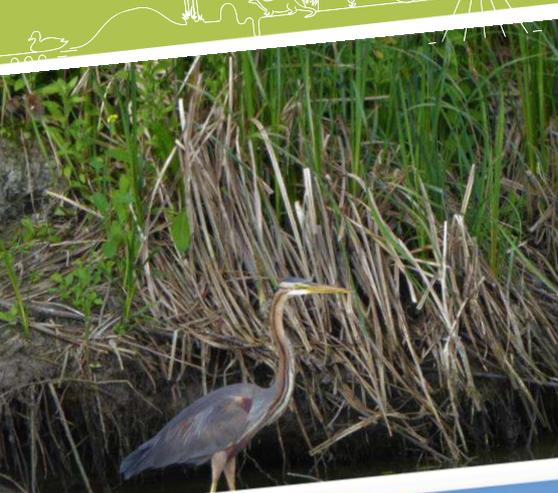


PARC NATUREL RÉGIONAL

DU MARAIS POITEVIN

Agriculture et environnement



Suivi de la migration anadrome de l'Anguille européenne Marais poitevin Année 2018

Jason PEYRE
3^{ème} année Agronomie
Science et Génie de l'Environnement

10/08/2018



Observatoire
du patrimoine naturel
du Marais Poitevin

L'Europe sur le bassin de la Loire, une chance pour tous.



Photographies de couverture, de gauche à droite et de haut en bas :

- Héron pourpré, prédateur de l'Anguille européenne, Canal de Vix.
- Passe à anguille fluviale sur le barrage de Massigny, rivière Vendée.
- Passe à anguille estuarienne sur le barrage des Cinq Abbés, vue vers l'aval, Canal des Cinq Abbés.
- Barrage des Enfreneaux, vue côté amont, Sèvre-Niortaise.
- Civelles d'Anguilles européenne, Barrage des Enfreneaux.

Civelle

Civelle

Petit bout d'albe ficelle

Petite vrill' de vermicelles

Toi qui sans nef ni nacelle

Par millions et milliards déferle

L'œil aveugle, noire perle.

Au gré des mouvements marins,

Dis moi ma petite civelle,

Où gît le radar souverain

Qui guide tes pas enfantins

De Sargasse en Loire angevine,

De terre natale en ma cuisine,

Civelle, ô délicat festin,

Apprends moi tout de ton destin !

Marquerite YOURCENAR dans YAHYAOUI, 1981

Remerciements

Je remercie en premier lieu Sophie Der Mikaélian, ma maître de stage, qui m'a permis de réaliser cette belle expérience au sein du Parc Naturel Régional du Marais poitevin. Elle a su m'accompagner lorsque c'était nécessaire tout en me laissant une grande autonomie.

Je remercie également toute l'équipe du PNR et plus particulièrement Xavier Baron et Antoine Cassel avec qui j'ai partagé les locaux de l'antenne de Charente-Maritime, mais également de bonnes relations. J'en profite pour remercier toute l'équipe de la Maison Blanche pour le bon accueil qu'ils m'y ont réservé. Je remercie l'équipe de l'IIBSN pour leur aide et particulièrement Humberto Borges.

Je remercie mes colocataires, sans qui cette expérience n'aurait pu trouver son équilibre et qui m'ont supporté pendant ces mois de stage.

Enfin, je remercie naturellement ma famille pour leur aide, quel qu'il soit, depuis toujours et pour encore longtemps.

Table des matières

Remerciements	1
Table des figures	3
Introduction	4
I/ Contexte	5
I.A/ Biologie et écologie de l'Anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>)	5
Un cycle de vie exceptionnel.....	5
Un poisson sensible.....	7
I.B/ Importance socio-économique.....	8
Une ressource économique exploitable	8
Une sentinelle de l'environnement	10
I.C/ Le Parc Naturel Régional du Marais Poitevin acteur du Plan de Gestion Anguille	10
Le Plan de Gestion de l'Anguille en France	10
Le Parc Naturel Régional du Marais Poitevin	11
II/ Matériel et méthode	11
II.A/ Lieu d'étude	11
II.B/ Matériel biologique	12
II.C/ Méthode de capture	12
II.D/ Protocole des mesures	13
II.E/ Méthode analytique.....	14
III/ Résultats pour l'année 2018	15
III.A/ Barrage des Enfreneaux.....	15
Bilan	15
Intensité migratoire	15
Rythme de migration	18
Evolution de la taille des civelles.....	18
III. B/ Cinq Abbés	19
Bilan	19

Intensité migratoire	20
Influence de la température	21
Influence des coefficients de marée	21
Rythme de migration	21
III. C/ Bazoin-Mignon	22
IV/ Comparaison avec les années précédentes	22
IV.A/ Influence des facteurs abiotiques sur l'intensité migratoire.....	22
IV.B/ Comparaison de l'intensité migratoire	23
Synthèse.....	25
IV.C/ Comparaison du rythme de migration	25
V/ Discussion	26
V.A/ Méthode.....	26
V.B/ Facteurs environnementaux.....	26
V.C/ Rythme de migration	27
V.D/ Intensité migratoire.....	27
Conclusion et perspectives	28
Bibliographie	29
Annexes.....	30
Résumé	31
Abstract.....	31

Table des figures

Figure 1 Répartition des 9 UGA en France Réalisation : A.Claverolas © ONEMA, 2012	4
Figure 2 Carte adaptée de Germain (1927) pour l'aire de répartition et de Schmidt (1924) pour la répartition océanique des larves.	5
Figure 3 Schéma du cycle biologique de l'Anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>)	6
Figure 4 Evolution de l'indice de stock en juvéniles d'anguille en Europe (Dekker, 2003).....	7
Figure 5 Cycle biologique du ver nématode rond <i>Anguillicola crassus</i> (Ruth Kirk, 2003). En trait plein le cycle obligatoire et en pointillé le cycle facultatif.....	8
Figure 6 Figure 6 Traditionnelle pêche à la vermée. Photo de Romain Gaillard, le blog du Marais poitevin.....	8
Figure 7 Pays européens ayant produits plus de 50 tonnes d'anguille d'élevage en 2007 (EIFAC/ICES 2008)	9
Figure 8 Tonnage annuel moyen de la pêche commerciale et de la pêche amateur à l'anguille jaune entre 2000 et 2007 (EIFAC/ICES 2008).	9
Figure 9 Source : Réseau des Nouvelles des Marchés, Marché International de Rungis Pêche et Aquaculture cours gros 2018.	9
Figure 10 Balance économique de la denrée anguille-civelle de 2008 à 2016 en million d'euros (Commerce extérieur des produits de la pêche et de l'aquaculture France AgriMer 2016).....	10
Figure 11 Photographie satellite du Marais poitevin (source : PNR du Marais poitevin).....	11
Figure 12 Figure 12 Le PNR du Marais poitevin et sa zone humide	12
Figure 13 Par ordre de taille décroissant : Une anguille jaune, une anguilette et une civelle.	12
Figure 14 Schéma simplifié du fonctionnement d'une passe à anguille équipé d'un vivier.....	13
Figure 15 Photographie commentée de la passe à anguille du Barrage des Cinq Abbés	14
Figure 16 Calendrier du relevé de la passe à anguille des Enfreneaux en 2018.....	15
Figure 17 Tableau bilan de l'année 2018 pour la passe des Enfreneaux.....	15
Figure 18 Graphique de l'intensité migratoire pour les Enfreneaux en 2018	16
Figure 19 Relation entre la température de l'eau et le nombre d'individus migrants par nuit.....	17
Figure 20 Relation entre les coefficients de marée et le nombre d'individus migrants par nuit	17
Figure 21 Relation entre l'ouverture des vannes et le nombre d'individus migrants par nuit.....	17
Figure 22 Rythme de migration pour le barrage des Enfreneaux 2018.....	18
Figure 23 Corrélation entre la taille des civelles et les semaines Enfreneaux 2018	19
Figure 24 Evolution des classes de taille (mm) des civelles en fonction des semaines	19
Figure 25 Calendrier de relevé de la passe du barrage des Cinq Abbés	20
Figure 26 Tableau bilan du suivi 2018 de la passe à anguille des Cinq Abbés.....	20
Figure 27 Intensité migratoire des Cinq Abbés en 2018 en fonction de deux facteurs.....	20
Figure 28 Relation entre la température de l'eau et le nombre d'individus migrants par nuit.....	21
Figure 29 Relation entre les coefficients de marée et le nombre d'individus migrants par nuit	21
Figure 30 Rythme de migration pour les Cinq Abbés en 2018	22
Figure 31 Intensité migratoire aux Enfreneaux à gauche et aux Cinq Abbés à droite de 2000 à 2018	23
Figure 32 Evolution de la migration journalière aux Enfreneaux et aux Cinq Abbés	24
Figure 33 Evolution de la migration journalière depuis 2001 pour l'ensemble Enfreneaux-Cinq Abbés	25
Figure 34 Evolution des indices de migration pour les Enfreneaux.....	25
Figure 35 Evolution des indices migratoires pour les Cinq Abbés	26
Figure 36 : Bilan des quotas et des captures de civelle dans l'UGA Loire depuis 2009-2010.....	28

Introduction

En 1984, la première passe à anguille de France est installée dans le Marais Poitevin (Marans, Charente-Maritime) au niveau du barrage des Enfreneaux, ce sont les prémices de la continuité écologique. A cette époque on constate en effet depuis quelques années en France une diminution conséquente du stock d'anguille européenne (Brusle, 1994). Cette ressource patrimoniale et économique importante pour le Marais Poitevin pousse le Parc Naturel Régional du même nom à entamer un suivi intensif de cette espèce au cycle de vie long et amphihalin¹.

Ce dispositif précède le règlement européen de 2007 qui soumet chaque pays membre de l'Union Européenne à un plan de gestion de l'anguille (PGA) visant à reconstituer le stock de cette espèce. En France le plan national de gestion de l'anguille voit le jour en 2010. Il découpe le territoire métropolitain en 9 unités de gestion pilotées par l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) récemment renommé Agence Française pour la Biodiversité (AFB) sous l'appellation « monitoring anguille ».

Afin d'évaluer l'efficacité des mesures de conservation et de restauration de l'Anguille européenne, le PGA prévoit la mise en place de suivis par "rivière index" pour chaque unité de gestion.

Au sein de l'unité de gestion qui concerne cette étude (Loire, côtiers vendéens et Sèvre niortaise), la Sèvre niortaise a été retenue comme « rivière index » et c'est le Parc Naturel Régional du Marais Poitevin qui en est le maître d'ouvrage.

Un volet spécifique sur cette action est consacré à des opérations de piégeage et d'échantillonnage des populations de juvéniles d'anguille (les civelles) entrant dans le Marais poitevin, au niveau des passes situées aux estuaires de la Sèvre niortaise et du Canal des Cinq Abbés.

L'objectif de ce programme est de recueillir des données sur les populations d'anguilles migrantes, ce qui doit permettre à terme, de suivre leur tendance d'évolution.

Cette mission consiste en plusieurs points :

- suivre l'intensité migratoire et son évolution saisonnière (piégeage au niveau des passes à anguille),
- décrire les périodes de migration de l'anguille,
- analyser la structure de taille des populations migrantes (mesures biométriques),
- mettre en évidence l'influence des facteurs abiotiques sur la dynamique migratoire,
- comparer les résultats 2018 avec les années précédentes.

Ce rapport de stage a pour but d'apporter des réponses à ces problématiques.

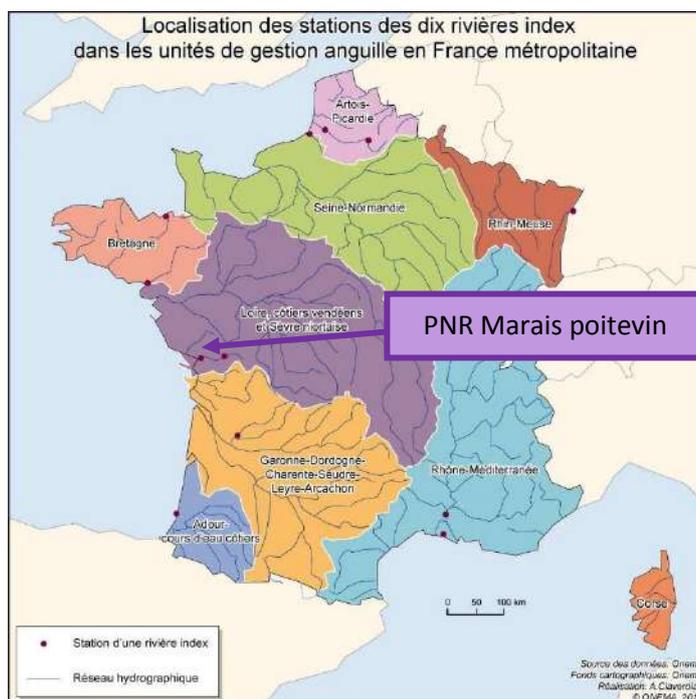


Figure 1 Répartition des 9 UGA en France
Réalisation : A.Claverolas © ONEMA, 2012

¹ **Amphihalin** : qualificatif d'une espèce migratrice dont le cycle de vie alterne entre le milieu marin et l'eau douce.

I/ Contexte

I.A/ Biologie et écologie de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*)

L'Anguille européenne fait partie des 19 espèces et sous-espèces d'anguille connues dans le monde (FEUNTEUN, 2012). Elle partage avec elles un cycle biologique atypique avec une ponte en mer tropicale puis des larves transportées par les courants marins jusqu'aux littoraux et une croissance en milieu continental en milieu dulçaquicole². On qualifie donc ce poisson d'amphihalin et de thalassotoque³. Cette espèce européenne possède une grande aire de répartition, de la Norvège à la Mauritanie et de l'Espagne à la mer Noire. Sa zone de reproduction se situe en mer des Sargasses dans l'océan Atlantique entre 23° et 30° Nord et 48° et 75° Ouest (McCleave et al., 1987), soit à plus de 5000 km des côtes française.

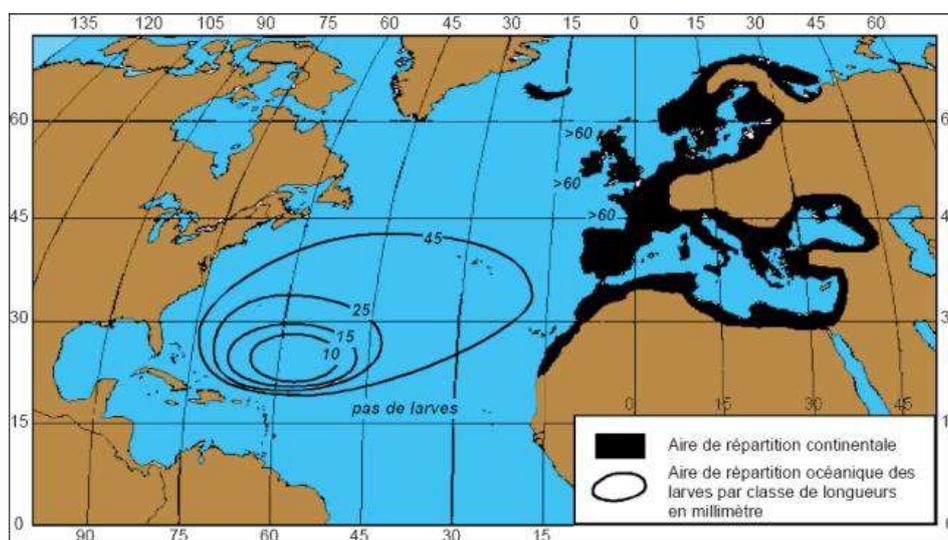


Figure 2 Carte adaptée de Germain (1927) pour l'aire de répartition et de Schmidt (1924) pour la répartition océanique des larves.

Un cycle de vie exceptionnel

Avec un site de reproduction si éloigné de sa zone de croissance, l'Anguille européenne dispose d'un cycle biologique très adapté.

Après fécondation et éclosion des œufs entre 200 et 300m de profondeur en mer des Sargasses, les larves que l'on nomme leptocéphales vont être transportées par les courants marins jusqu'aux littoraux européens pendant quelques mois (Durif, 2003). Pendant cette phase de déplacement passive, elles se mêlent aux autres formes planctoniques et se nourrissent de matière organique en suspension (Adam et al., 2008).

Arrivées sur le plateau continental, les leptocéphales vont se transformer en civelles. Ces civelles mesurent en moyenne 7 cm de long et sont dépourvues de pigments tégumentaires ce qui leur donne un aspect translucide. Pendant cette troisième phase de développement l'Anguille européenne va arrêter de s'alimenter. Les civelles se massent dans les estuaires pour s'adapter au changement de salinité de l'eau et attendent des conditions physico-chimiques adéquates pour se lancer en milieu dulçaquicole et commencer leur montaison.

Une fois les estuaires franchis, les civelles reprennent leur alimentation et leur phase de croissance, elles se pigmentent peu à peu pour atteindre une couleur jaunâtre. Elles deviennent alors des anguillettes puis des anguilles jaunes. Depuis l'arrivée en estuaire certaines anguilles se sédentarisent et d'autres continuent leur migration vers l'amont

² **Dulçaquicole** : qui vit en eau douce.

³ **Thalassotoque** : qualificatif d'une espèce vivant essentiellement en eaux douces mais se reproduisant en mer.

et leur croissance pendant plusieurs années : 3 à 9 ans pour les mâles et 3 à 12 ans pour les femelles (Lecomte-Finiger, 1990). Années pendant lesquelles ce poisson va coloniser tous les types de milieux à sa portée, du marais aux eaux saumâtres aux rivières fraîches et oxygénée des montagnes.

Les anguilles jaunes passent alors dans le stade différentiation sexuelle. Dans les zones où la densité d'individus est forte, d'avantage de mâles que de femelles seront produits et inversement (Krueger et Oliveira, 1999). Ceci est dû au fait que les femelles peuvent atteindre 140 cm contre 45 cm maximum pour les mâles (DeLeo et Gatto, 1995), ces dernières ont donc besoin d'avantage de nourriture. La compétition intraspécifique joue donc le rôle de détermination sexuelle et pas la génétique.

Si la différentiation sexuelle est accomplie à ce stade, la maturité sexuelle est acquise pendant la phase de dévalaison. L'« argenture » est le passage d'anguille jaune à anguille argentée. Elles obtiennent une livrée ventrale du même nom et une livrée dorsale plus sombre. Ce stade de métamorphose se caractérise également par une hypertrophie oculaire et par un grandissement des nageoires pectorales. Ces anguilles vont alors entreprendre le long voyage de retour vers l'aval puis à destination de la mer des Sargasses. Elles iront s'y reproduire une unique fois avant de mourir (espèce sémelpare⁴) laissant derrière elles une nouvelle génération d'Anguille européenne à naître. On qualifie cette espèce de panmictique⁵.

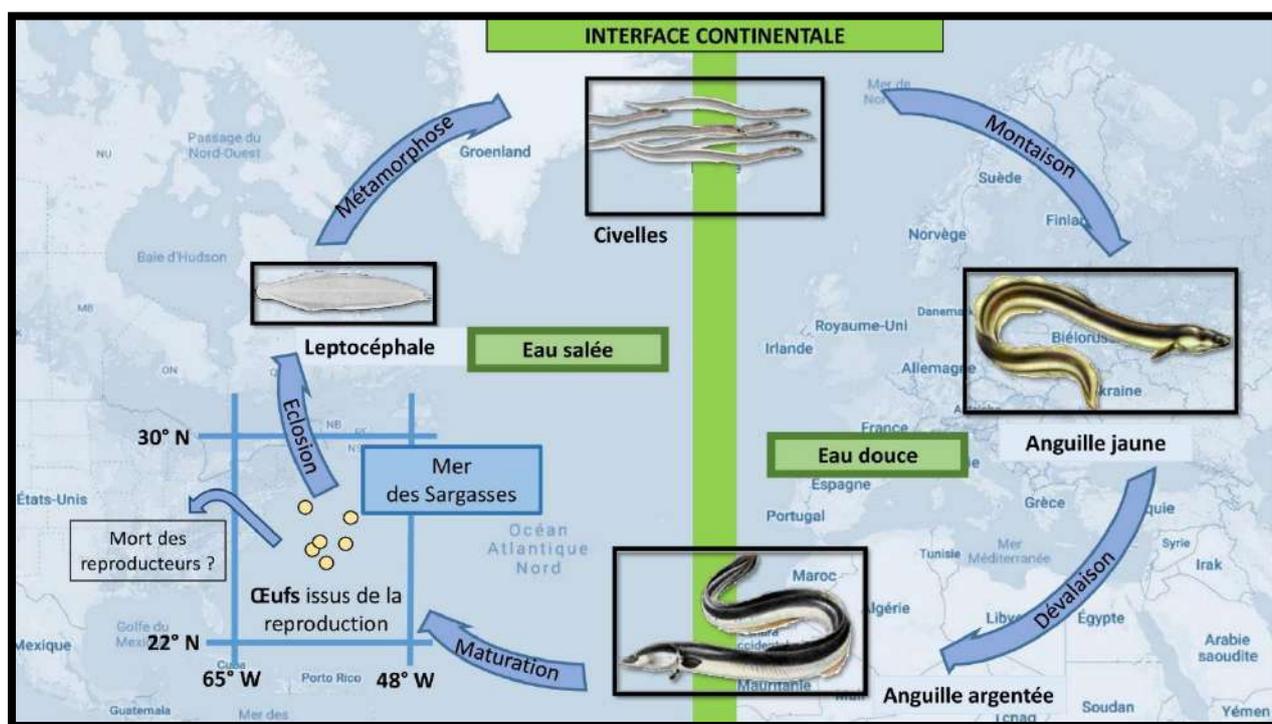


Figure 3 Schéma du cycle biologique de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*)

⁴ **Sémelpare** : se dit d'une espèce qui ne se reproduit qu'une seule fois dans sa vie, avant de mourir.

⁵ **Panmictique** : une population est panmictique lorsque chacun des individus qui la composent a des chances égales de se reproduire avec n'importe quel autre individu de sexe opposé.

L'Anguille européenne possède un large spectre de régime alimentaire variant surtout avec la taille de l'individu, soit de l'organisme planctonique aux autres espèces de poissons en passant par les crustacés et les insectes. Elle dispose d'un rythme de vie principalement (Deelder, 1984). Elle utilise des gîtes dans la végétation ou la vase comme zone de repos. Elle est elle-même mangée par de nombreux oiseaux piscivores, d'autres poissons et des mammifères tels que la loutre et l'Homme (Marion et Feunteun, 1994).

Un poisson sensible

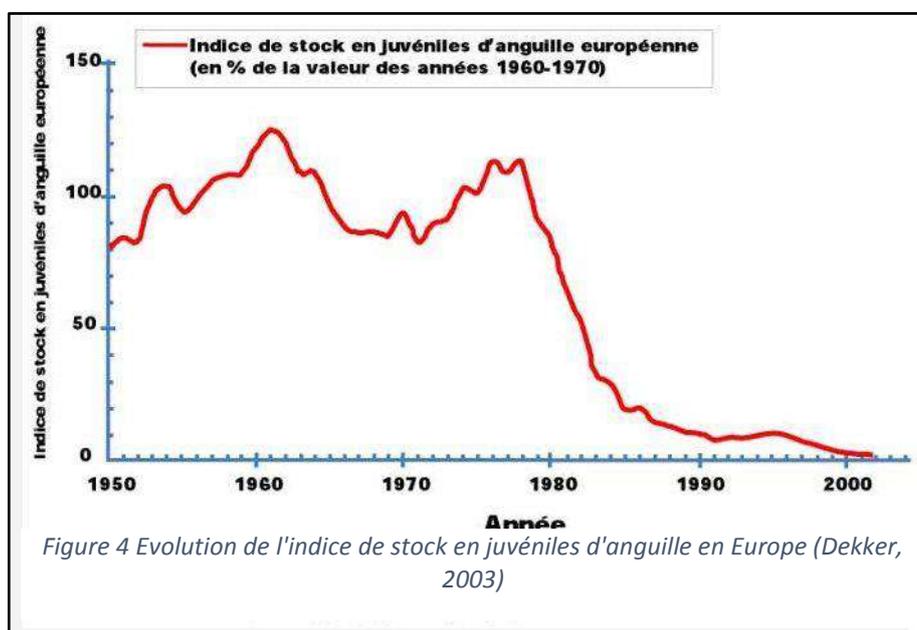
Longtemps considérée comme un poisson très robuste et abondant, l'Anguille européenne a connu une chute dans ses effectifs dans les années 70-80.

Depuis les années 2000, moins de 10% du stock de civelle des années 60 arrivent désormais dans les estuaires européens chaque année (ONEMA 2010).

Les causes de cet effondrement sont multiples et semblent agir en synergie. Comme l'on pourrait s'y attendre, elles vont bien au-delà des menaces non-anthropiques qui pèsent sur cette espèce (prédation, aléas climatiques, maladies...).

Tout d'abord, nous avons la mortalité directe, celle causée par les prélèvements de pêcheries.

L'anguille européenne est une espèce exploitée professionnellement au stade civelle, anguille jaune et anguille argentée. Des quotas de pêche sur les civelles sont désormais appliqués mais la forte variabilité interannuelle de cette espèce ne permet pas d'utiliser cet outil de régulation de manière optimale. A cette pêche légale, il faut également ajouter le braconnage concernant surtout le stade civelle dont les prix au kilogramme incitent certains à surexploiter l'espèce.



La qualité de l'eau est également à mettre en avant dans cette chute d'effectif. En effet, par son cycle de vie (passage en estuaire) et son mode de vie benthique (enfouissement dans les sédiments et dernier maillon de la chaîne alimentaire) l'Anguille européenne se retrouve exposée à de forte concentration en polluants (Brusle, 1994). Ces polluants d'origine agricole et industriel principalement, s'accumulent dans les tissus de l'animal et dégradent notamment la fécondité de l'espèce ce qui à terme risque de mettre en péril sa reproduction. L'absence de témoin négatif pose également un problème pour les tests en laboratoire, c'est ainsi que Pally et Foulquier (1976) se sont retrouvés avec des niveaux de concentrations en métaux lourds dans les anguilles étudiées supérieurs à ceux tester en laboratoire...

A cela, il faut ajouter la fragmentation de l'habitat, véritable problématique pour cette espèce migratrice dont l'existence dépend entièrement de sa capacité à effectuer ses longs voyages fluvi-marins. Le nombre d'ouvrages hydrauliques (écluses, barrages, turbines...) susceptibles d'entraver la route de l'anguille est suffisant pour avoir causé du tort à l'espèce (Brusle, 1994). On observe des accumulations d'individus au pied des ouvrages principalement lors de la montaison des civelles. Ces accumulations créent une compétition intraspécifique plus importante, véhicule plus facilement les maladies et facilite la prédation. Ainsi dans le Marais Poitevin les civelles ne parvenaient à parcourir seulement 25km sur la Sèvre Niortaise en 2 mois (Gascuel 1987).

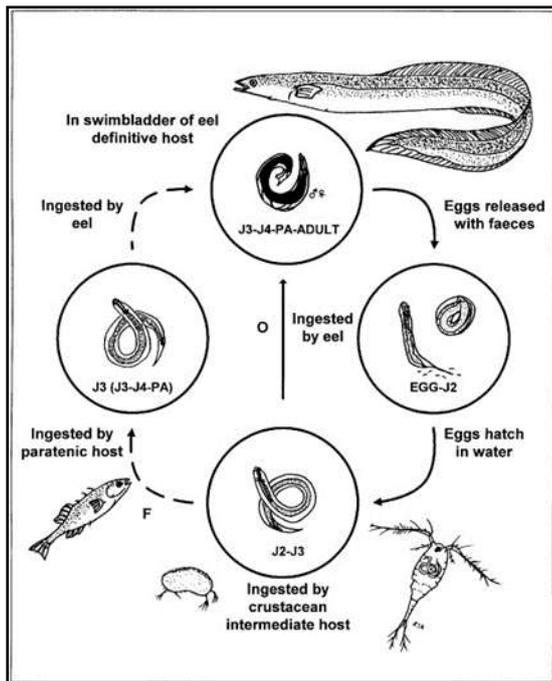


Figure 5 Cycle biologique du ver nématode rond *Anguillicola crassus* (Ruth Kirk, 2003). En trait plein le cycle obligatoire et en pointillé le cycle facultatif

Enfin, l'introduction de parasite allochtones tel que *Anguillicola crassus* ajoute une contrainte supplémentaire. Ce dernier, apparu récemment à la suite de l'importation d'Anguilles japonaises en Europe, est un ver rond nématode qui utilise l'anguille comme hôte principale dans son cycle de vie. Sa croissance à l'intérieur de la vessie natatoire crée des dysfonctionnements mécaniques de cette dernière ainsi que de l'estomac en supplément de l'affaiblissement global de l'individu contaminé car il se nourrit de son sang (figure 5).

I.B/ Importance socio-économique

Sur le plan culturel, l'anguille représentait jusqu'au siècle dernier la base d'une certaine vie sociale dans de nombreuses régions d'Europe : fleuves atlantiques (Castelnaud, 1978), l'est de la France, la Plaine du Pô, les étangs et fleuves de la mer du Nord ou de la Baltique. De nombreux villages de pêcheurs dans ces régions, vivaient autour de l'anguille (capture, fumage, commercialisation). Ainsi dans le marais poitevin, pas moins de 8 techniques de pêche à l'anguille ont été inventés par ces habitants dont la célèbre « vermée » de la figure 6 (Legault, 1987).

Cet animal est très représenté dans la culture européenne et française que l'on parle de littérature, de proverbes (« Anguille sous roche ») ou même de grand écran avec l'Anguille, film japonais et Palme d'Or au festival de Cannes en 1997.

Sa production permettait aussi de conserver des bassins d'emplois conséquents dans des zones relativement pauvres, jusqu'à la décroissance des populations d'anguille et des captures observées depuis 40 ans qui a mis à mal un secteur important.



Figure 6 Traditionnelle pêche à la vermée. Photo de Romain Gaillard, le blog du Marais poitevin.

Une ressource économique exploitable

Dans les années 2000, la consommation européenne d'anguille atteignait 13 000 tonnes par an. Loin derrière le Japon, premier consommateur mondiale avec environ 120 000 tonnes par an (Duhec 2009).

En Europe en 2011, la pêche de l'Anguille européenne représente 3200 tonnes capturées (FranceAgrimer 2014). L'aquaculture produit en 2007 environ 10 000 tonnes d'anguilles par an sur ce même continent, principalement les pays d'Europe du Nord.

Pays	Production 2007 en tonnes
Pays-Bas	4000
Danemark	2100
Italie	1000
Allemagne	740
Espagne	450
Grèce	450
Suède	175

Figure 7 Pays européens ayant produits plus de 50 tonnes d'anguille d'élevage en 2007 (EIFAC/ICES 2008)

La France détient une place de premier plan dans l'exploitation par pêche avec 34 tonnes de civelles pêchées en 2013 et 1300 tonnes d'anguilles jaunes et argentées en 2012 (FranceAgrimer 2014). 650 professionnels français se partagent ainsi les droits de pêche et les prises, l'aquaculture professionnelle restante inexistante en France.

Pays	Pêche professionnel	Pêche amateur	Total
France	1160	520	1680
Pays-Bas	920	230	850
Danemark	550	140	690
Allemagne	260	110	370
Pologne	190	90	280

Figure 8 Tonnage annuel moyen de la pêche commerciale et de la pêche amateur à l'anguille jaune entre 2000 et 2007 (EIFAC/ICES 2008).

Globalement, on observe un augmentation du prix de vente de l'anguille et de la civelle depuis sa raréfaction dans le milieu naturel. Cette hausse peut prendre des allures vertigineuses comme le montre le graphique suivant concernant l'évolution du prix moyen au kilo d'anguille fumée, met relativement répandu en Europe du Nord notamment.

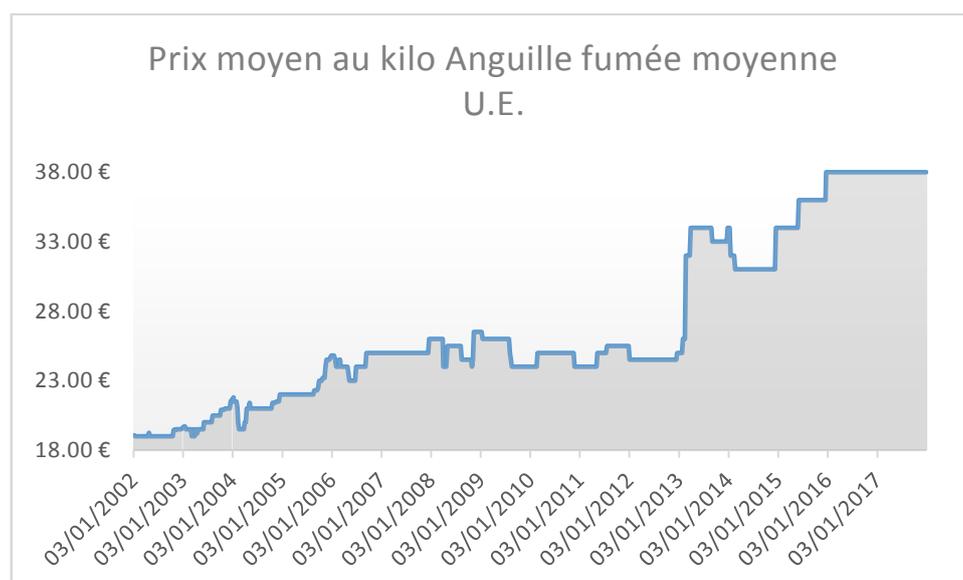


Figure 9 Source : Réseau des Nouvelles des Marchés, Marché International de Rungis Pêche et Aquaculture cours gros 2018.

Mais ces prix de vente ne sont rien en comparaison à l'or blanc : les civelles. De quelques dizaines d'euros le kilo dans les années 60, cette denrée grimpe au-delà des 500 euros le kilo en 2007 (Duhec 2009) sous l'influence du marché asiatiques toujours plus friands de civelles et explose sporadiquement autour des 1000 euros le kilo ces mêmes années. En 2010, l'interdiction d'export hors zone U.E. baisse les prix qui étaient tirés vers le très haut par les acheteurs asiatiques (Chine et Japon). Ces mêmes années une baisse de la production entraîne une stabilisation des prix autour de 300 euros le kilo. Cette hausse des prix a comme ailleurs encouragé la pêche illégale. Ses proportions sont extrêmement difficiles à établir tellement elle se mêle au marché légal. D'un braconnage que certains désigneront comme « traditionnel », la pêche illégale est passée dans des dimensions bien supérieures avec l'apparition d'organisation de trafiquants. Ainsi selon la police, pour la saison 2004-2005, 16% des civelles sur le marché légal provenaient en réalité de pêches illicites.

La France joue un rôle prépondérant dans cette économie européenne car elle représente environ 70% de la production continentale d'anguille et de civelle de pêche. De plus, c'est une immense partie de l'aquaculture européenne

qui dépend de sa production car sans reproduction artificielle contrôlée c'est la majorité de l'aquaculture européenne qui dépend des pêches de civelle en France.

	2008	2010	2012	2014	2016
Anguille, civelle	26,8	21,1	12,9	6,9	14,7

Figure 10 Balance économique de la denrée anguille-civelle de 2008 à 2016 en million d'euros (Commerce extérieur des produits de la pêche et de l'aquaculture France AgriMer 2016)

En France, en 2016, l'Anguille européenne fait partie des 8 denrées de la pêche et de l'aquaculture à avoir une balance commerciale positive sur les 49 répertoriées par France AgriMer (France AgriMer 2016).

Une sentinelle de l'environnement

L'Anguille européenne dispose de nombreux atouts qui font d'elle une formidable sentinelle pour suivre l'évolution de l'environnement et notamment en qualité d'espèce-cible en écotoxicologie (Bruslé 1994) :

- Son immense aire de répartition permet des comparaisons entre des zones géographiques proches ou éloignées.
- Son séjour de plusieurs années en milieux dulçaquicole et son comportement sédentaire entre les migrations anadrome et catadrome⁶ permet une exposition prolongée dans un milieu local donné.
- Son mode de vie benthique en contact avec les sédiments l'expose directement à de nombreux polluants.
- Son statut de carnassier la place en bout de chaîne alimentaire, elle accumule donc les polluants de ses proies et reflète l'état de pollution de son milieu.

Elle dispose également d'avantages qui font d'elle une très bonne espèce-cible pour des tests écotoxicologiques en laboratoire :

- Sa rusticité lui permet de supporter des écarts de salinité et de température importants et d'évoluer aisément en milieu confiné (aquarium).
- Sa résistance au jeûne permet de limiter l'apport de nourriture qui pourrait contaminer l'espace d'étude.
- Sa maturation sexuelle tardive empêche les modifications métaboliques dues à la détermination sexuelle.

Elle a ainsi été recommandée pour de nombreux tests sur les métaux lourds, les radio-isotopes et les hydrocarbures (Bruslé, 1994). Elle se présente donc comme une espèce de grand intérêt pour les biologistes.

I.C/ Le Parc Naturel Régional du Marais Poitevin acteur du Plan de Gestion Anguille

Aux vues des enjeux qui tournent autour de l'Anguille européenne, cette espèce a besoin d'être gérée et même protégée à la suite de la chute qu'a connue sa population à partir des années 70-80.

Le 18 septembre 2007 l'Union Européenne adopte un règlement pour réduire significativement les pressions sur l'anguille et permettre sa restauration. En France, ce règlement s'applique sous la forme du Plan de Gestion Anguille partiellement présenté en Introduction et qui voit le jour en février 2010.

Le Plan de Gestion de l'Anguille en France

Ce PGA dispose de plusieurs objectifs principaux énumérés comme suit :

- Une réduction de la mortalité par pêche de l'anguille de moins de 12 cm de 40% en 2012 et de 60% en 2015.
- Une réduction de la mortalité par pêche de l'anguille jaune et de l'anguille argentée de 30% en 2012 et de 60% à partir de 2015.
- Une réduction de la mortalité liée aux autres causes anthropiques (qualité de l'eau, continuité écologique...) de 30% en 2012 et de 50% à partir de 2015.

⁶ **Anadrome** : qualificatif d'une espèce aquatique remontant les cours d'eau.

Catadrome : qualificatif d'une espèce aquatique descendant les cours d'eau.

- L'utilisation de 60% des civelles prélevées par pêche pour le repeuplement, dont 10% à destination des cours d'eau du territoire français métropolitain.

Ces objectifs ont pour but final d'assurer un taux d'échappement d'anguille argentée de 40% du stock en l'absence de pression anthropiques (Plan de Gestion Anguille de la France, ONEMA Volet National, 2010).

Le premier rapport de mise en œuvre de ce PGA date de juin 2015. Il y est indiqué que la majorité des objectifs pouvant être réellement quantifiables ont été atteints. Mais il faut néanmoins prendre du recul car il est très difficile d'établir précisément les effets des plans de restauration de l'espèce jusqu'à présent entrepris par la complexité des protocoles et par le mode de vie d'une anguille qui peut mettre plus de 10 années avant de retourner se reproduire en mer sachant que la date de début de mise en place du PGA est 2011 (Plan de gestion anguille de la France, Rapport de mise en œuvre-juin 2015, ONEMA).

Le Parc Naturel Régional du Marais Poitevin

Le PNR du Marais Poitevin est le maître d'ouvrage du monitoring anguille sur la rivière index Sèvre Niortaise.

Ce Parc, créé en 1979, perd son label PNR en 1996. Il devient alors pendant 18 années le Parc Interrégional du Marais Poitevin avant de retrouver son label en 2014. Il s'étend sur une superficie de 202 069 ha dont environ 100 000 ha de zone humide comprenant 91 communes et environ 200 000 habitants à cheval sur deux régions (Pays de la Loire et Nouvelle Aquitaine) et trois départements (Vendée, Charente-Maritime et Deux-Sèvres). Il s'agit d'un agroécosystème comprenant la seconde plus grande zone humide de France qui s'inscrit dans un objectif de dynamisme, de préservation et de partage du territoire. (Chartre du PNR Marais Poitevin 2014/2016).

L'équipe pluridisciplinaire du Parc comprend en tout 31 agents dont Sophie Der Mikaélian chargée de mission environnement-milieux aquatiques qui dirige le suivi de l'Anguille européenne sur la Sèvre Niortaise au sein du service Agriculture et Environnement.



Figure 11 Photographie satellite de la partie centrale du Marais poitevin (source : PNR du Marais poitevin)

II/ Matériel et méthode

Les études réalisées sur l'anguille dans la Marais Poitevin découlent de protocoles nationaux standardisés appliqués à la zone d'étude.

II.A/ Lieu d'étude

Les lieux d'étude en 2018 sont au nombre de 3. Il s'agit de 3 passes à anguille situées sur ou à proximité immédiate de la Sèvre Niortaise :

- Le barrage des Enfreneaux (Commune de Marans), l'installations de cette passe remonte à 1984.
- Les portes des Cinq Abbés (Commune de Marans), 1996.
- Le barrage de Bazoin-Mignon (Commune de La Ronde), 1997.

La passe à anguille du barrage de Bazoin-Mignon a finalement connu plusieurs pannes cette saison ce qui a conduit à une récolte de données incomplète et non traitable.

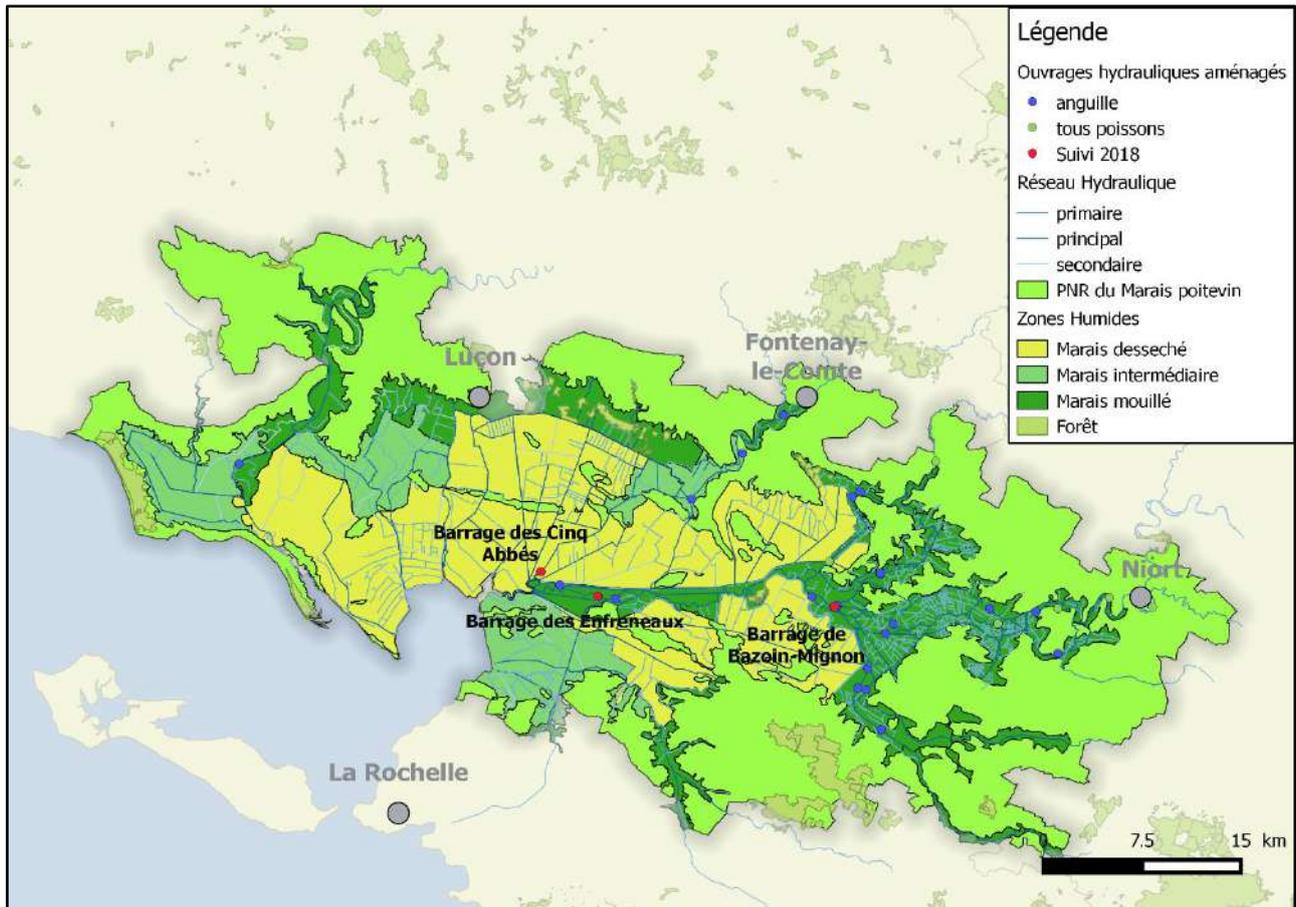


Figure 12 Figure 12 Le PNR du Marais poitevin et sa zone humide

II.B/ Matériel biologique



Figure 13 Par ordre de taille décroissant :
Une anguille jaune, une anguilette et une civelle.

Les données sont récoltées sur des animaux capturés vivants (Autorisation Préfectorale de capture de l'espèce *Anguilla anguilla*). Il s'agit principalement de civelles mais également d'anguilles jaunes.

II.C/ Méthode de capture

De nombreuses passes à anguille ont été installées dans le Marais poitevin à partir de 1984 pour garantir au mieux la libre circulation de l'espèce. Certaines passes sont équipées d'un vivier qui recueille les anguilles qui utilisent celle-ci pour franchir un obstacle tel qu'un barrage. C'est grâce à ces passes qu'il est possible de les capturer.

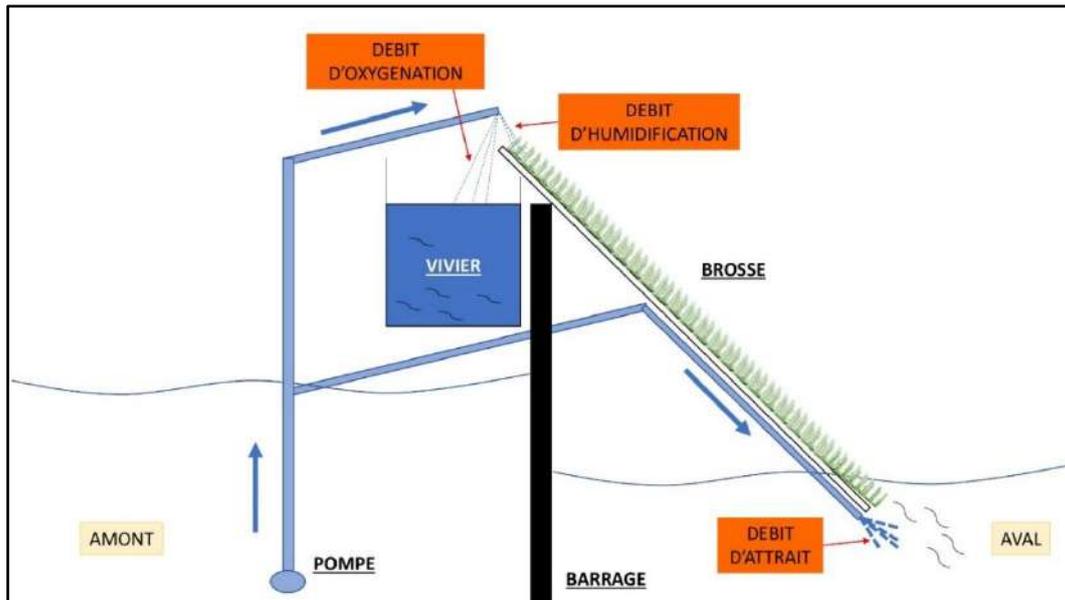


Figure 14 Schéma simplifié du fonctionnement d'une passe à anguille équipée d'un vivier.

Ce type de passe ne permet pas le passage des autres poissons que l'anguille car elle utilise une qualité qu'elle seule possède : la reptation. Les anguilles sont en effet capables de se mouvoir hors de l'eau si le milieu reste très humide. Tout d'abord, on indique l'entrée de la passe aux anguilles par un puissant débit d'attrait : l'eau pompée en amont du barrage est injectée en bas de la brosse. On utilise ici la réponse rhéotactique⁷ positive (Deelder, 1958) des anguilles en migration qui facilite la migration des civelles vers l'amont et également l'halophobie⁸ qui entraîne une nage active en direction des eaux les moins salées (cette dernière est uniquement présente pour les passes estuariennes et non pour les passes fluviales). Une brosse inclinée côté aval permet aux anguilles de se mouvoir et de se hisser entre les « poils ». Cette brosse est constamment humidifiée par le débit d'humidification. Une fois arrivée en haut de la brosse l'anguille tombe de l'autre côté du barrage dans les cas où il n'y a pas de vivier. Sinon elle est capturée et stockée temporairement dans le vivier alimenté par le débit d'oxygénation. Ce type de passe « active » est alimenté par une pompe électrique.

II.D/ Protocole des mesures

Ce suivi annuel est réalisé selon un protocole standardisé et commun à l'ensemble des suivis nationaux, afin de proposer des comparaisons interbassins.

Ce protocole est présenté ci-dessous.

- 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 (10mL d'eugénol⁹ à 10% dans 10L d'eau) puis préparation du bain de réveil (un grand seau d'eau claire).
- 2 - Arrêt du système de pompage en position zéro sur le boîtier électrique quand peu d'individus sont présents dans le vivier et vidange du vivier à l'aide du trop-plein.
- 3 - Passage des anguilles au travers du trieur (mailles de 5 mm) pour séparer les « petites » (<150 mm) des « grandes » (>150mm) à l'aide d'épuisettes.
- 4 - Dénombrement et pesée globale du refus du trieur (« grosses » anguilles). Ces « grosses » anguilles sont remises à l'eau à l'amont du barrage.

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

⁸ **Halophobie** : fait pour un organisme de fuir un milieu très concentré en sel.

⁹ **Eugénol** : Composé phénolique extrait de l'huile essentielle de girofle servant d'antiseptique ou d'anesthésique léger. Dans le cas présent il est dilué à 10% dans de l'alcool à 90°.

- 5 - Pesée **globale** des civelles et anguillettes passées à travers le trieur puis pesée de **150 individus** pour obtenir le nombre total.
- 6 - Remise à l'eau des « grosses » anguilles et des « petites » qui ne feront pas l'objet d'un échantillonnage biométrique.
- 7 - Placer 150 civelles (environ 60 individus par échantillon) dans le bain sédatif et attendre qu'elles soient endormies pour procéder à l'échantillonnage. Puis mesurer chaque individu à l'aide de l'ichtyomètre et les placer dans le bain de réveil au fur et à mesure.
- 8 - Remise à l'eau des civelles échantillonnées après réveil complet, nettoyage du matériel et du vivier et remise en route de la pompe.

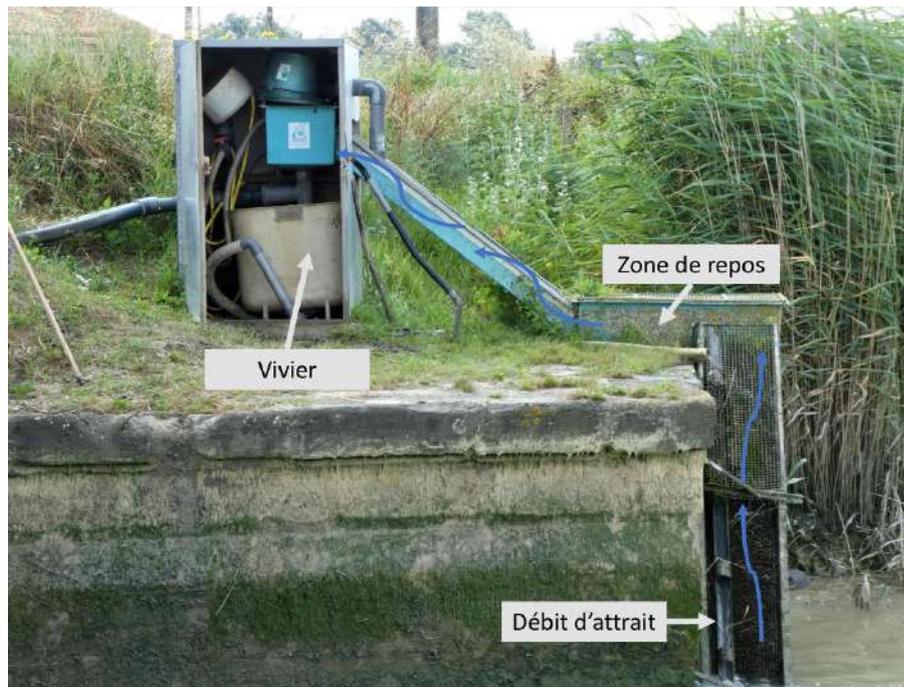


Figure 15 Photographie commentée de la passe à anguille du Barrage des Cinq Abbés

Les coefficients de marée du matin de la relève sont disponibles sur le site internet marée.info. Ce sont les mesures du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine. Les données prises en compte sont celle de La Rochelle-Pallice qui est la station la plus proche.

II.E/ Méthode analytique

Pour maximiser la significativité des résultats, nous avons travaillé sur des données dont les effectifs observés sont largement supérieurs à 30 individus. Les hypothèses que nous avons cherché à vérifier sont les suivantes :

- a) L'intensité migratoire évolue au fil des années.
- b) Le rythme de migration évolue au fil des années
- c) La taille des civelles de la même migration diminue au fil des mois.
- d) Les facteurs environnementaux que sont la température de l'eau, le coefficient des marées ou encore l'ouverture des vannes des barrages module l'intensité de la migration.

Des corrélations linéaires, des régressions linéaires ainsi que des Analyses de la Composante Principale ont été réalisées dans les cas où l'on cherchait à caractériser la migration. Les régressions linéaires peuvent permettre de modéliser certaine caractéristique de la migration ce qui pourrait être très utile pour une meilleure anticipation et gestion de l'Anguille européenne.

Enfin des tests de Tukey sont réalisés afin de vérifier que les différences soient bien significatives entre chaque jeu de données. La significativité retenue est celle pour $\alpha=5\%$.

III/ Résultats pour l'année 2018

III.A/ Barrage des Enfreneaux

Le barrage des Enfreneaux définit la limite Est de l'estuaire de la Sèvre niortaise. Il est sous la gestion de l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise. Il est équipé de vannes qui permettent de moduler le débit sortant et également de porte à flot empêchant l'entrée de l'eau salée dans les zones de cultures. Ces portes à flot se ferment automatiquement grâce à la force des marées montantes (le flot).

En 1987, se fût le premier barrage de France à être équipé d'une passe à anguille.

Bilan

Cette année 2018, le suivi de la migration anadrome de l'Anguille européenne au barrage des Enfreneaux a duré 134 jours (du 8 mars au 19 juillet inclus). Du fait de bonnes conditions hydraulique, il n'y eu cette année aucune coupure dans la phase terrain pour cette passe, ce qui reste assez rare pour être souligné. A 6 reprises la passe a connu des problèmes techniques comme l'envasement de certaines conduites d'eau et de la pompe ce qui, dans le pire des cas, peut stopper le débit d'oxygénation pouvant conduire à la mort d'un certain nombre d'individus présents dans le vivier comme cela s'est passé le 1^{er} juillet.

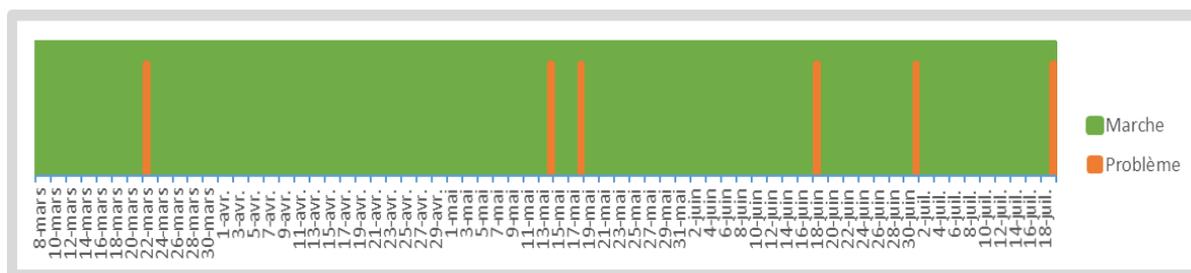


Figure 16 Calendrier du relevé de la passe à anguille des Enfreneaux en 2018

Effectif total	Poids total (kg)	Jours de piégeage	Températures min-max	Coefficient de marée min-max	Grandes >150mm		Petites <150mm	
					Nombre	Poids (kg)	Nombre	Poids (kg)
200 054	114,417	134	9°C-26°C	29-105	14 262	64,571	185 792	49,846

Figure 17 Tableau bilan de l'année 2018 pour la passe des Enfreneaux

Le tableau ci-dessus synthétise les principales caractéristiques de la migration anadrome de cette année 2018 au barrage des Enfreneaux. On remarque que cette passe est indéniablement efficace et permet bien une continuité écologique avec en moyenne **1493 individus qui ont franchi la passe par jour** en 134 jours de suivi dont environ 95 « grandes » anguilles et 1398 « petites ».

Intensité migratoire

Le graphique suivant représente l'évolution du nombre d'individus capturés dans la passe en fonction du temps. En parallèle on observe également l'évolution de la température de l'eau, des coefficients de marée et de l'ouverture des vannes du barrages. Le nombre d'individus capturés a été ramené à l'effort fourni c'est-à-dire au nombre de nuit de piégeage : Si 40 000 individus sont capturés le jour n mais que le dernier relevé date du jour n-2 alors sur le graphique apparaîtra 20 000 individus capturés le jour n.

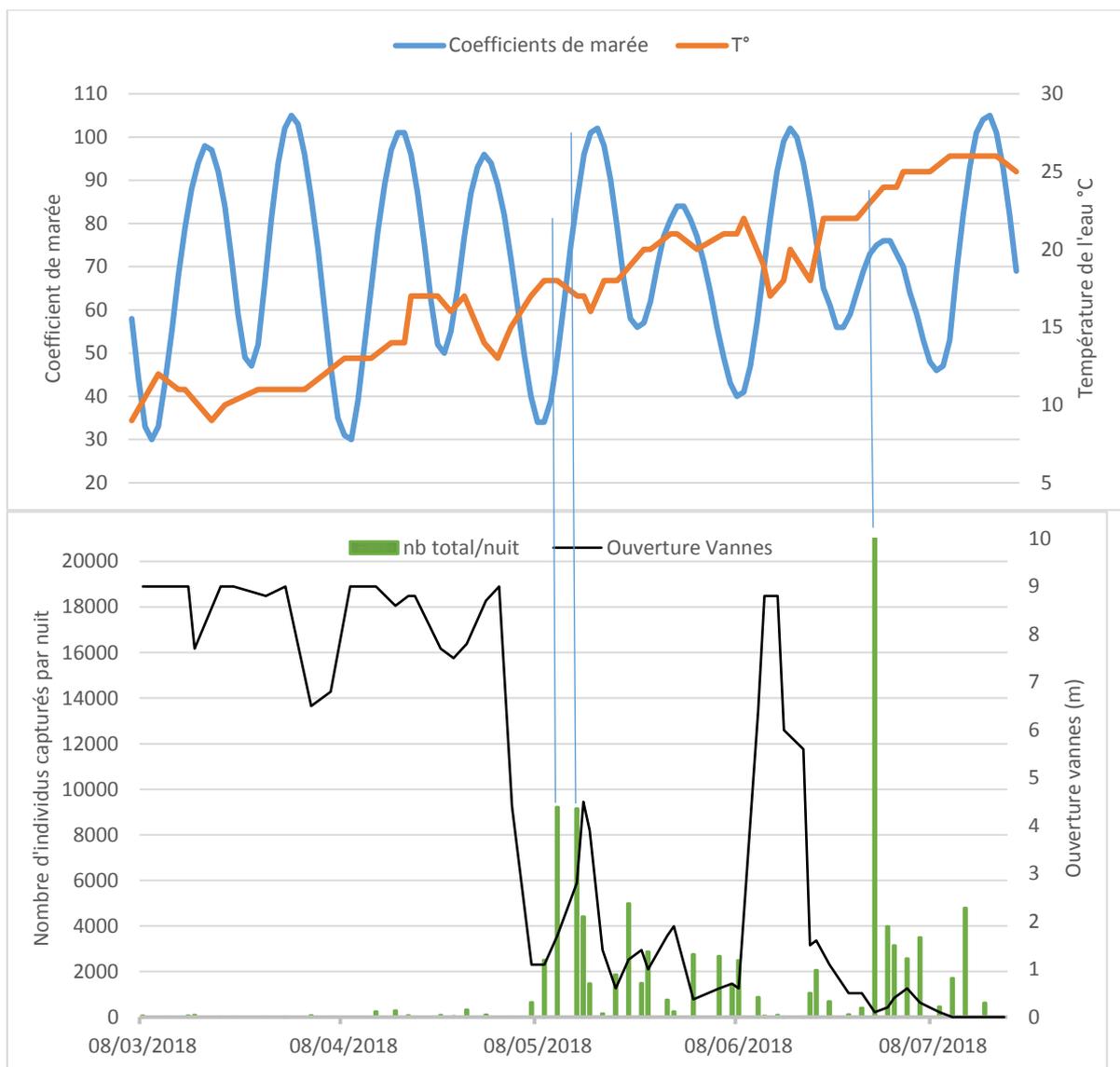


Figure 18 Graphique de l'intensité migratoire pour les Enfreneaux en 2018

On remarque graphiquement que cette année il y a eu deux pics de migration. Le premier du 11 au 14 mai et le second, de plus grande intensité, le 29 juin. Sur ce graphique, il semble y avoir une relation entre ouverture des vannes et nombres d'individus.

Nous allons maintenant vérifier statistiquement si ces intensités migratoires sont modulées par la température de l'eau, les coefficients de marée et/ou l'ouverture des vannes du barrage.

Influence de la température

Pour le test de corrélation, on utilise les coefficients de Spearman qui permettent de mettre en évidence des relations non-linéaires ce qui est ici le cas.

Test de corrélation Température de l'eau ~ Nombre d'individus capturés par jour

SPEARMAN P-value 0.4375*10⁻⁵ Rho 0.6113964

Le test est donc ici significatif à 5% et nous observons une forte corrélation positive entre les deux variables. La température de l'eau et le nombre d'individus capturés par jour n'évolue donc pas de manière indépendante.

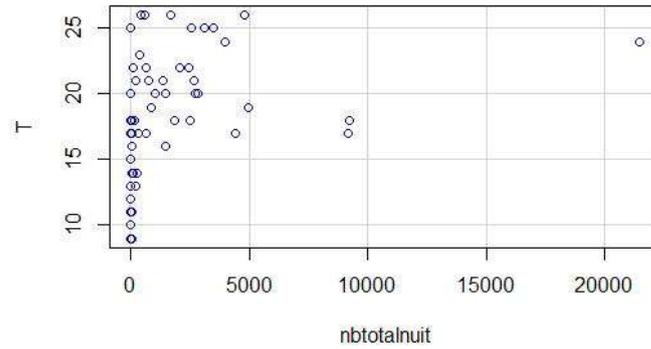


Figure 19 Relation entre la température de l'eau et le nombre d'individus migrants par nuit

Influence du coefficient de marée

Ici nous utilisons également les coefficients de corrélation de Spearman.

Test de corrélation Coefficient de marée ~ Nombre d'individus capturés par jour

SPEARMAN P-value 0.2829 Rho -0.1433782

On remarque que les résultats ne sont pas significatifs. Il semblerait donc que les coefficients de marée et l'effectif puissent évoluer indépendamment.

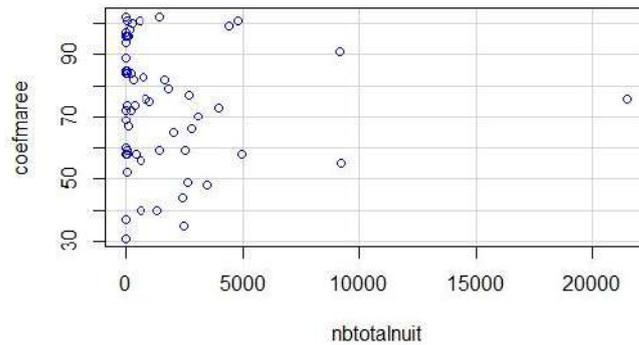


Figure 20 Relation entre les coefficients de marée et le nombre d'individus migrants par nuit

Influence de l'ouverture des vannes du barrage

Test de corrélation Ouverture des vannes du barrage ~ Nombre d'individus capturés par jour

SPEARMAN P-value 0.1475*10⁻⁸ Rho -0.6945354

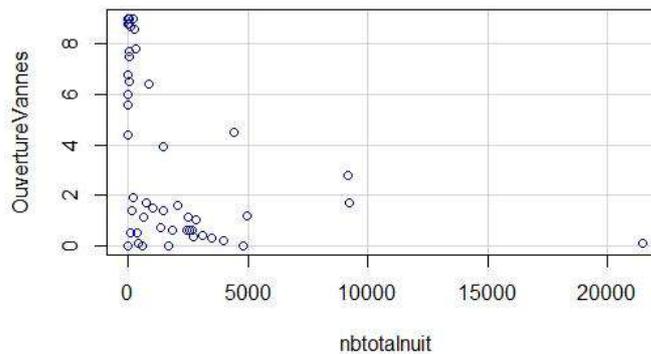


Figure 21 Relation entre l'ouverture des vannes et le nombre d'individus migrants par nuit

On remarque que la migration des civelles est fortement anti-corrélé avec l'ouverture des trois vannes du barrage des Enfreneaux. Il a été choisi ici de prendre la somme de l'ouverture des trois vannes qui peuvent chacune s'ouvrir au maximum de 3 mètres soit 9 mètres d'ouverture si les trois sont ouvertes au maximum en même temps. Ensuite, cette somme a été moyennée sur la journée car les vannes sont ajustées automatiquement plusieurs fois par heure.

Rythme de migration

Afin d'analyser le rythme de migration annuel, les pourcentages des effectifs sont cumulés tout au long du suivi. Le but étant par la suite de noter à quelle date les effectifs ont atteint 5% du total ce qui marque le début de la migration. Puis il faut ensuite repérer la date correspondant à 50% des effectifs. Des comparaisons interannuelles permettront par la suite de voir si la migration se décale dans le temps. Cet indicateur de suivi de passe à anguille a été mis en place en 2012 par M. ROUL.

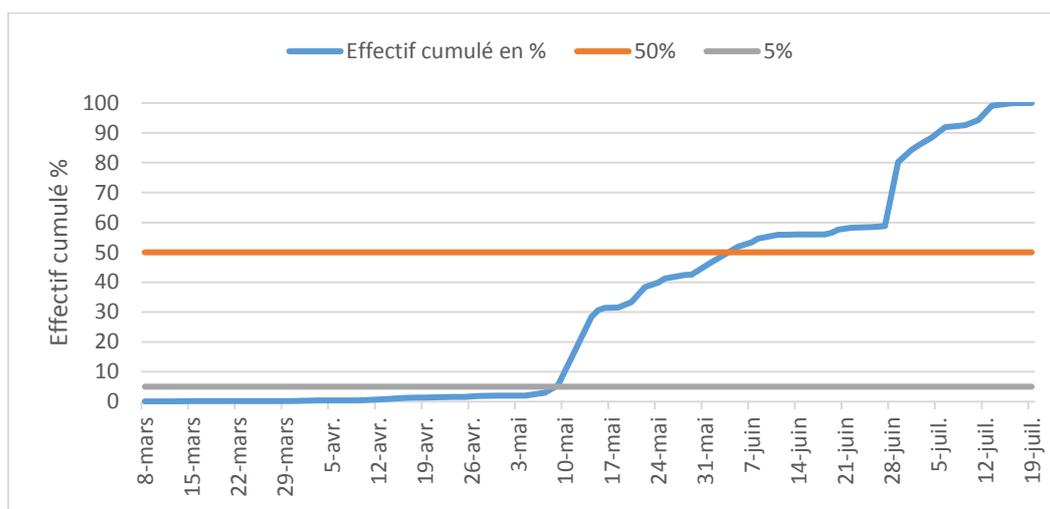


Figure 22 Rythme de migration pour le barrage des Enfreneaux 2018

Les 5% de l'effectif sont atteints le 9 mai et les 50% le 6 juin.

1 ^{er} pic du 11/05 au 14/05	24,75 % de l'effectif total
2 ^{ème} pic du 27/06 au 29/06	23,2 % de l'effectif total

Les deux pics de migration de cette année représentent donc 47,95 % de l'effectif total capturé sur seulement 5,22% du total de la période de suivi.

Evolution de la taille des civelles

Ici on utilise les mesures de taille de civelle en fonction de la semaine de relevé selon le calendrier de semaine standard d'une année (cf Annexes 1).

On veut observer la relation entre ces deux variables, on utilise ici le coefficient de Pearson.

Test de corrélation Taille des civelles ~ Semaine

PEARSON	P-value < 2.2*10 ⁻¹⁶	Cor -0.3616662
---------	---------------------------------	----------------

On observe bien une corrélation moyenne négative entre la taille des civelles et les semaines de suivis.

BARTLETT	P-value 6.424*10 ⁻¹⁴
----------	---------------------------------

D'après ce test de Bartlett, il y a bien des différences de variances entre les échantillons, un test de Tukey va pouvoir nous indiquer lesquels.

TUKEY													
Semaines	11	13	15	16	17	20	21	22	23	24	25	26	27
Groupes	c	c	c	c	c	b	a	ab	ab	b	ab	a	ab

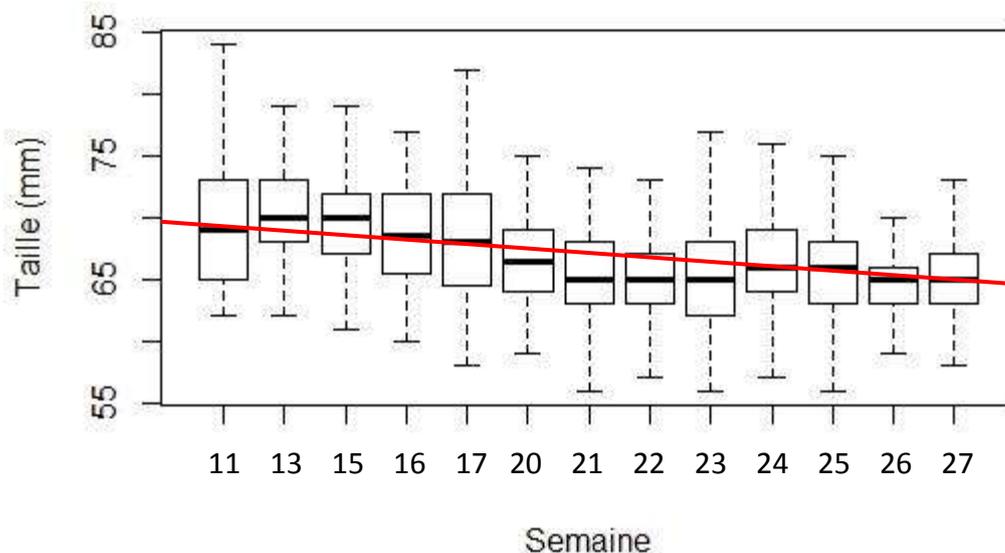


Figure 23 Corrélation entre la taille des civelles et les semaines Enfreneaux 2018

La figure 22 nous permet de comprendre quelles sont les classes de tailles qui changent majoritairement au fil des semaines. On remarque l'accroissement de la proportion de la classe 60 et la diminution de la classe 70. Pour exemple, la classe de taille 50 inclue toutes les civelles appartenant à l'ensemble [50mm-55mm].

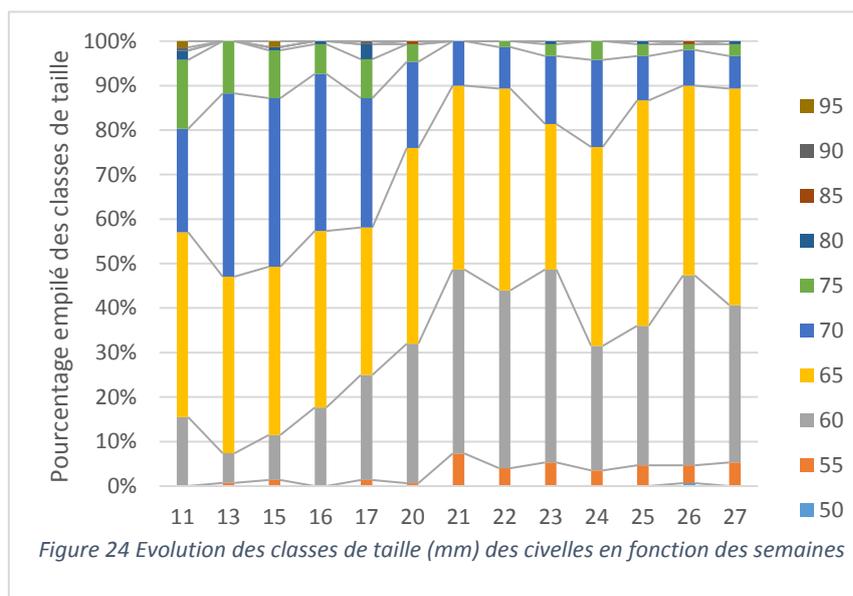


Figure 24 Evolution des classes de taille (mm) des civelles en fonction des semaines

III. B/ Cinq Abbés

Le barrage des Cinq Abbés se situe à la limite nord de l'estuaire de la Sèvre Niortaise, il marque l'entrée du canal éponyme et est donc également un barrage estuarien. Il est équipé, comme celui des Enfreneaux de portes à flots ainsi que de vannes automatisées. Le gestionnaire est le Syndicat mixte Vendée-Sèvre-Autises. Il a été équipé d'une passe à anguille en 1996.

Bilan

Contrairement à la passe des Enfreneaux, celle des Cinq Abbés a connu plusieurs interruptions dans son fonctionnement de piégeage soit à cause de problèmes techniques comme un envasement trop important pour assurer la survie des individus piégés soit par manque de moyen humain pour assurer le suivi. La passe a été suivie pendant 97 jours au total dont 73 jours de piégeage.

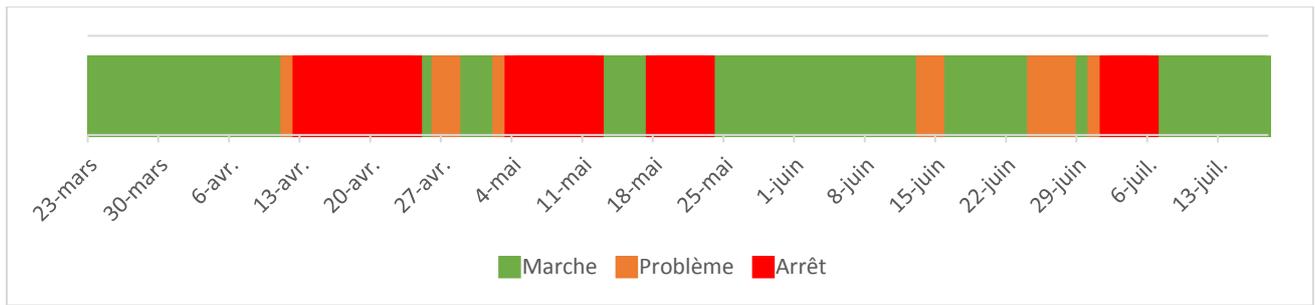


Figure 25 Calendrier de relevé de la passe du barrage des Cinq Abbés en 2018

Effectif total	Poids total (kg)	Jours de piégeage	Températures min-max	Coefficient de marée min-max	Grandes >150mm		Petites <150mm	
					Nombre	Poids (kg)	Nombre	Poids (kg)
81 246	70,611	73	9°C-26°C	29-105	9 150	50,446	72 096	20,165

Figure 26 Tableau bilan du suivi 2018 de la passe à anguille des Cinq Abbés

Ici la passe assure également une bonne continuité écologique avec près de **1113 individus qui ont franchi la passe par jour** de suivi dont environ 125 « grandes » anguilles et 988 « petites ».

Intensité migratoire

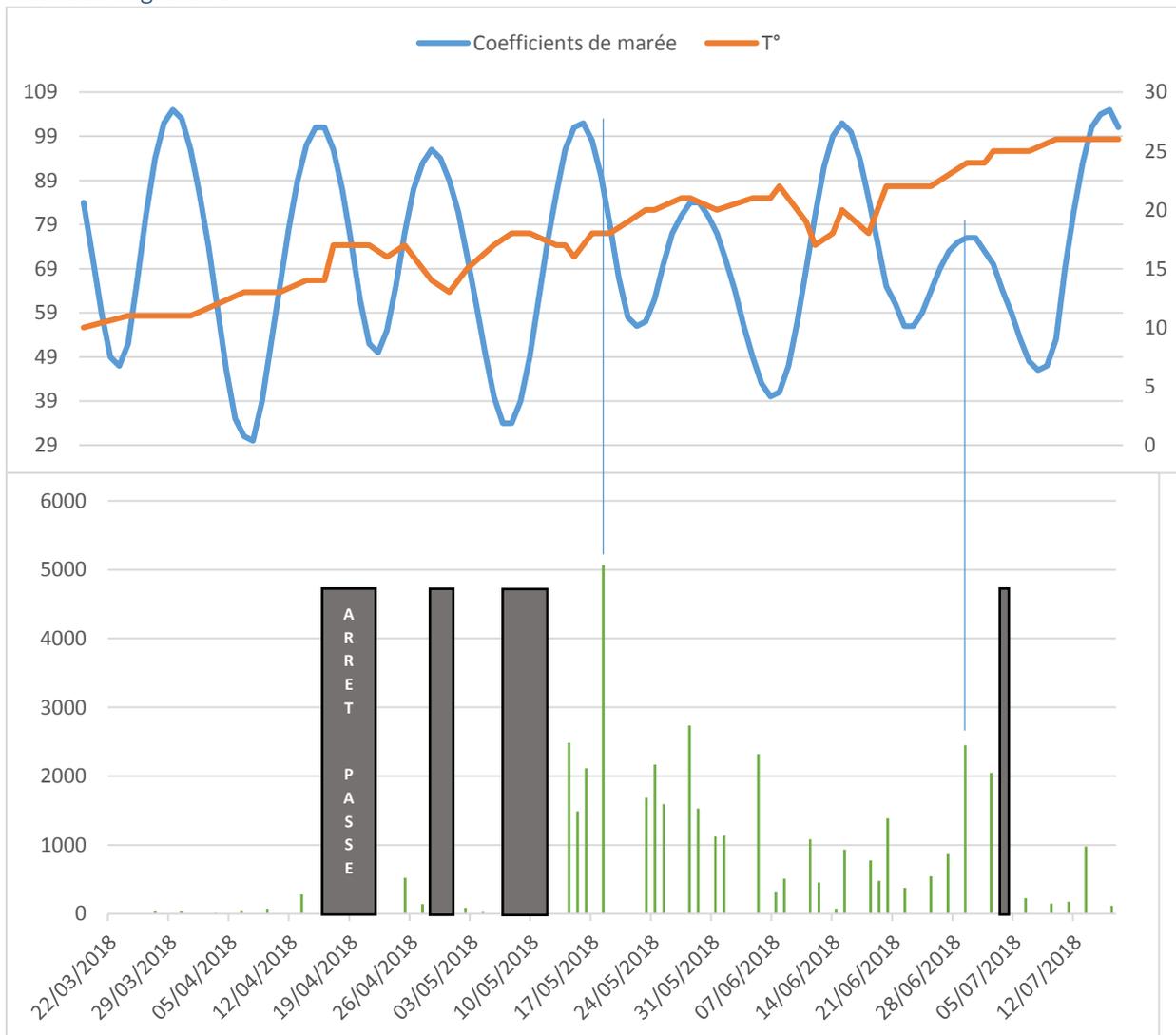


Figure 27 Intensité migratoire des Cinq Abbés en 2018 en fonction de deux facteurs

On remarque graphiquement que pour cette passe il y a un seul pic principal le 18 mai. D'autres pics plus petits sont à signaler après ce pic principal. Il est à noter que les problèmes techniques rencontrés peuvent avoir une incidence sur l'analyse en effet en l'absence de relevé nous avons pu manquer des données.

Il n'a pas été possible de réaliser l'analyse entre l'effectif et les ouvertures des vannes pour ce barrage car le gestionnaire n'a pas pu fournir les données nécessaires.

Influence de la température

Test de corrélation Température de l'eau ~ Nombre d'individus capturés par jour

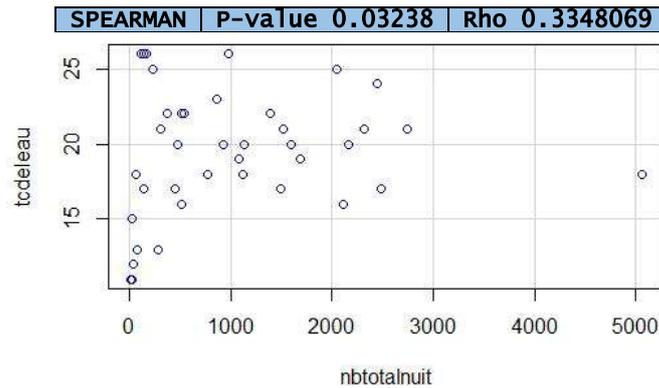


Figure 28 Relation entre la température de l'eau et le nombre d'individus migrants par nuit

Comme pour les Enfreneaux, il y a une corrélation positive entre la température de l'eau et le nombre d'anguille migrante. Cette fois-ci cette corrélation est moyenne certainement à cause de manque de données dû aux arrêts forcés de piégeage.

Influence des coefficients de marée

Test de corrélation Coefficient de marée ~ Nombre d'individus capturés par jour

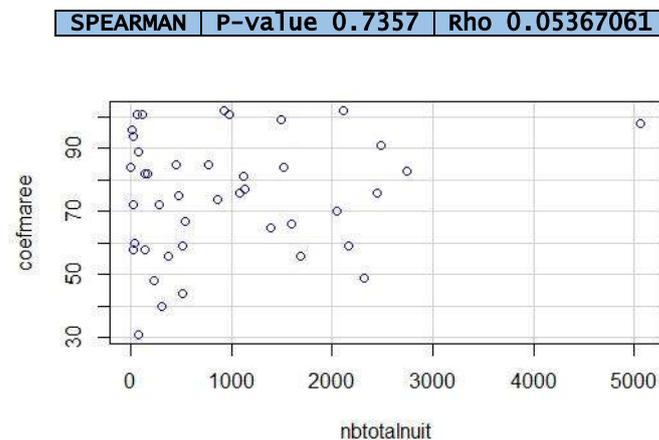


Figure 29 Relation entre les coefficients de marée et le nombre d'individus migrants par nuit

Ici aussi il n'y a pas de corrélation significative entre les coefficients de marée et le nombre d'anguille migrantes.

Rythme de migration

Cette année 2018, 5% de l'effectif total annuel a traversé la passe le 14 mai et 50% l'ont traversé le 31 mai, c'est deux dates sont très rapprochées.

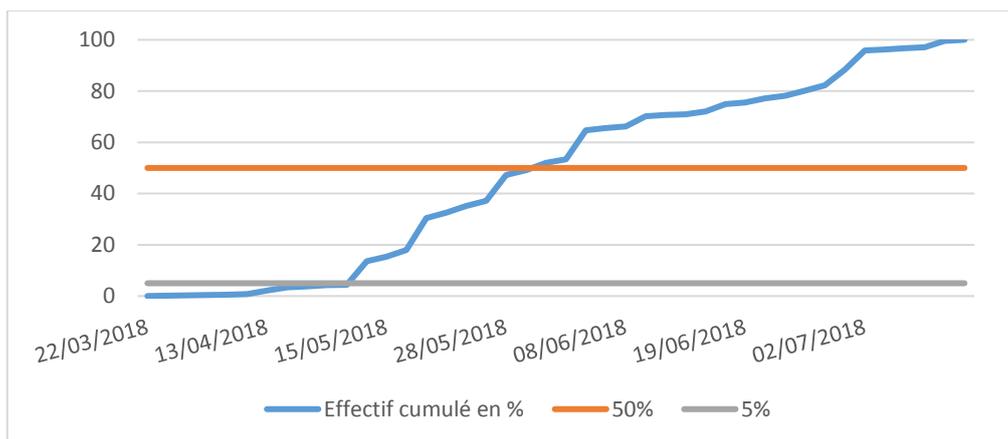


Figure 30 Rythme de migration pour les Cinq Abbés en 2018

Sur cette passe un pic principal de migration est observé le 18 mai qui représente 12,47% de l'effectif total. Les pics secondaires du 14 mai, 5 juin et du 29 juin au 2 juillet représente à eux 34,18 % de l'effectif total. Ainsi, 46,65 % de l'effectif total a migré sur 17,80 % du temps de suivi total. La migration semble moins spontanée et plus répartie de manière égale sur la durée du suivi par opposition aux Enfreneaux.

III. C/ Bazoin-Mignon

Le barrage de Bazoin-Mignon se situe à l'entrée du canal du Mignon qui se jette en ce point dans la Sèvre Niortaise. Il est géré par l'IIBSN comme celui des Enfreneaux mais ne comporte pas de porte à flot puisqu'il n'y a plus d'influence de la marée en ce point-là. Il est jouté à une écluse et il a été équipé d'une passe à anguille en 1996. Il s'agit donc ici d'une fluviale et non estuarienne.

Malheureusement cette année le suivi n'a pu durer que 12 jours au total en raison d'un changement de l'armoire électrique de la passe puis d'une panne que le gestionnaire n'a pas pu résoudre à temps. Le peu de résultats obtenus ne sont pas représentatif et même statistiquement significatif, ils ne seront donc pas présentés dans ce rapport.

IV/ Comparaison avec les années précédentes

Le Parc Naturel Régional du Marais poitevin dispose de données sur la migration anadrome de l'Anguille européenne depuis 1984 pour le barrage des Enfreneaux et 1996 pour le barrage des Cinq Abbés. Dans un objectif de significativité et d'homogénéité des protocoles utilisés pendant ces suivis, seules les données d'à partir l'an 2000 font l'objet de tests statistiques pour les Enfreneaux et à partir de 2001 pour les Cinq Abbés. Des tests de corrélations sont réalisés dans cette partie.

IV.A/ Influence des facteurs abiotiques sur l'intensité migratoire

Cette partie synthétise dans deux tableaux les résultats de suivis réalisés par le PNR du Marais poitevin au barrage des Enfreneaux et/ou au barrage des Cinq Abbés depuis 2010. On y observe l'empilement des influences supposées des facteurs extérieurs et les résultats par année.

Tableau 1 Actions supposées de certains facteurs environnementaux sur la migration anadrome de l'anguille en zone estuariennes

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Température de l'eau (°C)	Lié	Lié	Non lié	Lié	Non lié	Lié	Lié	Lié	Lié
Coefficient de marée	Non lié	Lié	Lié	Lié	Non lié				
Débit / Ouverture des vannes	X	X	Lié	X	X	X	X	X	Lié

Tableau 2 Synthèse des résultats de l'évolution de la taille des civelles sur la passe du barrage des Enfreneaux depuis 2010. Flèche vers le haut = augmentation de la taille au fil de la saison ; flèche vers le bas = diminution ; N.S. = résultats non significatifs.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Evolution de la taille des civelles	X	X	N.S.	↓	X	↑	↓	↑	↓

Des résultats obtenus une année ne sont pas forcément la norme les autres années. Il est également possible que le manque de données ou un mauvais échantillonnage est une influence sur la significativité des résultats de certaines années. C'est donc l'empilement des données de suivi et un appui sur la bibliographie déjà existante qui permet de conclure.

IV.B/ Comparaison de l'intensité migratoire

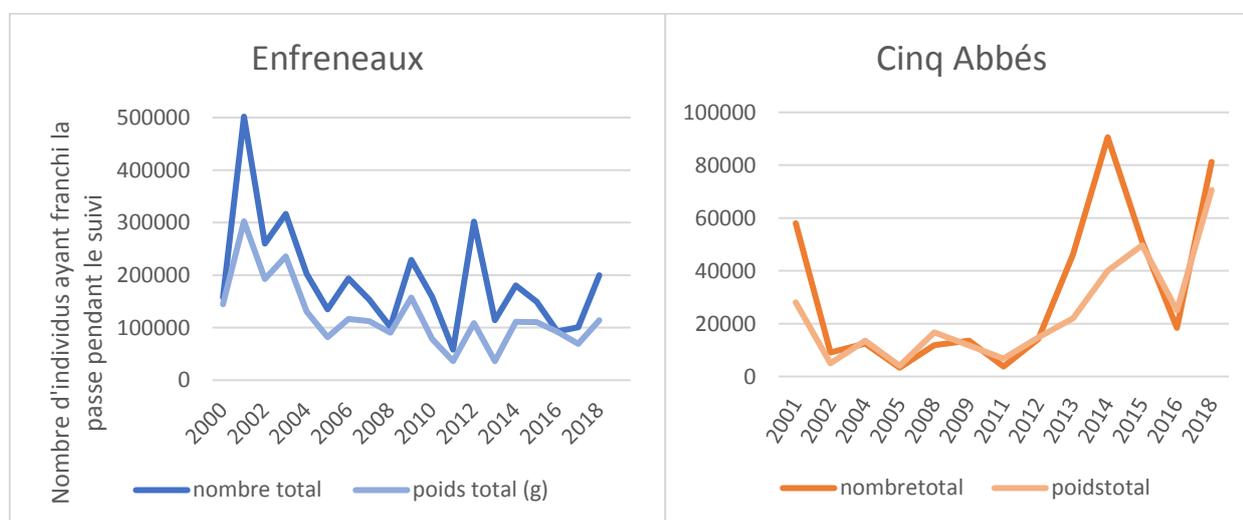


Figure 31 Intensité migratoire aux Enfreneaux à gauche et aux Cinq Abbés à droite de 2000 à 2018

Concernant l'analyse statistique des données des Cinq Abbés, il n'y a aucune significativité dans leur évolution depuis 2001, or graphiquement on observe bien une tendance à la hausse depuis 2002. Les données de l'année 2001 ont donc été omises pour les tests de corrélation. Il faut également préciser que contrairement aux Enfreneaux la passe du barrage des Cinq Abbés n'a pas été suivie chaque année depuis 2001.

Test de corrélation Nombre d'individus ayant franchi la passe ~ Année

PEARSON	P-value	Cor
Enfreneaux	0.03691	-0.4813955
SPEARMAN	P-value	Rho
Cinq Abbés	0.002369	0.8111888

Depuis les années 2000, le nombre total d'anguille en migration anadrome diminue fortement aux Enfreneaux au vu du coefficient de corrélation. C'est le contraire au barrage des Cinq Abbés avec une forte augmentation de la fréquentation depuis 2002. Il est néanmoins important de comparer cet effectif en fonction de l'effort fourni pour les suivis annuels. Il s'agit donc d'observer la migration journalière, c'est-à-dire le nombre moyen d'anguille ayant franchi la passe par jour pour chaque année.

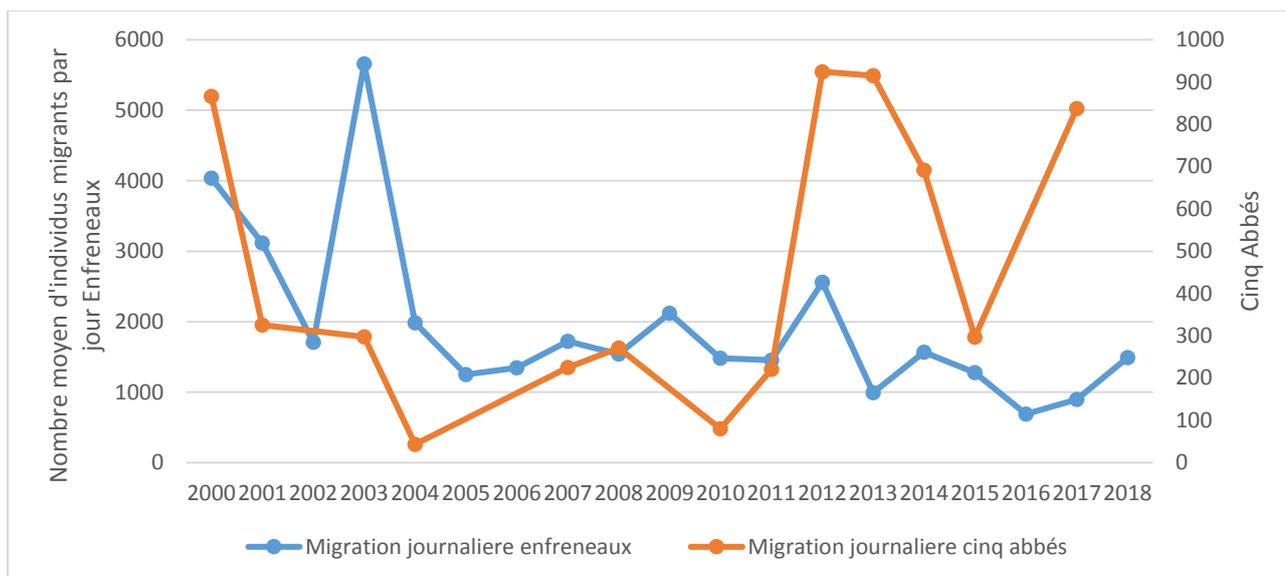


Figure 32 Evolution de la migration journalière aux Enfreneaux et aux Cinq Abbés

Test de corrélation Migration journalière ~ Année

PEARSON	P-value	Cor
Enfreneaux	0.005532	-0.6101687
SPEARMAN	P-value	Rho
Cinq Abbés	0.04344	0.5900155

On observe que la migration journalière diminue encore plus fortement depuis les années 2000 pour le barrage des Enfreneaux. En 2018, sa passe à anguille a vu en moyenne près de 3 fois moins d'anguille passer par jour par rapport à l'an 2000.

On remarque également que depuis l'année 2002, il y a de plus en plus d'anguilles remontant le canal des Cinq Abbés au niveau de la passe. Le graphique représentant le poids total et l'effectif total montre de nouveau qu'il s'agit essentiellement d'anguillettes ou d'anguille jaune qui empruntent ce passage et minoritairement des civelles, ce qui confirme les conclusions de la partie III. Il n'y a qu'en 2013 et 2014 qu'il y a eu une remontée exceptionnelle de civelles comme dans toute la France (ONEMA, 2015) qui s'est faite proportionnellement plus ressentir aux Cinq Abbés qu'aux Enfreneaux comme en atteste l'écart plus important entre le poids et l'effectif ; une civelle pesant 0,3 g et une petite anguille jaune plusieurs grammes.

Synthèse

Ainsi, la passe à anguille des Enfreneaux est empruntée par de moins en moins d'anguilles au fil des années alors que la tendance inverse est observée à celle des Cinq Abbés. Il est donc nécessaire de réaliser une analyse englobant les deux passes. Pour cela, la migration journalière des deux passes a été sommée pour chaque année à partir de 2001. On obtient ainsi le nombre d'anguilles recrutées par les deux passes par jour par année.

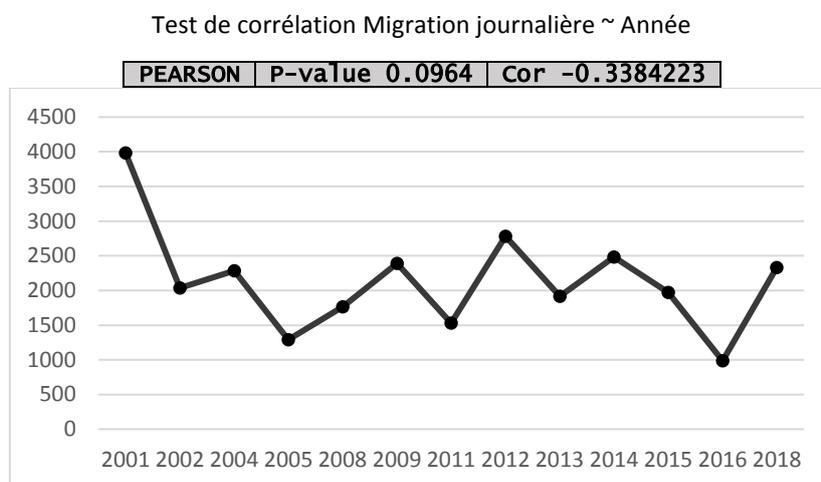


Figure 33 Evolution de la migration journalière depuis 2001 pour l'ensemble Enfreneaux-Cinq Abbés

On remarque que la diminution de la migration journalière n'est pas statistiquement significative à 5%. Néanmoins on peut avancer au risque 10% de se tromper que depuis 2001, l'ensemble barrage des Enfreneaux-Barrage des Cinq Abbés recrute de moins en moins d'individus au fil du temps et cela malgré le sursaut migratoire de 2013. L'augmentation de la fréquentation aux Cinq Abbés semble compenser légèrement la diminution observée aux Enfreneaux.

IV.C/ Comparaison du rythme de migration

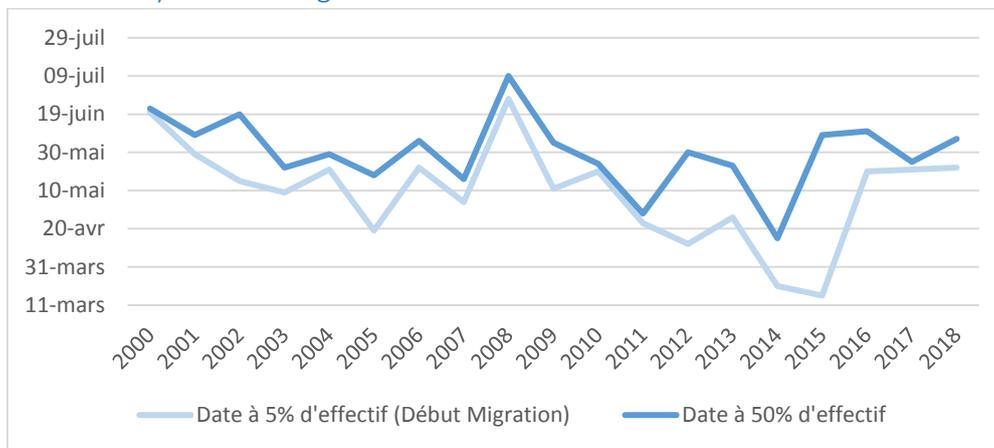


Figure 34 Evolution des indices de migration pour les Enfreneaux

Test de corrélation Date 5% de l'effectif total ~ Année et Date 50% de l'effectif total ~ Année

PEARSON	P-value 0.08758	Cor -0.4024564	PEARSON	P-value 0.2665	Cor -0.2684048
---------	-----------------	----------------	---------	----------------	----------------

Contrairement à ce qui a été écrit dans les rapports des années précédents, il n'y a significativement pas de déplacement de la migration dans le temps. Bien qu'il y ait de forte variabilité interannuelle comme en 2014 et 2015 où la migration a commencé très tôt, au mois de mars, la migration anadrome de l'Anguille européenne semble arrivée au même moment au niveau du barrage des Enfreneaux. Il faut néanmoins noter que la p-value du test de la « Date à 5% d'effectif » est proche de 5%, il faudra donc observer attentivement l'an prochain l'arrivée de la migration sur cette passe car si elle arrive le 10 avril ou avant, alors il y aura significativement au risque 5% de se tromper une avancée de la migration d'année en année depuis 2000.

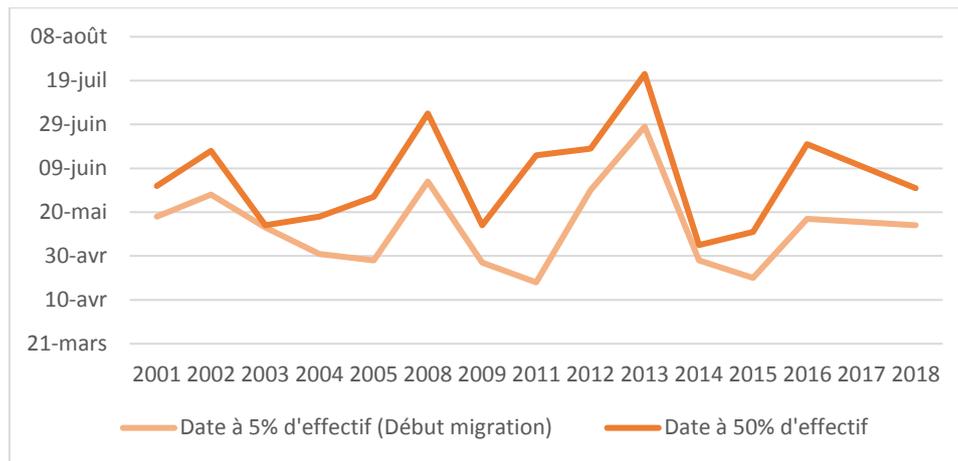


Figure 35 Evolution des indices migratoires pour les Cinq Abbés

Test de corrélation Date 5% d'effectif ~ Année et Date 50% d'effectif ~ Année

SPEARMAN	P-value	0.8627	Rho	-0.05604212	SPEARMAN	P-value	0.9212	Rho	-0.03496503
----------	---------	--------	-----	-------------	----------	---------	--------	-----	-------------

Comme pour le barrage des Enfreneaux, il n'y a statistiquement pas de décalage dans le temps de la migration anadrome de l'anguille au niveau de la passe des Cinq Abbés.

V/ Discussion

V.A/ Méthode

Les deux stations étudiées cette année sont celles qui ont été le plus suivi dans le temps. Elles sont présentes sur l'estuaire du cours d'eau le plus conséquent du Marais poitevin à savoir la Sèvre Niortaise. Néanmoins, il est important de souligner qu'elles ne sont pas un passage obligatoire pour les anguilles qui migrent vers l'amont du marais, il existe en effet d'autres voies d'accès. Il serait très intéressant de poursuivre l'étude, initiée il y a quelques années, des nombreux ouvrages hydrauliques afin de connaître leur capacité à bloquer la migration de l'anguille afin d'obtenir une carte plus précise des zones d'accès possible pour cette espèce.

Autre biais, la présence d'une passe à anguille sur un barrage n'est que 100% efficiente lorsque ledit barrage possède ses vannes fermées. En effet, en cas d'ouverture de vannes il est possible que certains individus utilisent l'ouverture des vannes. Le protocole de suivi utilisé ne permet donc pas de comptabiliser la totalité des individus migrants, il nous informe sur les tendances migratoires et les variations interannuelles.

V.B/ Facteurs environnementaux

L'influence de plusieurs facteurs environnementaux sur l'intensité migratoire a bien été mise en évidence cette année. La relation entre température de l'eau et le flux migratoire est l'un des plus référencé dans la bibliographie. Elle semble agir comme un bloqueur ou un inhibiteur de migration (la valeur seuil changeant selon les auteurs et/ou les sites de suivis) (ELIE et ROCHARD, 1994). Ils évoquent également que le différentiel de températures entre les eaux douces et salées peut conduire à ce blocage s'il est trop important.

Les coefficients de marée, eux, joueraient plutôt un rôle de modulateur en favorisant plus ou moins la migration mais n'est pas déterminant. D'où le fait que la corrélation n'a que rarement été mise en évidence dans le Marais poitevin. Enfin, l'influence du débit en eau douce agirait de la même manière que les coefficients de marée (ELIE et ROCHARD, 1994). Il a été mis en évidence deux fois depuis 2010 sur le site des Enfreneaux. Mais il n'en reste pas moins deux hypothèses concernant l'étude du débit de cette année. La première hypothèse selon laquelle les anguilles empruntent l'ouverture des vannes pour migrer et non la passe aménagée, reste moins probable car la migration se fait majoritairement lors du flot (marée montante) (Gascuel, 1987) et si dans ce cas les vannes peuvent rester grandes ouvertes, ce sont les portes à flot qui se ferment et empêchent donc les anguilles de passer les obligeant à migrer par la passe. La seconde hypothèse serait que la vitesse d'écoulement importante engendrée par ces ouvertures de vannes

empêcherait ces anguilles de petites tailles de remonter le cours d'eau. Cette seconde hypothèse est plus probable car selon Legault (1987) les civelles aux capacités natatoires encore faibles ne peuvent remonter un courant de plus de 0,6 m.s⁻¹, même une anguille adulte ne peut passer un courant de plus de 1,5 m.s⁻¹.

On remarque cette année que conformément à la bibliographie, la taille des civelles diminue avec les semaines. L'hypothèse plus probable serait que les premières civelles à pénétrer dans l'estuaire et à le traverser serait issu de leptocéphales de plus grandes tailles ayant rencontré des conditions plus favorables dans la traversée de l'océan atlantique (Gascuel, 1987). Les années où d'autres évolutions ont été trouvées s'expliquent certainement par un problème d'échantillonnage, où des mesures d'anguillettes ou même de petites anguilles jaunes se seraient glissées au milieu des mesures de civelles.

V.C/ Rythme de migration

La période de migration n'a pas changé en presque 20 années de suivis et cela malgré les fortes variabilités interannuelles. Il est important de vérifier ces dates pour pouvoir anticiper d'éventuelles modifications et bien positionner les suivis annuels dans la saison.

V.D/ Intensité migratoire

Depuis 2001, sur les deux barrages des Enfreneaux et des Cinq Abbés, de moins en moins d'anguille ont tendance à fréquenter les passes par jour. Cette inquiétante diminution doit être analysée avec prudence. En effet, ces deux barrages ne sont pas les seules entrées dans le Marais poitevin, elle doit être mise en parallèle avec les suivis piscicoles réalisés chaque année en de nombreuses stations du marais et avec les rapports de migration catadrome (la dévalaison¹⁰) de l'Anguille européenne réalisés également chaque année. Or ces rapports indiquent plutôt pour l'instant un rajeunissement de la population d'anguille dans le marais ce qui supposerait un bon apport de civelles ces dernières années. En effet, en 2013, il y a eu partout en France une arrivée massive de civelles (Migrateurs Loire, 2018) ce qui peut expliquer ce rajeunissement. Mais il faut souligner le caractère très ponctuel de cet événement plutôt attribué à des conditions océaniques exceptionnelles qu'aux efforts de restauration des Hommes car les années suivantes ont été du même niveau voire pire qu'avant 2013. D'ailleurs l'intensité de ce pic, conséquente pour les années 2000, ne représente en réalité qu'une très faible fraction par rapport aux migrations des années 1970 et 1980.

Il n'y a en tout cas pas d'amélioration significative concernant la migration anadrome malgré les huit années de restauration du Plan de Gestion Anguille et bien que le Parc Naturel du Marais poitevin ait été un pionnier dans le domaine.

Il est très difficile d'extrapoler ces données à l'échelle du Marais poitevin, il serait pour cela nécessaire de suivre beaucoup plus de passes à anguille à chaque saison.

¹⁰ **Dévalaison** : consiste, chez un poisson, à l'action de descendre un cours d'eau, d'aller d'amont en aval, généralement à des fins de reproduction.

Conclusion et perspectives

Favoriser la montaison des civelles est un objectif majeur du Plan de Gestion Anguille. En décrivant la période et l'intensité migratoire de celles-ci dans le Marais poitevin cette étude a permis d'acquérir des connaissances sur les facteurs naturels et anthropiques qui modulent ces dynamiques biologiques tout en facilitant l'accès à l'amont des barrages pour les anguilles.

La gestion de la ressource en eau est au cœur des problématiques du Marais poitevin et malgré les nombreux efforts du Parc Naturel Régional pour aménager une libre circulation de cette espèce migratrice, les résultats des suivis effectués depuis presque 20 ans sont mitigés. En effet, les chiffres du recrutement semblent continuer à décroître sur les deux stations d'étude principales du Marais poitevin (Enfreneaux et Cinq Abbés), bien qu'il soit important de préciser que ces deux voies d'accès au bassin hydrographique ne sont pas les seules.

Cette année 281 300 individus ont franchi les deux barrages étudiés soit moins de 2 100 individus qui ont franchi les deux passes par jour contre plus de 4 000 en 2000.

Le sursaut migratoire de 2013 ne semble donc finalement que spontané et n'annonce pas l'inversion de la courbe de décroissance de la population qui a débuté dans les années 70 contrairement à ce qu'espéraient les pouvoirs publics qui ont à la suite de cette année prolifique permis l'augmentation des quotas de pêche, pour l'UGA Loire, Côtiers Vendéens et Sèvre Niortaise, au détriment de l'objectif de réduction de la mortalité de 60% des anguilles de moins de 12cm à partir de l'année 2015 alors que l'objectif était sur le point d'être atteint (Figure 34, *Migrateurs Loire*, 2018). Si les quotas de pêche sont la seule solution trouvée afin de régler l'exploitation de cette ressource, ils sont en grande partie inefficaces car beaucoup trop élevés par rapport aux prélèvements réels depuis 2013. Scientifiquement, l'aspect le plus discuté de l'exploitation des civelles reste la pratique du repeuplement. En modifiant le sex-ratio, il peut s'avérer en réalité préjudiciable à l'espèce (Krueger & Oliveira, 1999). Et sa pratique engendre un coup financier et humain très important pour des résultats encore discutés.



Figure 36 : Bilan des quotas et des captures de civelle dans l'UGA Loire depuis 2009-2010

Il serait peut-être plus durable de fournir à l'anguille suffisamment d'habitats de qualité et de la laisser les coloniser par ses propres moyens grâce à une continuité écologique de meilleure qualité plutôt que d'acheter des civelles aux pêcheurs de l'estuaire pour repeupler le même bassin hydrographique à des kilomètres de là voire pour repeupler les cours d'eau des autres pays européens. Il y a certainement un besoin pour l'Union Européenne de faire un premier bilan de ces premières années du Plan de Gestion Anguille et de revoir les objectifs initiaux. Il ne faut pas oublier que la seule manière de pérenniser cette espèce est de traiter sa gestion en commun dans l'ensemble de son aire de répartition.

Cela passe bien sur par l'acquisition de plus de connaissances sur cette espèce et ses dynamiques migratoires. Il est donc impératif de poursuivre les suivis annuels afin de vérifier l'efficacité des mesures de restauration de cette espèce qui est en danger critique d'extinction alors qu'un grand nombre d'aspects 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.
- Castelnaud, G. (1978). Etude de la pêche aux filets et aux engins dans l'estuaire de la Gironde. *Thèse de 3^e cycle, institut de Géographie, Université de Bordeaux III*, 191p.
- Clairbaux, M. (2017). Etude du comportement pré-migratoire et de l'échappement des anguilles argentées du lac de Grand-Lieu L'échappement des anguilles argentées du lac : suivi télémétrique et réflexion autour de sa conciliation avec la gestion anthropique du milieu, 84p.
- Deelder, C. L. (1984). Synopsis of biological data on the eel *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758). (Vol. 80).
- DeLeo, G., & Gatto, M. (1995). A size and age-structured model of the European eel (*Anguilla anguilla* L.). *Journal Canadien Des Sciences Halieutiques et Aquatiques*, 1351–1367.
- Duhec, A. et al. (2009). La gestion des ressources d'anguille : enjeu européen et problématiques locales. *Ingénieries n°59-60*, 119-130.
- Durif, C. (2003). La migration d'avalaison de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) : Caractérisation des fractions dévalantes, phénomène de migration et franchissement d'obstacle. Cemagref. Université Paul Sabatier, Toulouse III.
- 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.
- Feunteun, E. (2012). Le rêve de l'anguille, une sentinelle en danger, petite encyclopédie sur un poisson extraordinaire. Ed. Buchet Chastel Ecologie, 266p.
- FranceAgriMer (2014). Etude d'initiatives potentielles pour les acteurs français de la filière européenne de l'anguille. Résumé opérationnel, 15p.
- Gascuel, D. (1987). La civelle d'anguille dans l'estuaire de la Sèvre Niortaise : Biologie, Ecologie, Exploitation. *Publication du département d'halieutique E.N.S.A.R.*, 355p.
- Krueger, W.H. et Oliveira K. (1999). Evidence for environmental sex determination in the American eel, *Anguilla rostrata*. *Environmental Biology of Fishes*, Vol. 55, Issue 4, 381-389.
- 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.
- Lecomte-Finiger, R. (1990). Métamorphose de l'anguille jaune en anguille argentée *Anguilla anguilla* L. et sa migration catadrome. *Année Biologique*. 29(3), 183-194
- Marion, L., & Feunteun, E. (1994). Assessment of Grey Heron predation on fish communities : the case of the largest European colony. *Hydrobiologia*, 327–344.
- McCleave, J.D. 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.
- Migrateurs Loire (2018). Quotas de capture de civelle MAJ le 30 mars 2018. www.migrateurs-loire.fr
- ONEMA (2010). Plan de gestion anguille de la France, Application du règlement R(CE) n°1100/2007 du 18 septembre 2007. Volet national.
- ONEMA (2015). Plan de gestion anguille de la France. Rapport de mise en œuvre- juin 2015. Article 9 du R(CE) n°1100/2007.
- Parc Naturel Régional du Marais poitevin (2013). Charte du Parc Naturel Régional du Marais poitevin, Rapport 2014/2026, 95p.

Annexes

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
			1			1		1			1
			2			2		2			2
1			3	1		3		3	1		3
2			4	2		4		4	2		4
3	1		5	3		5	1	5	3		5
4	2		6	4	1	6	2	6	4		6
5	3	1	7	5	2	7	3	7	5	1	7
6	4	2	8	6	3	8	4	8	6	2	8
7	5	3	9	7	4	9	5	9	7	3	9
8	6	4	10	8	5	10	6	10	8	4	10
9	7	5	11	9	6	11	7	11	9	5	11
10	8	6	12	10	7	12	8	12	10	6	12
11	9	7	13	11	8	13	9	13	11	7	13
12	10	8	14	12	9	14	10	14	12	8	14
13	11	9	15	13	10	15	11	15	13	9	15
14	12	10	16	14	11	16	12	16	14	10	16
15	13	11	17	15	12	17	13	17	15	11	17
16	14	12	18	16	13	18	14	18	16	12	18
17	15	13	19	17	14	19	15	19	17	13	19
18	16	14	20	18	15	20	16	20	18	14	20
19	17	15	21	19	16	21	17	21	19	15	21
20	18	16	22	20	17	22	18	22	20	16	22
21	19	17	23	21	18	23	19	23	21	17	23
22	20	18	24	22	19	24	20	24	22	18	24
23	21	19	25	23	20	25	21	25	23	19	25
24	22	20	26	24	21	26	22	26	24	20	26
25	23	21	27	25	22	27	23	27	25	21	27
26	24	22	28	26	23	28	24	28	26	22	28
27	25	23	29	27	24	29	25	29	27	23	29
28	26	24	30	28	25	30	26	30	28	24	30
29	27	25		29	26		27		29	25	31
30	28	26		30	27	31	28		30	26	
31	29	27		31	28		29		31	27	
	30	28			29		30			28	
	31	29			30		31			29	
		30								30	

Annexe 1: Calendrier des semaines standards (source: PNR Marais Poitevin)

Résumé

Depuis 2010, suite à la raréfaction pendant la seconde moitié du XX^e siècle de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), cette espèce s'est vu inscrire sur la liste rouge UICN en catégorie en danger critique d'extinction. Cette même année, la France propose à l'Union Européenne son Plan de Gestion Anguille suite au règlement européen de 2007 visant à reformer le stock d'Anguille européenne.

Afin d'évaluer l'efficacité des mesures de conservation et de restauration de l'Anguille européenne, ce plan de gestion prévoit la mise en place de suivis par "rivière index" pour chaque unité de gestion anguille (9 unités en France). Ce dispositif est piloté au niveau national par l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB), sous l'appellation "monitoring anguille".

Le Parc Naturel Régional du Marais poitevin est le maître d'ouvrage du suivi du dispositif « rivière index – Sèvre niortaise » au sein de l'unité de gestion Loire, côtiers vendéens et Sèvre niortaise.

L'étude suivante présente l'exploitation des données biotiques et abiotiques obtenues par le piégeage et l'échantillonnage de la population d'anguilles juvéniles (les civelles) effectuant leur migration anadrome dans le marais Poitevin entre 1987 et 2018 au niveau de passe à anguille. Via des analyses quantitatives et divers indices de migration il apparaît que le stock d'anguilles est en diminution depuis 2001. La migration moyenne journalière est passée de près de 4000 individus en 2001 (écart-type 3368-4538) à moins de 2100 en 2018 (écart-type 1987-2754) pour les deux stations étudiées cette dernière année.

Mots Clés : Anguille européenne, *anguilla anguilla*, Parc Naturel Régional, Marais poitevin, civelle, migration, Sèvre Niortaise, monitoring anguille

Abstract

Since 2010, further to the rarefaction during the second part of the XX^e century of the European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), this species has been added to the red list UICN in category in critical danger of extinction. The same year, France proposed to the European Union its Eel Management Plan further to the European regulation of 2007 to re-form the stock of European eel.

To estimate the efficiency of the measures of preservation and restoration of the European Eel, this management plan organize the scientific follow-up by «river index» for every unit of eel management (9 units in France). This plan management is piloted at the national level by the "Agence Française pour le biodiversité" (AFB), under the name of "monitoring eel".

The Regional Natural Park of the Marais Poitevin is the public contracting authority of the follow-up of the device "river index-Sèvre niortaise" within the unit management Loire, côtiers vendéens and Sèvre niortaise.

The following study presents the exploitation of the biotic datas obtained by the trapping and the sampling of the population of young eels (glass eel) making their anadromous migration in the Marais Poitevin between 1987 and 2018 at the level of eel-pass. Via quantitative analyses and diverse indications of migrations it seemed that the stock of eels is in decrease since 2001. The daily average migration passed of about 4000 eels in 2001 (standard error 3368-4538) unless 2100 in 2018 (standard error 1987-2754) concerning studied stations.

Keywords: European Eel, *Anguilla anguilla*, Regional Natural Park, Marais Poitevin, glass eel, migration, Sèvre Niortaise, monitoring eel