



POLYTECH[®]
TOURS

Département
Aménagement et Environnement



Ecole d'ingénieurs
polytechnique
de l'université de Tours

Stage de fin d'études

Suivi de la population d'anguilles dans le Marais poitevin



Année 2016-2017

Tutrice de stage : Catherine BOISNEAU
Responsable de stage : Sophie DER MIKAELIAN

Marie MESSAGER

PARC NATUREL REGIONAL DU MARAIS POITEVIN

Suivi de la population d'anguilles de la Sèvre Niortaise

MESSAGER MARIE

POLYTECH TOURS DEPARTEMENT AMENAGEMENT ET ENVIRONNEMENT
INGENIERIE DES MILIEUX AQUATIQUES 5 ANNEE



POLYTECH[®]
TOURS

Département
Aménagement et Environnement



Remerciements

Je tiens avant tout à remercier, pour leur aide et leur soutien, les personnes suivantes :

- Mme Sophie DER MIKAELIAN, ma responsable de stage
- Mme Catherine BOISNEAU, ma tutrice de stage
- L'ensemble du personnel du PNR du Marais poitevin
- L'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise (IIBSN)
- Les Fédérations de Pêche de la Vendée, des Deux-Sèvres
- Ma famille

Résumé :

L'anguille européenne est une espèce piscicole ayant subi une diminution d'effectif importante depuis les années 50, et est aujourd'hui considérée comme menacée. Un dispositif de suivi a donc été mis en place sur plusieurs cours d'eaux du territoire français, dont la Sèvre niortaise suivie par le Parc Naturel Régional du Marais Poitevin. Cette étude, divisée en deux parties, va chercher à recueillir des données sur les populations migrantes d'anguilles afin de suivre leurs tendances d'évolution.

La première étude est basée sur l'exploitation des données obtenues par le piégeage et l'échantillonnage de la population d'anguilles juvéniles effectuant leur montaison dans le marais Poitevin entre 1987 et 2017. Via des analyses quantitatives et divers indices de migrations il est apparu que le stock d'anguilles est en diminution depuis 2000. De plus, plusieurs inconvénients tels que le braconnage ont rendu le système de piégeage actuel imparfait.

La seconde étude dont l'un des buts fut d'estimer la biomasse d'anguille en amont, s'est basée sur l'analyse des résultats de pêches électriques dans le marais. Il est ici apparu que les jeunes individus se cantonnent aux zones aval ce qui risque à terme d'entraîner un vieillissement de la population en amont. Les stocks d'anguilles de grande taille semblent également être menacés par la pêche. Cette étude rejoint donc les constatations émises par le tableau de bord anguille Loire.

Plusieurs actions seront donc à mettre en place afin de préserver la population :

- une protection de l'anguille en renforçant la sécurité des sites et en limitant la pêche.
- la recherche de nouveaux systèmes de suivi plus fiables que les passes
- la facilitation de l'accès à l'amont des ouvrages présents sur le territoire

Mots Clés : Anguille européenne, *anguilla anguilla*, Parc Naturel Régional, Marais poitevin, civelle, anguille jaune, migration, pêche électrique

Summary :

The European eel is a fish species which faced a significant population reduction since the 50s, and is nowadays regarded as an endangered species. Thus a monitoring arrangement was set up in some French's waterways, one of them being the Sèvre niortaise, monitored by the Régional and Natural Park of the Poitevin marshlands. This study, divided into two parts, aim to gather data on the migrant eel population, in order to monitor their evolution threads.

The first study will analyze the trapping and sampling data of the juvenile eel population migrating upstream in the Poitevin marshland between 1987 and 2017. Through quantitatives analysis and some migration indexes, it appeared that the eels stock is decreasing since 2000. Futhermore, several cons such as poaching suggests that this trapping system is now imperfect.

The second study is based on the analysis of electric fishing data in the marshland, one of its purpose being to estimate the eel biomass upstream. It has shown that juvenile eels are confined to the downstream areas, which may eventually lead to an aging of the population upstream. Large eels also appear to be threatened by fishing. Therefore, this study is in line with the findings of the Loire eel scoreboard.

In conclusion, several actions should be set up in order to preserve the population:

- protecting the eels by enhancing the site safety and limiting the fishing
- researching new monitoring system more reliable than the current trapping system
- easing the access upstream hydraulic structures located on the territory's waterway

Keywords : European eel, *Anguilla anguilla*, Regional and Natural Park, Poitevin marshlands, elver, yellow eel, population, electric fishing

Sommaire

1. INTRODUCTION	6
2. CONTEXTE	7
2.1. L'Anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>).....	7
2.2. Présentation de la structure	10
3. MATERIEL ET METHODES.....	11
3.1. Choix des sites d'études.....	11
3.2. Paramètres étudiés	13
3.3. Protocoles	15
3.3.1. Suivi des passes	15
3.3.2. Pêches électriques.....	16
3.4. Etudes réalisées	16
4. RESULTATS ET PREMIERES INTERPRETATIONS	18
4.1. Résultats du suivi des passes : exemple des Enfreneaux	18
4.1.1. Description et fonctionnement de la passe.....	18
4.1.2. Bilan des suivis effectués entre 1984 et 2017.....	19
4.2. Résultats des pêches électriques.....	24
4.2.1. Structure de taille	24
4.2.2. Tendances d'évolution par classe de taille.....	25
4.2.3. Densité d'individus et distance à l'estuaire	27
5. DISCUSSION.....	29
5.1. Suivi des passes à anguilles.....	29
5.2. Pêches électriques	30
CONCLUSION	32

1. INTRODUCTION

L'anguille est une espèce piscicole passant la majeure partie de sa vie dans les cours d'eaux continentaux. Depuis les années 50, sa population globale a subi une diminution importante, et aujourd'hui l'anguille est considérée comme menacée.

Diverses actions ont donc été entreprises afin de garantir sa survie, notamment en mettant en place des actions pour améliorer la qualité de l'eau, en limitant la pêche ou en créant des passes à anguilles sur divers cours d'eau. Afin d'évaluer l'efficacité de ces mesures de conservation et de restauration de l'Anguille européenne en France, un dispositif "monitoring anguille" a été créé par l'ONEMA. Celui-ci est basé sur la mise en place d'indicateurs de suivi sur des cours d'eau de référence, appelés « rivières index ». Parmi les 9 sites du territoire national, figure la Sèvre niortaise dont le suivi est assuré par le PNR du Marais Poitevin (ONEMA, 2010). C'est sur celui-ci que porte ce rapport.

Celui-ci est divisé en deux parties :

La première étude est basée sur l'exploitation des données obtenues par le piégeage et l'échantillonnage de la population de juvéniles d'anguille effectuant leur montaison dans le marais Poitevin. Diverses missions ont ainsi été réalisées :

- Le suivi de l'intensité migratoire et de son évolution saisonnière
- La description des périodes de migration de l'anguille
- La mise en évidence de l'influence des facteurs abiotiques sur la dynamique migratoire

La deuxième étude est basée sur l'étude de réseaux spécifiques anguilles qui viennent en complément du réseau de contrôle de la DCE, et dont le but est d'estimer la biomasse d'anguille jaune (stade de développement suivant celui des civelles) sur place par le biais de pêches électriques. Les missions suivantes ont ici été réalisées :

- L'étude de la population piscicole globale et de la qualité biologique des milieux
- Le suivi de la population d'anguilles durant divers stades de développement

Afin de venir appuyer les interprétations de l'analyse des passes à anguilles, certains des résultats de cette étude concernant les anguilles seront présentés succinctement dans ce rapport.

A terme, l'objectif de ce suivi de la population d'anguilles est de recueillir des données sur les populations migrantes afin de permettre un suivi de leur tendance d'évolution au cours des années.

2. CONTEXTE

2.1. L'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*)

L'Anguille européenne est un poisson possédant une aire de répartition particulièrement étendue : en effet, celle-ci est une espèce migratrice amphihaline thalassotoque, ce qui signifie qu'elle se reproduit et pond en mer, plus précisément dans la mer des Sargasses située au Nord-Est des Caraïbes (où l'anguille va naître et commencer son développement). Elle va ensuite migrer dans les cours d'eau d'Europe et de l'Afrique, dans lesquels elle finira sa croissance, avant de retourner à la mer pour se reproduire et mourir (Figure 1).

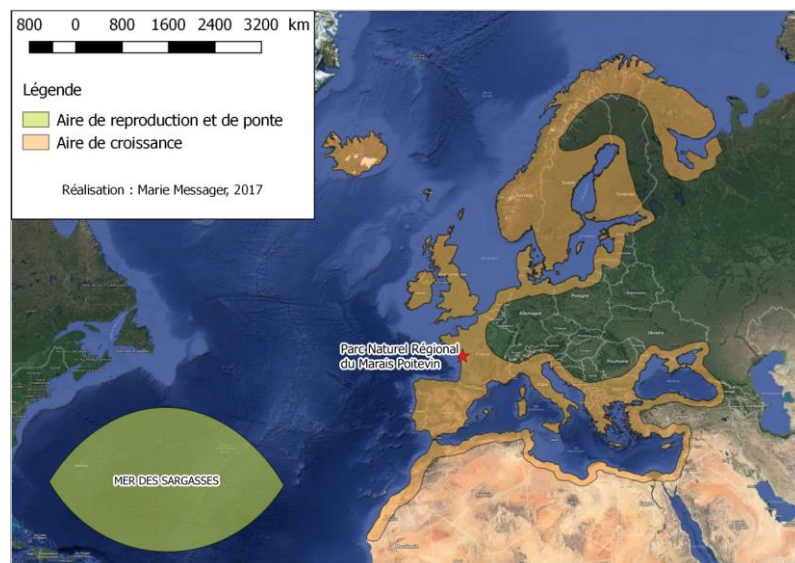


Figure n° 1 : Répartition géographique de l'anguille européenne *Anguilla anguilla*
(Fond de carte : Google Hybrid)

L'anguille possède un cycle de vie bien particulier (Figure 2) :

Durant la période de reproduction dans la mer des Sargasses, les femelles pondent un million d'œufs en moyenne par kg de femelle à plusieurs centaines de mètres de profondeur. Après éclosion, les larves d'anguilles appelées leptocéphales vont migrer vers les zones continentales pendant environ un an. Ces larves mesurent 5mm, et ont une forme dite "de feuille de saule". A l'approche des côtes, les larves vont s'amincir et se transformer en civelles transparentes d'environ 70mm. Ces civelles vont alors commencer leur montaison, et leur corps va progressivement grossir, et se pigmenter de vert et de jaune. Une fois que celles-ci auront terminé leur migration, ces anguilles jaunes mesureront environ 15 cm. (*Adam et al, 2008*)

A ce stade, l'anguille va se sédentariser et séjourner en eau douce pendant plusieurs années, années durant lesquelles les phases de masculinisation et de féminisation vont commencer. Cependant celles-ci ne s'achèveront qu'une fois arrivées en mer (*Durif et al, 2000*). L'anguille va grandir, et une fois arrivée à une certaine taille, va se transformer en anguille argentée : il s'agit de la dernière phase de son développement avant sa dévalaison et son retour à la mer. Sa peau va changer de teinte et devenir argentée avec des reflets métalliques, sa ligne latérale va devenir plus sombre, et ses yeux vont voir leur diamètre augmenter. La vessie natatoire des anguilles va également se modifier afin de permettre aux individus d'atteindre leur zone de reproduction située dans les profondeurs.

Ces anguilles argentées adultes vont alors dévaler les cours d'eau et rejoindre la mer, avant de se diriger vers la mer des Sargasses, où elles se reproduiront une unique fois avant de mourir (ADAM *et al*, 2008).

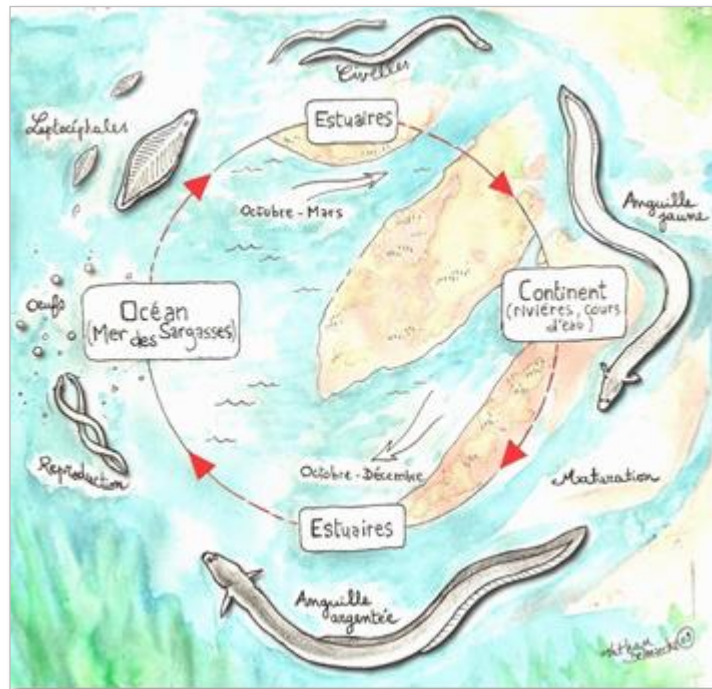


Figure n°2 : Cycle de vie de l'anguille
(Source : Nathan Delmarche Di Pietro)

Autrefois considérée abondante dans nos cours d'eau, l'anguille est aujourd'hui considérée en danger critique d'extinction par l'IUCN (<http://www.iucnredlist.org>). On considère que le stock d'anguilles a diminué de 95 à 99% depuis 1970 (doris.ffesm.fr) Celle-ci est en effet menacée par de nombreux facteurs :

- la surconsommation : En 2000, de nombreux pays consomment plusieurs dizaines de milliers de tonnes d'anguilles par an. Cette consommation est en partie responsable de la raréfaction de l'espèce, qui s'observe majoritairement grâce au prix de la civelle, passé de 5 à 300 euros le kilo entre 1960 et 2005. (Duhec *et al*, 2009).
- le braconnage : du fait du prix croissant du kilo de civelles, de nombreuses personnes pratiquent la pêche illicite de l'anguille. (El Hilali, 2007). Cette pêche reste difficile à éradiquer et constitue une véritable menace à la survie de l'espèce (Circulaire interministérielle DPMA/SDPM/C2005-9606 du 24/03/2005).
- Les organismes pathogènes : l'anguille peut être infectée par divers virus (ex : EVEX, provoquant une nécrose des organes internes), bactéries (ex : streptocoques) et parasites, tels que le ver *Anguillicola crassus*. Ces affections peuvent toucher tous les stades de développement de l'anguille, et vont souvent l'empêcher d'atteindre sa zone de reproduction (Elie P. et Girard P., 2009 & Barry *et al*, 2017).
- La dégradation et la modification des habitats : l'anguille vivant la majeure partie de sa vie dans le sédiment, toute modification de celui-ci peut mettre en danger l'espèce. (Bruslé, 1994).

Parmi ces menaces, figure la recrudescence d'ouvrages hydrauliques sur les cours d'eau, qui constituent un frein majeur à la migration des anguilles. Ces derniers peuvent même être infranchissables selon leur hauteur, et les ouvrages équipés de turbines peuvent être mortels à l'espèce, en particulier au stade d'anguille argentée : ces dernières sont en effet trop grosses et peuvent rester coincées dans les pales (*Feuteun, 2012*). Le territoire du marais en comporte plus de 150. Certains ont été aménagés afin de permettre le passage des anguilles, mais le reste d'entre eux n'ont pas été étudiés : ils peuvent donc permettre à l'espèce de migrer sans problème, ou au contraire occasionner des blessures ou un épuisement durant le franchissement (Figure 3).

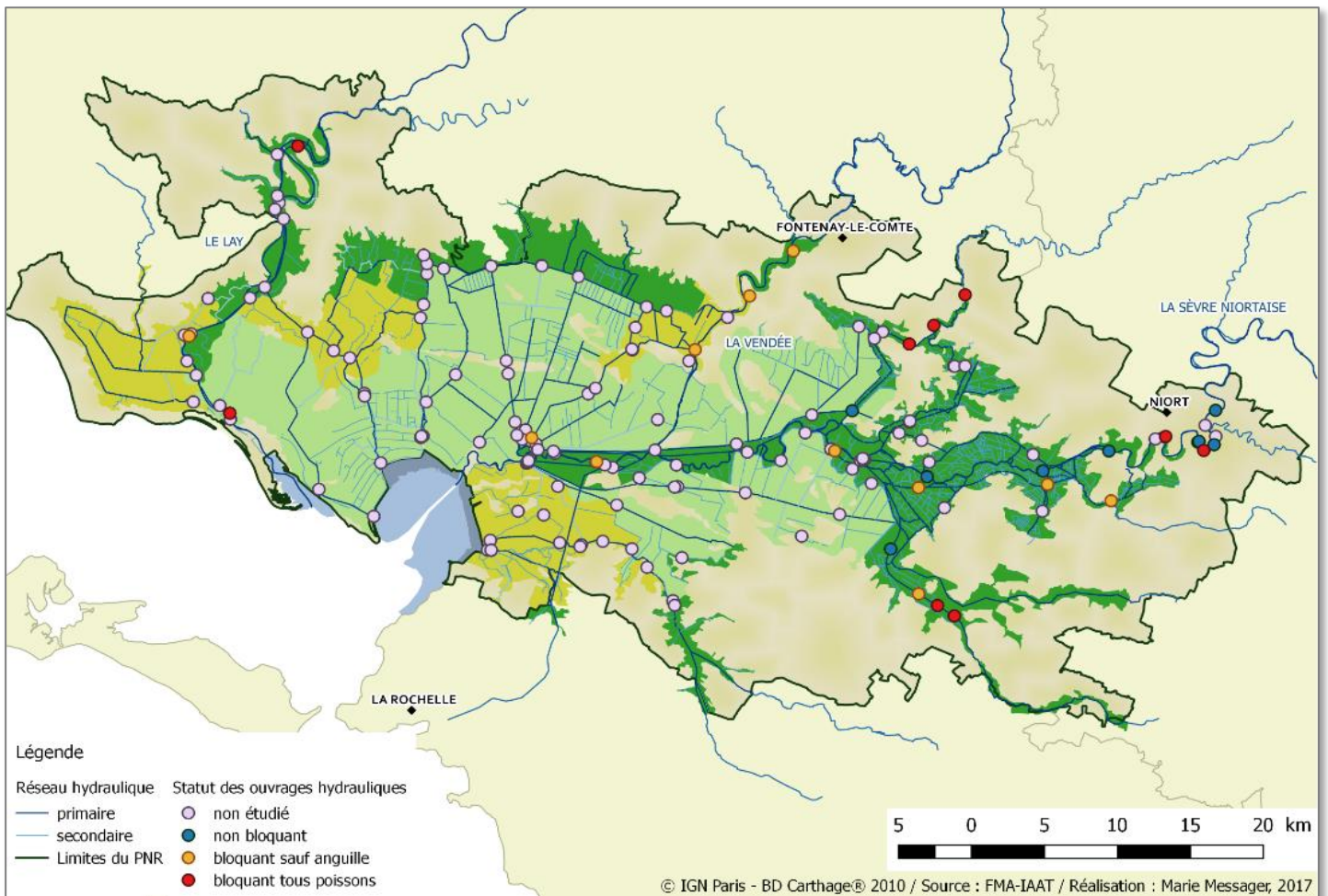


Figure n°3 : Statut des ouvrages hydrauliques répartis sur les cours d'eaux principaux du marais poitevin en 2017

2.2. Présentation de la structure

Ce stage s'est déroulé au sein du Parc Naturel Régional (PNR) du Marais Poitevin, situé près de la Rochelle. Celui-ci s'étend sur 3 départements : La Charente-Maritime, la Vendée et les Deux Sèvres. Deux fleuves principaux le traversent : la Sèvre niortaise et la Vendée.

Le PNR est responsable de la gestion du territoire (Annexe 1). Cette structure est un Syndicat Mixte constitué de :

- deux régions : Pays-de-la-Loire et Nouvelle-Aquitaine.
- trois départements : Charente-Maritime, Vendée et Deux Sèvres.
- trois chambres d'agriculture des départements précédents
- 91 communes adhérentes
- différents établissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI)

En tout, le syndicat mixte œuvre sur 107 526 ha de zones humides, ce qui fait du Marais Poitevin la deuxième plus grande zone humide de France (*PNR Marais Poitevin, 2017*). Il vise plusieurs domaines d'intervention :

- Le développement économique
- L'aménagement du territoire
- La protection du patrimoine naturel
- L'éducation à l'environnement et au développement durable

L'équipe du PNR est quant à elle pluridisciplinaire, et divisée en 5 services techniques placés sous la direction de Mme Caroline ROUENNIER, directrice générale du parc (Figure 4).

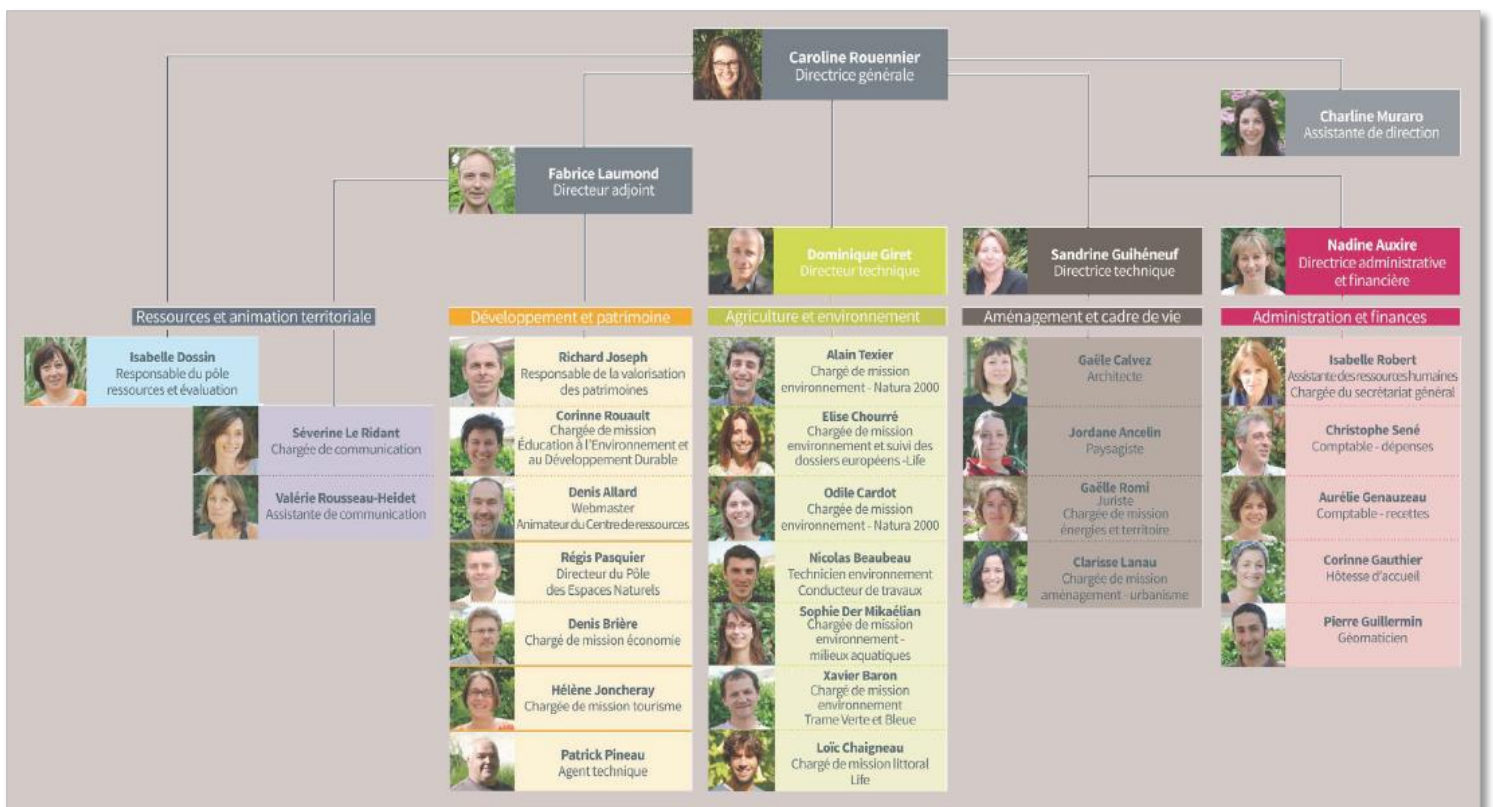


Figure n°4 : Organigramme du PNR du Marais poitevin
(Source : PNR du Marais Poitevin, 2017)

Cette étude sera réalisée au sein du service "Agriculture et environnement. Celui-ci est notamment en charge du site Natura 2000 du marais Poitevin, qui concerne une grande partie du marais mouillé et du marais desséché, et a mis en place un programme LIFE (un programme de financement) destiné à la conservation de la Baie de l'Aiguillon, située au Sud-ouest du territoire. Ce stage ce sera déroulé sous la direction de Mme Sophie DER MIKAELIAN, Chargée de Missions Milieux Aquatiques, responsable des toutes les études portant sur les poissons migrateurs.

3. MATERIEL ET METHODES

3.1. Choix des sites d'études

Le Marais poitevin met en place un suivi de l'anguille depuis 1984. Au cours des années, 10 passes réparties sur tout le territoire ont été l'objet d'études portant sur la montaison des civelles et des anguilles jaunes. En parallèle, un programme de rétablissement de la continuité écologique a été établi afin de permettre une colonisation de l'ensemble du marais. En effet la Sèvre niortaise, qui rappelons-le est une rivière index, est connue pour avoir présenté une abondance d'anguille importante.

En 2017, 3 ouvrages font l'objet d'un suivi (Figure 5) :

- le barrage des Enfreneaux, situé sur la Sèvre niortaise (commune de Marans)
- les portes des Cinq Abbés, situé sur le canal des Cinq Abbés (commune de Marans)
- le barrage de Bazoin-Mignon, situé sur le Canal du Mignon (commune de La Ronde)

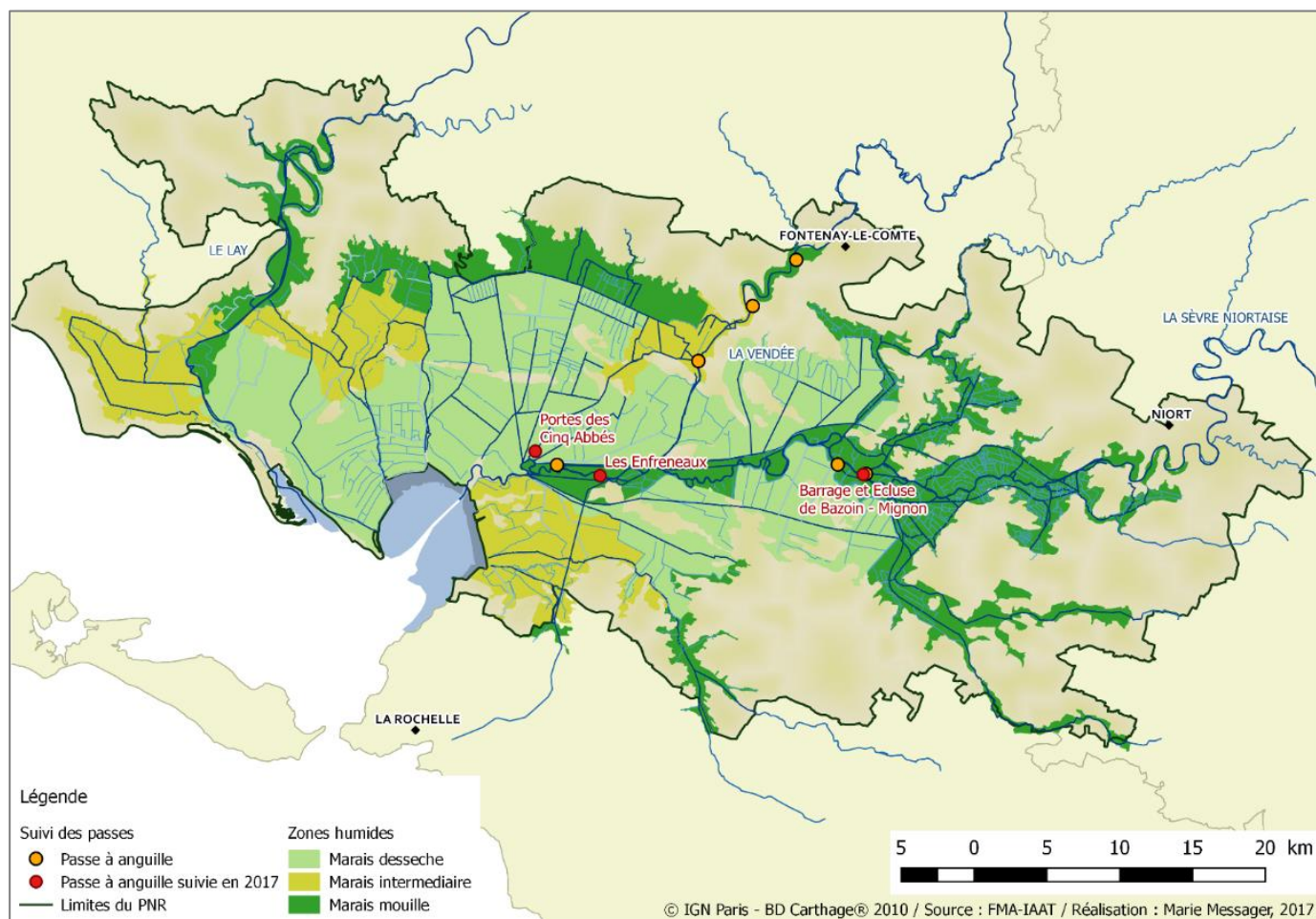


Figure n°5 : Répartition des passes à anguilles sur le Marais poitevin et passes suivies en 2017

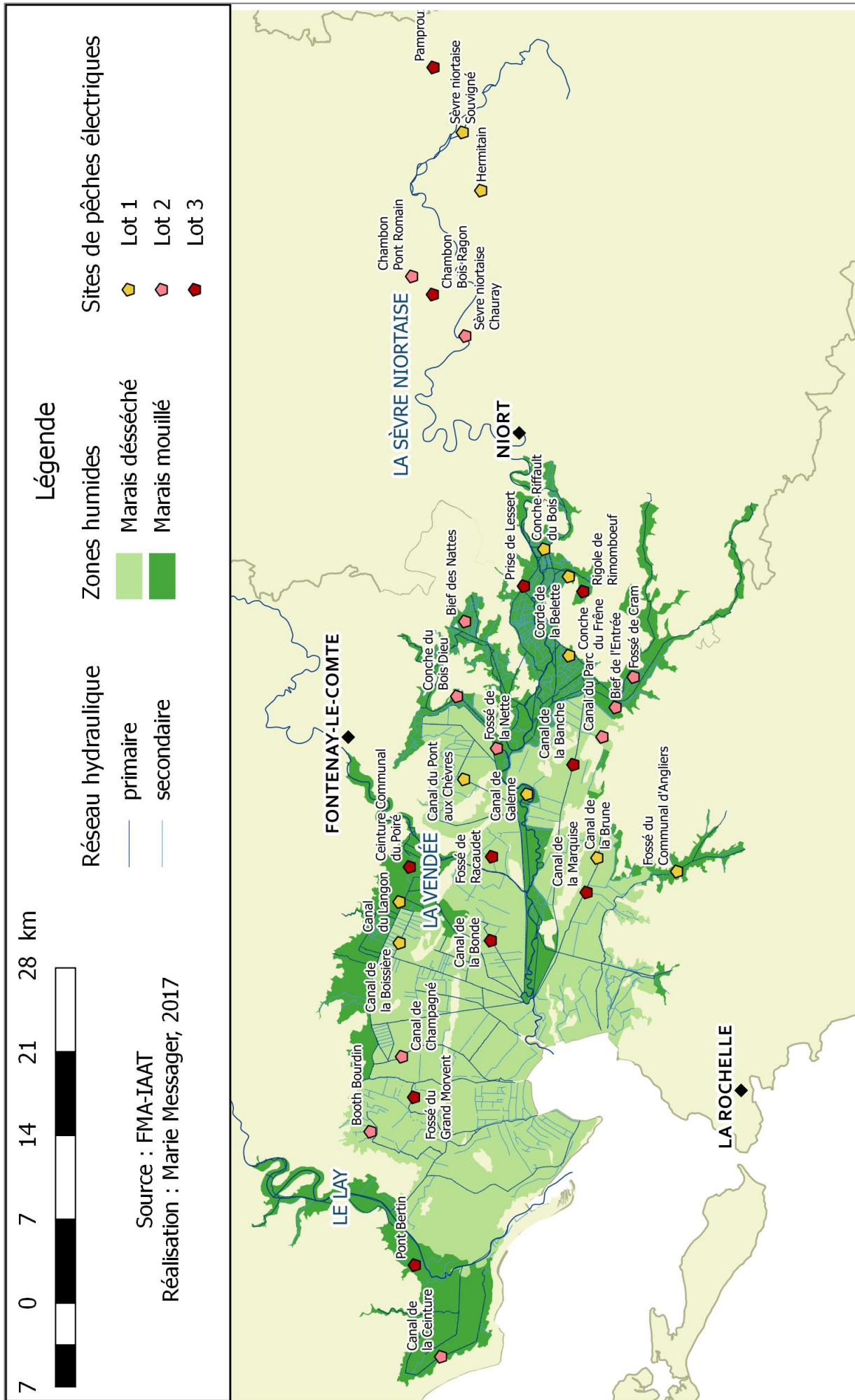


Figure n°6 : Localisation des différents sites de pêches électriques dans le Marais poitevin en 2017

En ce qui concerne les pêches électriques, 9 stations ont fait l'objet d'un inventaire piscicole lors du début des pêches en 2002. Les premiers résultats ont montré une bonne homogénéité des informations récoltées mais certains secteurs du Marais poitevin n'étaient pas représentés dans ce premier groupe. Dans le but d'élargir la couverture géographique du suivi, un nouveau groupe de 9 stations a été ajouté en 2005, ainsi qu'un troisième groupe de 8 sites en 2010. Afin de respecter l'effort d'échantillonnage chaque lot de station est prospecté en alternance sur 3 ans.

Au cours des années, certaines stations ont été ajoutées à certains lots, tandis que d'autres, jugées non représentatives du territoire, ont été enlevées. Ainsi, 33 stations de pêches sont maintenant prospectées (11 pour chaque lot), dont 6 situées hors marais (Figure 6). Ces dernières ont notamment pour but de répondre aux objectifs du monitoring anguille qui doit permettre de faire le lien entre la population en place et la production d'anguilles argentées. Ces stations sont situées sur des canaux secondaires et en amont de la Sèvre niortaise : en effet les canaux primaires et l'aval de la Sèvre présentent des profondeurs supérieures à 1m, rendant toute pêche électrique inutile.

3.2. Paramètres étudiés

Afin de pouvoir répondre aux objectifs de l'étude, divers paramètres seront retenus. Certains seront obtenus directement sur le terrain, tandis que d'autres seront calculés.

Paramètres quantitatifs : ces paramètres serviront à comparer les résultats entre eux afin de déterminer l'intensité de la migration. Les variables suivantes, qui sont issues du protocole national de suivi des anguilles mis en place par l'ONEMA, seront prises en compte dans l'étude :

- *le nombre d'anguilles* : le nombre d'anguilles "petites", "grandes" et total sera retenu : selon le protocole standardisé national conçu par l'ONEMA, les civelles et les anguilles de moins de 150mm appartiendront au stade "petit", tandis que les anguilles de plus de 150mm constitueront le stade "grand".
- *le nombre de nuits écoulées entre deux jours de suivis* : cette valeur permettra d'évaluer la quantité d'anguilles ayant emprunté la passe par jour de suivi, afin d'obtenir des résultats chaque jour.

A partir de ces variables, trois variables seront étudiées :

- *la moyenne journalière d'individus par an*, qui permettra de comparer les quantités d'anguilles entre les années sans être affecté par les variations de durée de suivi.
- *Le nombre moyen d'individus par nuit de suivi*, afin d'éviter les erreurs d'interprétation (ex : 2000 anguilles sur une nuit de suivi représentent plus que 3000 anguilles passées sur deux nuits, car il n'en est en réalité passé que 1500 par nuit)
- *le pourcentage d'individus cumulés*, afin de déterminer la période de migration privilégiée par l'anguille chaque année

Paramètres abiotiques : ces derniers permettront d'observer l'effet que certains paramètres peuvent avoir sur la montaison des anguilles, pour ensuite prévoir leur migration les années suivantes. Deux variables seront analysées dans l'étude :

- les *valeurs de température* : comme toute espèce piscicole, plus la température de l'eau augmente, et plus les anguilles seront actives. Elles seront donc plus à même de remonter les passes lorsque celles-ci seront en contact avec des eaux chaudes.
- les *valeurs de coefficients de marée* : en effet, au stade de civelles les anguilles nagent passivement afin d'économiser leurs forces. Celles-ci se laissent porter par la marée haute, puis s'enfouissent dans le sédiment à marée basse (Feunteun, 2012). Les coefficients de marée peuvent avoir un réel impact sur la migration de l'anguille, en particulier à l'aval des cours d'eau.

Paramètres qualitatifs : ces paramètres permettront d'étudier les populations d'anguilles ayant traversé la passe, et d'étudier leurs variations dans le temps :

- Trois variables temporelles seront prises en compte : *l'année*, la *date* et la *semaine standard* : L'utilisation de ces dernières permet de pouvoir comparer les résultats sur plusieurs années, sans avoir de variation temporelle (Annexe 2).
- La *longueur d'un échantillon de petites anguilles* sera mesurée chaque semaine standard, afin de déterminer la taille moyenne de celles-ci.
- Ces longueurs seront ensuite organisées selon des *classes de tailles*, allant de 50 à 150mm par pas de 10mm. De cette manière il sera possible de déterminer la classe majoritaire

L'étude des pêches électriques va quant à elle prendre en compte les paramètres suivants :

- les *classes de tailles correspondant aux divers stades de développement de l'anguille* dans le Marais poitevin (<150mm, 150-300mm, 300-450mm, 450-600mm et >600mm). Cette distinction est essentielle du fait de la grande variabilité de comportements de l'anguille durant son cycle de vie (cf. 1.2.).
- les *niveaux de capture* (nombre d'individus capturés dans chaque station à chaque opération de pêche), qui permettront d'obtenir les tendances d'évolution des anguilles au cours des années
- la *valeur moyenne de la densité d'anguilles par 100 m²*, calculée pour chaque station et pour chaque classe de taille afin de déterminer la structure de taille présente
- la *distance à l'estuaire* (en km) de chaque site de pêche électrique, afin d'étudier la répartition des anguilles selon leur stade de développement

3.3. Protocoles

3.3.1. Suivi des passes

Ce suivi repose sur un protocole standardisé national, afin de permettre une comparaison des données entre les différents bassins. Ce protocole, divisé en deux parties, est le suivant :

- Préparation du matériel :
 - Relève de la température de l'eau à l'amont
 - Remplissage des seaux à l'eau fraîche (éviter un trop grand écart de température entre l'eau des seaux et du vivier)
 - Préparation du bain sédatif (pour 7 litres d'eau : 3 gouttes d'huile essentielle de clou de girofle + 1 cuillère à café d'alcool)
 - Préparation du bain de réveil (grand seau d'eau claire)
- Arrêt du système de pompage (position 0 du boîtier électrique)
- Vidange du vivier à l'aide du trop plein
- Capture des anguilles à l'aide d'épuisette

PARTIE 1 : DENOMBREMENT ET PESEE DES ANGUILLES (Figure 7)

- Séparation entre les grandes (> 150mm) et les petites (< 150mm) anguilles
- Dénombrement et pesée des grandes anguilles, puis remise à l'eau
- Dénombrement de 150 individus en prenant un échantillon homogène
- Pesée des 150 petites anguilles
- Capture du reste des anguilles, puis pesée globale des individus



Figure 7 :
*Grande anguille (haut),
petite anguille (milieu)
et civelle (bas)*

PARTIE 2 : MESURES BIOMETRIQUES DES PETITES ANGUILLES

- Mise à part d'environ 60 petites anguilles qui seront placées dans le bain sédatif (le reste des individus pourra être remis à l'eau)
- Une fois celles-ci endormies, mesure de chaque individu à l'aide d'un ichtyomètre avant sa remise dans le bain de réveil
- Attendre le réveil des anguillettes et civelles avant leur remise à l'eau
- Nettoyage du matériel de comptage et de pesée et du vivier (afin d'éviter un excès de vase)
- Remise en marche de la pompe en position "automatique"

Le dénombrement et la pesée des anguilles sera effectué plusieurs fois par semaine. Le nombre de suivi par semaine sera fonction des coefficients de marée, de la température et des périodes migratoires de l'anguille. Les mesures biométriques seront quand elles réalisées au moins une fois par semaine standard.

3.3.2. Pêches électriques

Les campagnes de pêches ont lieu à une période fixe chaque année : la deuxième quinzaine de mai a été retenue afin d'éviter un confinement des milieux et donc des caractéristiques peu compatibles avec la méthode de pêche électrique (conductivité, couverture végétale).

L'échantillonnage s'effectue par pêche à l'électricité, soit à partir d'un bateau sans moteur manœuvré depuis la berge par deux opérateurs à l'aide de bouts ou bien d'une ligne de vie, soit à pied pour les cours d'eau de très faible profondeur. Le moteur n'est pas utilisé afin de perturber le moins possible le milieu. La prospection s'effectue au moyen d'une anode et d'une épuisette de manière lente et systématique afin de cibler les individus de moins de 300mm. Les zones rivulaires sur 1m à partir de la berge sont privilégiés, en alternant rive gauche et rive droite sur toute la longueur de la station (le plus souvent 50m). Afin d'assurer une bonne fiabilité des résultats, deux passages successifs sont réalisés sur chaque station.

Durant la pêche les poissons sont placés dans un bac rempli d'eau présent sur le bateau ou tenu par l'un des opérateurs. Une fois ce bac plein celui-ci va être trié, et chaque espèce piscicole sera placée dans un seau d'eau. Les poissons seront ensuite pesés et mesurés une fois que la station aura été prospectée en entier avant d'être remis dans un bac de réveil (grand vivier rempli d'eau claire). Durant le tri, les anguilles pêchées seront quant à elles placées dans un bain sédatif (même composition que celui réalisé dans le protocole de suivi des passes), et les individus ne seront mesurés et pesés qu'une fois endormis avant d'être eux aussi placés dans le bac de réveil. Une fois tous les poissons réveillés, ceux-ci seront remis à l'eau.

3.4. Etudes réalisées

L'étude des suivis permettra de connaître les périodes de migration de l'anguille. Divers analyses seront donc réalisées :

- La variation du nombre d'anguilles (petites et grandes) au fil des années, ainsi que le calcul de la moyenne journalière d'anguilles par an permettront de connaître les tendances d'évolution du flux migratoire, et de distinguer les années atypiques
- La comparaison entre les paramètres abiotiques et le nombre d'anguilles capturées par jour de suivi indiquera si la température et les coefficients de marée jouent bel et un rôle dans l'intensité de la migration. Une seule année sera étudiée ici afin de bien discerner les pics de migration.
- L'intensité de la migration sera étudiée : les effectifs cumulés (en pourcentages) pour chaque année de suivi seront calculés, puis les centiles Q10, Q25, la médiane, Q75 et Q90 seront représentés sous la forme de courbes. Cette représentation indiquera quand les anguilles seront les plus susceptibles de migrer et permettra d'isoler les années atypiques.
- Les centiles seront également utilisés pour les mesures biométriques : les structures de taille pour chaque semaine standard seront présentées sous forme de box-plot, en prenant en compte l'année 2017, puis l'ensemble des années de suivi.

En ce qui concerne les pêches électriques, trois analyses seront ici présentées :

- les structures de taille obtenues au fil des années : trois périodes seront ici présentées afin d'interpréter correctement les résultats : 2002-2012, 2013 et 2014-2016. Cette analyse prendra en compte les stations localisées dans le marais
- les tendances d'évolution de chaque classe de taille d'anguille, calculées selon la méthode INDICANG du fait de la grande variabilité inter-stationnelle (*Lafaille & Rigaud 2007 et Rigaud, 2008*) : pour un groupe de taille et une station donnée, la valeur 100 est attribuée au maximum de capture observé, et tous les autres résultats sont calculés proportionnellement à celui-ci. Seules les stations localisées dans le marais seront prises en compte ici.
- la comparaison entre la densité d'anguilles par 100 m² et la distance à l'estuaire, qui permettra d'obtenir la répartition de chaque classe de taille dans le marais. Toutes les stations, y compris celles situés hors du marais, en amont de la Sèvre niortaise seront prises en compte.

4. RESULTATS ET PREMIERES INTERPRETATIONS

4.1. Résultats du suivi des passes : exemple des Enfreneaux

4.1.1. Description et fonctionnement de la passe

La passe des Enfreneaux est située sur la Sèvre niortaise, à moins de 10km de son estuaire dans la Baie de l'Aiguillon. Elle est installée sur le barrage des Enfreneaux, géré par l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise (I.I.B.S.N.) (Figure 8).



Figure 8 : Photographie du barrage et de la passe des Enfreneaux côté Amont

Du fait de sa localisation, cette passe est considérée comme estuarienne, située à la frontière entre le domaine maritime et fluvial. De plus, elle est située à l'exutoire du Marais poitevin : la passe des Enfreneaux est donc un bon indicateur de la colonisation du marais par les anguilles, qui seront nombreuses à traverser le barrage aussi bien en montaison qu'en dévalaison. Cependant il faut garder à l'esprit que les individus ne passeront pas tous par cette passe durant le suivi : ces derniers peuvent en effet passer par les canaux annexes, ou bien migrer hors des périodes de suivi (Annexe 3).

Les passes à anguilles sont installées sur les différents ouvrages bloquants présents dans le marais. Afin de permettre la montaison, un tapis muni de brosses est installé à l'aval de l'ouvrage. Dans le cas des passes pièges servant au suivi, un vivier rempli d'eau est installé au sommet (Le reste des passes peut être équipé d'un bac ou d'un tuyau qui permettent aux anguilles d'atteindre la partie amont de l'ouvrage). Des buses alimentées par une pompe sont enfin placées au-dessus du vivier et du tapis, et remplissent deux fonctions : la première est de faire couler un mince filet d'eau sur toute la longueur du tapis afin de l'humidifier, ce qui permettra aux anguilles de monter plus facilement. Leur deuxième fonction est d'alimenter le vivier en eau avec un débit permettant une oxygénation constante. La pompe alimente également un tuyau fournissant un débit constant au pied du tapis : il s'agit du débit d'attrait, qui comme son nom l'indique va servir à attirer les anguilles devant la passe (Figure 9).

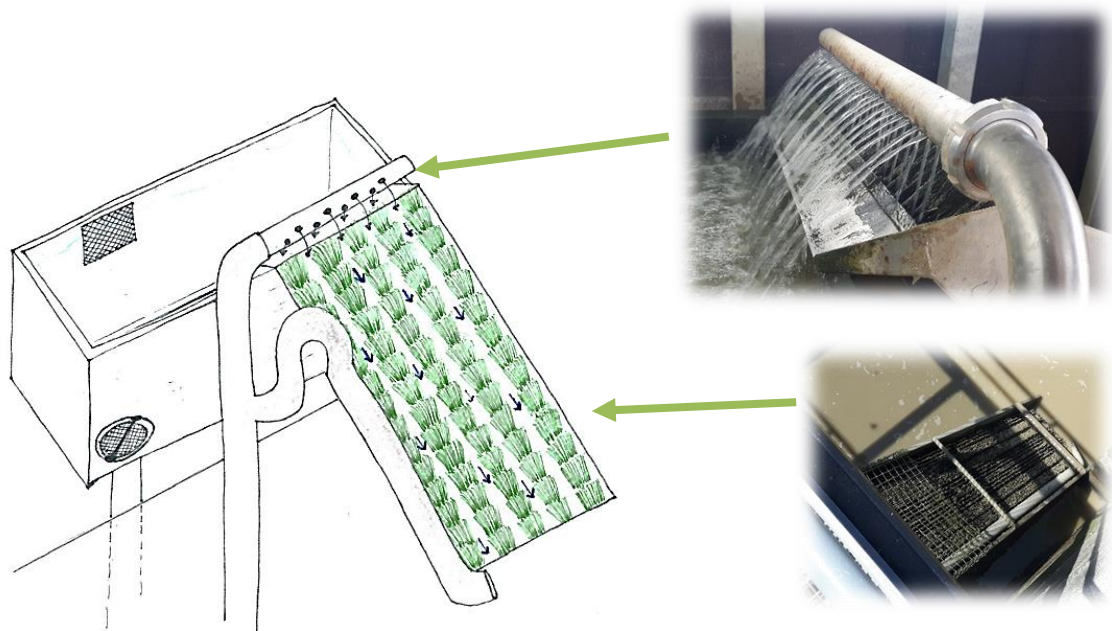


Figure 9 : Schéma de la passe à anguilles des Enfreneaux

La passe à anguilles fonctionne de la manière suivante : les individus remontent le cours d'eau jusqu'au barrage, où ils vont s'y accumuler. En recherchant un moyen de passer, ils vont être attirés par le débit d'attrait présent au pied du tapis brosse : les anguilles vont alors remonter celui-ci, en prenant appui sur les brosses, qui leur permettront également de se reposer. Une fois arrivées au sommet, elles vont alors tomber dans le vivier, où elles seront comptabilisées et pesées. Afin que ce système fonctionne, il faut cependant que la rampe n'excède pas 45° : les anguilles doivent d'ores et déjà effectuer un effort important pour arriver jusqu'au vivier, effort qui augmentera avec la pente (Hyacinthe F., 2009).

4.1.2. Bilan des suivis effectués entre 1984 et 2017

Intensité de la migration

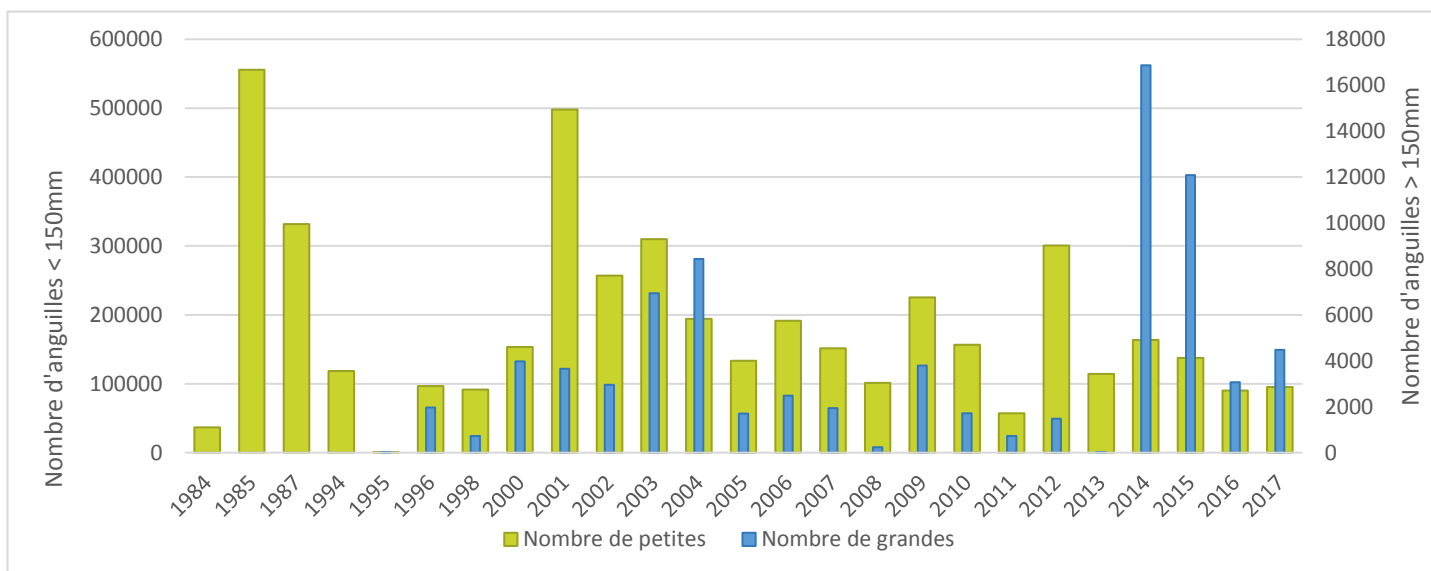


Figure n° 10 : Nombre de petites (<150mm) et grandes anguilles (>150mm) aux Enfreneaux entre 1984 et 2017

Le nombre total d'anguilles a globalement diminué depuis 2001 (Figure 10) : le nombre de petites anguilles a lui fortement baissé, et ces dernières années il est rare d'atteindre les 200 000 individus. Les individus de plus de 150mm suivent généralement la même évolution, à l'exception des années 2014 et 2015, où un pic de grandes anguilles présentant un nombre d'individus bien supérieur aux autres années de suivi a pu être observé.

Paramètres abiotiques : exemple de 2017

Comme indiqué dans la partie précédente, deux paramètres abiotiques ont été étudiés : la température et le coefficient de marée. Ces paramètres ont été mis en relation avec le nombre d'individus par nuit de suivi, afin de mettre en valeur les pics de migration (Figure 11).

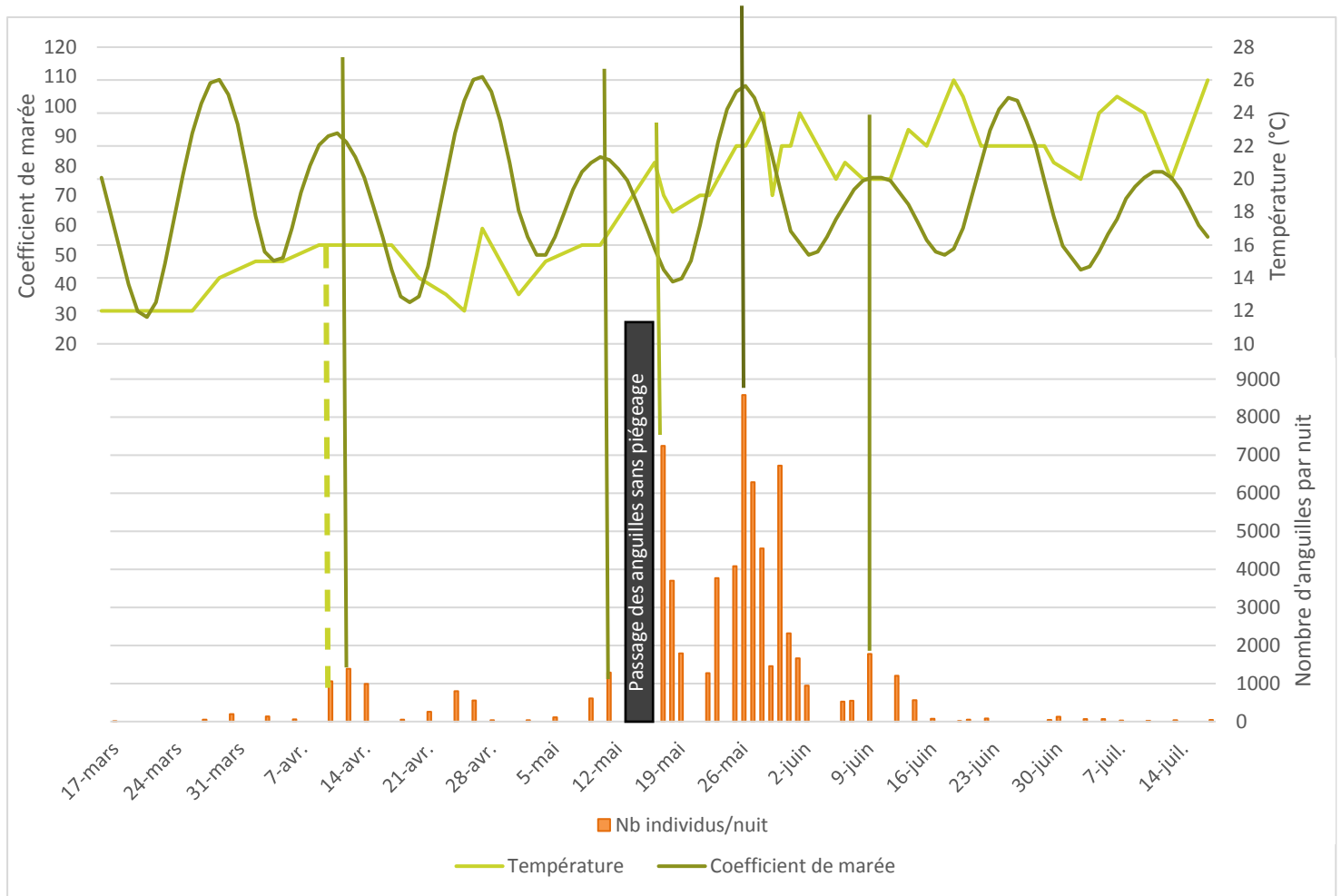


Figure n°11 : Relation entre deux paramètres abiotiques et le nombre d'anguilles par nuit

Le départ de la migration semble ici se produire autour du 10 avril, date à laquelle la température de l'eau a atteint 16°C. Il semblerait donc que la valeur du seuil de déclenchement des premières arrivées de civelles soit cette température. En comparant ce résultat aux autres années de suivi, une tendance similaire est constatée (Hyacinthe, 2009). Vers la fin du mois d'avril, les températures ont de nouveau chuté jusqu'à 12 °C, entraînant un arrêt de la migration. Puis début mai la migration a repris son cours, lorsque les eaux se sont réchauffées jusqu'à 16°C. La même température seuil est retrouvée, ce qui confirme le constat précédent.

Les réchauffements brusques de l'eau semblent également stimuler la montaison des anguilles : en effet vers mi-mai la température a fortement augmenté, passant de 16° à 21°C entre le 11 et le 17 mai : durant cette période, plus de 7000 anguilles sont passées les nuits du 16 et 17, marquant ainsi le premier pic de migration. De plus, un certain nombre de civelles a continué d'emprunter la passe en pleine journée.

Les marées sont également liées à certains pics de migration : en effet tout au long du suivi 2017, la variation du nombre d'anguilles par nuit de suivi a pu être corrélée avec la variation des valeurs de coefficients de marée. De plus, une augmentation du nombre d'individus par nuit est observée près des phases de fort coefficients : en effet un pic de migration a été enregistré fin mai, après que les coefficients de marées soient montés jusqu'à 107 quelques jours plus tôt (sachant que la valeur maximum se situe à 120).

Evolution de la taille des petites anguilles

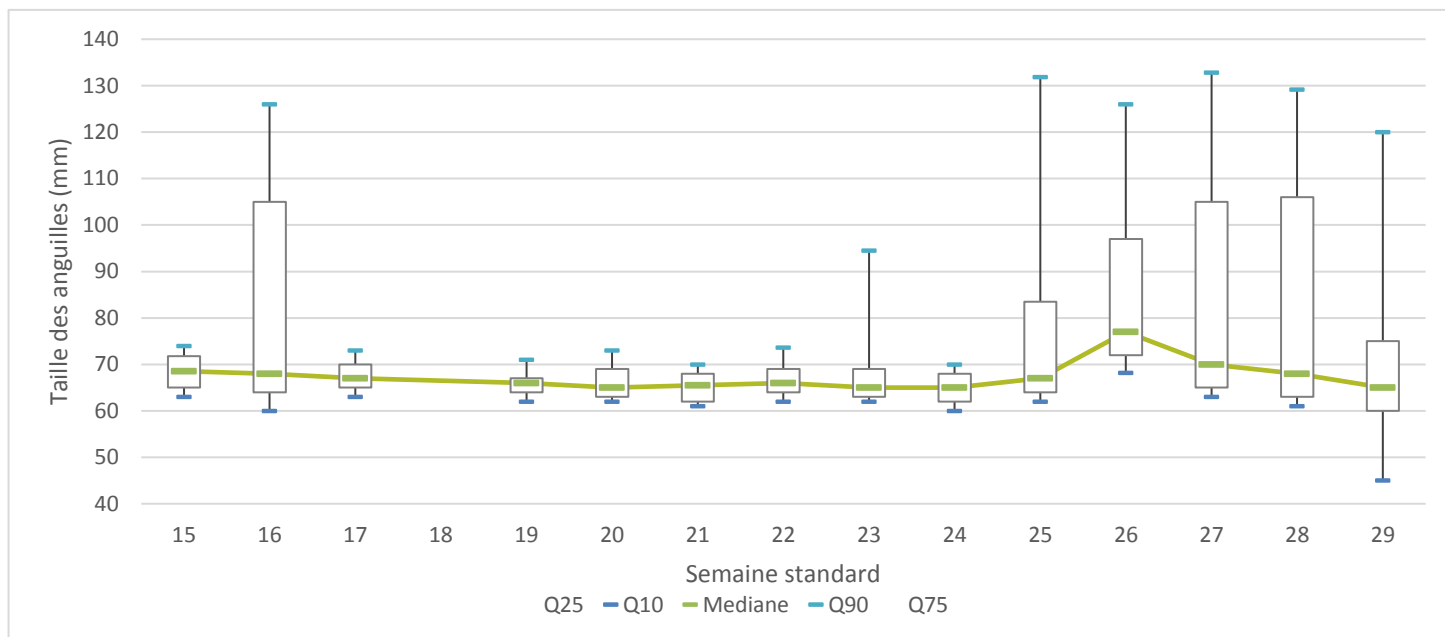


Figure n° 12 : Variation de la taille des anguilles selon les semaines standards aux Enfreneaux en 2017

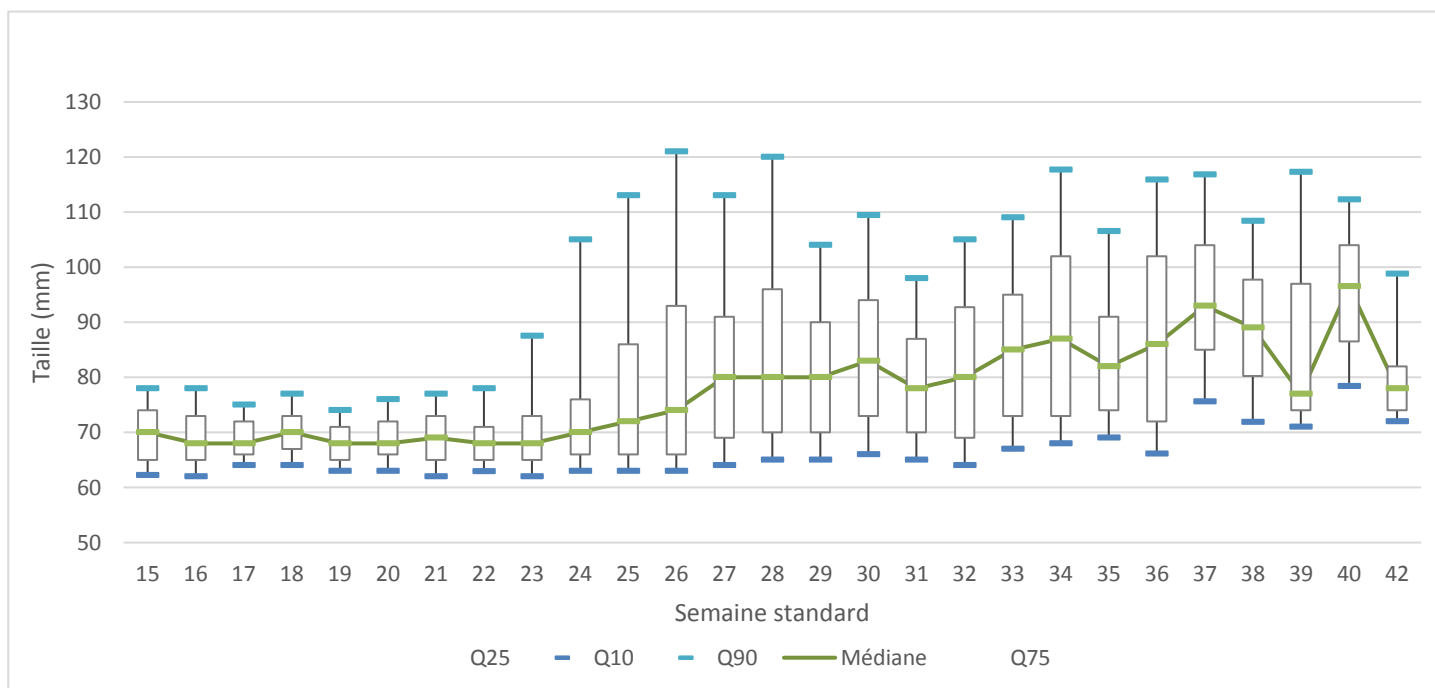


Figure n°13 : Taille des anguilles par semaine standard aux Enfreneaux entre 1984 et 2017

En 2017, la classe 60-69mm semble constituer la classe de taille majoritaire des petites anguilles, quelle que soit la période à laquelle ces dernières sont mesurées (Figure 12). Cependant au fil des semaines standards (Annexe 2) les petites anguilles et civelles vont voir leur taille légèrement augmenter : cela peut s'expliquer par le fait que les anguilles qui arrivent plus tard à la passe ont séjourné dans les cours d'eau plus longtemps, et ont donc commencé à se nourrir et à entamer leur croissance. Elles sont donc plus grandes que celles qui sont arrivées au barrage en premier. En comparant l'année 2017 aux autres années, cette même tendance est observée (Figure 13). Il semble cependant que les individus en 2017 soient restés plus petits : en effet la moyenne en 2017 n'a jamais dépassé 80mm, alors que la moyenne entre 1984 et 2017 a pu monter jusqu'à 96mm.

Indices de migration

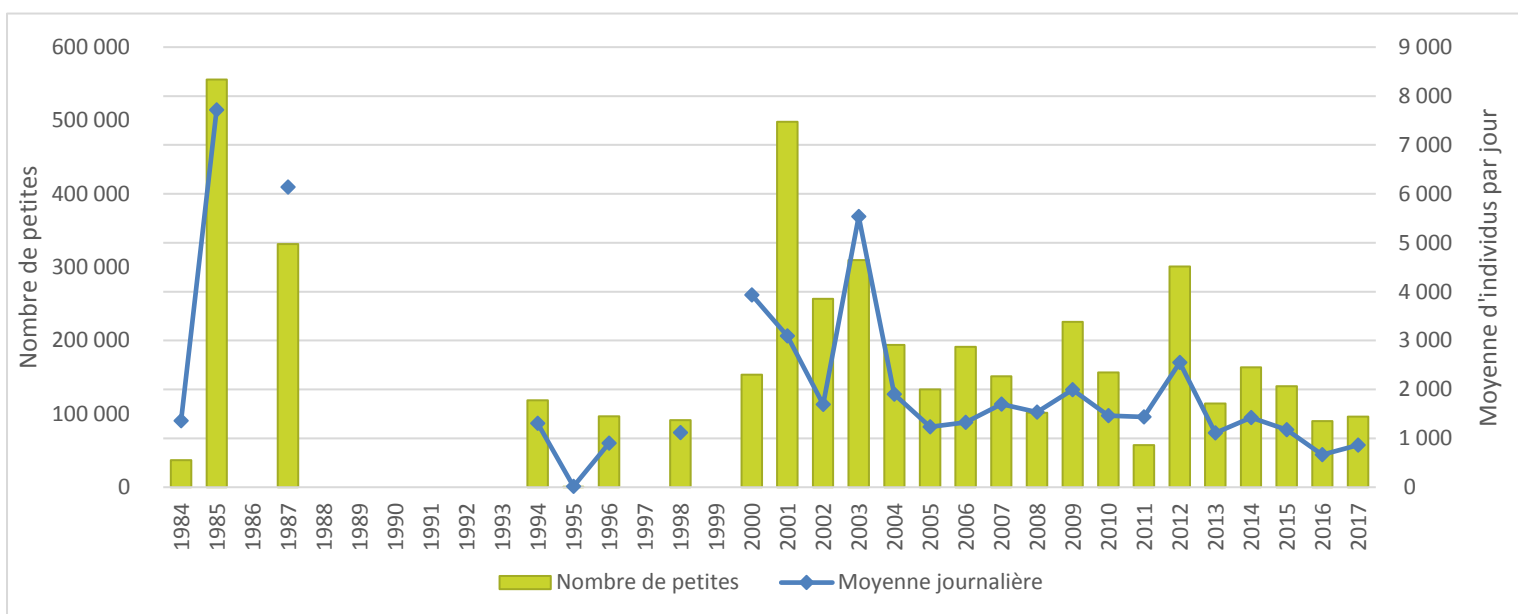


Figure n°14 : Moyenne journalière d'individus et nombre total de petites anguilles aux Enfreneaux entre 1984 et 2017

Une diminution du nombre d'anguilles depuis l'année 2001 est constatée (Figure 14) : au cours de cette année, environ 500 000 ont été piégées, alors que seulement 300 000 ont pu être observées au maximum les années suivantes. Cette diminution s'est accentuée ces dernières années, où le nombre de petites est passé de 150 000 en 2014 à moins de 100 000 en 2016.

La moyenne journalière suit quand a elle globalement l'évolution du nombre de petites, à quelques exceptions près :

- Bien que l'année 2001 possède un nombre d'anguilles important, sa moyenne journalière, elle, est relativement basse (3000 individus par jour de suivi) : en comparaison, l'année 1985 qui possédait approximativement le même nombre d'anguilles (550 000), détenait une moyenne de 7500 anguilles par jour de suivi.
- Inversement, les années 2000 et 2003 possèdent des moyennes élevées (3500 et 5500 anguilles par jour de suivi) alors que le nombre de petites anguilles reste moyen (150 000 et 300 000 petites).

Ces observations indiquent donc la migration des anguilles s'est déroulée différemment ces années-là.

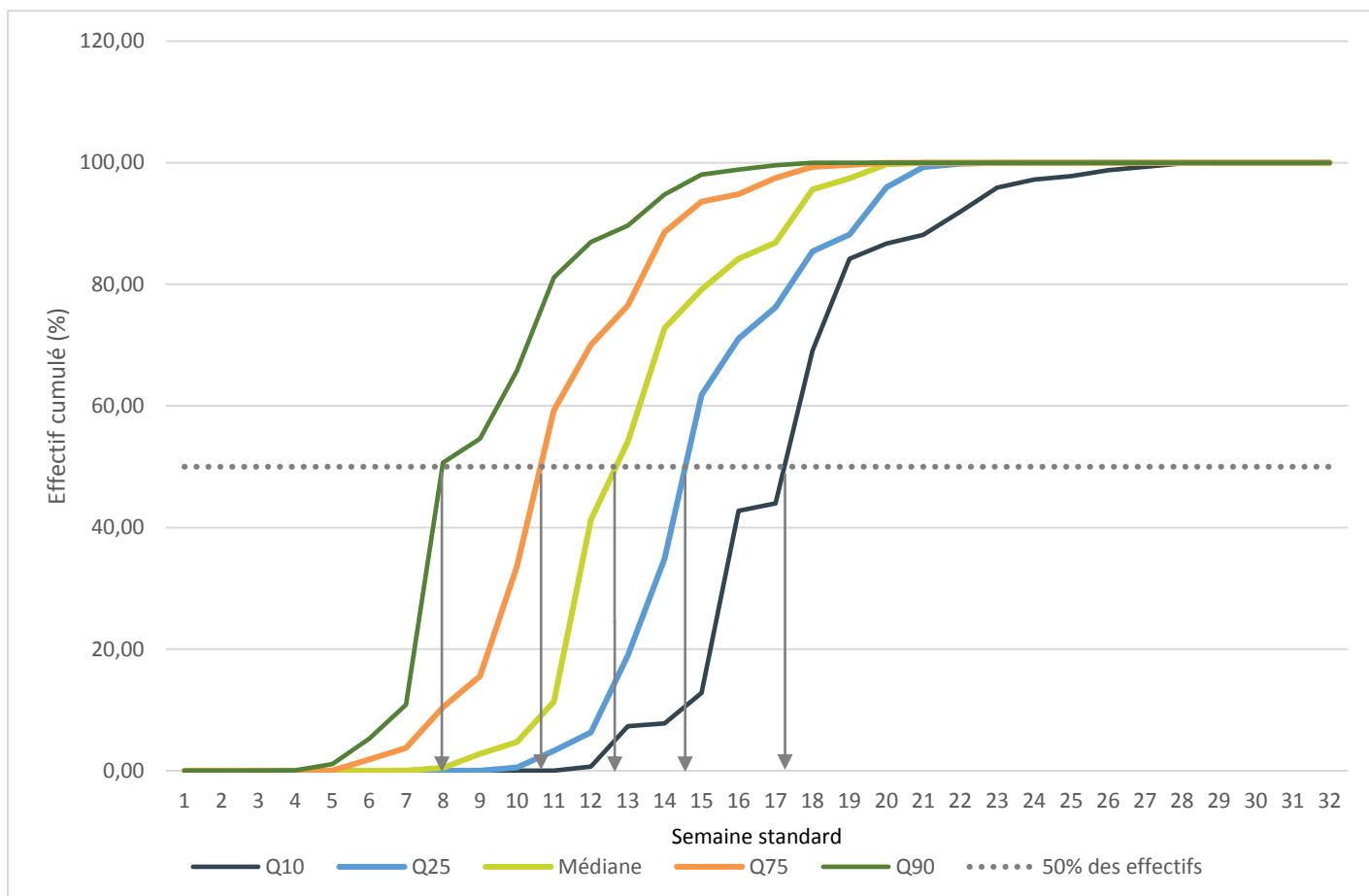


Figure n°15 : Intensité migratoire aux Enfreneaux entre 1984 et 2017

Les anguilles migrent principalement en période printanière et estivale (Figure 15) : en moyenne, une grande partie d'entre elles migrent entre les semaines standards 20 et 25, soit de mi-mai à mi-juin (Annexe 2). Il arrive cependant que la migration se produise plus tôt ou plus tard. Il n'est pas rare que la migration commence autour de la 18^e semaine standard (début mai), ou finisse après la semaine 28 (début juillet). En conséquence, les mois de mai et de juin sont les mois où il est observé le plus souvent un pic de migration.

4.2. Résultats des pêches électriques

4.2.1. Structure de taille (Figure 16)

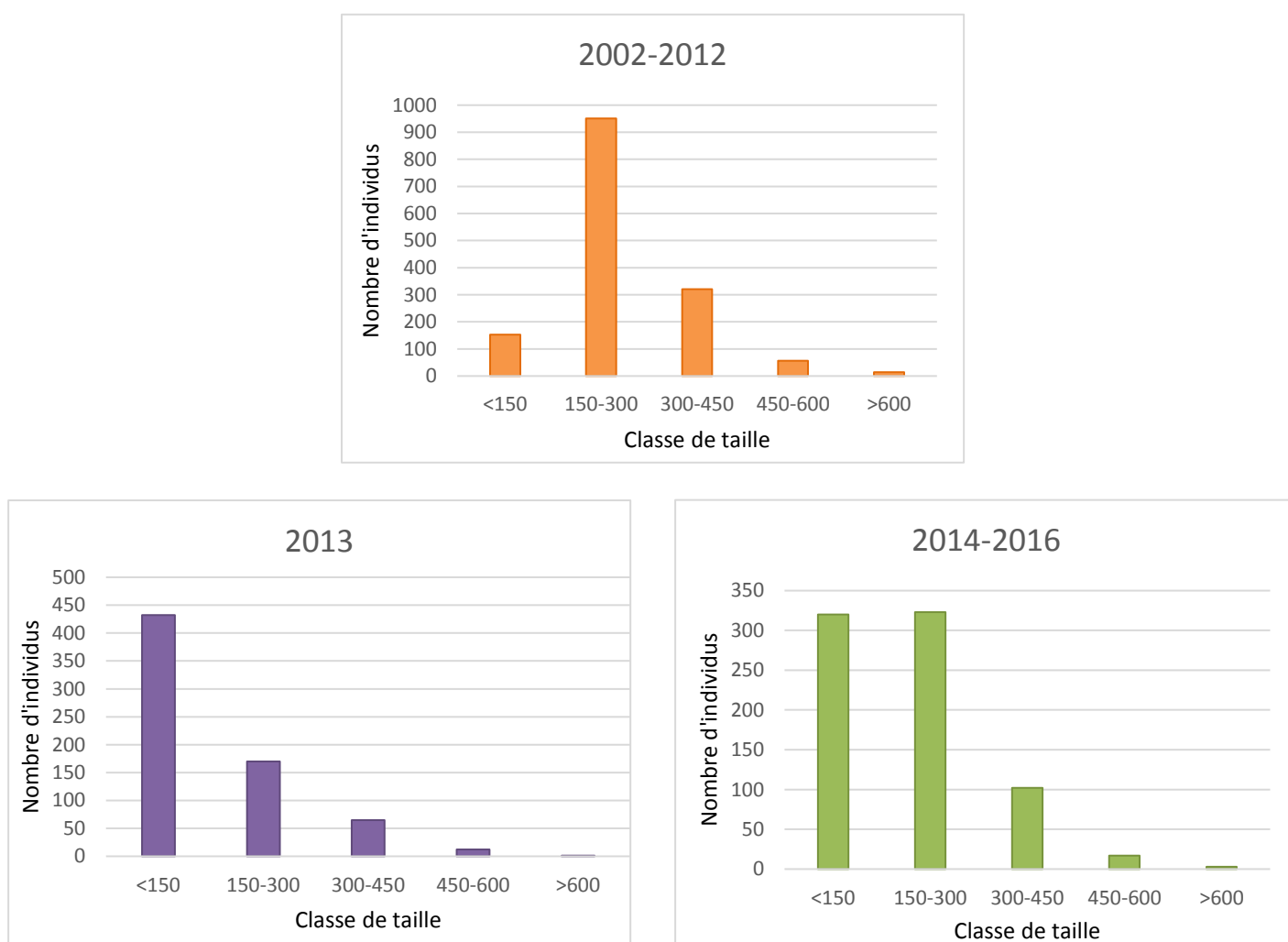


Figure n°16 : Structure de taille des anguilles capturées entre 2002 et 2012, en 2013, et entre 2014 et 2016 dans le Marais poitevin

Entre 2002 et 2012, la classe des 150-300mm est majoritaire : ce stade comporte les anguilles jaunes encore en migration anadrome ou ayant récemment achevé leur migration.

Cette structure change en 2013, où un flux important de civelles et jeunes anguilles jaunes (anguilles < 150mm) atteignent le marais, et constituent la majorité des individus capturés cette année.

A partir de 2014, un même flux de civelle apparaît chaque année, et une quantité importante d'anguilles jaunes (150-30mm) est retrouvée dans les résultats.

4.2.2. Tendances d'évolution par classe de taille

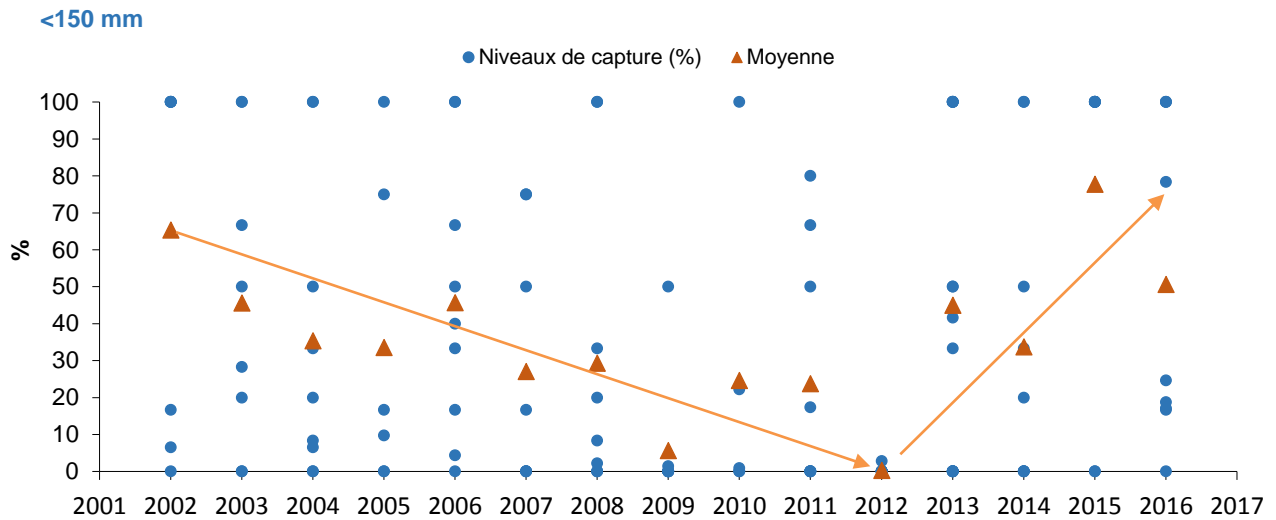


Figure n°17 : Tendances d'évolution des anguilles mesurant moins de 150mm

Une phase de dégradation apparaît dans les niveaux de capture des civelles et jeunes anguilles jaunes (<150mm) entre 2002 et 2012 (Figure 17): ces niveaux passent en effet d'une moyenne de 65 à 3%. A partir de 2013, ces niveaux de captures vont de nouveaux s'améliorer, et en 2015 la moyenne atteindra 78%.

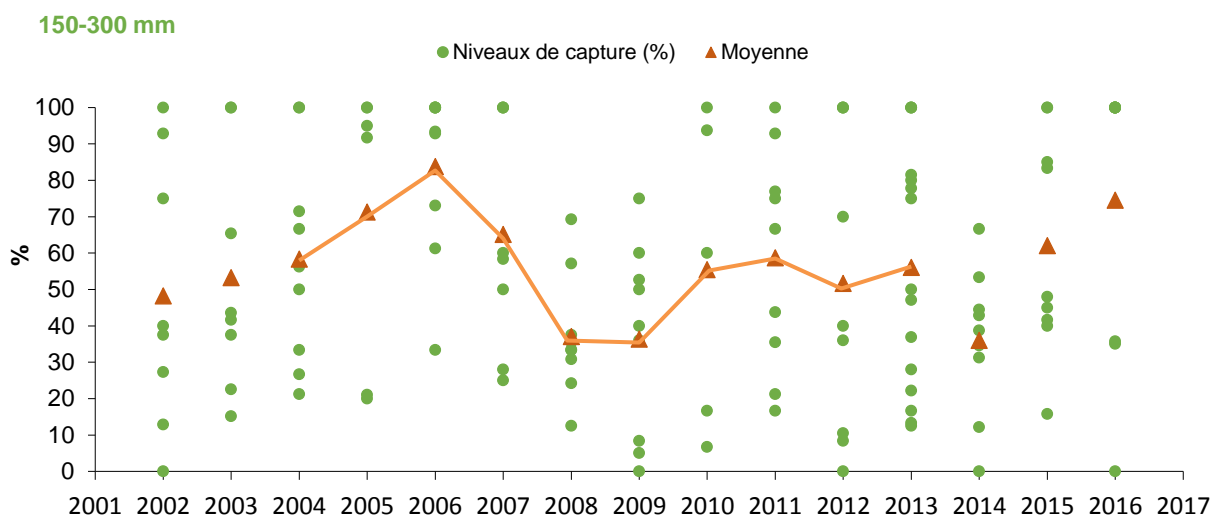


Figure n°18 : Tendances d'évolution des anguilles mesurant entre 150 et 300 mm

Les anguilles jaunes mesurant entre 150 et 300mm (Figure 18) vont quant à elles connaître une phase d'instabilité entre 2002 et 2012, avec des variations de la moyenne de capture entre 80 et 23%. Ces valeurs vont ensuite se stabiliser autour de 60% à partir de 2012, puis vont augmenter entre 2014 et 2016 jusqu'à 69%.

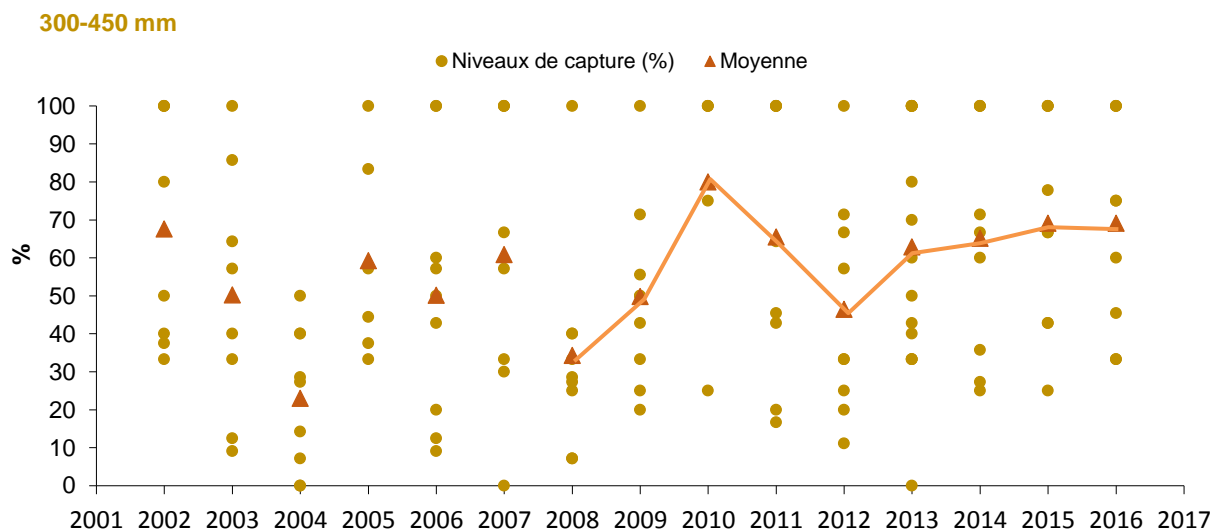


Figure n°19 : Tendances d'évolution des anguilles mesurant entre 300 et 450 mm

Les niveaux de captures de la classe de taille suivante (300-450m) vont eux varier de façon similaire (Figure 19): l'évolution des moyennes des 150-300mm entre 2005 et 2013 ressemble en effet fortement à celle des moyennes des 300-450mm entre 2008 et 2016. Les deux évolutions sont donc séparées de 3 ans.

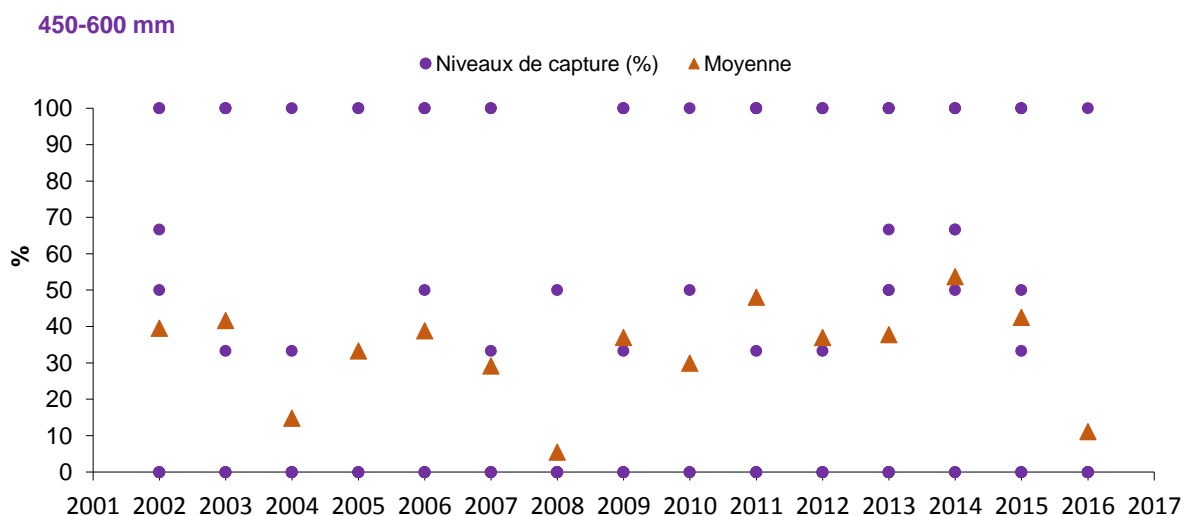


Figure n°20 : Tendances d'évolution des anguilles mesurant entre 450 et 600 mm

Les anguilles jaunes prêtes à entamer leur dévalaison (individus mesurant entre 450 et 600mm) possèdent quant à elles une évolution relativement stable, avec des dégradations ponctuelles en 2004, 2008 et 2016 (Figure 20).

4.2.3. Densité d'individus et distance à l'estuaire

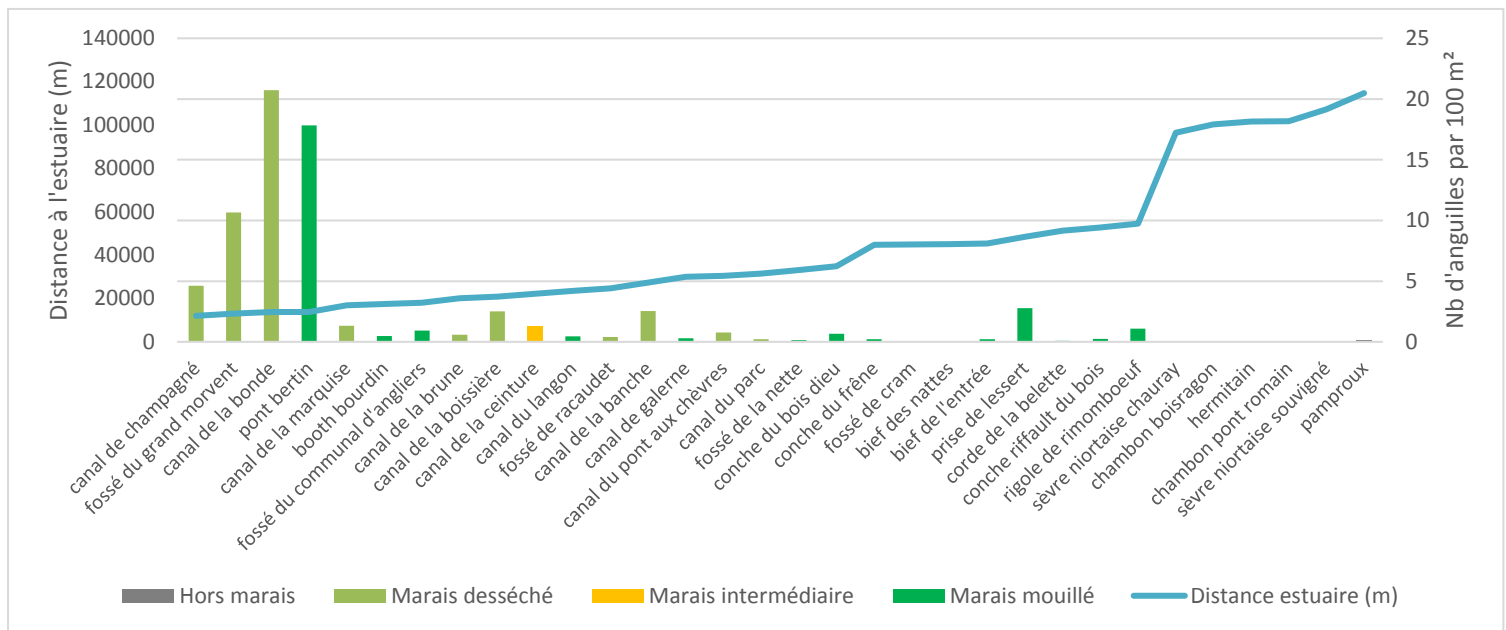


Figure n°21 : Relation entre la densité d'individus mesurant moins de 150mm et la distance à l'estuaire

Les densités des anguilles de moins de 150mm (civelles et jeunes anguilles jaunes) indiquent que la quasi-totalité des individus de cette classe se cantonnent aux sites de pêches les plus proches de la mer (moins de 14km de l'estuaire), soit quatre stations (Figure 21). Toutes sont localisées dans la partie ouest du marais.

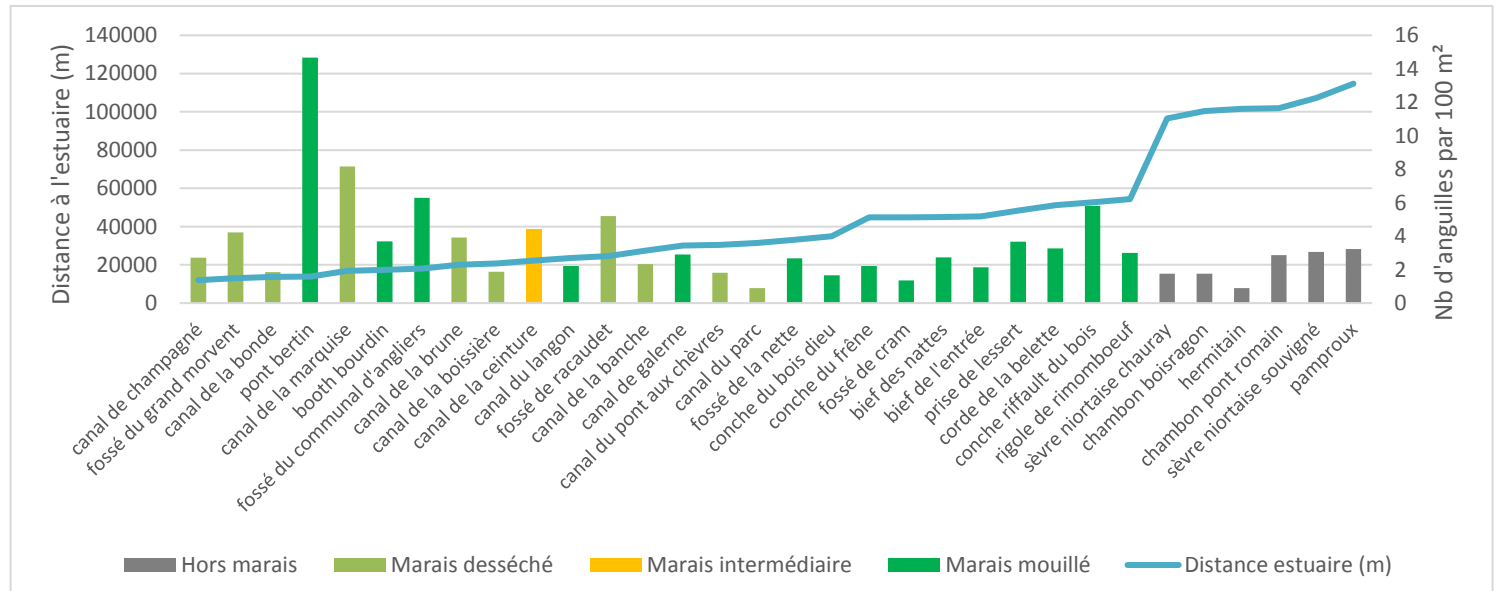


Figure n°22 : Relation entre la densité d'individus mesurant entre 150 et 300mm et la distance à l'estuaire

La classe de taille suivante (150-300mm) possède des densités plus stables selon les stations avec des valeurs variant le plus souvent entre 2 et 4 individus par 100m². Une augmentation apparaît cependant dans les stations localisées autour de 20 km de l'estuaire : dans celles-ci jusqu'à 15 individus par 100m² pourront être retrouvés (Figure 22).

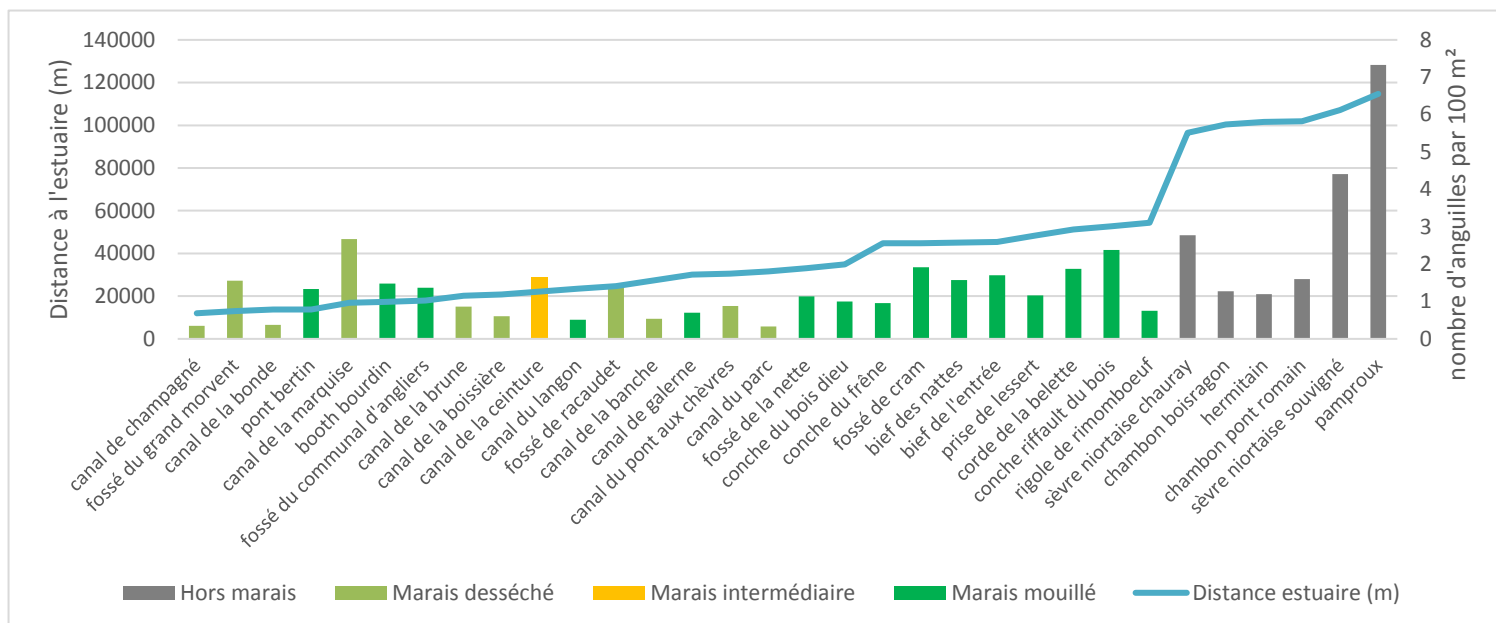


Figure n°23 : Relation entre la densité d'individus mesurant entre 300 et 450mm et la distance à l'estuaire

Les anguilles jaunes mesurant entre 300 et 450mm sont elles aussi réparties de manière stable dans le marais, avec environ 1 individu par 100m². A partir de 40km de distance, ces densités vont augmenter, tout particulièrement dans les stations les plus en amont, localisées hors du marais à l'amont de la Sèvre niortaise (Figure 23).

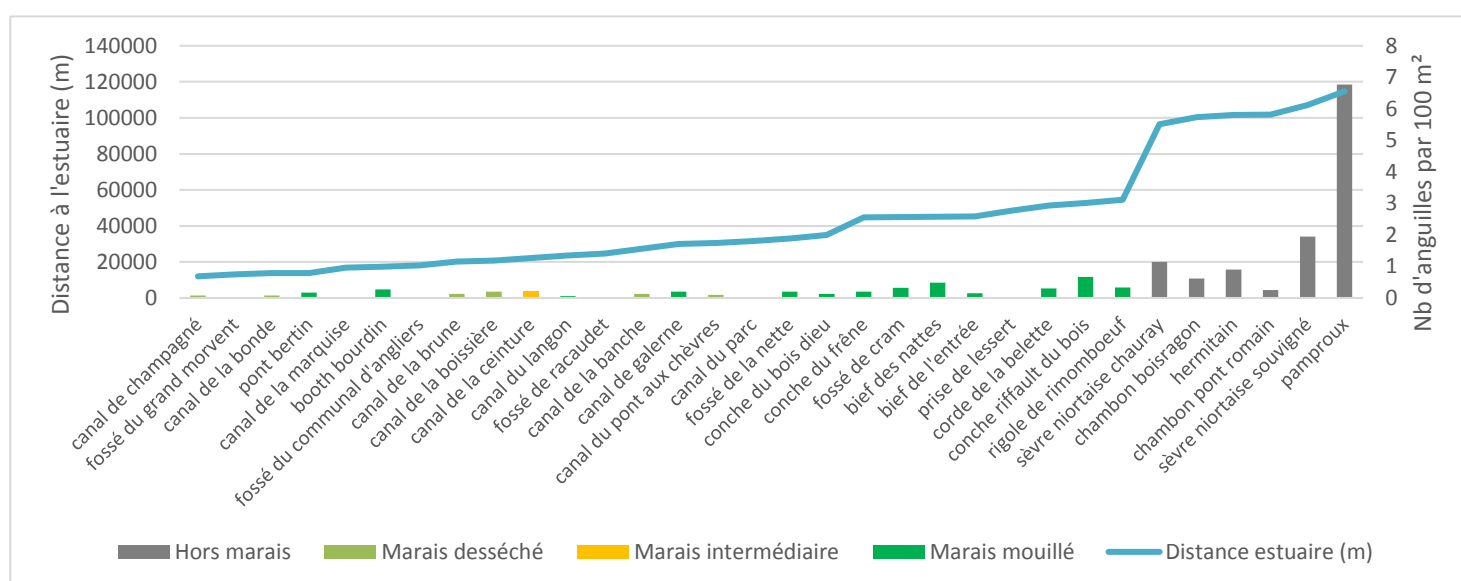


Figure n°24 : Relation entre la densité d'individus mesurant entre 450 et 600mm et la distance à l'estuaire

Enfin, les anguilles prêtes à entamer leur dévalaison (450-600mm) vont se cantonner aux zones amont, en dehors du marais. Quelques individus peuvent être trouvés dans le marais, mais c'est à plus de 100km de l'estuaire que cette classe de taille va être retrouvée (Figure 24).

5. DISCUSSION

5.1. Suivi des passes à anguilles

La passe des Enfreneaux est celle qui est traversée par le plus d'anguilles dans le marais chaque année. Cependant depuis 2000, de moins en moins d'individus ont traversé les Enfreneaux. Ce déclin est d'autant plus visible ces dernières années quelles que soient les conditions hydrologiques : aujourd'hui seulement 100 000 individus sont piégés par an contre 500 000 en 1985, soit 20% de l'effectif. Cela montre un danger réel pour la conservation de l'anguille, qui a vu son stock diminuer sur toute son aire de répartition. Il est donc primordial de continuer d'appliquer les actions de conservation de l'espèce, voire de les renforcer. Cependant les effets de ces actions ne seront probablement pas visibles avant plusieurs années, l'Anguille européenne pouvant vivre plus de 20 ans.

Les anguilles passant aux Enfreneaux sont également fortement influencées par la température et la marée. Cependant certaines variations de la migration semblent se produire indépendamment de ces paramètres : d'autres facteurs pour l'instant non identifiés sont donc à l'œuvre. La recherche de paramètres abiotiques supplémentaires pourrait donc permettre d'expliquer ces pics, et donc de mieux prévoir les variations des flux migratoires (conductivité, hauteur d'eau, débit,...). Pour ce faire, des relevés de ces différents paramètres seraient à prévoir sur les passes : en effet les différentes bases de données (ex : base OSUR) ne peuvent fournir que des données sur la Sèvre niortaise, alors que la plupart des passes anguilles (Cinq Abbés et Bazoin Mignon) sont situés sur des canaux. Dans le cas des Enfreneaux, les stations fournies par la base OSUR sont trop éloignées pour que l'interprétation de leurs données soit fiable.

Enfin, le calcul des intensités migratoires dans le temps a mis en évidence les périodes les plus probables de migration de l'anguille : il semble donc désormais possible de déterminer les années où la migration est précoce ou tardive, et surtout d'isoler les années atypiques qui peuvent nécessiter une étude plus poussée (ex : les années où la migration a duré plus longtemps, ou au contraire s'est concentrée sur quelques semaines).

Néanmoins ces résultats ne montrent qu'une fraction du flux migratoire de l'anguille et ce pour plusieurs raisons :

Le marais étant constitué de nombreux canaux, il est impossible de suivre la totalité des anguilles arrivant à l'estuaire. Les passes estuariennes telles que les Enfreneaux peuvent fournir des informations sur les flux remontant la Sèvre niortaise, mais un grand nombre de routes alternatives (qui ne font pas l'objet de suivi) existent : les anguilles peuvent remonter le Lay, ou bien les canaux directement connectés à l'estuaire. Il est donc tout à fait possible que le flux migratoire favorise des voies d'eau différentes chaque année. Mais ces variations de flux ne peuvent pas être interprétées grâce aux résultats des quelques passes suivies.

A cela s'ajoute le fait que le suivi n'est effectué qu'une partie de l'année : durant la période hivernale la plupart des passes, y compris les Enfreneaux, sont arrêtées car les températures extérieures ne permettent pas aux anguilles de remonter les tapis. Ces dernières vont donc rester en amont des ouvrages, où elles seront victimes de prédation (naturelle ou anthropique). Ce système de tapis brosse n'est donc viable que durant la période estivale : il serait donc intéressant d'envisager la construction d'un autre type de passe qui pourrait fonctionner en hiver, aussi bien pour effectuer des suivis que pour permettre un accès constant à l'amont des ouvrages.

Les suivis eux-mêmes peuvent être arrêtés plus tôt que prévus à cause des conditions hydrologiques, ou être incomplets suite à des soucis techniques. Ce fut d'ailleurs le cas l'année 2017 : la passe des Cinq Abbés n'a pu être suivie que durant 11 jours dû à un dysfonctionnement du système de piégeage, et les Enfreneaux ont dû être arrêtés mi-juillet car le niveau d'eau à l'amont du barrage était devenu trop bas pour permettre d'alimenter la passe en eau.

Pour finir, les passes à anguilles, et en particulier les Enfreneaux sont victimes de braconnage conséquent durant les périodes de fonctionnement des tapis brosse. Presque aucune surveillance des sites n'est assurée, et le bas des tapis est très facile d'accès. Le local permettant l'accès au vivier a également été forcé plusieurs fois depuis le début des suivis. De ce fait, les actes de braconnage ne sont que très peu entravés et semblent même s'intensifier ces dernières années. Ces actes sont nocifs aussi bien pour la survie de l'anguille que pour l'étude de la migration : en effet si il est possible d'interpréter l'augmentation du nombre d'anguilles traversant la passe, cela n'est pas le cas pour les diminutions. Si un creux est observé entre deux pics de migration, il est impossible de savoir à l'heure actuelle si cela est dû à du braconnage, ou aux conditions hydrologiques. De même, si une année montre que peu d'anguilles ont traversé la passe, cela peut très bien être le signe d'une année de fort braconnage. Mais sans surveillance des passes, aucune de ces interprétations ne peut être faite.

Ainsi, les passes à anguilles permettent d'obtenir de nombreuses informations sur la migration de l'anguille et son évolution au cours du temps. Cependant ce système reste imparfait sur de nombreux points, et devra donc être perfectionné avant de pouvoir interpréter précisément les résultats des suivis. De plus, il faudra chercher à protéger ces infrastructures, par le biais d'une surveillance durant les périodes de pics de migrations et par une construction permettant un accès plus sécurisé.

5.2. Pêches électriques

Les différents résultats liés aux classes de taille ont pu mettre en évidence une phase de dégradation des effectifs de civelles et petites anguilles (individus de moins de 150mm) entre 2002 et 2012. En effet, après ces dix années de pêches, presque aucune anguille appartenant à ce stade de développement n'a pu être retrouvée dans les captures. Une évolution similaire s'observe dans les suivis de la passe des Enfreneaux ces années-là, mais dans des proportions moindres. A partir de 2013 un flux constant de civelles semble arriver dans le marais, et un grand nombre d'anguilles jaunes mesurant entre 150 et 300mm se retrouve dans les résultats à partir de 2014. Ces deux classes sont à part quasi égales dans la structure de taille.

En prenant en compte le caractère migratoire et le comportement des anguilles selon les différentes classes de taille (Tableau 1), la structure de taille obtenue après 2013 peut s'expliquer : une partie des anguilles de moins de 150mm va se sédentariser et devenir des anguilles mesurant entre 150 et 300mm, tandis que le reste va migrer vers les zones amont (et également atteindre le stade suivant). En parallèle, de nouvelles anguilles jaunes (150-300mm) vont arriver de l'aval et seront retrouvées dans les pêches.

Classe de taille (mm)	Correspondance biologique	Caractère migratoire et comportement	Exploitation
< 150 mm	Civelles et jeunes anguilles jaunes entrées dans les eaux continentales depuis moins de 2 ans	En migration anadrome Comportement grégaire et forte tendance à la colonisation des systèmes en privilégiant les axes majeurs parcourus par un courant d'appel	Non exploité
150 – 300 mm	Anguilles jaunes non sexuellement différenciées d'au moins deux été	Potentiellement en migration anadrome mais sédentarisation progressive des individus dans tous les milieux peu profonds d'un réseau	Non exploité
300 – 450 mm	Anguilles mâles jaunes et argentées Anguilles femelles jaunes	Mâles considérés comme sédentaires (jaunes) ou en migration (argentés) Femelles considérées comme sédentaires en phase de croissance. Gîtes en milieux de plus en plus profonds avec ichtyophagie prépondérante	Exploité
450 – 600 mm et > 600mm	Anguille femelle jaune ou argentée	Femelles considérées comme sédentaires ou en migration catadrome Gîte en milieux profonds, ichtyophagie quasi-exclusive	Exploité

Tableau n°1 : Définition des classes de taille d'anguilles et comportement migratoire (Lambert & Rigaud, 1999)

L'étude des tendances d'évolution a également pu mettre évidence le fait que les anguilles jaunes d'au moins deux étés (150-300mm) et celles mesurant entre 300 et 450mm varient de la même façon : cela peut s'expliquer par le fait que ces deux stades sont majoritairement sédentaires. Il semble donc possible de prévoir quels niveaux de capture seront obtenus en moyenne les prochaines années pour les anguilles mâles et femelles (300-450mm) en observant le stade de développement précédent. Cette hypothèse pourra être validée ou annulée en étudiant les niveaux de captures des prochaines années.

En étudiant ensuite les densités d'anguilles, plusieurs constats peuvent être faits :

- Malgré une arrivée de civelles allant à s'améliorer depuis 2013, il apparaît que la majeure partie d'entre elles restent cantonnées aux cours d'eaux proches de l'estuaire. Ceux-ci situés à l'ouest du marais, sont également ceux qui possèdent le moins d'ouvrages à la mer et sont donc plus accessibles. Il semble donc que le flux d'anguilles arrivant à l'estuaire est inférieur à la capacité d'accueil du marais : il sera donc vital de réaliser un maximum d'aménagements sur les ouvrages bloquants afin de garantir un accès aux zones amont du marais.
- D'après l'étude de la structure de taille des stations situées en dehors du marais (à plus de 40km de l'estuaire), il apparaît qu'aucune anguille de moins de 150mm ne peut être retrouvée dans les captures : ceci indique donc que les jeunes anguilles mettent du temps à atteindre ces zones, et ont donc déjà atteint le stade de développement suivant, soit celui d'anguille jaune d'au moins deux été (150-300mm). Hors si d'après la répartition des classes de tailles obtenues dans le bassin Loire (Legrand M. & Besse T., 2017), ces individus sont capables d'être retrouvés très loin de l'estuaire.

Il est donc probable que l'accès à l'amont reste difficile ce qui rejoint les observations faites précédemment, et l'absence de ces jeunes individus indique un vieillissement de la population dans ces stations qui doit être endigué sous peine de voir le stock d'anguilles progressivement diminuer en dehors du marais.

- Relativement peu d'individus mesurant plus de 450mm sont enfin capturés comparés au reste. Cela peut en partie d'expliquer par le fait qu'une partie de ces anguilles va quitter les eaux continentales pour rejoindre la mer. Mais ces stades de développement sont également ceux qui sont les plus exploités par la pêche dans le marais. De plus seulement 18 anguilles de plus de 600mm ont été capturées depuis 2002 même dans les zones amont, ce qui constitue un stock bien en dessous de celui attendu dans ce genre de milieu (*Der Mikaelian S., 2017, comm. pers.*). La pression de pêche pourrait donc bien être nocive à l'espèce dans le marais, et devra donc être surveillée afin de déterminer si celle-ci doit être limitée.

CONCLUSION

Ce stage a donc bel et bien permis de recueillir des informations sur la population d'anguilles, quel que soit le stade de développement de celle-ci.

Le suivi des passes à anguilles a pu mettre en évidence une diminution du flux de civelles et anguillettes (individus de moins de 150mm), qui a débuté dans les années 50 et se poursuit encore aujourd'hui. Cette baisse est d'autant plus visible ces dernières années, avec des effectifs peinant à atteindre 20% de ceux obtenus en 1985. Toutefois, au vu des actes de braconnage avérés qui se produisent chaque année aux Enfreneaux, ces résultats doivent être étudiés avec précaution : en effet il est pour l'instant impossible de déterminer quelles années ont connu le plus de braconnage, et quel effet celui-ci a pu avoir sur les suivis. Une chose est cependant certaine : ces actes se sont multipliés ces dernières années.

Grâce à l'étude de la migration et des paramètres abiotiques (température et coefficients de marée), les périodes les plus propices à des pics de migration ont pu être déterminées : il s'agit vraisemblablement des mois de mai et de juin, en particulier lors des pics de température et lors des phases de hautes eaux (coefficients de marée supérieurs à 100).

Afin de garantir un passage sécurisé aux anguilles, il sera donc primordial de protéger les passes durant ces périodes et tout au long du suivi, notamment par le biais d'une surveillance et par une sécurisation des passes. Ce système reste cependant imparfait, en particulier durant la période hivernale ou la montaison des anguilles devient impossible au vu des températures : l'installation de nouveaux équipements sera donc à envisager, afin de permettre aux anguilles un accès constant à l'amont des ouvrages et afin de les protéger de tout acte de braconnage.

L'étude des pêches électrique a quant à elle permis d'obtenir des informations supplémentaires sur les anguilles en amont de ces passes :

Il est tout d'abord apparu que les civelles et anguillettes de moins de 150mm se cantonnent aux zones proches de l'estuaire et ne se retrouvent presque plus dans les captures des stations à plus de 14km de l'estuaire : il semble donc que le flux de civelles soit devenu inférieur aux capacités d'accueil du bassin versant. Les zones favorisées par ce stade de développement sont également être situées à l'ouest du marais, dans les cours d'eau possédant peu d'ouvrages à la mer. Les zones hors du marais, quant à elles, sont dénuées de ces anguilles, ce qui indique un vieillissement de la population en amont de la Sèvre niortaise (qui s'est observé dans les stations hors du marais). Il semble donc primordial d'envisager la construction d'aménagements sur la majorité des ouvrages du territoire afin de faciliter l'accès à la population d'anguilles, et ainsi éviter une diminution du stock d'anguilles dans les années à venir.

L'étude des anguilles jaunes de taille moyenne semble ensuite montrer qu'il est possible de prévoir l'évolution des niveaux de capture des individus jaunes mâles et femelles (300-450mm) en se basant sur celle des niveaux de capture des anguilles jaunes non différenciées d'au moins deux étés (150-300mm). Les résultats obtenus les prochaines années permettront donc de confirmer ou d'annuler cette hypothèse.

Enfin, l'analyse des anguilles de grande taille (supérieure à 450mm) a permis de mettre en évidence leur faible effectif, en particulier celui des individus de plus de 600mm. Ces deux stades de développement étant les plus pêchés, cela pourrait indiquer que la pêche peut menacer l'espèce dans le marais dans l'état actuel : celle-ci devra donc être surveillée et limitée si nécessaire afin de permettre à suffisamment d'anguilles de retourner à la mer pour se reproduire.

Les constatations précédentes sont donc cohérentes avec celles du tableau de bord Anguille du bassin de la Loire, des côtiers vendéens et de la Sèvre niortaise (*Legrand M. & Besse T., 2017*): depuis les années 80 la population d'anguille diminue, et ce malgré les actions de limitation de la pêche et la construction de passes à anguilles. De plus, les nouveaux individus atteignant les eaux continentales chaque année ont tendance à rester en aval, ce qui peut indiquer que les flux d'anguilles sont devenus inférieurs aux capacités d'accueil des bassins versants. Le bassin Loire est également celui qui possède le plus de mortalité anthropique et l'échappement d'anguilles argentées le plus faible, ce qui suggère que de nombreuses améliorations peuvent encore être apportées afin de garantir la survie de l'espèce.

Plusieurs actions seront donc à envisager, notamment des actions de lutte contre le braconnage, l'aménagement des ouvrages hydrauliques afin de faciliter le passage aux anguilles, et la recherche de nouveaux systèmes de suivi des passes qui seront plus sécurisés en permettant un accès constant à l'amont du marais.

BIBLIOGRAPHIE

ADAM G., FEUNTEUN E., PROUZET P., RIGAUD C., 2008. **L'Anguille européenne : indicateurs d'abondance et de colonisation**, Ed. Quae, 393 p.

BARRY J., NEWTON M., DODD J. A., EVANS D., NEWTON J. & ADAMS C.E., 2017 - The effect of foraging and ontogeny on the prevalence and intensity of the invasive parasite *Anguillicola crassus* in the European eel *Anguilla Anguilla*. **Journal of Fish Diseases Volume 40 (yet to be included in an issue)**. 10pp.

BRUSLE J., 1994 – L'anguille européenne *Anguilla Anguilla*, un poisson sensible aux stress environnementaux et vulnérable à diverses atteintes pathogènes. **Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture n° 335**, 237-260pp.

DUHEC A., DELORME M-O. & HENAUT A., 2010 – La reconstitution des stocks d'anguilles : un problème qui dépasse une politique de quotas de pêche. **Les Dossiers Sciences et Politiques Publiques**, 82-96 pp.

DURIF C., EKIE P., DUFOUR S., MARCHELIDON J. & VIDAL B., 2000 - Analyse des paramètres morphologiques et physiologiques lors de la préparation à la migration de dévalaison chez l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) du lac de grand-lieu (Loire-Atlantique). **Cybium 2000 n°24**, 63-74pp.

EI HILALI M., 2007 – **L'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L., 1758) dans le Bas-Sebou : Biologie et infestation par *Anguillicola crassus***. Thèse. Facultés des Sciences de Rabat, n° 2330. 201 pp.

ELIE. P. ET GIRARD. P., 2009 - Effets des micropolluants et des organismes pathogènes chez l'anguille européenne *Anguilla anguilla* L. 1758. **Collection Etude CEMAGREF N° 128**, 121pp.

FEUNTEUN E., 2012 – **Le rêve de l'anguille, une sentinelle en danger**. Buchet Chastel Ecologie, Paris. 271 pp.

HYACINTHE F., 2009 – **Suivi des passes à anguilles du Marais poitevin – Bilan 1984 - 2009**. Rapport final. 34 pp.

LAMBERT P. & RIGAUD C., 1999 – Recherche d'éléments de gestion de la population d'anguilles sur la base de données produites par le RHP. **Rap. Cemagref/Csp n°49**, 63p.

LEGRAND M. & BESSE T., 2017 – **Paroles de Migrateurs n°14**. Tableau de Bord Migrateurs du Bassin Loire & Association LOGRAMI, 8pp.

MINISTERE DE L'ECOLOGIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE & MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA PECHE ET DE LA RURALITE, 2005 - **Circulaire interministérielle DPMA/SDPM/C2005-9606 du 24/03/2005** sur la protection de l'anguille – lutte contre le braconnage et la vente illicite – Campagne 2004-2005.

ONEMA, 2010 – **Plan de Gestion Anguille de la France - Application du règlement R(CE) n°1100/2007 du 18 septembre 2007**. Volet National 3 Février 2010. 120pp.

PNR du Marais Poitevin, 2017 - **Plaquette de présentation institutionnelle du Parc Naturel Régional du Marais Poitevin – Carte d'identité 2017**. SIPAP/LOUDIN, Poitiers. 12pp.

RIGAUD C. & LAFAILLE P., 2007 – **Etat des connaissances sur le déroulement de la phase de croissance de l'anguille européenne (A.anguilla). Retombées en termes de caractérisation et de suivi du stock en place dans un bassin versant.** Rapport INDICANG, Programme Interreg III, 57p.

RIGAUD C. ROQUEPLO C., MASSE J. & LE BARH R. 2008 – Indicateurs du niveau de présence de l'Anguille européenne (A.anguilla) dans le Marais poitevin. Bilan 2002-2008. **Rap. Cemagref/Onema/PIMP n°162**, 45p.

IUCN : International Union for the Conservation of Nature [en ligne]. Disponible sur : <http://www.iucnredlist.org/details/60344/0> (consulté le 28/04/2017)

DORIS – Données sur l'Observation pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et flore Subaquatique [en ligne]. Disponible sur : <http://doris.ffessm.fr/Especes/Anguilla-anguilla-Anguille-856> [consulté le 25/04/2017]

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Numéro	Titre	Page
Figure 1	Répartition géographique de l'anguille européenne <i>Anguilla anguilla</i>	7
Figure 2	Cycle de vie de l'anguille	8
Figure 3	Statut des ouvrages hydrauliques répartis sur les cours d'eaux principaux du Marais poitevin en 2017	9
Figure 4	Organigramme du PNR du Marais poitevin	10
Figure 5	Répartition des passes à anguilles sur le Marais poitevin et passes suivies en 2017	11
Figure 6	Localisation des différents sites de pêches électriques dans le Marais poitevin en 2017	12
Figure 7	Photographie des différents stades d'anguilles capturés à la passe des Enfreneaux	15
Figure 8	Photographie du barrage et de la passe des Enfreneaux côté Amont	18
Figure 9	Schéma de la passe à anguilles des Enfreneaux	19
Figure 10	Nombre de petites (<150mm) et grandes anguilles (>150mm) aux Enfreneaux entre 1984 et	19
Figure 11	Relation entre deux paramètres abiotiques et le nombre d'anguilles par nuit	20
Figure 12	Variation de la taille des anguilles selon les semaines standards aux Enfreneaux en 2017	21
Figure 13	Taille des anguilles par semaine standard aux Enfreneaux entre 1984 et 2017	21
Figure 14	Moyenne journalière d'individus et nombre total de petites anguilles aux Enfreneaux entre 1984 et	22
Figure 15	Intensité migratoire aux Enfreneaux entre 1984 et 2017	23
Figure 16	Structure de taille des anguilles capturées entre 2002 et 2016 dans le Marais poitevin	24
Figure 17	Tendances d'évolution des anguilles mesurant moins de 150mm	25
Figure 18	Tendances d'évolution des anguilles mesurant entre 150 et 300 mm	25
Figure 19	Tendances d'évolution des anguilles mesurant entre 300 et 450 mm	26
Figure 20	Tendances d'évolution des anguilles mesurant entre 450 et 600 mm	26
Figure 21	Relation entre la densité d'individus mesurant moins de 150mm et la distance à l'estuaire	27
Figure 22	Relation entre la densité d'individus mesurant entre 150 et 300mm et la distance à l'estuaire	27
Figure 23	Relation entre la densité d'individus mesurant entre 300 et 450mm et la distance à l'estuaire	28
Figure 24	Relation entre la densité d'individus mesurant entre 450 et 600mm et la distance à l'estuaire	28
Tableau 1	Définition des classes de taille d'anguilles et comportement migratoire	31
Figure 25	Communes comprises dans le périmètre du PNR du Marais poitevin	37
Figure 26	Découpage du calendrier en semaines standard	38
Figure 27	Variation des périodes et du nombre de jours de suivi aux Enfreneaux entre 1984 et 2017	38

2. Calendrier des semaines standards

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre												
								1			1												
								2			2												
1								3	1		3												
2								4	2		4												
3								5	3		5												
1	4	1	1	14	5	18	3	27	5	31	2	36	6	40	4	44	2	49	6				
5	5	2	2	6	4			6	1			7	3	7	5	5	3	6	7				
6		3	3	7	5			7	2			8	4	8	6	6	4	7	8				
7		4	4	8	6			8	3			9	5	9	7	7	4	8	9				
8		5	5	9	7			9	4			10	6	10	8	8	5	9	10				
9		6	6	10	8			10	5			11	7	11	9	9	6	10	11				
10		7	7	11	9			11	6			12	8	12	10	10	7	11	12				
2	11	6	8	10	8	15	12	19	10	23	7	28	12	32	9	37	13	41	11	45	8	50	13
12		9	9	13	11			13	8			14	10	14	10	14	12	12	9	14	15	14	
13		10	10	14	12			14	9			15	11	15	11	15	13	13	10	15	16	15	
14		11	11	15	13			15	10			16	12	16	12	16	14	14	11	16	17	16	
15		12	12	16	14			16	11			17	13	17	13	17	15	15	12	17	18	17	
16		13	13	17	15			17	12			18	14	18	14	18	16	16	13	18	19	18	
17		14	14	18	16			18	13			19	15	19	15	19	17	17	14	19	20	19	
3	18	7	15	11	15	16	19	20	17	24	14	29	19	33	16	38	20	42	18	46	15	51	20
19		16	16	20	18			20	15			21	16	21	16	21	19	19	16	21	22	21	
20		17	17	21	19			21	16			22	17	22	17	22	20	20	17	22	23	22	
21		18	18	22	20			22	17			23	18	23	18	23	21	21	18	23	24	23	
22		19	19	23	21			23	18			24	19	24	19	24	22	22	19	24	25	24	
23		20	20	24	22			24	19			25	20	25	20	25	23	23	20	25	26	25	
24		21	21	25	23			25	20			26	21	26	21	26	24	24	21	26	27	26	
4	25	8	22	12	22	17	26	21	24	25	21	30	26	34	23	39	27	43	25	47	22	52	27
26		23	23	27	25			27	22			28	22	27	22	28	26	26	23	28	29	28	
27		24	24	28	26			28	23			29	23	28	23	29	27	27	24	29	30	29	
28		25	25	29	27			29	24			30	24	29	24	30	28	28	25	30	31	30	
29		26	26	30	28			30	25			31	25	30	25	31	29	29	26	31		31	
30		27	27		29	26			26				31				30	30	27				
31		28	28		30	27			27					35			31	31	28				
		29	29		31	28			28										29				
		30	30			29			29										30				

Figure n°26 : Découpage du calendrier en semaines standard

3. Périodes de suivi de la passe des Enfreneaux

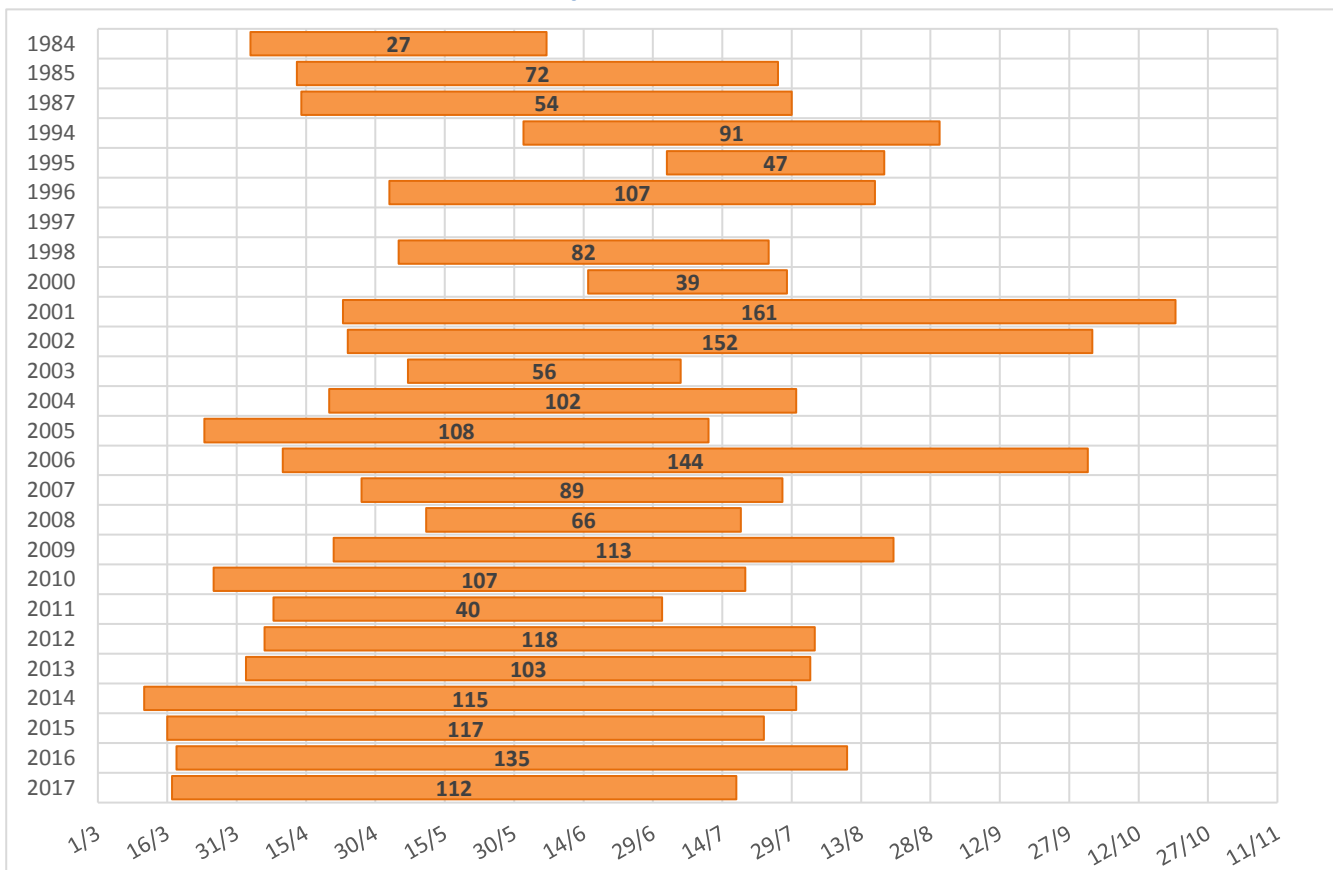


Figure n°27 : Variation des périodes et du nombre de jours de suivi aux Enfreneaux entre 1984 et 2017

Table des matières

Remerciements	3
Résumé	4
1. INTRODUCTION	6
2. CONTEXTE	7
2.1. L'anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>)	7
2.2. Présentation de la structure	10
3. MATERIEL ET METHODES	11
3.1. Choix des sites d'études	11
3.2. Paramètres étudiés	13
3.3. Protocoles	15
3.3.1. Suivi des passes	15
3.3.2. Pêches électriques	16
3.4. Etudes réalisées	16
4. RESULTATS	18
4.1. Résultats du suivi des passes : exemple des Enfreneaux	18
4.1.1. Description et fonctionnement de la passe	18
4.1.2. Bilan des suivis effectués entre 1984 et 2017	19
___ Intensités de migration	19
___ Paramètres abiotiques : exemple de 2017	19
___ Evolution de la taille des petites anguilles	19
___ Indices de migration	19
4.2. Résultats des pêches électriques	24
4.2.1. Structure de taille (Figure 16)	24
4.2.2. Tendances d'évolution par classe de taille	25
4.2.3. Densité d'individus et distance à l'estuaire	27

5. DISCUSSION.....	29
5.1. Suivi des passes à anguilles.....	29
5.2. Pêches électriques	30
CONCLUSION.....	32
BIBLIOGRAPHIE	34
TABLE DES ILLUSTRATIONS	36
ANNEXES	37
1. Territoire du PNR	37
2. Calendrier des semaines standards	38
3. Périodes de suivi de la passe des Enfreneaux.....	38