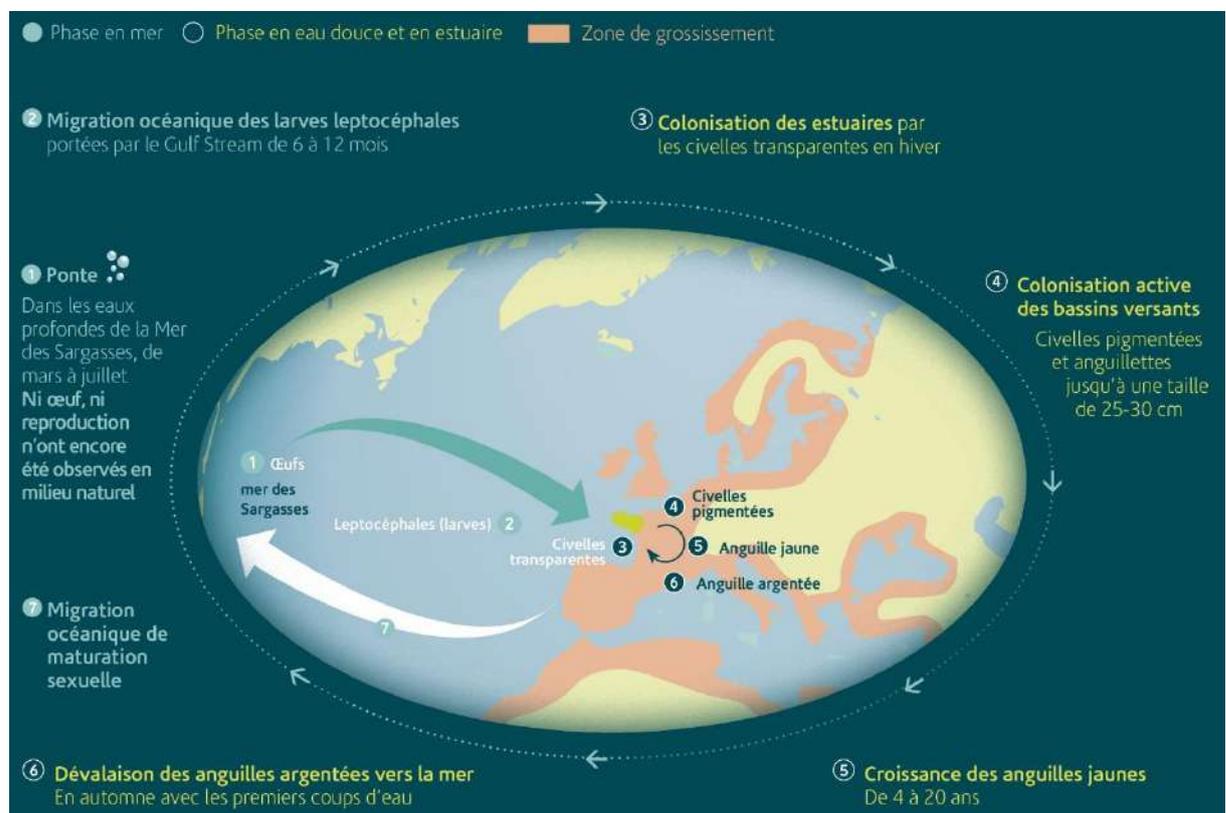


Figure 2 : Représentation du cycle de vie de l'anguille européenne

Du point de vue du régime alimentaire d'*Anguilla anguilla*, il varie en fonction de la taille de l'individu étudié. Il passe par des organismes planctoniques, des crustacés et des insectes à d'autres espèces de poissons. C'est un carnivore opportuniste qui se nourrit de tout ce qu'il trouve. L'anguille s'alimente principalement la nuit en raison de son rythme de vie nocturne (Deedler, 1984). Elle possède également des prédateurs, que ce soit d'autres poissons, des mammifères comme la loutre ou l'homme. Pour se protéger et se reposer, l'anguille se cache dans des gîtes dans la végétation ou la vase.

⁵ Panmictique : se dit pour une population où les individus qui la composent, ont des chances égales de se reproduire avec n'importe quel autre individu du sexe opposé.

⁶ Sémelipare : se dit d'une espèce qui ne se reproduit qu'une seule fois dans sa vie avant de mourir.

1.1.2 Menaces et pressions

Par le passé, l'anguille était souvent considérée comme un poisson très robuste. Dans les années 1970, elle pouvait représenter jusqu'à plus de 50% des biomasses piscicoles dans les différents bassins versants côtiers. Mais à partir de la fin des années 70 et début des années 80, les stocks ont fortement chuté en raison des nombreuses menaces pesant sur elle (Figure 3 : Evolution de l'indice de stocks en juvéniles d'anguilles en Europe (Dekker, 2003)). Depuis 2000, il a été remarqué que moins de 10% du stock de civelles observées dans les années 60 arrivait dans les estuaires européens chaque année (ONEMA).

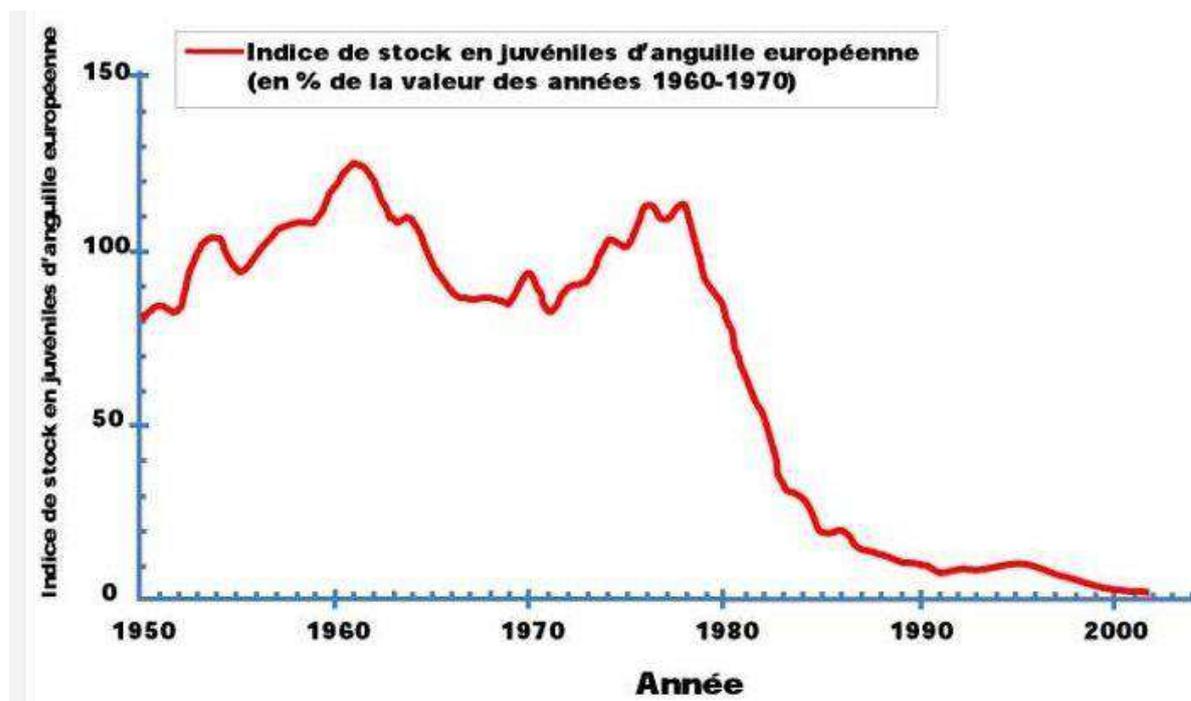


Figure 3 : Evolution de l'indice de stocks de juvéniles d'anguilles en Europe (Dekker, 2003)

Les causes de cet effondrement sont nombreuses et variées. Il y a les menaces naturelles qui pèsent sur l'espèce (prédation, maladie ...) et les nouvelles menaces apparues avec l'évolution de la société, provoquant cet effondrement des populations.

Il y a tout d'abord la mortalité causée par les prélèvements de pêcheries, en raison de l'exploitation de l'anguille à tous les stades de sa vie (civelle, anguille jaune, anguille argentée). Pour répondre à ce problème des quotas de pêche ont été mis en place, par exemple, sur les civelles pour essayer de limiter la surexploitation. Mais à cette pêche légale et règlementée, il faut ajouter et ne pas négliger l'impact du braconnage en raison du prix au kilogramme de civelles élevée (jusqu'à 1200 euros en 2008 (Adam et al, 2008)) incitant certains pêcheurs à la surexploitation.

Ensuite, la qualité des eaux, a aussi un fort impact sur la chute des stocks. Du fait de son cycle de vie atypique (passage en estuaire, enfouissement dans le sédiment et prédateurs secondaire dans la chaîne trophique), l'espèce est très exposée aux fortes concentrations en polluant (Brusle, 1994). Ces polluants, majoritairement d'origine agricole et industrielle tels que les produits phytosanitaires, les PCB ou encore les métaux lourds, s'accumulent facilement dans les tissus et les graisses de l'animal (Tapie et al. 2006 ; Elie et Girard, 2009).

Ils auraient alors un impact sur le succès de reproduction des individus en réduisant leur fécondité et pouvant même les rendre stériles (Robinet et Feunteun, 2002). L'exposition prolongée à des pollutions chimiques pourrait également provoquer l'apparition de tumeurs.

De plus, la fragmentation de l'habitat et la destruction de zones humides posent aussi un réel problème à cette espèce migratrice. Les différents barrages et les écluses augmentent les difficultés pour ce poisson à réaliser sa migration et donc à coloniser les différents milieux (Brusle, 1994). On observe, à cause de ces différents barrages, des accumulations d'individus au pied de ces derniers augmentant la compétition inter spécifique, la transmission de maladies et une plus forte prédation.

Enfin, malgré sa réputation de poisson très robuste, l'anguille n'est pas moins sensible aux différents pathogènes (parasites, virus, bactéries ...). Des maladies telles que l'anguillicolose, qui est causée par un ver nématode *Anguillicola crassus*, sont apparues récemment suite à l'importation d'anguilles japonaises en Europe. Ce ver s'implante dans la vessie natatoire de l'anguille, réduisant ses capacités de nage (vitesse, déplacement dans la colonne d'eau). Ce qui pourrait provoquer sur le long terme des difficultés et une diminution des capacités à migrer pour les anguilles argentées, et donc rejoindre les zones de frai (Adam et al, 2008).

1.1.3 Statuts et mesures de protection

Afin de parer à ces problèmes et réduire cette chute inexorable des stocks et repeupler les cours d'eau, des mesures de gestion et de protection ont été mises en place.

Dès 1990, la communauté scientifique alerte sur ce problème. Le Comité International pour l'Exploration de la Mer (CIEM ou ICES en anglais) déclare que les stocks ont atteint des niveaux historiquement bas, en conséquence directe des activités humaines. L'anguille est alors dite en voie d'extinction par l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature). Elle est placée « en dehors de ses limites biologiques de sécurité » par le CIEM en 2007 et placée en annexe II de la convention sur le commerce international des espèces de faunes et flores sauvages menacées d'extinction (convention de CITES), interdisant ainsi son export vers les pays hors Union Européenne.

Par la suite de cela, l'Union Européenne adopte le 18 septembre 2007 un règlement qui impose à chaque état membre concerné d'établir un plan de gestion de l'anguille. Il a pour but de retrouver une biomasse équivalente à 40% de celle qui existerait dans un environnement non dégradé et sans impact d'origine humaine, ce qui correspond à peu près au niveau des années 60.

Dans ce cadre-là, la France adopte en 2010 un plan national de sauvegarde de l'anguille appelé Plan de Gestion Anguille (PGA), qui a pour but de stopper le très fort déclin de la population d'*Anguilla anguilla*.

1.1.4 Intérêts

L'Anguille européenne a de forts intérêts dans de nombreux domaines. Elle est très importante d'un point de vue sociale, culturelle et économique.

Depuis de nombreuses années, elle représente une ressource essentielle dans de nombreux villages de pêcheurs et en particulier dans le Marais poitevin, qui vivaient autour de l'exploitation de cette ressource. De célèbres techniques de pêche à l'anguille ont été créés dans le marais comme notamment la « vermée » (Legault, 1987) (Figure 4 : photo d'un pêcheur à la vermée)



Figure 4 : Photo d'un pêcheur à la vermée (<https://www.blog-marais-poitevin.fr>)

Elle est aussi d'un grand intérêt du point de vue social et économique, en raison de son exploitation et sa forte consommation à tous les stades de son cycle de vie qui a permis de créer des emplois. Etant donnée, sa raréfaction depuis ces dernières années, les marchés autour de cette espèce sont très lucratifs.

Mais c'est aussi une espèce très intéressante, pour le suivi de l'évolution de l'environnement et notamment en tant qu'espèce cible en écotoxicologie (Brusle, 1994). Sa grande aire de répartition, permet des comparaisons entre différentes zones géographiques. Son mode de vie benthique et de plusieurs années en milieu dulçaquicole l'expose pendant de longues périodes aux possibles pollutions d'un milieu donné. Son statut de carnassier, la place en bout de chaîne trophique, bioamplifiant les polluants de ces proies et reflétant l'état de pollution du milieu. Elle dispose aussi d'avantages qui font d'elles une cible pour des tests en laboratoire (capacités à supporter des écarts de salinité et de température, résistance au jeûne et maturité sexuelle tardive). Elle a été recommandée pour de nombreux tests sur les métaux lourds, les radio-isotopes ou les hydrocarbures (Brusle, 1994).

1.2 Le Parc naturel régional du Marais poitevin

Des plans de gestion et de sauvegarde de l'Anguille européenne ont été mis en place (cf. paragraphe Statuts et mesure de protection). Le Parc naturel régional est le maître d'ouvrage des suivis du plan de gestion anguille (PGA) au niveau de l'unité Loire, côtiers vendéens et Sèvre Niortaise avec pour rivière index la Sèvre niortaise. Ce PGA a plusieurs grands objectifs comme par exemple :

- La réduction de la mortalité par pêche de l'anguille de moins de 12 cm de 40% en 2012 et de 60% à partir de 2015.
- L'utilisation de 60% des civelles prélevées par pêche en vue du repeuplement et dont 10% des cours d'eau de France métropolitaine.
- La restauration de la continuité écologique et la mise en place de dispositif de franchissement des obstacles à la migration.

- La restauration des cours d'eau et des zones humides pour améliorer la qualité et la quantité d'habitats disponible pour l'anguille.

Ces différents objectifs ont pour but final d'assurer un taux d'échappement de l'anguille argentée de 40% du stock en l'absence de pressions d'origine humaine.

2. Matériels et méthodes

Les études faites sur l'anguille dans le marais poitevin découlent de protocoles nationaux standardisés appliqués à la zone d'étude.

2.1 Les sites d'étude

Les sites d'études sont au nombre de deux : deux passes à anguilles situées sur la sèvre niortaise ou à proximité immédiate.

Il y a la passe à anguilles des Enfreneaux, située sur le barrage du même nom, sur la commune de Marans (Charente-maritime). Cette passe a été installée en 1984. La seconde passe est aussi située à Marans, c'est la passe des portes des Cinq Abbés, installé quant à elle en 1996. (Figure 5 : Carte de l'emplacement des passes à anguilles étudiées)

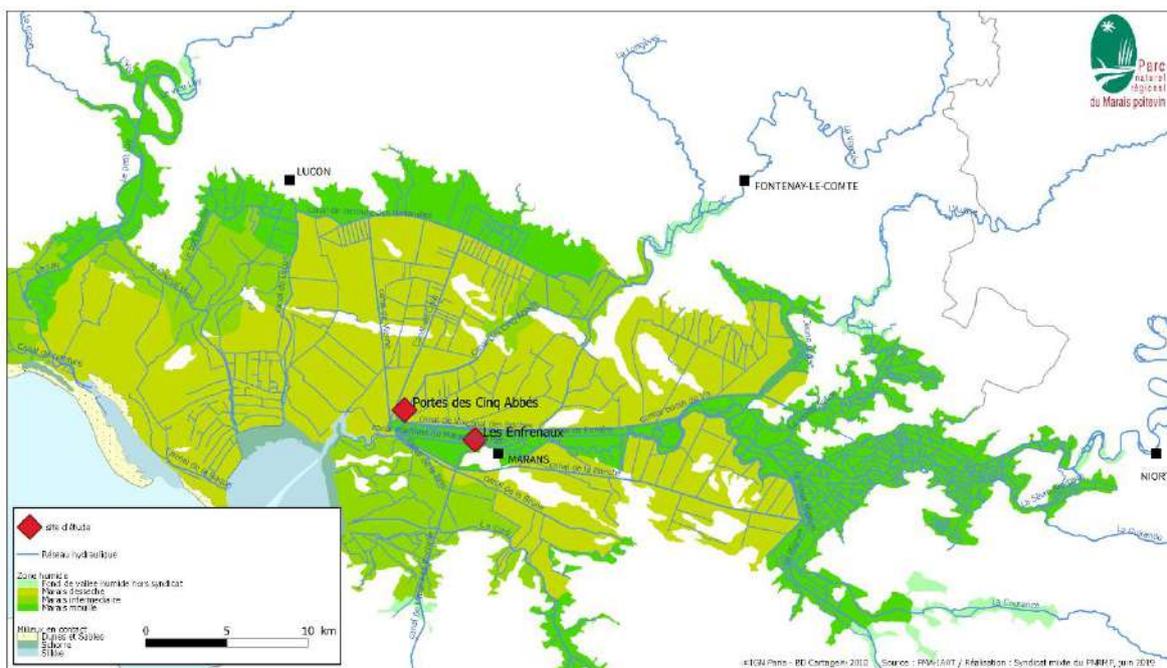


Figure 5 : Carte de l'emplacement des passes à anguilles étudiées.

2.2 Le matériel biologique

Les données récupérées sont obtenues grâce à des animaux capturés vivants avec une autorisation préfectorale de capture de l'espèce *Anguilla anguilla*. Les individus capturés sont principalement des civelles avec parfois des jeunes anguilles jaunes.

2.2.1 La méthode de capture

Une trentaine de passes à anguilles ont été installées dans le Marais poitevin afin d'assurer la libre circulation de l'espèce. Certaines d'entre elles ont été équipées de viviers afin de recueillir les anguilles et permettre ainsi de les capturer. La figure suivante (Figure 6 :

Schéma simplifié d'une passe à anguilles) présente un schéma simplifié de ce genre d'installation.

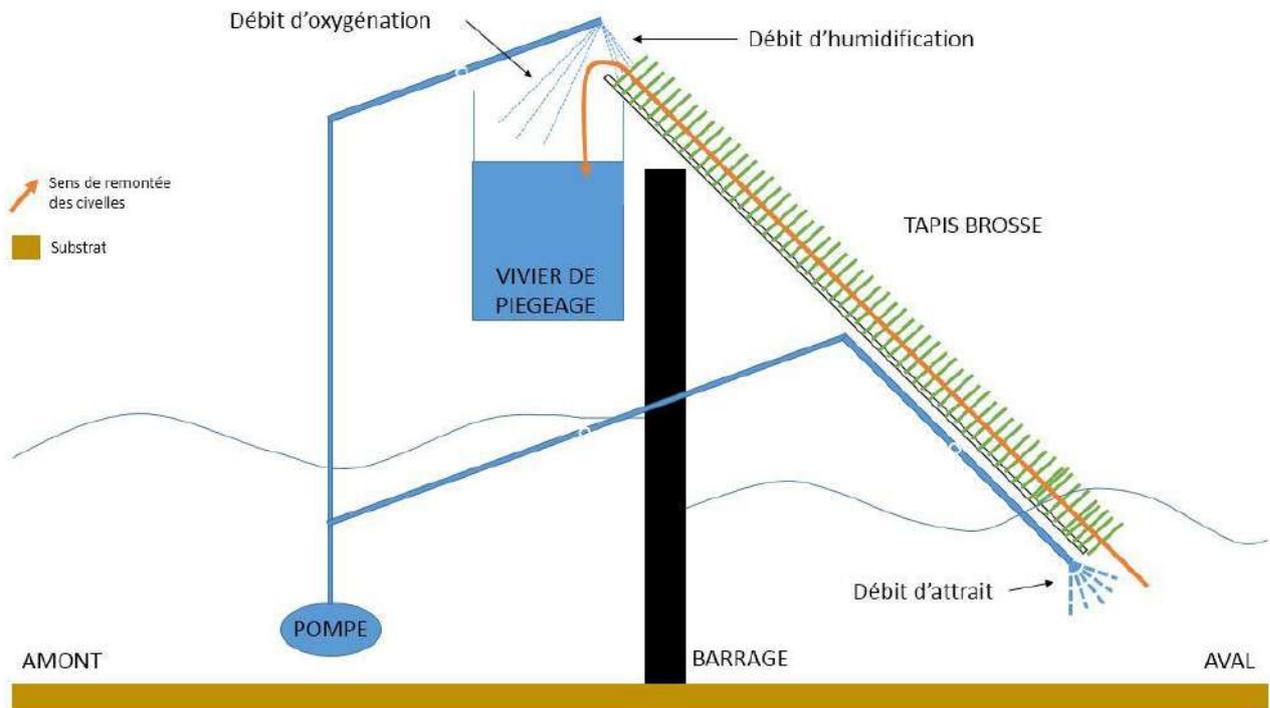


Figure 6 : Schéma simplifiée d'une passe à anguilles

Ce genre de passes est mono spécifique : elle ne concerne que l'anguille. Elles sont équipées d'un tapis brossé permettant la reptation des anguilles sur ce dernier afin de franchir un obstacle. De l'eau est pompée en amont du barrage, et est envoyée en bas de la passe afin d'indiquer l'entrée de cette dernière par un fort débit d'attrait (Figure 6). On utilise ici, la réponse rhéotactique⁷ positive des individus (Deelder, 1984), qui permet d'aider la migration des civelles vers l'amont. Sur les passes estuariennes, l'halophobie⁸ de ces dernières, entraîne aussi une nage active en direction des eaux les moins salées provenant de l'amont. Les brosses inclinées, qui sont humidifiées en permanence par le débit d'humidification, permettent aux civelles migrantes de se mouvoir et de remonter entre les poils de la brosse. Puis arrivées au sommet de la brosse, elles tombent dans le vivier de piégeage, en permanence alimenté par un débit d'oxygénation pour renouveler l'eau. Dans le cas des passes sans système de piégeage, les animaux retombent directement de l'autre côté du barrage. Ce genre de passes dite « active » sont alimentées par une pompe électrique (Figure 6).

2.2.2 Le protocole de mesure

Le protocole de mesure utilisé lors des suivis, est standardisé et commun à l'ensemble des suivis nationaux, afin de permettre les comparaisons interbassins.

Ce protocole se déroule de la façon suivante :

⁷ Rhéotaxie : Tendance d'un organisme à se mouvoir en réponse au stimulus d'un courant d'eau.

⁸ Halophobie : se dit d'un organisme qui fuit un milieu très concentré en sel.

1. Préparation du matériel d'échantillonnage : remplir les seaux et prendre la température de l'eau à l'amont à l'aide d'un thermomètre. Préparation du bain sédatif (10 ml d'eugénol à 10% dans 10L d'eau) puis et du bain de réveil (un grand seau d'eau claire)
2. Arrêt du système de pompage en position zéro sur le boîtier électrique, et vidange du vivier (en y laissant toujours un minimum d'eau par rapport aux nombres d'individus).
3. Passage des anguilles au travers d'un trieur (de mailles de 5 mm) pour trier les « petites » (< 150mm de longueur) et les « grandes » (> 150mm), à l'aide d'une épuisette.
4. Comptage des individus et pesée globale du refus de trieur (> 150 mm).
5. Pesée globale des civelles et des anguilletes passées dans le trieur et pesée de 150 individus afin de pouvoir calculer le nombre total d'individus.
6. Remise à l'eau, à l'amont du barrage de tous les individus qui ne feront pas l'objet de mesure biométrique.
7. Placer 150 civelles, dans le bain sédatif et attendre leur endormissement pour pouvoir procéder aux mesures. Mesurer chaque individu à l'aide d'un ichtyomètre et placer les dans le bain de réveil.
8. Remise à l'eau après réveil complet de tous les individus et nettoyage du matériel et du vivier et enfin remise en marche de la pompe.

Les relevés ont lieu en moyenne 3 fois par semaine (le lundi, le mercredi et le vendredi), les mesures biométriques (étape 7 et 8) ne sont réalisées qu'une fois par semaine et seulement sur la passe des Enfreneaux. Sur la passe des Enfreneaux, les relevés ont commencé le 18 mars 2019, et le 25 mars 2019 sur celle des Cinq Abbés.

Les données concernant les coefficients de marées du matin du relevé, sont sur le site marée.info. Ce sont des mesures du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine. Dans cette étude, les données prises en compte seront celles de la Rochelle-Palice qui est la station la plus proche des sites d'études.

2.3 Les méthodes analytiques

Les hypothèses qui ont cherchées à être vérifiées sont : si les facteurs environnementaux tels que la température de l'eau ou les coefficients de marées modulent l'intensité migratoire, si le rythme de migration évolue au cours du temps, si la taille des civelles de la même migration diminue au cours de la saison et enfin si l'intensité migratoire évolue au fil des années.

Pour cela des corrélations linéaires, des régressions linéaires ont été réalisées dans le but de chercher à caractériser la migration. Des tests de Pearson ont été réalisés dans le but de vérifier une potentielle corrélation.

Les logiciels qui ont été utilisé sont Excel et R Studio.

3. Résultats

Les résultats vont être présentés en trois grandes parties. Une première concernant la passe des Enfreneaux, une seconde sur celle des Cinq Abbés et une troisième afin de comparer les résultats de l'année avec les précédentes.

3.1 La passe du barrage des Enfreneaux

Cette année le suivi de la migration de montaison de l'Anguille européenne au barrage des Enfreneaux a duré 83 jours sans interruption.

Le tableau 1, présente le bilan général des captures et les principales caractéristiques de la migration.

Tableau 1 : Tableau bilan des résultats obtenus sur la passe des Enfreneaux

Effectif total	Masse total (kg)	Jours de piégeage	Température min et max	Coefficient de marée min et max	Petite (<150mm)			Grande (>150mm)		
					Nombre	Masse (kg)	Nombre moyenne d'individus migrants par jour	Nombre	Masse (kg)	Nombre moyenne d'individus migrants par jour
228555	82,12	83	11,4-19,7	32-115	225610	67,91	3683	2945	14,2	39

Comme nous pouvons le voir ici, on remarque que cette passe est efficace et permet la continuité écologique sur cette espèce avec environ 3683 civelles et 39 anguillettes migrantes par jour. Les quantités totales d'individus sont assez importantes avec 228 555 poissons qui ont migré (avec 225 610 civelles et 2 945 anguillettes) pour une masse totale de 82,12kg (soit 67,91kg de civelles et 14,21 d'anguillettes). Quant à la température et au coefficient de marée, ils varient respectivement de 11,4 à 19,7°C, et de 32 à 115. (Voir Tableau 1).

3.1.1 Etude de l'effet des facteurs abiotiques

La figure suivante 7 montre l'évolution du nombre d'individus capturés par jour en fonction de de la marée (figure 7 à gauche) et la température de l'eau (figure 7 à droite).

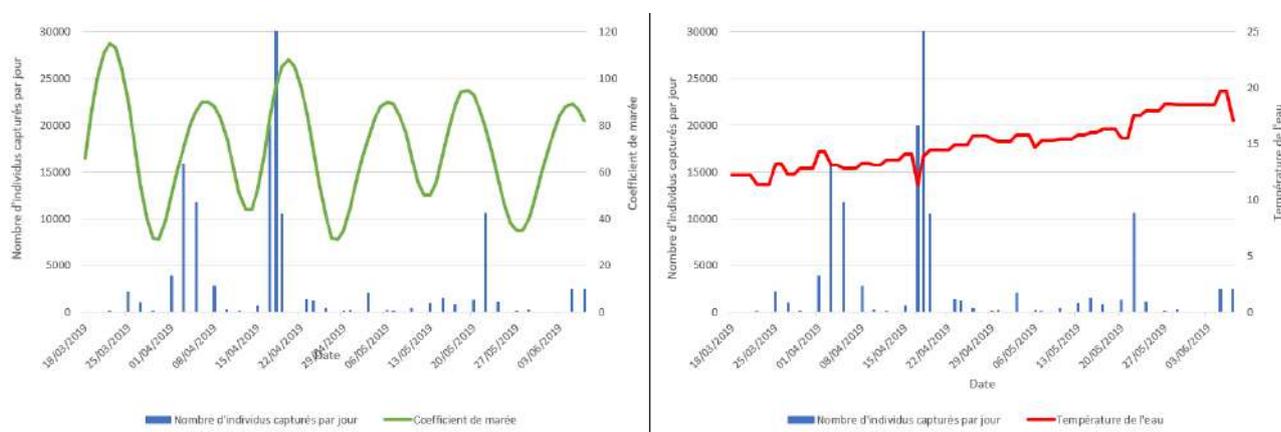


Figure 7 : Evolution du nombre d'individus capturés par jour en fonction de la température et du coefficient de marée (Sur le graphique de gauche est représenté l'évolution du nombre d'individus capturés par jour en fonction du coefficient de marée et sur celui de droite en fonction de la température)

Comme nous pouvons le voir sur ces graphiques (figure 7), 2 grands pics de captures se démarquent aux alentours du 3 avril et du 18 avril 2019 et un troisième dans une moindre mesure à la date du 22 mai. Ces pics de capture peuvent représenter jusqu'à environ 30 000 individus capturés par jour. Quant à la température, on remarque qu'elle augmente progressivement tout au long de la durée du piégeage. Concernant les coefficients de marée, il semblerait que lorsque les coefficients augmentent, le nombre d'individus capturés par jour augmente aussi.

Il serait maintenant intéressant de savoir s'il y a une corrélation entre le nombre d'individus capturés par jour et l'évolution des températures et des coefficients de marée. Afin de répondre à cette question des tests de corrélation de Pearson ont été réalisés, les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Résumé des résultats obtenus lors des tests de corrélation de Pearson

	p-value	Cor	Significativité
Corrélation avec la Température de l'eau	0.1569	-0.2482346	Statistiquement non significatif, On ne peut pas rejeter H0
Corrélation avec le coefficient de marée	0.03211	0.3682735	Statistiquement significatif, On rejette H0

Avec une hypothèse H0 : le nombre d'individus migrant par jour n'est pas corrélé avec la température de l'eau ou avec le coefficient de marée, et un alpha qui est égal à 5% (soit 0,05), on remarque que pour la température les résultats ne sont pas significatifs mais le sont pour le coefficient de marée.

La température et le nombre d'individus migrant par jour, semblent non corrélés et évolués indépendamment. Pour le coefficient de marée, l'hypothèse H0 est rejetée : le nombre d'individus migrants et les coefficients de marée sont corrélés. Les observations faites précédemment qui nous indiquaient que lorsque les coefficients étaient élevés, le nombre d'individus migrants était plus important, semble correcte, ces deux paramètres sont donc liés.

3.1.2 Etude du rythme migratoire aux Enfreneaux

Pour étudier le rythme migratoire de l'année, les pourcentages des effectifs de capture par jour ont été cumulés tout au long du suivi. Cela a été fait dans l'objectif de voir à quelle date a débuté la migration, ce qui correspond à la date où 5% de l'effectif total a été atteint. La date correspondant à 50% de l'effectif total, montre que la migration est arrivée à sa moitié, et permet d'évaluer la vitesse de migration. Cet indicateur de suivi anguille a été mis en place en 2012 par M ROUL (ROUL, M. 2012). (Voir figure 8 : Evolution du rythme migratoire au cours du temps)

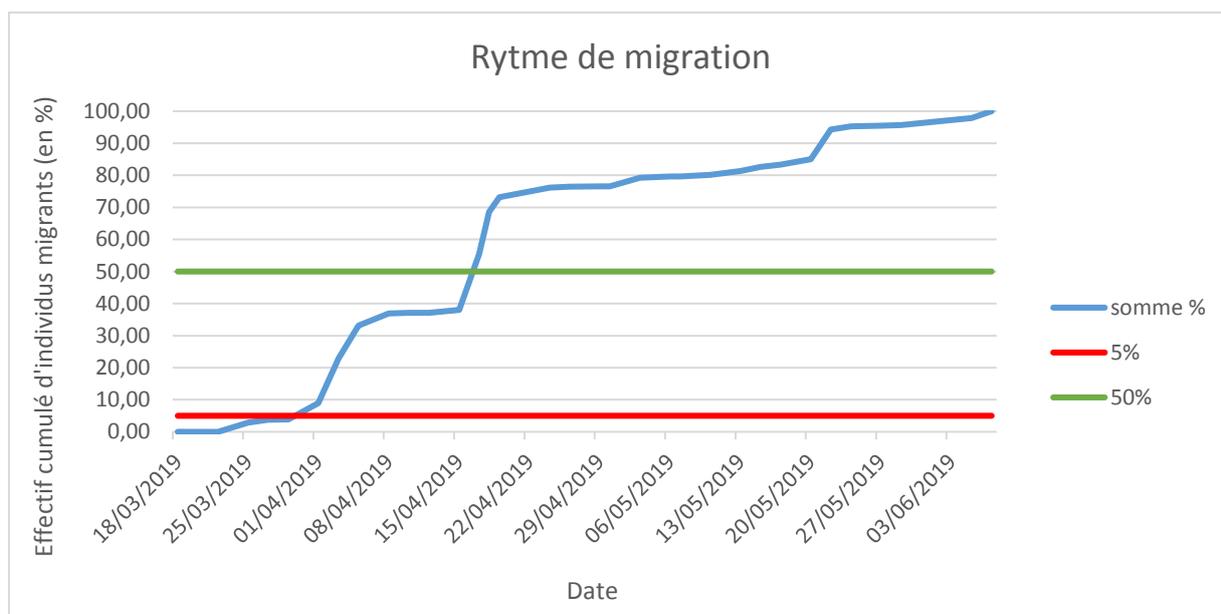


Figure 8 : Evolution du rythme migratoire au cours du temps

Les 5% de l'effectif cumulé sont atteints le 29 mars 2019, ce qui marque le début de la migration. Et pour la barre des 50%, ils ont été atteints à la date du 17 avril soit 20 jours après le début de la migration (Figure 8).

La migration semble se faire en 3 grands paliers, avec une forte croissance pendant quelques jours (3 ou 4), puis une stabilisation pendant une plus longue période (10 jours ou plus). De plus, la durée pour atteindre la barre des 50% de l'effectif ayant migré est atteinte très rapidement (20 jours) tandis qu'après ce seuil, la migration est plus lente. Il faut 48 jours pour passer de 50% de l'effectif cumulé d'individus migrants au seuil des 100%.

3.1.3 Etude de l'évolution de la taille des civelles

Afin d'étudier l'évolution de la taille des civelles pendant la période de migration, les données utilisées correspondent aux mesures de taille de 150 individus en fonction de la semaine à laquelle elles ont été effectuées. (Figure 9 : Evolution de la taille des civelles en fonction des semaines).

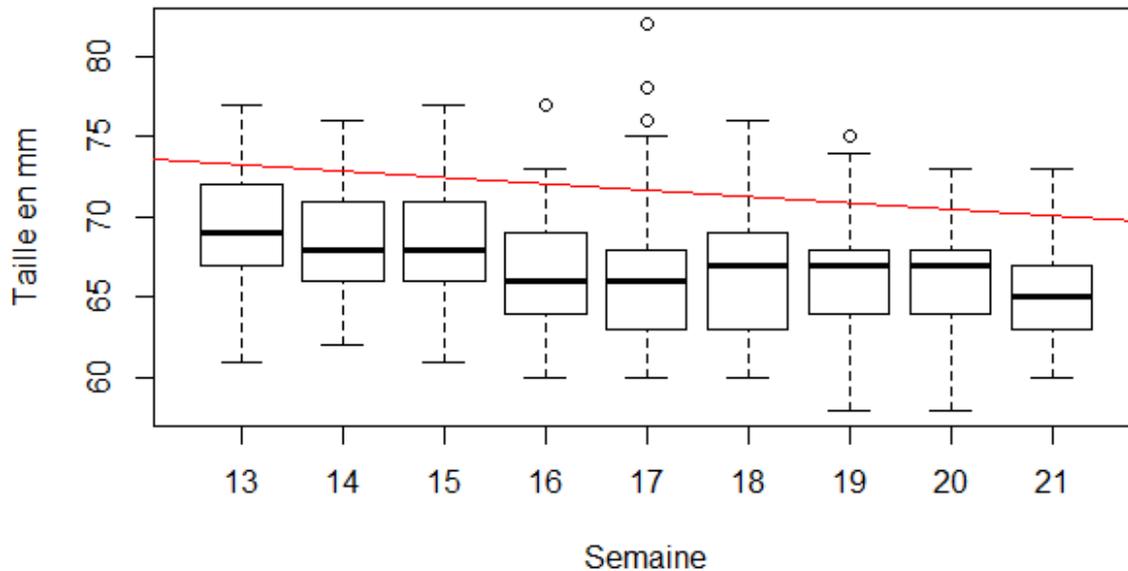


Figure 9 : Evolution de la taille des civelles en fonction des semaines.

Sur la figure 9, on peut voir globalement qu'au fur et à mesure des semaines la taille des civelles diminue, avec un coefficient de diminution de -0.3928 . On remarque aussi que pendant la semaine 17, des individus capturés ont atteint des tailles supérieures à 75 mm. Il serait maintenant intéressant d'étudier l'évolution des classes de taille des individus capturés afin de voir quelles classes de taille augmentent ou diminuent (Figure 10 : Evolution des classes de taille des civelles en fonction des semaines).

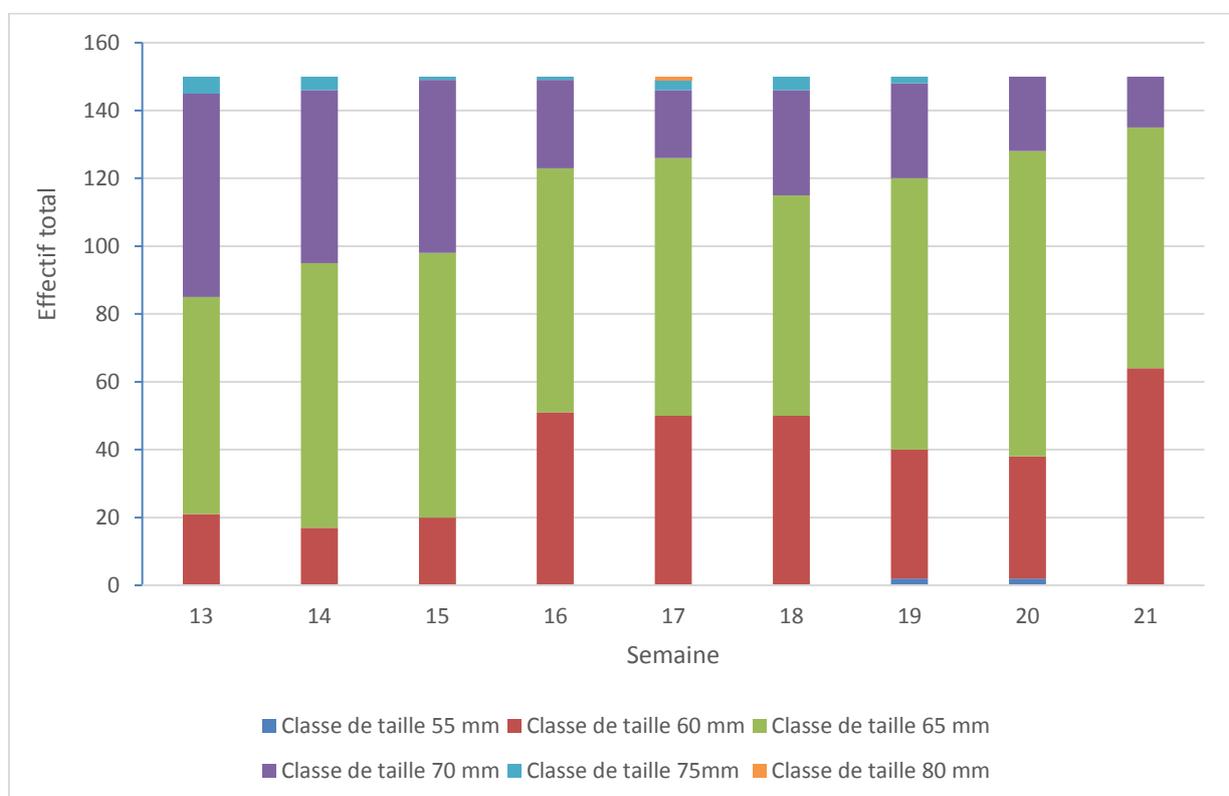


Figure 10 : Evolution des classes de taille des civelles en fonction des semaines.

Comme nous pouvons le voir sur cette figure 10, l'observation faite précédemment semble vérifiée car on remarque qu'au cours du temps les proportions d'individus appartenant à la classe de 70 mm diminuent et que ceux des classes de 60 et 65 mm, augmentent progressivement. Ce phénomène est très marqué à partir de la semaine 16 et surtout pour les individus de la classe de taille de 60 mm.

Afin de vérifier le phénomène observé précédemment (que la taille des civelles diminue au cours du temps), un test de corrélation de Pearson entre la taille des civelles et la semaine des mesures a été réalisé avec l'hypothèse H0 : la taille des civelles n'est pas corrélée avec la semaine de mesure, et avec un alpha égal à 5%. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant (tableau 3).

Tableau 3 : Résumé des résultats obtenus lors du test de corrélation de Pearson

	p-value	Cor	Significativité
Corrélation entre la taille des civelles et la semaine de mesure	2.2 ^e -16	-0.2841158	Statistiquement significatif, On rejette H0

Comme le montre ce tableau 3, les résultats montrent que l'hypothèse H0 peut être rejetée ce qui signifie donc qu'il y a une corrélation entre la taille des civelles et la semaine de mesure. De plus cette dernière est négative, ce qui montre bien qu'au cours des semaines la taille des civelles diminue.

3.2 La passe du canal des cinq abbés

En ce qui concerne la passe des cinq Abbés, la durée totale du suivi était de 76 jours sans interruption. Le tableau suivant présente le bilan général des captures sur l'ensemble du piégeage (Tableau 4).

Tableau 4 : Bilan récapitulatif des résultats obtenus sur la passe des Cinq Abbés

Effectif total	Poids total (kg)	Jours de piégeage	Température min et max	Coefficient de marée min et max	Petite (<150mm)			Grande (>150mm)		
					Nombre	Masse (kg)	Nombre moyenne d'individus migrants par jour	Nombre	Masse (kg)	Nombre moyenne d'individus migrants par jour
98865	44,32	76	12,3-19,5	32-105	97293	31,01	1401	1572	13,31	20

Tout comme la passe des Enfreneaux, celle-ci permet la continuité écologique sur l'anguille européenne et elle est aussi assez efficace. Elle permet à 1401 civelles et 20 anguillettes, en moyenne, de passer le barrage chaque jour. Sur la durée du piégeage, un total de 98 865 individus a migré (soit 97 293 civelles et 1572 anguillettes) pour une masse totale de 44,319 kg (31,01kg de civelles et 13,31 kg d'anguillettes). En ce qui concerne la température, elle varie entre 12,3 et 19,5°C, ce qui est un peu plus que pour la première passe. Pour les coefficients de marée, ils varient entre 32 et 105.

3.2.1 Etude de l'effet des facteurs abiotiques

La figure 11, présente l'évolution du nombre d'individus capturés par jour en fonction de la marée (Figure 11 à gauche) et de la température de l'eau (figure 11 à droite).

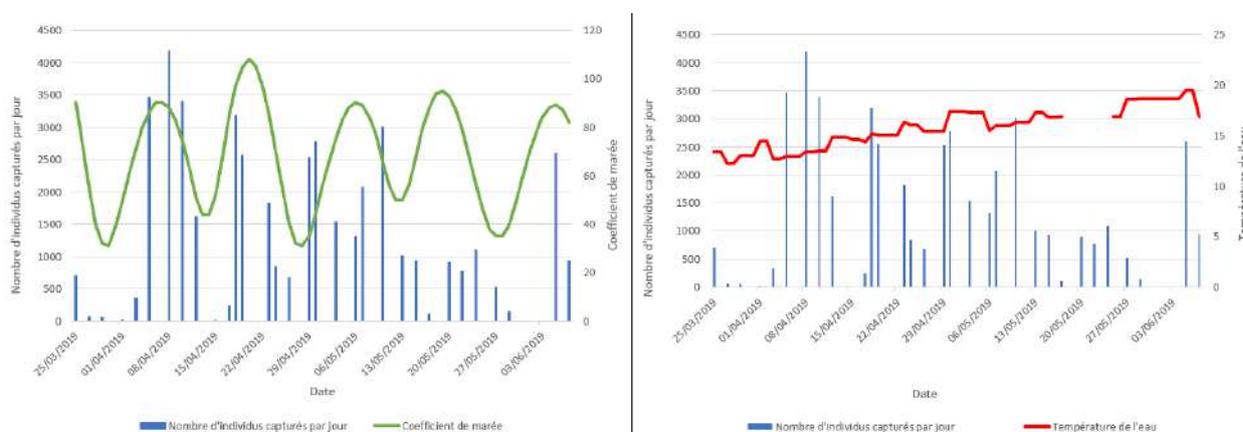


Figure 11 : Evolution du nombre d'individus capturés par jour en fonction du coefficient de marée et de la température (à gauche est représentée l'évolution du nombre d'individus en fonction du coefficient et à droite en fonction de la température)

Il est à noter une absence de données sur la température lors des relevés du 20 au 24 mai 2019. Tout d'abord, cinq grandes périodes se démarquent avec des pics de migration allant jusqu'à des valeurs de plus de 3000 individus capturés par jour. Tout comme pour les Enfreneaux, les températures augmentent progressivement au cours du temps. En ce qui concerne les coefficients de marée, il semblerait aussi que les périodes avec de gros coefficients, correspondent à peu près au jour de forte migration.

Afin de vérifier s'il y a une corrélation entre les températures de l'eau/coefficients de marée et le nombre d'individus migrants par jour, les mêmes tests statistiques que pour les Enfreneaux ont été réalisés.

Tableau 5 : Résumé des résultats obtenus lors des tests de corrélation de Pearson

	p-value	Cor	Significativité
Corrélation avec la Température de l'eau	0.8871	-0.02757266	Statistiquement non significatif, On ne peut pas rejeter H0
Corrélation avec le coefficient de marée	0.0404	0.3641652	Statistiquement significatif, On rejette H0

De la même façon que pour les Enfreneaux, on remarque qu'il y a une corrélation entre le coefficient de marée et le nombre d'individus migrants par jour.

3.2.2 Etude du rythme migratoire aux cinq abbés

La méthode d'analyse du rythme migratoire est la même que pour la première passe. Les résultats sont présentés sur la figure suivante (Figure 12) :



Figure 12 : Evolution du rythme migratoire au cours du temps.

La barre des 5% des effectifs cumulés qui ont migré est atteinte le 5 avril 2019, c'est le jour du début de la migration. Quant à la barre des 50%, elle a été atteinte le 26 avril 2019 soit 21 jours après le début de la migration.

Contrairement aux Enfreneaux, il n'y a pas de paliers successifs, mais l'effectif cumulé d'individus migrants augmente progressivement au cours du temps et de façon presque linéaire.

3.3 Comparaison avec les données antérieures

Depuis 1984 et depuis 1996, des suivis ont été mis en place sur la passe des Enfreneaux et sur celle des cinq abbés mais pour des soucis d'homogénéité des protocoles et des périodes de migration seules les données à partir de 2001, ont été utilisées pour la comparaison avec cette année.

3.3.1 Comparaison de l'intensité migratoire

L'intensité migratoire a été analysée en premier lieu. Tout d'abord une comparaison des masses moyennes et des effectifs moyens capturés par année a été réalisée (Figure 13 : Evolution de l'effectif moyen et des masses moyennes au cours des années sur les passes des Enfreneaux et Cinq Abbés).

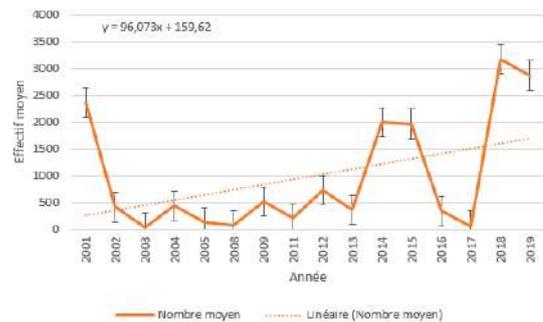
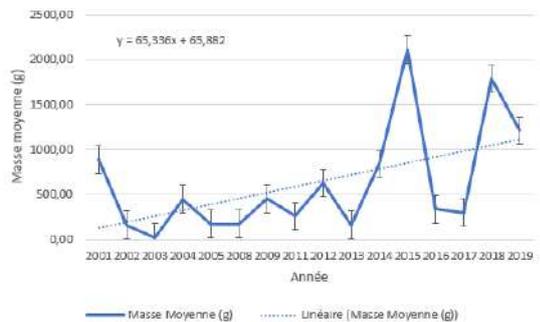
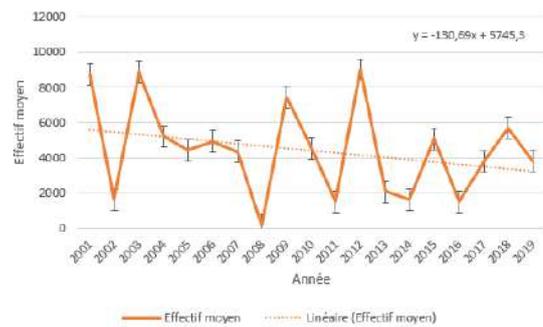
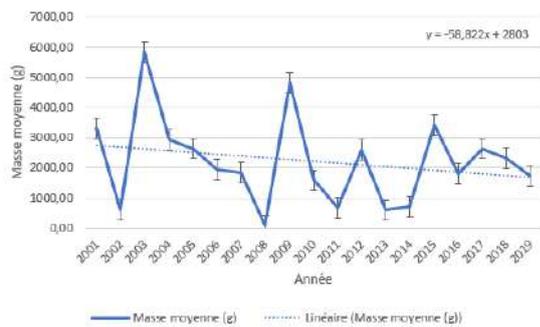


Figure 13 : Evolution de l'effectif moyen et des masses moyennes au cours des années sur les passes des Enfreneaux et cinq abbés (Sur les graphiques du haut sont représenté les résultats pour la passe des Enfreneaux et en bas ceux de celle des 5 abbés)

L'évolution à la fois des masses moyennes et des effectifs moyens par années est différente pour les deux passes. En ce qui concerne, les Enfreneaux depuis 2001, il y a une tendance à la baisse de la migration tandis que pour les cinq Abbés la tendance est plutôt à la hausse. De plus, pour la première passe, les valeurs sont beaucoup plus variables d'une année à l'autre que pour la seconde.

En ce qui concerne les Enfreneaux, les coefficients de diminution sont forts que ce soit pour les masses moyennes ou que pour les effectifs moyens (respectivement de -58,822 et de -130,69), ce qui montre bien cette forte tendance à la baisse de la migration de ces dernières années. Pour les Cinq Abbés, les coefficients sont quant à eux positifs et assez élevés de 65,336 pour les masses moyennes et de 96,073 pour les effectifs moyens, ce qui confirme bien les observations faites précédemment avec une tendance à l'évolution de la migration. Cette augmentation est très marquée à partir de 2014.

Pour vérifier encore un peu plus ces observations, l'étude du nombre moyen d'individus migrants par jour va permettre de confirmer ou non ces observations (Figure 14 : Evolution du nombre moyen d'individus migrant par jour aux Enfreneaux et aux Cinq abbés).

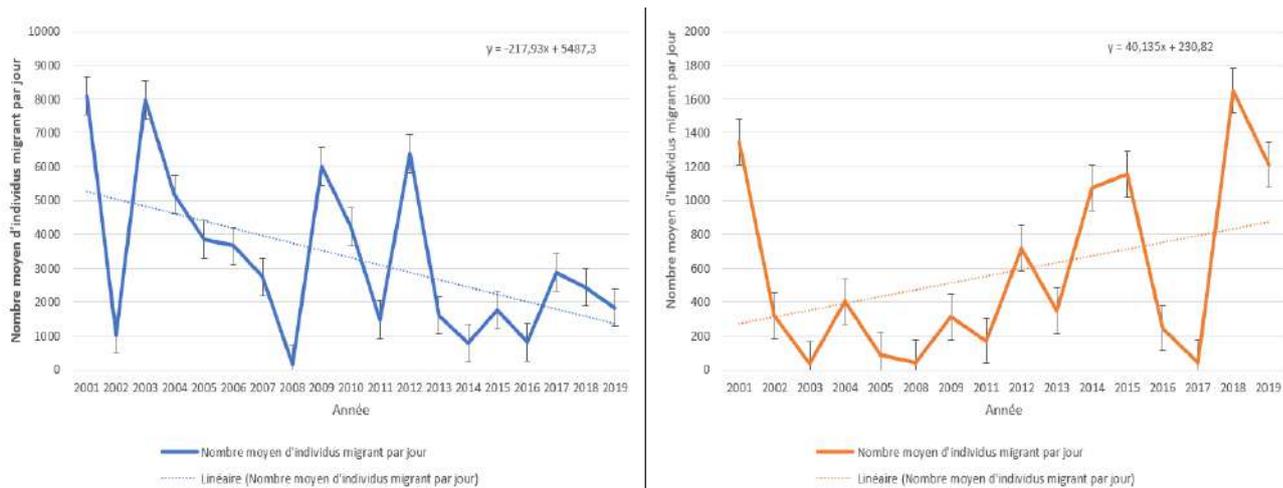


Figure 14 : Evolution du nombre moyen d'individus migrant par jour aux Enfreneaux et aux Cinq abbés (à gauche sont présentés les résultats des Enfreneaux et à gauche ceux des Cinq abbés)

Les observations réalisées précédemment semblent se confirmer sur cette figure (Figure 14) : on peut voir qu'une tendance à la diminution de la migration pour les Enfreneaux avec une diminution du nombre moyen de civelles migrants par jour (coefficient de diminution de -217,93). Pour les cinq Abbés, les observations précédentes sont aussi confirmées avec une dynamique de migration en hausse sur cette période de 2001 à aujourd'hui avec un coefficient de 40,135. Les tendances de migration sont donc différentes sur ces deux passes avec une probable diminution pour les Enfreneaux et hausse pour les Cinq abbés.

Afin de vérifier ces tendances des tests de corrélation sur le nombre moyen d'individus migrants par jour en fonction de l'année ont été réalisés. Le tableau suivant présente les résultats obtenus. L'hypothèse testée H_0 : il n'y a pas de corrélation entre le nombre moyen d'individus migrant et l'année avec un degré de significativité alpha de 5%.

Tableau 6 : Synthèse des résultats des tests de corrélation de Pearson sur la corrélation entre le nombre moyen d'individus migrants par jour et l'année.

	p-value	Cor	Significativité
Corrélation entre le nombre moyen d'individus migrants par jour et l'année aux Enfreneaux	0.02743	-0.5050152	Statistiquement significatif, On rejette H_0
Corrélation entre le nombre moyen d'individus migrants par jour et l'année aux 5 abbés.	0.1992	0.3388537	Statistiquement non significatif, On ne peut pas rejeter H_0

Ce tableau montre bien une corrélation négative entre le nombre d'individus migrants par jour et l'année pour la passe des Enfreneaux, et valide l'observation faite sur la figure précédente (figure 14) avec une tendance à la baisse de la migration anadrome de l'Anguille européenne au fil des ans. En revanche pour la passe des 5 abbés, les résultats ne sont pas significatifs, on ne peut donc pas dire s'il y a bien une corrélation entre les paramètres testés

même si les graphiques indiquent une tendance à la hausse du nombre de migrants sur ces dernières années.

Afin d’avoir une idée globale de l’évolution de nombre moyen de migrant par jour sur les deux passes, une moyenne des données de chaque année a été réalisé et les résultats sont présentés sur la figure suivante. (Figure 15)

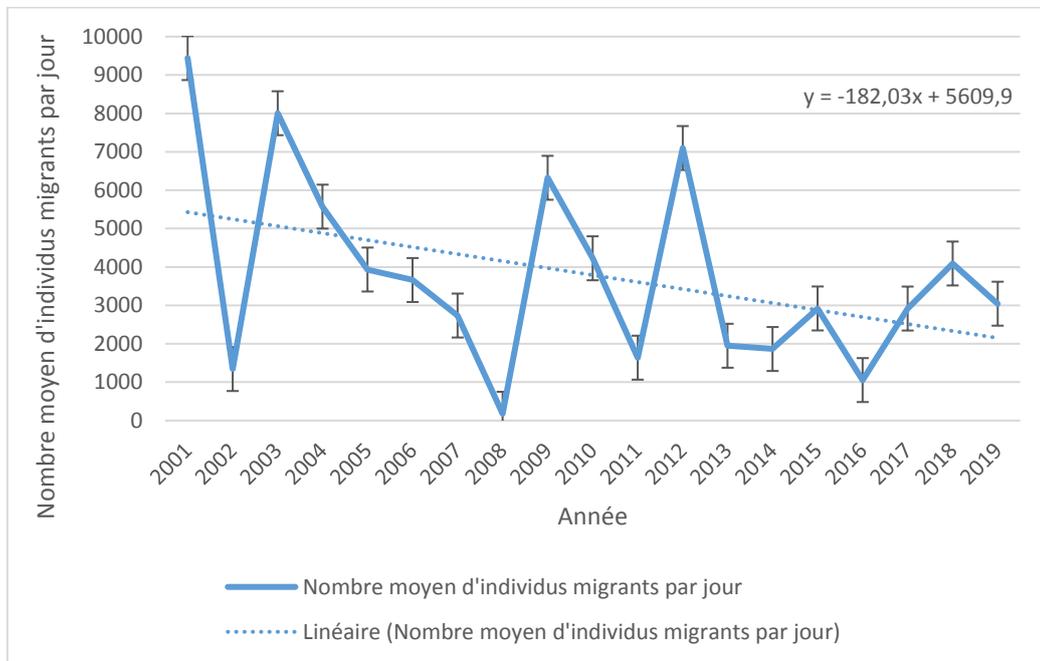


Figure 15 : Evolution du nombre moyen d'individus migrants par jour sur les deux passes.

Comme l’indique ce graphique (figure 15), la tendance du nombre d’individus migrants par jour sur les deux passes est à la baisse depuis 2001 (un coefficient de diminution de -182,03). Ce qui est confirmé les observations faites précédemment.

3.3.2 Influence de la température et des coefficients de marée sur ces dernières années

Les données synthétisées de l’influence de la marée et de la température de l’eau, depuis 2010, sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Synthèse des résultats obtenus de l’influence de la température de l’eau et de la marée sur la migration anadrome de l’anguille Européenne.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Température de l'eau	Lié	Lié	Non Lié	Lié	Non Lié	Lié	Lié	Lié	Lié	Non Lié
Coefficient de marée	Non Lié	Lié	Lié	Lié	Non Lié	Lié				

Comme indiqué dans ce tableau (Tableau 7), l’influence de la température de l’eau et de la marée ont pu être mise en évidence par le passé. En 2019, la température de l’eau n’a pas montré de lien avec le franchissement des obstacles par les civelles contrairement à la marée.

3.3.3 Evolution de la taille des civelles au cours d'une année depuis 2013

Les résultats de l'évolution de la taille des civelles au cours d'une saison depuis 2013 sont présentés dans le tableau suivant (tableau 8).

Tableau 8 : Synthèse des résultats obtenus lors des tests sur l'évolution de la taille des civelles au cours d'une année de l'anguille Européenne.

	2013	2015	2016	2017	2018	2019
Evolution de la taille des civelles	Diminution	Augmentation	Diminution	Augmentation	Diminution	Diminution

Cette synthèse, nous montre bien que l'évolution de la taille des civelles fluctue au cours de la saison mais que d'une année à l'autre ces résultats peuvent être bien différents. On remarque que la taille au cours d'une saison ne diminue pas forcément chaque année comme en 2019.

4. Discussion

Il est important de savoir que les deux passes qui ont été choisies sont deux passes estuariennes de la Sèvre niortaise mais que ce ne sont pas les seuls passages possibles pour l'Anguille européenne pour coloniser ce cours d'eau. De plus, une passe à anguilles n'est pas 100% efficace et empruntée par tous les individus migrants, le résultat obtenu ne comptabilise donc pas l'ensemble des anguilles migrantes mais ne montre que la tendance globale et les évolutions inter annuelles.

Comme l'ont montrées les analyses concernant l'étude de l'effet des facteurs environnementaux (la température de l'eau et les coefficients de marée), cette année, il a bien été démontré une influence de la marée sur le flux migratoire. En comparant avec les années précédentes, on remarque que l'influence du coefficient de marée n'a été que très peu mise en évidence, c'est pourquoi il agirait plus en tant que modulateur de la migration plutôt qu'en un paramètre déterminant à celle-ci comme d'autres paramètres comme le débit d'eau douce, qui a déjà été expliqué dans la bibliographie. En ce qui concerne la température de l'eau, son influence n'a pas été mise en évidence statiquement cette année mais on sait que d'après la bibliographie, elle agit comme un bloqueur et un inhibiteur au flux migratoire. En dessous et au-dessus d'une certaine température la migration ne se fait pas ou est ralentie (les seuils précis diffèrent selon les auteurs) (Elie et Rochard, 1994).

En ce qui concerne l'évolution de la taille des civelles au cours d'une saison, on a pu voir que cette année, leur taille diminuait au fur et à mesure des semaines. Ce qui est en adéquation avec l'hypothèse qui indiquerait que les premières civelles arrivant en estuaire seraient issues de leptocephales de plus grandes tailles qui auraient bénéficié de bonnes conditions pour leur traversée et qu'au fur et à mesure des semaines, ce seraient les civelles issues de plus petites larves qui arriveraient (Gascuel, 1987). Les années où l'on observe des augmentations de la taille des individus au cours de la saison pourraient donc être fausses en raison d'un mauvais échantillonnage avec par exemple des mesures

d'anguillettes qui n'auraient pas dû être réalisées. C'est pourquoi il est intéressant de continuer au cours des années futures ces analyses biométriques.

Enfin en ce qui concerne l'intensité migratoire, ces deux passes permettent une bonne continuité écologique pour l'Anguille européenne. Il a été remarqué que depuis 2001, pour la passe des Enfreneaux, il y avait une forte tendance à la baisse du nombre d'individus migrants, en revanche la tendance pour les Cinq Abbés serait plutôt à la hausse même si les résultats ne sont pas statistiquement significatifs. En combinant les deux passes il a été montré plutôt une tendance à la baisse du nombre d'individus migrants par jour depuis 2001. Mais cette diminution doit être analysée avec prudence. Ces deux barrages ne sont pas les seuls points d'entrée dans le marais. Les résultats obtenus doivent donc être mis en parallèle avec ceux obtenus lors des différents suivis piscicoles réalisés chaque année et avec les suivis de la migration de dévalaison de l'anguille argentée. Dans l'objectif d'avoir une idée plus globale des quantités d'anguilles européennes présentes dans l'ensemble du bassin. Les rapports des années précédentes sur ces deux autres types de suivis, ont montré le rajeunissement des populations d'*Anguilla anguilla* dans le Marais poitevin, ce qui indique un bon apport de civelles ces dernières années. En 2013, il y a eu, partout en France, une arrivée plus importante de civelles (Migrateurs Loire, 2018). Ce phénomène est attribué à de très bonnes conditions océaniques qui pourraient expliquer le rajeunissement des populations de ces dernières années, plutôt que les différents efforts mis en place par l'homme à travers les plans de gestion anguille. Mais ce très fort pic de migration qui n'est arrivé qu'une seule fois dans les années 2000, montre son caractère exceptionnel et ce n'est rien en comparaison aux migrations observées dans les années 70.

Il n'y a pour l'instant pas d'amélioration réellement significative de la migration anadrome de l'anguille, malgré la mise en place du plan de gestion anguille.

Conclusion

La description de la période et de l'intensité migratoire de la civelle dans le Marais Poitevin, a permis d'acquérir des connaissances sur les facteurs naturels et anthropiques qui modulent sa dynamique biologique tout en facilitant l'accès à l'amont des barrages.

Le Parc naturel régional du Marais poitevin œuvre depuis de nombreuses années pour une bonne gestion des niveaux d'eau et la libre circulation de l'Anguille européenne dans le marais. Mais les résultats de ces dernières années restent très mitigés, en effet les chiffres globaux du recrutement semblent continuer sa longue décroissance sur les deux passes à anguilles étudiées.

Cependant, cette année, un total de 327 420 d'anguilles sur les deux passes a été comptabilisé soit environ 3900 individus par jour. Bien que partiel, car le présent rapport analyse les données jusqu'au 08 juin seulement, ce chiffre est plutôt bon, ce qui montre que la continuité écologique permet la libre circulation d'*Anguilla anguilla*.

Le sursaut de migration de 2013, ne semble donc que spontané et n'indique pas une inversion de la courbe de décroissance des populations qui a largement débuté dans les années 80. Malgré les efforts de gestion comme la mise en place de quotas de pêche, la mortalité des anguilles de moins de 12 cm, n'a toujours pas atteint son but de réduction de 60%. Ces quotas de pêche semblent donc inefficaces et trop élevés. De plus, l'exploitation des civelles dans des objectifs de repeuplement semble eux aussi très discutables, avec des résultats mitigés et qui d'après certaines études pourraient être préjudiciables à l'espèce (Krueger et Oliviera, 1999). De plus, sa pratique engendre des coups financiers et humains très importants.

Il serait donc peut-être plus intéressant pour la bonne survie de l'espèce de travailler sur des projets de meilleure restauration de la continuité écologique, de qualité des habitats et de l'eau afin que l'anguille colonise les cours d'eau de leurs propres moyens.

Il serait aussi intéressant de poursuivre les bilans de ces premières années des plans de gestion à l'échelle européenne afin de permettre à l'Union européenne de revoir ou non ses objectifs initiaux. La seule manière de protéger et faire en sorte que l'Anguille européenne sorte de son statut d'espèce en voie d'extinction est de faire en sorte qu'il y ait la même politique de gestion sur l'ensemble de son aire de répartition.

C'est pourquoi l'acquisition de nouvelles données, chaque année, sur les dynamiques migratoires d'*Anguilla anguilla* est très importante. Il est donc impératif de continuer les suivis annuels pour vérifier l'efficacité des mesures de restauration de cette espèce en danger critique d'extinction alors qu'une grande partie de sa biologie reste encore à découvrir.

Bibliographie

Adam,G et al. (2008). L'anguille européenne, indicateurs d'abondance et de colonisation. ED.Quae, Versailles, 395p.

Bruslé J. (1994). L'anguille européenne, un poisson sensible, *Bull.Fr. Pêche Piscic*, 237-260.

Chancerel F. (1994). La répartition de l'anguille en France. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture335 : 289-294.

De Casamajor M.N. ; Bru N. ; Prouzet P. (1999). Influence de la luminosité nocturne et de la turbidité sur le comportement vertical de migration de la civelle d'anguille (*Anguilla anguilla* L.) dans l'estuaire de l'Adour. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture355 : 327-347.

De Casamajor M.N. ; Lecomte-Finiger R. ; Prouzet, P. (2003). Caractéristiques biologiques des civelles (*Anguilla anguilla*) lors de la transition en estuaire. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 368 : 109-124

Deelder C.L (1984). Synopsis of biological data on the eel *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758) (Vol 80).

DeLeo, G., et Gatto, M (1995). A size and age-structured model of the European eel (*Anguilla anguilla* L.) *Journal Canadien des sciences halieutiques et aquatique*, 1351-1367.

Elie P. et Rochard E. (1994). Migration des civelles d'anguilles (*Anguilla anguilla* L.) dans les estuaires, modalités du phénomène et caractéristiques des individus, *Bull.Fr. Pêche Piscic.*, 81-94.

Elie P. ; Girard P. (2009). Effets des micropolluants et des organismes pathogènes chez l'Anguille européenne *Anguilla anguilla* L. 1758. Collection étude CEMAGREF n°128. 121 p.

Feunteun, E (2012). Le rêve de l'anguille, une sentinelle en danger, petite encyclopédie sur un poisson extraordinaire. Ed. Buchet Chastel Ecologie, 266p.

Fontaine Y.A. (1994). L'argenteure de l'anguille : métamorphose, anticipation, adaptation. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture335 : 171-185.

Gascuel,D (1987). La civelle d'anguille dans l'estuaire de la sèvre niortaise : Biologie, Ecologie, Exploitation. *Publication du département d'halieutique ENSAR*, 355 p.

Krueger, WH et Oliviera K (1999). Evidence for environmental sex determination in the American eel, *Anguilla rostrata*. *Environmental Biology of fishes*, Vol.55, Issue 4, 381-389.

Lecompte-Finigier, R (1990). Métamorphose de l'anguille jaune en anguille argentée *Anguilla anguilla* L. et sa migration catadrome. *Année biologique*. 29(3), 183-194.

Lecomte-Finiger R. (1994). Contribution de l'otolithométrie à l'étude de la dynamique de la migration larvaire de l'anguille européenne *Anguilla anguilla*. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture335 : 7-16.

Lecomte-Finiger R. ; Maunier C. ; Khafif M.(2004). Les larves leptocéphales, ces méconnues. *Cybium*, 28(2): 83-95.

Legault A. (1987). L'anguille dans le bassin versant de la sèvre niortaise, biologie, écologie, exploitation. *Les publications du département d'halieutique n°6 ENSAR*, 305p.

McCleave, JD et al. (1987). Distribution of leptocephali of the catadromous *Anguilla* species in the western Sargasso sea in relation to water circulation and migration. *Bull. of Marine science Vol. 41 n°3*, 789-806.

Prouzet P. (2003). L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*). Les nouvelles de l'IFREMER48: 4

Robinet T.; Feunteun E. (2002) Sublethal effects of exposure to chemical compounds: A cause for the decline in Atlantique eel. *Ecotoxicology*, 11, 265-277.

Roul M., (2012) Protocole de suivi d'une passe-piège à anguilles. Tableau de bord Anguille LOGRAMI, 26 pages.

Schmidt J. (1906) Contributions of the life history of the eel (*Anguilla vulgaris*, Flem.) Rapports et procès verbaux des réunions du Conseil permanent et international pour l'exploration de la mer, 5(4): 137-264.

Schoth M.; Tesch F.W. (1982) Spatial distribution of 0-group eel larvae (*Anguilla* sp.) in the Sargasso Sea. *Journal Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 35(3): 309-320.

Sébert M. E; Amérand A.; Vettier A.; Weltzien F.A.; Pasqualini C.; Sébert P; Dufour S.(2007) Effets of high hydrostatic pressure on the pituitary-gonad axis in the European eel, *Anguilla anguilla* (L.). *General and Comparative Endocrinology* 153 : 289-298.

Tapie N. ; Budzinski H. ; Elie P. ; Gonthier P. (2006). Contamination en polychlorobiphényles (PCB) des anguilles du système fluvio-estuarien de la Gironde. 58 p.

Van Ginnekan T. ; Dufour S. ; Sbaihi M. ; Balm P. ; Noorlander K. ; de Bakker M. ; Doornbos J. ; Palstra A. ; Antonissen E. ; Mayer I. ; van den Thillart G. (2007). Does a 5500-km swim trial stimulate early sexual maturation in the European eel (*Anguilla anguilla* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 147 : 1095–1103.

Zompola S.; Katselis G.; Koutsikopoulos C.; Cladas Y. (2008). Temporal patterns of glass eel migration (*Anguilla anguilla* L. 1758) in relation to environmental factors in the Western Greek inland waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 80 : 330–338p.

Résumé :

Depuis 2007, suite à la chute drastique de ses stocks vers la fin du XXème siècle, l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) a été classé par l'UICN dans la catégorie d'espèce en danger critique d'extinction. Dans ce cadre-là, l'Europe, décide d'imposer la mise en place, pour chaque pays membre, de Plan de Gestion Anguille. En France, ce plan est adopté en 2010, dans l'objectif de reformer les stocks d'Anguille européenne. Dans le but d'évaluer l'efficacité des différentes mesures de conservation et de restauration de l'espèce, ce plan prévoit la mise en place de suivi par « rivière index », pour chaque unité de gestion anguilles. Ce dispositif est dirigé au niveau national par l'agence française pour la biodiversité (AFB), sous l'appellation « monitoring anguille ». Pour l'unité de gestion Loire, côtiers vendéens et Sèvre niortaise, la rivière index choisit est la Sèvre niortaise, et les suivis sont réalisés par le Parc naturel régional du Marais poitevin.

Cette étude, présente l'exploitation des différentes données biotiques et abiotiques obtenues par le piégeage et l'échantillonnage de population d'anguilles juvéniles (civelles) effectuant leur migration anadrome dans le Marais poitevin au niveau de deux passes à anguilles. Via des analyses quantitatives et divers indices de migration (étude de l'intensité migratoire des civelles et son évolution saisonnière, analyse de la structure de taille des populations migrantes, mise en évidence de l'influence de facteurs abiotiques), il a été montré que les stocks d'anguilles ont une tendance à la diminution depuis 2001, et que certains facteurs abiotiques comme la température de l'eau ou les coefficients de marée pouvaient moduler la migration.

Abstract :

Since 2007, following the drastic fall of its stocks towards the end of the 20th century, the European Eel (*Anguilla anguilla*) has been classified by IUCN as critically endangered. In this context, Europe decided to put in place, for each member country, an Eel Management Plan. In France, this plan is adopted in 2010, with the aim of reforming European eel stocks. In order to evaluate the effectiveness of the various conservation and restoration measures for the species, this plan provides for the implementation of "index river" monitoring for each eel management unit. This mechanism is managed at the national level by the French Agency for Biodiversity (AFB), under the name "monitoring eel". For the Loire, Vendéen coasts and Sèvre Niortaise management unit, the river index chosen is the Sèvre Niortaise, and monitoring is carried out by the Marais Poitevin Regional Nature Park.

This study presents the exploitation of the different biotic and abiotic data obtained by trapping and sampling the population of juvenile eels (elvers) making their anadromous migration in the marais poitevin at the level of two passes to eels. With quantitative analyzes and various indices of migration (study of the migratory intensity of elvers and its seasonal evolution, analysis of the size structure of migrant populations, evidence of the influence of abiotic factors), it has been shown that eel stocks have been declining since 2001 and some abiotic factors such as water temperature or tidal coefficients could modulate migration.