Suivi de la migration anadrome de l'anguille dans le Marais poitevin

GAGNAIRE Alison

Master 2 Fonctionnement et Restauration des Milieux Aquatiques Continentaux

Année 2015-2016

Stage encadré par :

DER MIKAELIAN Sophie

Chargée de mission environnement - Milieux aquatiques

PNR Marais poitevin

Résumé

L'étude suivante s'inscrit dans le cadre de la réglementation européenne (2007) et du Plan de Gestion Français de sauvegarde de l'Anguille (2010). Deux passes à anguilles en particulier ont été suivies, et ce depuis leur création : 1984 concernant les Enfreneaux et 1996 pour les Cinq Abbés.

Les résultats de l'année ont permis de déterminer l'évolution de la migration anadrome dans le Marais poitevin et de comparer l'attractivité des passes entre elles, mais aussi d'effectuer une analyse pluriannuelle grâce aux données des années antérieures.

La corrélation avec certains facteurs connus tels que la température et les coefficients de marée a également été testée, tout en gardant en mémoire que d'innombrables influences sont possibles au cours de la montaison.

Mots-clés : Anguille européenne (*Anguilla anguilla*), passe à anguilles, civelles, facteurs abiotiques, barrage estuarien, Marais poitevin

Abstract

The following study is part of European regulations (2007) and the French management plan for the preservation of eels.Two eel ladders were followed here, since their creation : 1984 for les Enfreneaux and 1996 for les Cinq Abbés.

The results of the year have determined the evolution of the anadromous migration in the Marais poitevin and the attractiveness of each eel ladder . Furthermore, a multi-year analysis was conducted thanks to the previous years' data.

The correlation with some known factors such as temperature and tidal coefficients was also tested, while keeping in mind that countless influences are possible during the upstream migration.

Key words : European eel (Anguilla anguilla), eel ladder, elvers, abiotic factors, estuarine dam, Marais poitevin

Remerciements

Mes premiers remerciements vont au Président du Parc, Mr Pierre-Guy PERRIER, et au Directeur général, Mr Boris SALLAUD, pour avoir autoriser mon stage au sein de leur établissement.

Evidemment, je tiens à remercier ma maitre de stage, Sophie DER MIKAELIAN, pour ce sujet passionnant et parfois un peu tortueux que sont les civelles et de m'avoir fait confiance pour le traiter, et pour les relectures de ce rapport. Merci également pour les journées de pêches électriques, ton partage de connaissances sur les poissons, et les visites de passes. Merci tout simplement pour ces quelques mois passés au Parc et pour tout ce que je ne peux pas lister, et merci encore pour les œufs (merci à tes poules!), et la plante qui pousse très, très, très lentement.

Je remercie aussi Clémence, autre stagiaire de Sophie, de m'avoir accompagnée lors de mes relevés et d'avoir mis la main à la pâte (surtout dans la vase en fait) lorsque j'en avais besoin. Merci pour tes moments de joie et de surprise particulièrement mémorables, et pour tes photos superbes !

Merci à Xavier pour sa gentillesse et son aide, merci à Pauline d'avoir partager mon bureau bien vide certaines fois, et merci au personnel de Coulon avec lequel j'ai pu interagir.

Merci à Marjorie, stagiaire à la fédération de pêche de Charente-Maritime, pour les échanges d'infos et les petites discussions agréables.

Merci également au personnel de l'IIBSN que j'ai pu croiser lors de mes relevés pour leur aide et leur bonne humeur, notamment Humberto, Christophe et Ludovic.

Merci pour l'indulgence de toutes les personnes que je n'aurais pas pu citer .

Enfin, un remerciement particulier à mes parents et à ma famille. Merci pour votre soutien (quel qu'il soit) durant ces années d'études parfois un peu longues pour vous.

Sommaire

Remerciements .....

Introduction 1

I. Contexte de l'étude 3

I. A. Biologie de l'Anguille européenne 3

I. B. Le marais et ses différentes facettes 5

I. C. Fonctionnement des passes à anguilles 6

I. C. 1. Principe et fonctionnement 6

I. C. 2. Passes présentes sur le secteur du Marais poitevin 8

II. Matériel et méthode 9

II. A. Réseau de suivi 9

II. A. 1. Passe des Enfreneaux 11

II. A. 2. Passe des Cinq Abbés 12

II. B. Protocole de suivi 13

II. B. 1. Matériel utilisé 13

II. B. 2. Préparation du matériel d'échantillonnage 13

II. B. 3. Prélèvement et tri des anguilles 14

II. B. 4. Entretien du matériel et dysfonctionnements 14

II. B. 5. Relevé des paramètres environnementaux 14

II. C. Historique des suivis 15

II. D. Traitement statistique 16

III. Résultats pour l'année 2016 17

III. A. Enfreneaux 17

III. A. 1. Bilan 17

III. A. 2. Intensité migratoire 18

III. A. 3. Rythme de migration 20

III. A. 4. Distribution des effectifs en fonction de la taille 20
III. A. 5. Proportion des civelles au sein des "petites" (<150mm) 21
III. A. 6. Evolution de la taille des civelles 22
III. B. Cinq Abbés 24
III. B. 1. Bilan 24
III. B. 2. Intensité migratoire 25
III. B. 3. Rythme de migration 26
III. B. 4. Distribution des effectifs en fonction de la taille 27
III. B. 5. Proportion des civelles au sein des "petites" (<150mm) 28
III. C. Comparaison des remontées 2016 entre les Enfreneaux et les Cinq Abbés 29
IV. Comparaison des résultats avec les années antérieures 31
IV. A. Enfreneaux 31
IV. A. 1. Evolution depuis 1984 31
IV. A. 2. Rythme de migration 32
IV. A. 3. Evolution des effectifs en 2014, 2015 et 2016 34
IV. B. Cinq Abbés 40
IV. B. 1. Evolution depuis 1996 40
IV. B. 2. Rythme de migration 41
IV. B. 3. Evolution des effectifs en 2014, 2015 et 2016 42
Conclusion 48
Bibliographie 50
Table des graphiques et illustrations 52
Table des annexes 55

Introduction

Une trentaine d'espèces de poissons évoluent au sein du Marais poitevin dont neuf en particulier sont des espèces migratrices et alternent des périodes de vie marine et dulçaquicole. L'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*), faisant partie de cette dernière catégorie, est le poisson migrateur le plus représenté dans le Marais (Beslot, 2005).

Autrefois très abondante, l'anguille a connu un brusque effondrement de ses effectifs autour des années 80 (Vecchio Y.,2010) qui se poursuit encore aujourd'hui, amenant l'espèce sur la pente raide de l'extinction.

Les causes de cette diminution du stock d'anguilles sont assez nombreuses et quasiment toutes liées à l'anthropisme (PNR Marais poitevin, 2003 & Vecchio Y., 2010). Sont ainsi compris dans ces causes :

- les obstacles à la migration (inaccessibilité de certains cours d'eau, gestion des vannages, retard de croissance...) ;
- les pratiques de la pêche, touchant tous les stades de vie ;
- les problèmes sanitaires tels que l'apparition du parasite *Anguillicola crassus* affaiblissant la résistance de l'animal, les virus... ;
- la mortalité liée au passage dans les turbines ;

Depuis 1981, face aux inquiétudes des pêcheurs devant la diminution progressive des effectifs d'anguilles sur le continent européen, le Parc Naturel Régional du Marais poitevin a entamé des études biologiques et écologiques sur cette espèce (Gascuel & Legault, 1987). Cette dernière étant une espèce emblématique du Marais, le PNR a dû effectuer un certain nombre d'aménagements sur les obstacles à la migration. A la suite de quoi un réseau de surveillance et de suivi de la population a vu le jour en 2001, en partenariat avec tous les acteurs impliqués dans la gestion de l'espèce, tels que les pêcheurs, les scientifiques et les gestionnaires (PNR MP, 2003). Le Réseau Anguille Marais Poitevin (RAMP) permet de travailler à l'échelle locale en étroite collaboration avec les différents partenaires, et c'est dans ce même esprit de collecte des données et de partage d'informations qu'aboutit, en 2010, un plan de gestion au niveau national.

La stratégie du plan de gestion français a pour but la sauvegarde de l'anguille sur le long terme et sur plusieurs axes, visant à agir majoritairement sur les sources anthropiques de mortalité. Ainsi, des mesures sont prévues concernant le braconnage, les obstacles à la continuité écologique des cours d'eau, la pêche légale, les pollutions et les habitats, et le repeuplement (Vecchio, 2010). Afin que ces mesures soient adaptées il est donc nécessaire de mettre en place un suivi régulier, suivi déjà présent sur le territoire du Marais poitevin.

Ce suivi passe notamment par la mise en place de passes à anguilles sur les différents cours d'eau du Marais, mais deux passes en particulier sont intéressantes puisqu'elles permettent le comptage des individus les empruntant, ce sont celles des Enfreneaux et des 5Abbés. A cette époque de l'année et étant donné leur situation géographique au niveau des cours d'eau, elles permettent plutôt un suivi des civelles, principal sujet de cette étude. Autre avantage de ces passes, grâce à l'ajout de données chaque année, un bilan sur plus ou moins long terme peut déjà être effectué.

Le cadre de la présente étude concernant la montaison des anguilles dans le Marais poitevin est abordé dans une première partie tandis que la deuxième présente plutôt les aspects matériels et pratiques. Les résultats sont ensuite interprétés dans une partie suivante avant d'établir une comparaison avec les années antérieures.

I. Contexte de l'étude

I. A. Biologie de l'Anguille européenne

L'Anguille européenne (Anguilla anguilla) est un animal dont le cycle biologique peut se découper en deux phases distinctes lors desquelles elle passe par plusieurs stades. Ce cycle dure en moyenne une vingtaine d'années et constitue l'un des plus longs parmi les espèces piscicoles. Cette espèce est migratrice. Elle vit alternativement en eau douce et en eau salée (espèce amphihaline) et certaines aires sont propres à la reproduction, qui s'effectue en mer, quand d'autres sont propres à la croissance (espèce thalassotoque) (Legault, 1987).

Lors de la phase de reproduction, les œufs sont déposés au sein de la Mer des Sargasses (localisée par Schmidt, 1992) et les larves qui en résultent sont planctoniques, représentant le stade leptocéphale. Ces larves vont ensuite entreprendre la traversée de l'Atlantique, c'est la migration transocéanique, par ailleurs accompagnée de déplacements verticaux calqués sur un rythme nycthéméral leur permettant de remonter en surface la nuit (Legault, 1987).

Leur développement se poursuit ensuite durant leur voyage vers l'Europe aux portes de laquelle elles arrivent de manière assez aléatoire le long des côtes (Hyacinthe, 2009), portées par le courant, et atteignent un nouveau stade avec un aspect plus anguilliforme. Le stade civelle est considéré comme un stade de transition entre la larve leptocéphale et l'anguille à proprement parler (Cantrelle, 1981 via Legault, 1987). A ce moment-là de leur cycle leur progression se fait en nage passive au sein de l'estuaire. Ceci est appelé la "migration portée" des civelles et se rapporte au fait que ces dernières se laissent porter par le courant lors des épisodes de marée montante puis se maintiennent dans la vase lorsque l'eau redescend. Ainsi l'animal progresse pas-à-pas et s'adapte progressivement aux conditions de son milieu (Hyacinthe, 2009). Arrive ensuite l'instant où il devient nécessaire d'adopter un comportement de nage active, leur capacité musculaire se développe pour leur permettre de remonter le courant et ainsi atteindre les barrages estuariens dans le cas présent.

Le passage en eau douce déclenche alors la transformation en anguillette, petite anguille jaune qui n'a pas encore subi le phénomène de différenciation sexuelle. Les anguilles jaunes sont ensuite représentées par des individus s'alimentant et ayant effectué entièrement leur pigmentation jaune-verte au niveau des flancs et du dos. La plupart du temps elles se sédentarisent afin de compléter leur phase de croissance.

Cette dernière se déroule donc majoritairement en domaine continental et sa durée varie selon les sexes, les mâles étant généralement les premiers à arriver à maturation. En revanche il est important de préciser aussi que certains individus ne remontent jamais les cours d'eau mais s'éternisent en zones littorales ou estuariennes (Anonyme, 2003).

Enfin, la dernière phase de développement correspond au passage au stade "anguille argentée", leur corps s'assombrit sur le dessus tandis que le ventre blanchit. En théorie seules les anguilles argentées sont concernées par la dévalaison mais il arrive fréquemment de retrouver des anguilles jaunes, de même que certaines anguilles argentées ne dévalent pas forcément (Durif, 2003).

Le cycle biologique de l'Anguille européenne et ses différentes étapes peut être illustré comme suit (Figure 1).

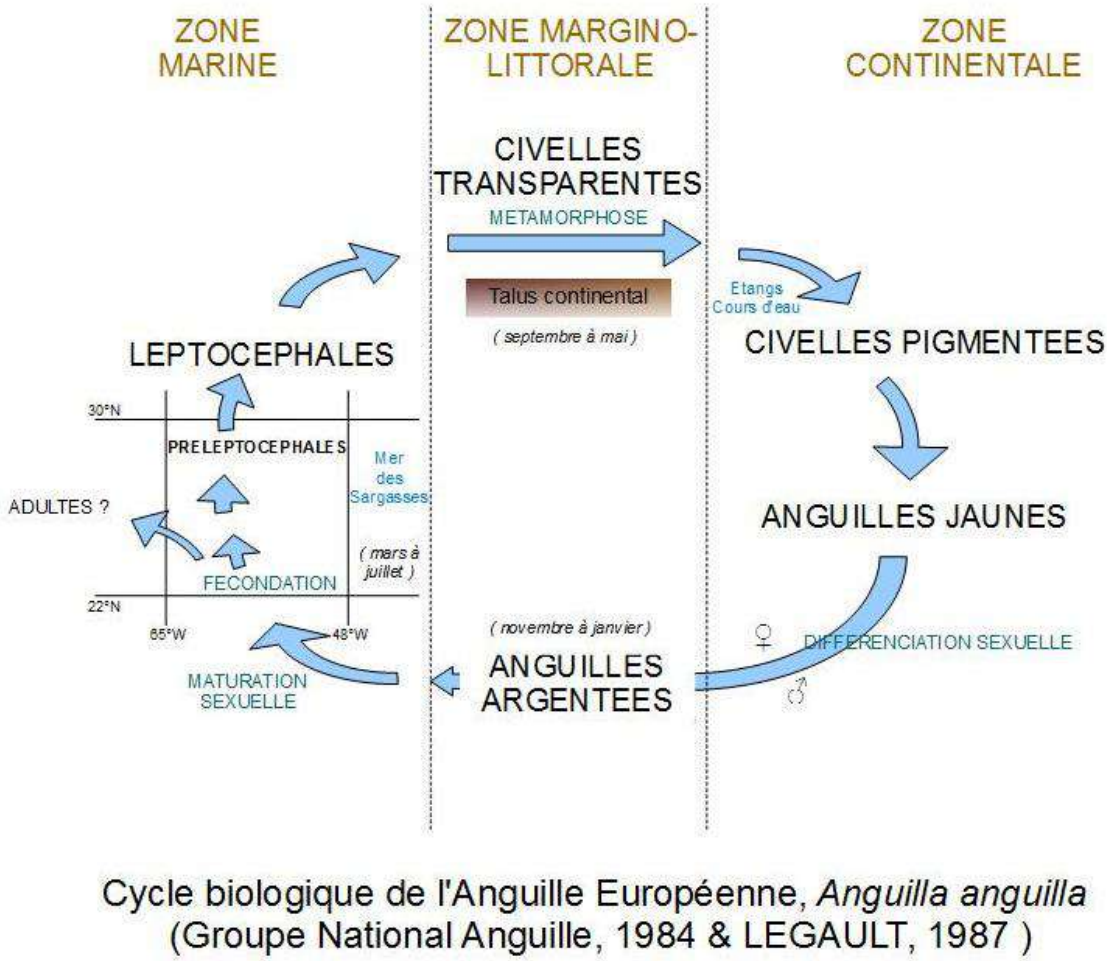


Figure 1 : Schéma du cycle biologique de l'Anguille européenne

I. B. Le marais et ses différentes facettes

Si l'idée d'assécher certaines zones des marais en vue de les cultiver revient aux moines du Xème siècle, la véritable mise en place de marais mouillés/desséchés a été réalisée au XVIème siècle. Deux digues sont alors affectées au marais, l'une permet de retenir les eaux marines, l'autre réduit le risque d'inondation provenant des eaux de pluie ruisselant du bassin versant et contraignant les projets de culture.

Le marais mouillé correspond à la partie inondable (zone amont) et sert en quelque sorte de zone tampon, de protection au marais desséché protégé également contre les marées et les eaux pluviales. Plutôt dédié au pâturage ou à l'exploitation forestière, le marais mouillé peut être inondé une partie de l'année. Le marais desséché est quant à lui plutôt cultivé.

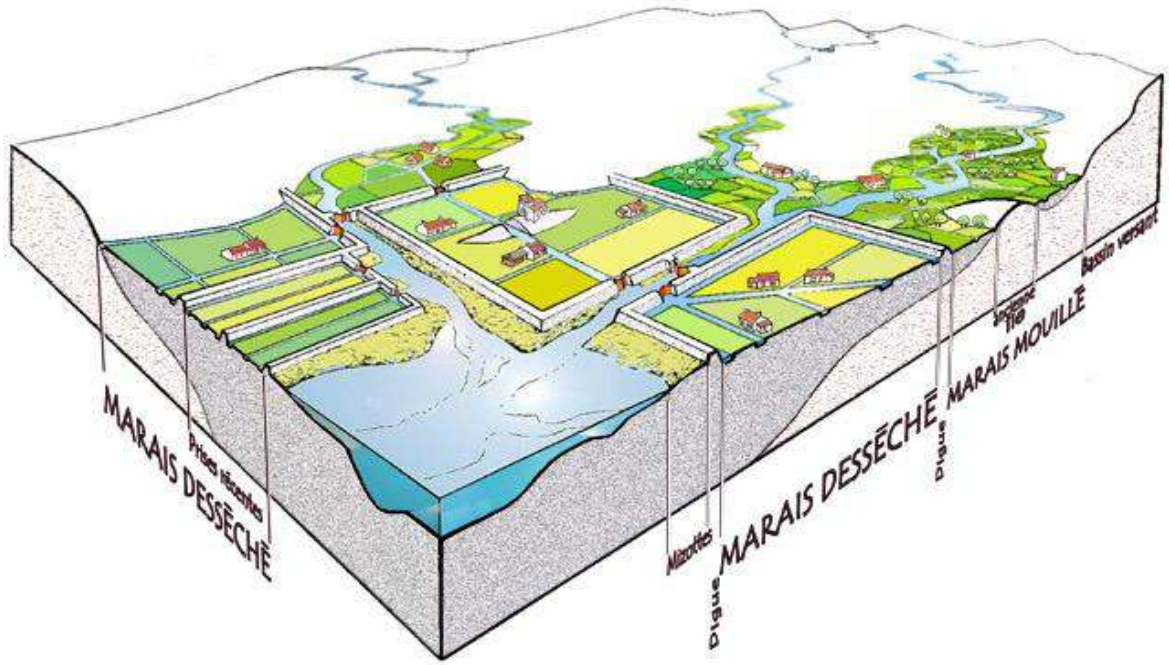


Figure 2 : Schéma de fonctionnement du Marais poitevin (maraispoitevin.evail.free.fr)

La Sèvre niortaise est un fleuve côtier prenant sa source en Deux-Sèvres, passant ensuite par la commune de Niort avant de traverser le Marais poitevin et de se jeter dans l'Atlantique au niveau de la Baie de l'Aiguillon, à 20km environ au Nord de La Rochelle.

Les estuaires constituent des environnements particuliers puisqu'ils sont l'interface entre eau salée et eau douce. La plupart des estuaires en France sont des estuaires ouverts offrant une dilution progressive des eaux de mer au sein de l'eau douce.

Mais parfois, certaines séparations sont plus franches, c'est le cas par exemple sur la Vilaine et la Sèvre niortaise sur lesquelles ont été construits des barrages dans un but premier de protéger les zones agricoles de l'eau salée et d'évacuer l'eau douce. Au delà des impacts créés sur les activités humaines cela génère également des retombées biologiques. Entre autres, les frayères à brochets sont touchées ainsi que le monde aquatique vivant au rythme des marées, les poissons amphihalins sont également privés de leur libre circulation (Elie & Rigaud, 1987).

Les civelles, utilisant le courant des marées pour franchir les estuaires font notamment partie de ces espèces-là, il était donc urgent d'engager des démarches leur permettant de poursuivre leur migration. Le premier moyen envisagé sur la Vilaine (Briand et al., 2008) a été celui d'un transport passif, le franchissement se faisant par des orifices ou des ouvertures temporaires dans les vannes du barrage. Le principal problème de cette technique vient du fait que d'abondantes quantités d'eau de mer doivent transiter vers l'amont, ceci étant parfois exclu. A l'heure actuelle sur la Sèvre niortaise les barrages à Pertuis sont équipés également de portes à flot, se fermant lors de la marée montante. Malgré cela, les périodes possibles de transition pour les civelles sont assez limitées. Dans ces conditions, les passes à poissons constituent le meilleur compromis.

I. C. Fonctionnement des passes à anguilles

Parmi la multiplicité de passes à poissons existantes les passes à anguilles sont des équipements prépondérants sur la Sèvre niortaise, malgré leur caractère monospécifique (une seule espèce concernée).

I. C. 1. Principe et fonctionnement

La conception de ces ouvrages est basée sur deux grands principes (Anonyme, 2003), le premier étant l'instinct des anguilles les incitant à remonter les cours d'eau, et le deuxième représentant leur capacité de progression grâce à la reptation dans très peu de hauteur d'eau ou sur une surface humide.

Lorsque les individus se présentent en petits groupes au pied de l'ouvrage, cherchant à le franchir, un débit d'attrait alimenté par une pompe ou simplement par gravité permet de les guider vers une rampe. Le fond de cette dernière est constitué d'un tapis brosse sur lequel

circule une légère couche d'eau. Les anguilles prennent ainsi appui sur les brosses soit lors de leur progression soit lors de leurs phases de repos, cette ascension leur demandant un effort conséquent. En outre, la longueur et l'angle de la rampe varient en fonction des caractéristiques du barrage.

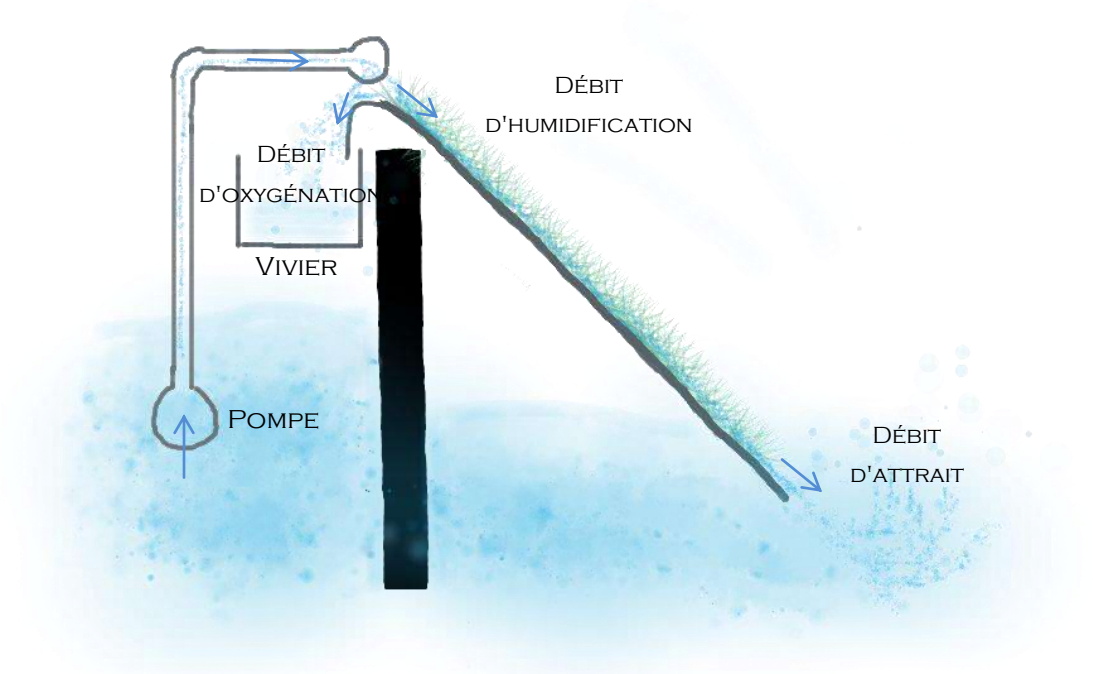


Figure 3 : Schéma de fonctionnement d'une passe à anguilles

Au moment où les civelles ont atteint le sommet de la rampe elles tombent dans un vivier, dans lequel elles peuvent être piégées afin de réaliser un comptage (toutes les passes ne sont pas équipées de système de piègeage).

Les plantes et mousses diverses pouvant se développer sur la rampe constituent des éléments naturels rendant la passe un peu moins factice, non pas un défaut d'entretien, dans la mesure où ils n'entravent pas le transit des individus.

Il faut noter par ailleurs que la prédation aviaire est souvent importante, notamment sur de grands ouvrages, une protection grillagée est donc conseillée (Travade, 2011).

I. C. 2. Passes présentes sur le secteur du Marais poitevin

Le Marais poitevin comporte actuellement deux types de passes à anguilles qui diffèrent de par leur localisation sur le réseau hydraulique. Le suivi des individus est possible seulement sur les passes munies de pièges telles que les passes estuariennes et certaines passes vendéennes établies sur les barrages de la rivière Vendée.

✓ Les passes fluviales

Elles sont réparties sur le réseau hydraulique afin de restaurer la libre circulation des anguilles sur le domaine du Marais poitevin géré par le Parc. Il est ainsi possible d'établir un suivi sur le trajet réalisé par les anguilles, cependant certains ouvrages ne permettent pas un suivi continu du fait de leur mode et de leur période de fonctionnement (ils peuvent être démontés en hiver).

Deux sortes de passes fluviales se démarquent dans le cas présent. Les premières sont les rampes fixes alimentées gravitairement et fixées directement sur les vannes des barrages, elles sont soumises à la gestion hydraulique de ces derniers. Les deuxièmes sont des passes fluviales "autonomes" situées sur les rives et fonctionnant grâce à une pompe, ce qui les rend indépendantes d'un point de vue hydraulique.

✓ Les passes estuariennes

Ces passes-là sont primordiales pour la bonne migration des populations puisqu'elles sont situées sur les premiers obstacles à la remontée des cours d'eau, le suivi des civelles y est essentiel si l'on veut récolter les informations. Malgré cela il reste quelques fuites possibles en terme d'individus comptabilisés du fait que les portes à flot des barrages sont parfois grandes ouvertes lors des remontées des civelles, de même que la Sèvre niortaise n'est pas le seul cours d'eau à être colonisé au niveau de la Baie de l'Aiguillon. Il est donc exclu de considérer les résultats obtenus comme des données exhaustives même s'ils sont de bons indicateurs des tendances au sein du stock d'anguilles et de l'état de colonisation du Marais poitevin.

La première passe de France à avoir été installée fut celle du barrage des Enfreneaux situé à Marans (Charente-Maritime), en 1984 (Hyacinthe, 2009). Depuis, elle fait l'objet d'un suivi régulier principalement en période de migration, c'est-à-dire à peu près entre avril-mai et juillet-août.

En 2003, le Réseau Anguille Marais Poitevin confirme l'influence du facteur température, associé à d'autres facteurs, sur le déclenchement de la remontée des civelles dans l'estuaire de la Sèvre niortaise. En Marais poitevin, il semblerait donc que les anguilles entament leur transit. à partir de 15°C

Par ailleurs, il a également été constaté que les captures les plus abondantes sont obtenues lors des épisodes de fortes marées, les civelles se laissant porter par le flux et les portes à flot restant fermées.

II. Matériel et méthode

Les comptages sont effectués dans le cadre du "réseau de suivi et de surveillance de la population de la Sèvre niortaise et des bassins associés", également appelé "Réseau Anguille Marais Poitevin".

II. A. Réseau de suivi

Le RAMP consiste à collecter des indices sur trois phases de la vie continentale de l'espèce :

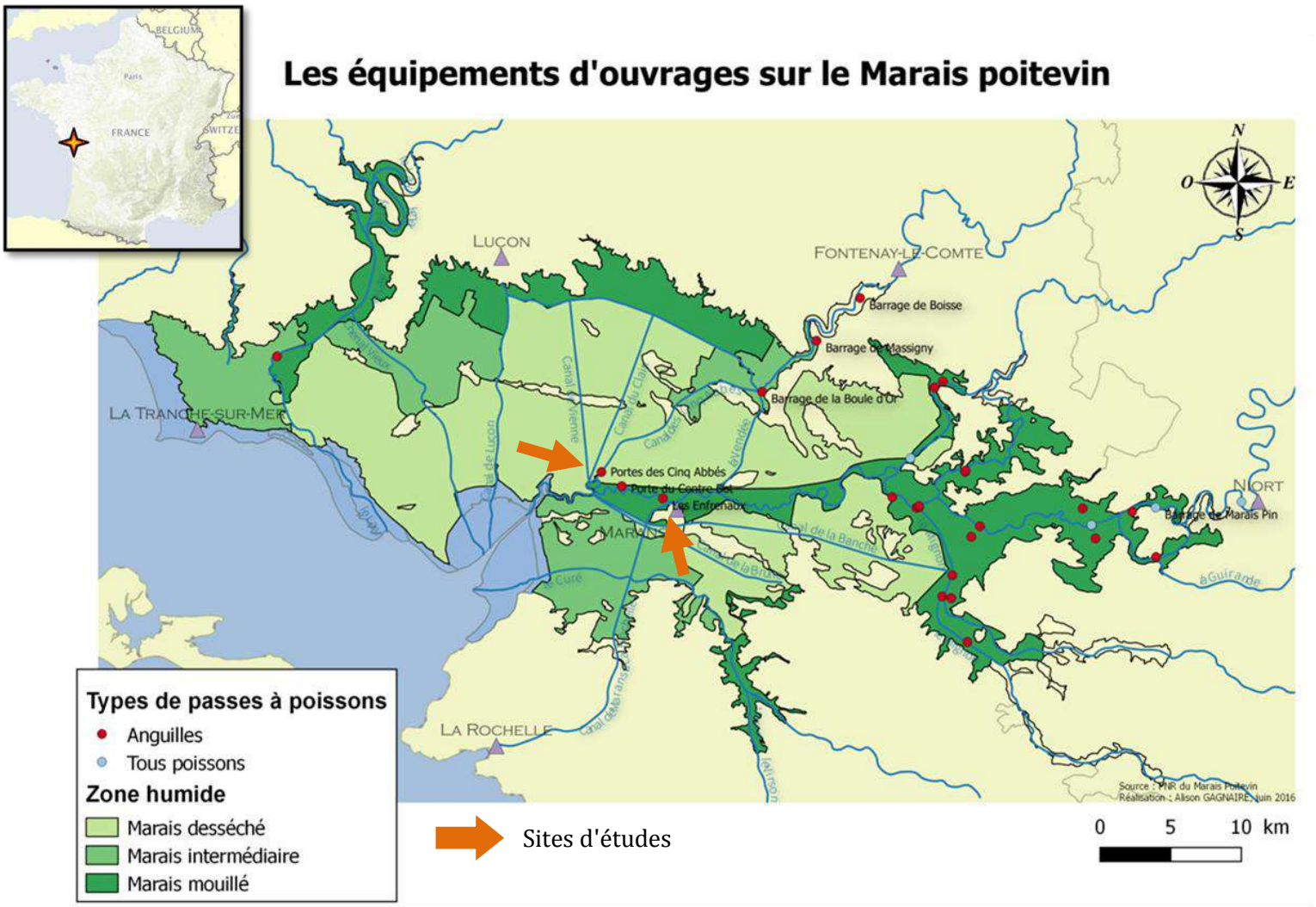
- l'entrée et la répartition des jeunes individus, comprenant les civelles et anguillettes, avec un suivi des passes et de leur efficacité, cette partie étant le sujet de l'étude actuelle ;
- la phase de croissance, concerne l'anguille jaune, par pêche électrique ;
- la phase de dévalaison, sur l'anguille argentée et par opération de piégeage.

Les comptages de civelles ont été effectués sur une période continue sur les deux passes étudiées ici. Le début a été légèrement différé pour la passe des Cinq Abbés, le temps de voir comment évoluait l'arrivée des civelles sur la Sèvre niortaise pour se calquer dessus, et suite à quelques problèmes techniques. Les périodes de suivi ont donc été les suivantes :

- du 17 mars, date de la mise en place du piégeage, jusqu'au 29 juillet concernant les Enfreneaux ;

- du 10 mai, date de la mise en route du piège, jusqu'au 22 juillet pour la passe des Cinq Abbés

Les emplacements de ces deux passes figurent sur la carte ci-après :



La passe des Enfreneaux est située sur la Sèvre niortaise dont l'estuaire est bien plus large que celui du Canal des Cinq Abbés, sur lequel se trouve les Portes des Cinq Abbés et la passe éponyme. Les deux cours d'eau se jettent similairement au sein de la Baie de l'Aiguillon.

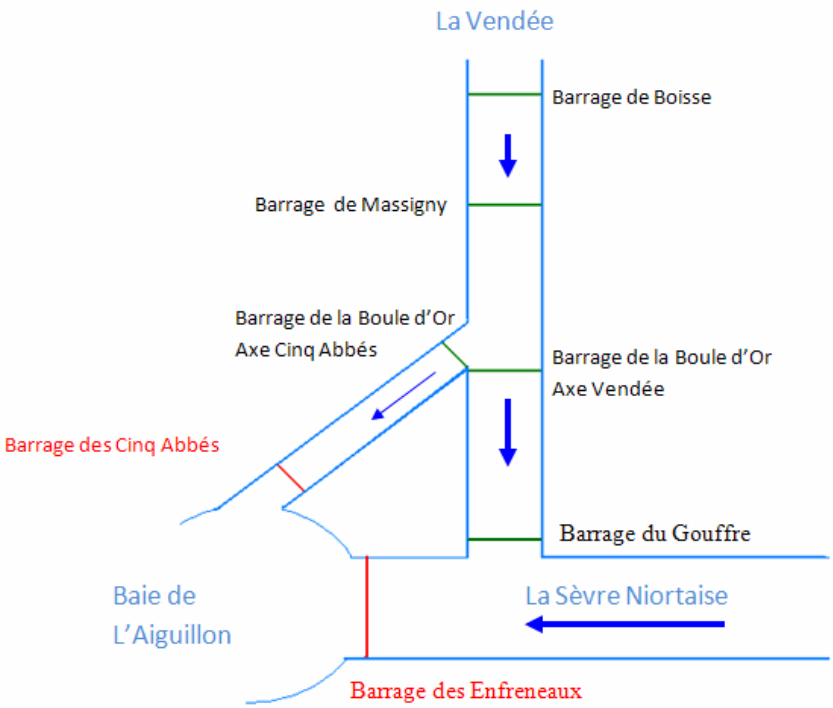


Figure 4 : Schéma simplifié du réseau hydraulique de la Vendée (Hyacinthe, 2009)

II. A. 1. Passe des Enfreneaux

Figure 5 : Vue de l'amont des Enfreneaux (A.Gagnaire)

Figure 6 : Vue de l'aval des Enfreneaux (rampe) (C. Gourdis)

Le barrage des Enfreneaux sur lequel se trouve la passe est géré par l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise (I.I.B.S.N.). Les vannes à ouverture verticale sont commandées tandis que les portes à flot situées en aval se ferment par la force de la marée.

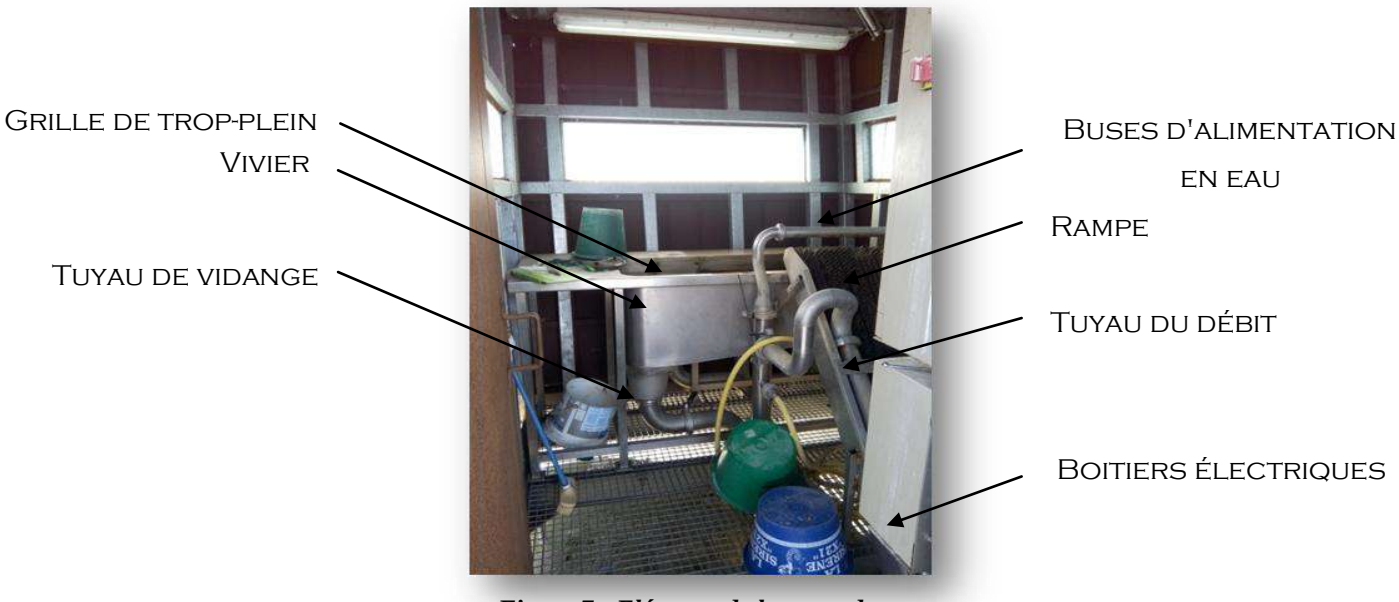


Figure 7 : Eléments de la passe des Enfreneaux (A.Gagnaire)

D'autre part, la rampe extérieure est protégée par un grillage contre la prédation aviaire.

II. A. 2. Passe des Cinq Abbés

La passe des Cinq Abbés, qui apparait sur la photo ci-contre, est positionné au niveau des portes des Cinq Abbés sur le Canal éponyme. La gestion de l'ouverture des portes est réalisée par l'éclusier du Syndicat du Marais du Petit Poitou.

Les anguilles remontant sur le tapis sont également protégées des oiseaux par un grillage.

Figure 8 : Vue en rive droite de la passe des Cinq Abbés (A.Gagnaire)

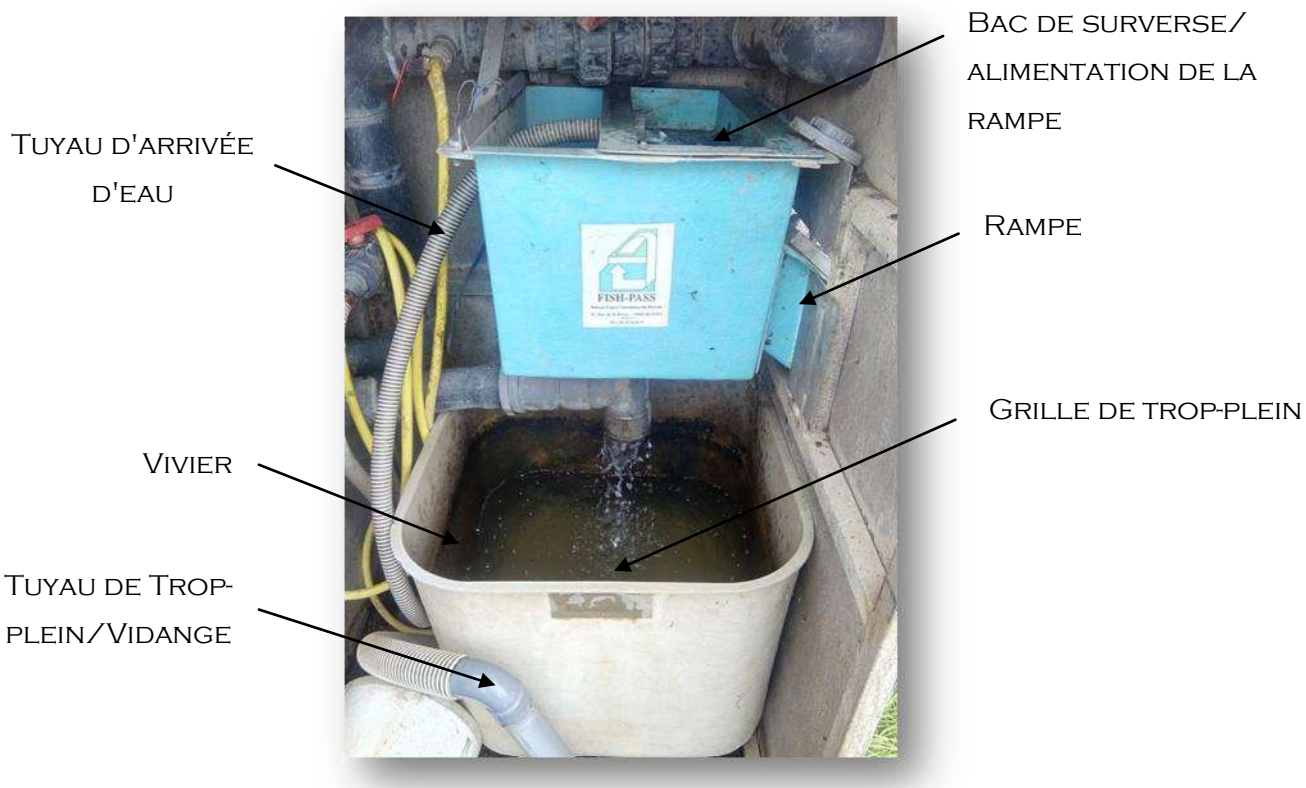


Figure 9 : Eléments de la passe des Cinq Abbés (A.Gagnaire)

II. B. Protocole de suivi

Un suivi régulier de l'arrivée des civelles sur le continent est effectué sur les passes installées au niveau des barrages estuariens du Marais poitevin. Les manipulations sont les mêmes chaque année et les étapes ainsi que le matériel sont décrits ci-après.

II. B. 1. Matériel utilisé

Le suivi n'est possible que si un certain nombre d'accessoires est disponible, l'équipement employé ici est le suivant :

Figure 10 : Matériel utilisé (seaux, trieur et épuisettes) (A. Gagnaire)

- 3 bacs de stockage afin de récolter les individus, les endormir, et les réveiller ensuite ;
- 1 trieur de maille 5mm ;
- Des épuisettes d'aquarium à maille fine ;
- Une balance (Modèle : Balance Milliot Inox SS, portée max : 15kg, précision : 1g)
- Huile essentielle de clou de girofle
- Alcool
- Thermomètre

II. B. 2. Préparation du matériel d'échantillonnage

Pour commencer, le système de pompage est stoppé lorsque le vivier ne comporte pas trop d'individus. La vidange est effectuée à l'aide d'un bouchon associé à une vanne d'ouverture au fond du vivier des Enfreneaux, ou à l'aide du trop plein pour le cas des 5Abbés.

Ensuite, trois bacs de stockage d'environ 15L sont remplis d'eau. Deux d'entre eux accueillent les différentes cohortes tandis que le dernier est utilisé pour la pesée des individus.

Le premier bac sert à récupérer les individus dont la taille est supérieure à 150mm au travers du trieur (mailles de 5mm).

Le deuxième réceptionne les individus passés au travers du trieur : les civelles et anguillettes.

Figure 11 : Trieur de maille 5mm (A.Gagnaire)

II. B. 3. Prélèvement et tri des anguilles

Les anguilles sont récupérées dans les viviers à l'aide d'épuisettes, à la suite de quoi elles sont séparées lors de leur passage au travers du trieur. Le refus de trieur, constitué des "grosses" anguilles (>150mm) est dénombré et pesé puis rejeté au milieu naturel en amont de la passe. Les civelles et anguillettes (<150mm) sont ensuite pesées pour obtenir un poids global, et 150 individus sont pesés ensuite pour calculer le nombre total. Un coup d'épuisette est ensuite effectué parmi ces "petites" anguilles afin d'évaluer la proportion de civelles et d'anguillettes.

Soixante civelles sont alors prélevées pour une mesure biométrique. Elles sont placées dans un bain sédatif constitué d'environ 3 gouttes d'huile essentielle de clou de girofle et 1 cuillère à café d'alcool diluées dans 7 litres d'eau. Chaque individu est ensuite mesuré à l'aide de l'ichtyomètre puis placé dans un bain de réveil (eau claire), et relâché après réveil complet.

II. B. 4. Entretien du matériel et dysfonctionnements

Lors de chaque visite, un nettoyage du vivier est réalisé à l'eau claire et à l'aide d'une brosse. Les buses de diffusion de l'eau peuvent aussi être démontées lorsque la présence de vases ou saletés est constatée, de même lorsqu'il est observé un phénomène d'envasement de la pompe. Chaque dysfonctionnement de la passe est relevé (envasement...) et des observations pouvant aider à l'interprétation des données peuvent également être signalées (particularités climatiques, ouverture des vannes...)

II. B. 5. Relevé des paramètres environnementaux

- ✓ Température

Sur place, la température de l'eau est relevée sur un thermomètre placé à l'intérieur du vivier lors de chaque visite.

- ✓ Coefficients de marée

Les informations de marée sont données par le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) et diffusées sur le site marée.info. Il a été choisi de ne considérer que les coefficients de marée du matin, moment de la journée durant laquelle sont effectués les relevés, sachant que les différences entre les coefficients du matin et de l'après-midi sont moindres. Les données prises en compte sont celle de la station la plus proche qui est celle de La Rochelle - La Pallice.
Par ailleurs ces coefficients sont compris entre 20 et 120, les marées de coefficient supérieur à 70 étant considérés comme des marées de vives-eaux, tandis que celles d'un coefficient inférieur à cette même valeur sont qualifiées de mortes-eaux.

II. C. Historique des suivis

Après sa mise en place en 1984 la passe des Enfreneaux a tout de suite été contrôlée régulièrement, cependant il a fallu un temps d'adaptation pour définir une bonne période de suivi, sachant que ce dernier ne se faisait pas toutes les années. Les relevés ont donc été complétés au fur et à mesure, la température ayant notamment commencé a être relevée en 1994.

Aux Cinq Abbés, les surveillances ont débuté en 1996 (année d'installation du dispositif), les plus complètes étant disponibles à partir de 2001.

En général, le suivi des Cinq Abbés est décalé d'un léger laps de temps par rapport aux Enfreneaux pour la même raison qu'expliqué auparavant (voir paragraphe II. A). Les dates évoluent en fonction de l'arrivée des anguilles aux Enfreneaux.

Depuis les années 2000, les suivis sont effectués chaque année par des stagiaires de manière assez complète et dont les périodes et durées de suivi sont présentées dans le Tableau 1..

Année et opérateur(s) du suivi	Enfreneaux		5 Abbés	
	Dates de suivi	Nombre de nuits de suivi	Dates de suivi	Nombre de nuits de suivi
2001, Marteau & Benay	17 avril/ 31 août	161	30 avril / 6 juillet	67
2002, Brossard	24 avril/ 2 octobre	152	27 mai / 24 juin	28
2003, Cadiou	6 mai / 29 juin	56	7 mai / 14 mai	8
2004, Chapeau	20 avril / 30 juillet	101	20 avril / 4 juin	42
2005, Beslot	22 mars / 11 juillet	108	5 avril / 23 juin	77
2006, Cagnant	2 mai / 19 août	119		
2007, Bris	27 avril / 27 juillet	89		
2008, Cléach	11 mai / 18 juillet	66	23 mai / 18 juillet	53
2009, Hyacinthe	21 avril / 19 août	108	21 avril / 12 juin	50
2010, Guillen & Favrelière	26 mars / 17 juillet	73		
2011, Thomas-Jeannel	8 avril / 1 juillet	40	11 avril / 14 juillet	48
2012, Lechevalier	6 avril / 27 juillet	110	25 mai / 27 juillet	57
2013, Massonneau	12 avril / 2 août	115	12 juin / 2 août	50
2014, Beneteau	11 mars / 30 juillet	115	28 avril / 29 juillet	99
2015, Lavoué	16 mars / 23 juillet	116	13 avril / 3 juillet	74

Tableau 1 : Détails des suivis précédents

Le nombre de nuits de suivi varie selon l'état de la passe et de l'équipement. Si la passe est en arrêt pour une raison d'ordre technique, ou parce qu'il n'est pas possible de laisser les anguilles en piégeage tout un week-end, les nuits sont alors décomptées de la période de suivi.

Globalement, les suivis s'étendent sur un même intervalle de temps hormis certaines années durant lesquelles sont apparus quelques problèmes. En 2011 par exemple, une interruption d'un mois a eu lieu sur les passes suite à un envasement des pompes. Par ailleurs, des effectifs ont parfois disparus suite au braconnage à l'intérieur des viviers.

II. D. Traitement statistique

En ce qui concerne l'analyse des données sur plusieurs années, des tests de tendance de Chessel ont été effectués afin d'exploiter l'attitude des effectifs de montaison à moyen terme ou encore l'évolution des tailles de civelles. Ces dernières ont également subi des tests de Shapiro et Wilk après leur représentation sous forme de boxplots afin de confirmer une différence entre chaque semaine.

L'analyse sur une année entière a donné lieu à des calculs de coefficients de Spearman afin de déterminer les corrélations présentes entre les différents facteurs que représentent le nombre, le poids, la température et les coefficients de marée.

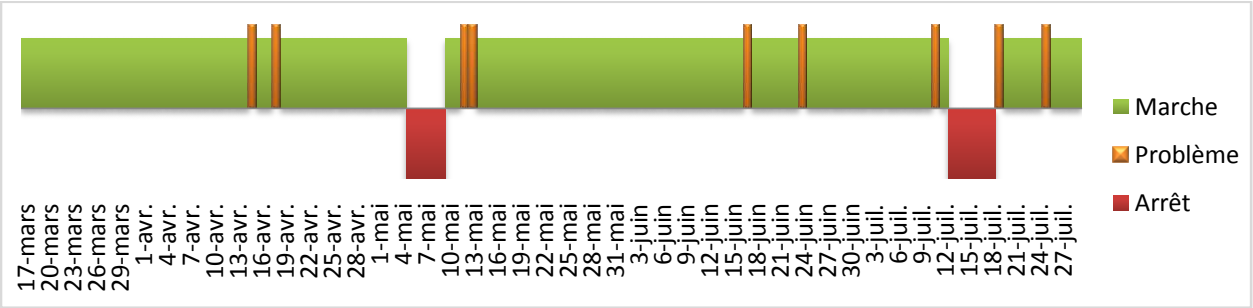
Les détails des tests effectués sous le logiciel de statistique R sont donnés en Annexes.

III. Résultats pour l'année 2016

III. A. Enfreneaux

III. A. 1. Bilan

Le fonctionnement du piégeage continue jusqu'en septembre/octobre en général, mais les chiffres pris en compte dans cette étude s'arrêtent au 29 juillet. La période globale de suivi a duré 135 jours au total avec 124 jours de piégeage. La passe a seulement été stoppée deux fois lors de week-ends prolongés au cours desquels personne n'était disponible pour réealiser le suivi. Une trop longue captivité des poissons n'est pas à envisager par risque de les stresser voire de les tuer



Des pertes ont cependant été recensées suite à certains incidents techniques dus à l'envasement de la pompe et au faible débit d'arrivée d'eau en découlant dans la plupart des cas. Cependant, certaines pertes ont parfois été dues au fait que les civelles remontaient le long du bac et retombaient de l'autre côté, n'engendrant pas la mort des individus mais entrainant l'incapacité de les comptabiliser. Ce phénomène n'a en revanche pas été observé plus de deux ou trois fois.

Les pertes se sont faites essentiellement entre les relevés du 8 et du 11 juillet, alors que les buses d'arrivées d'eau s'étaient bouchées. Ce jour-là environ 30kg d'anguilles mortes ont été retirées du bac, majoritairement des "grosses" (>150mm), soit à peu près 3 000 individus.

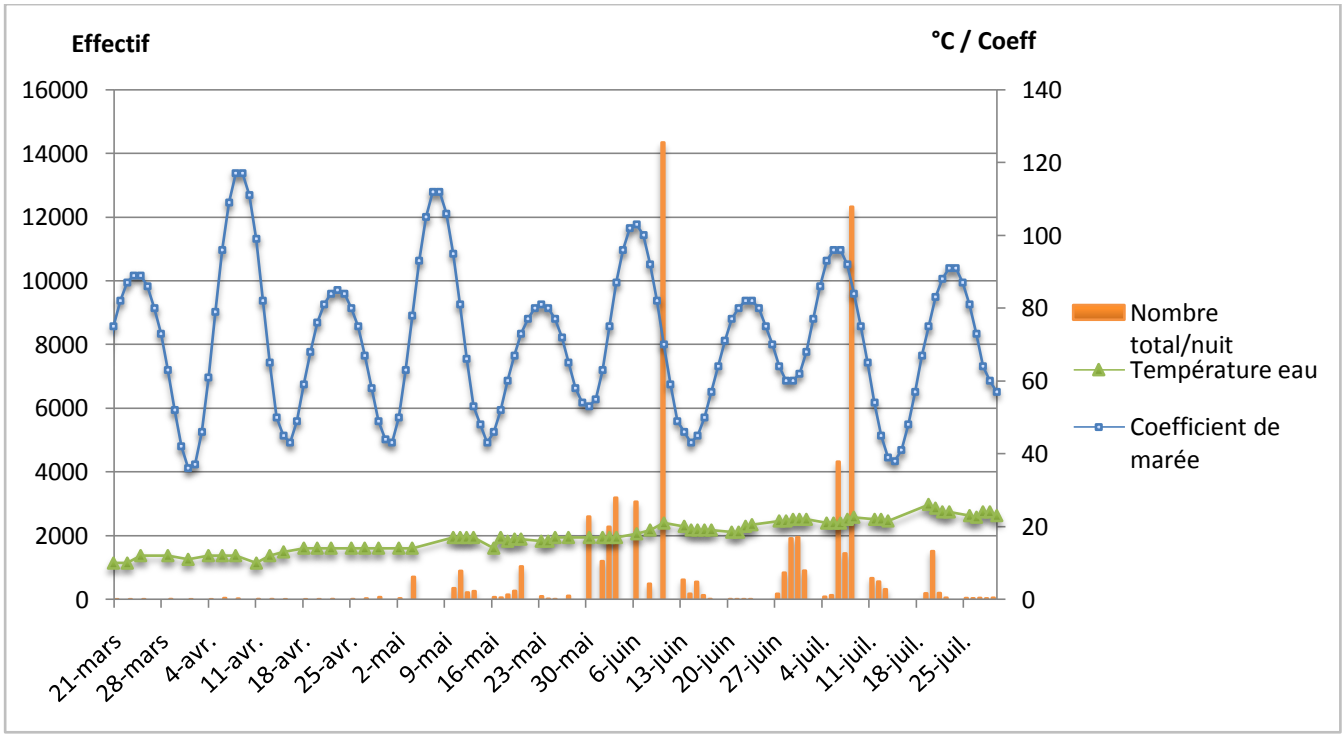
Au 29 juillet, le bilan de la passe des Enfreneaux était le suivant :

Effectif total	Poids total (g)	Nombre nuits	Grandes (>150mm)		Petites (<150mm)	
			Nombre	Poids (g)	Nombre	Poids (g)
92 633	91 317	124	3 002	23 785	89 631	67 543

La nécessité de cette passe est indéniable sur le plan de la continuité écologique. A la fin de la saison presque 100 000 individus l'auront franchie et auront pu remonter sur la Sèvre niortaise. Par ailleurs, la proportion des petites anguilles est très élevée (96,8%) pour un poids représentant 74% du poids total, chiffre normal quand il s'agit d'un barrage estuarien.

III. A. 2. Intensité migratoire

Certaines fois le relevé n'était pas quotidien du fait des week-ends et/ou d'activités prenant la journée (pêches électriques etc.), l'effectif a alors été ramené en individus capturés/jour. Le résultat en est représenté sur le Graphique 1 ainsi que les courbes de température et des coefficients de marée de l'année.



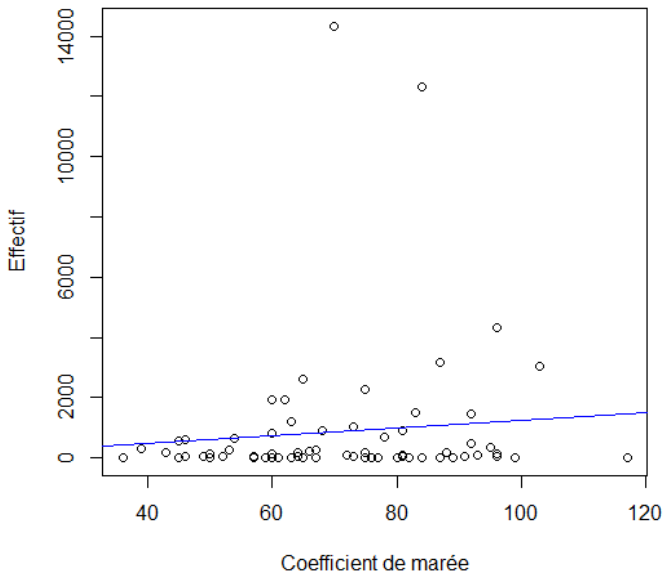
Graphique 1 : Evolution des remontées en 2016 sur les Enfreneaux

Au premier abord, les deux remontées les plus importantes se font durant des périodes de forts coefficients de marée, le léger décalage des pics à 14 000 et 12 000 étant sans doute dû, entre autre, au temps de trouver la passe. Par surcroît, ces derniers ont eu lieu lors de pics de température, à 21 et 22,5°C respectivement (le 10 juin et le 8 juillet). Les coefficients de Spearman (Tableau 2) et les deux graphiques suivants confirment cette corrélation entre les facteurs marée et température de l'eau et l'effectif en montaison, celui de la température étant le plus élevé.

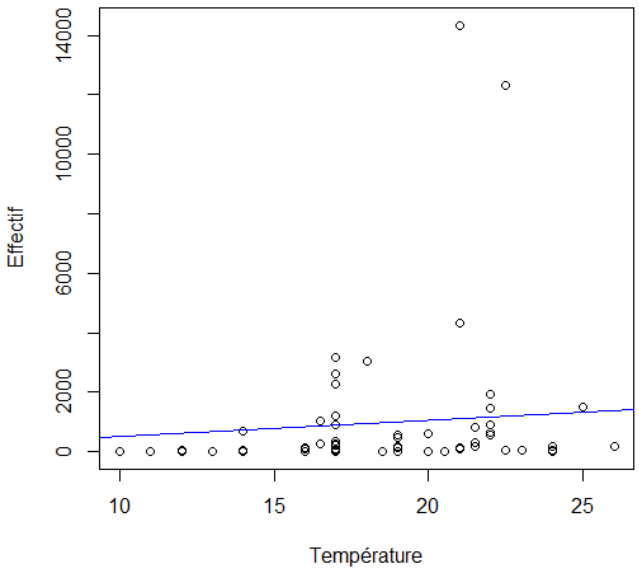
	Effectif	**Coefficient**	**Température**
Effectif	1		
Coefficient	0,0418	1	
Température	0,4793	-0,0055	1

Tableau 2 : Coefficients de corrélation (Spearman) entre effectif, coefficients de marées et température - Enfreneaux 2016

Il est tout à fait compréhensible de ne retrouver aucun lien entre coefficient de marée et température de l'eau, les deux étant complètement indépendants l'un de l'autre.



Graphique 2 : Evolution des arrivées 2016 en fonction des marées aux Enfreneaux

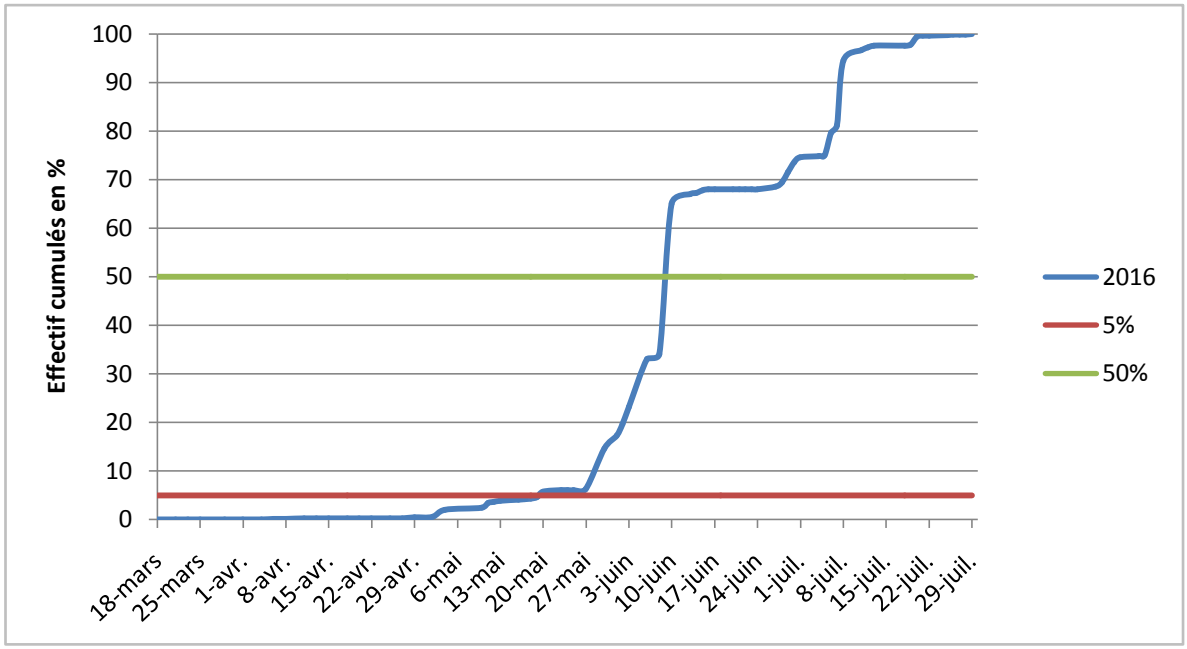


Graphique 3 : Evolution des arrivées 2016 en fonction des températures aux Enfreneaux

III. A. 3. Rythme de migration

Un des indicateurs mis en place pour le suivi d'une passe à anguille (Roul M., 2012) est l'analyse du rythme de migration. Il s'agit de déterminer à quelle date 5% des effectifs totaux de civelles sont passés pour connaitre le début de la migration, puis la date à laquelle la moitié des effectifs a migré. Pour précision, il est retenu la date du relevé ayant atteint le pourcentage.

Ces éléments seront utilisés ensuite pour une comparaison sur plusieurs années afin d'estimer la présence d'un décalage de la migration dans le temps.

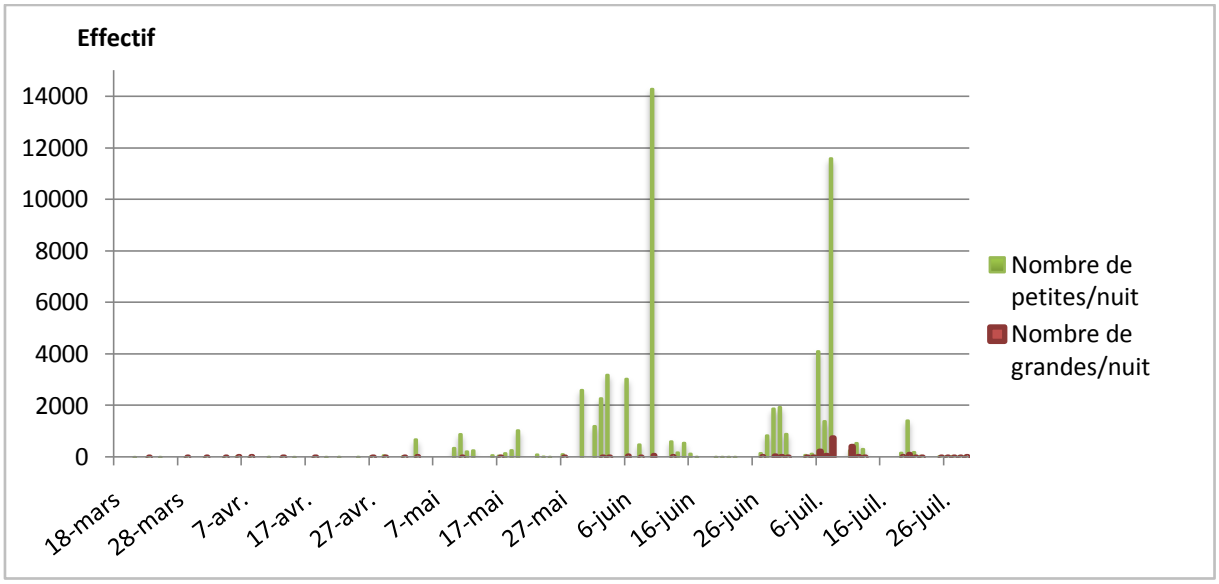


Graphique 4 : Rythme de migration pour la passe des Enfreneaux en 2016

D'après le Graphique 4, le début de la migration s'opère le 20 mai. Après une brusque accélération de la montaison, la moitié des effectifs a ensuite été comptabilisée au 10 juin. En un peu plus d'un mois, la migration a été particulièrement rapide et importante.

III. A. 4. Distribution des effectifs en fonction de la taille

Le nombre d'anguilles de plus de 150 mm n'a pas été particulièrement remarquable, la seule période d'intense remontée serait celle du 6 au 11 juillet, durant laquelle 3000 individus ont également été trouvés morts. Cette période coïncide également avec une forte remontée de "petites", ne donnant pas un aspect extraordinaire à la montaison des "grandes".

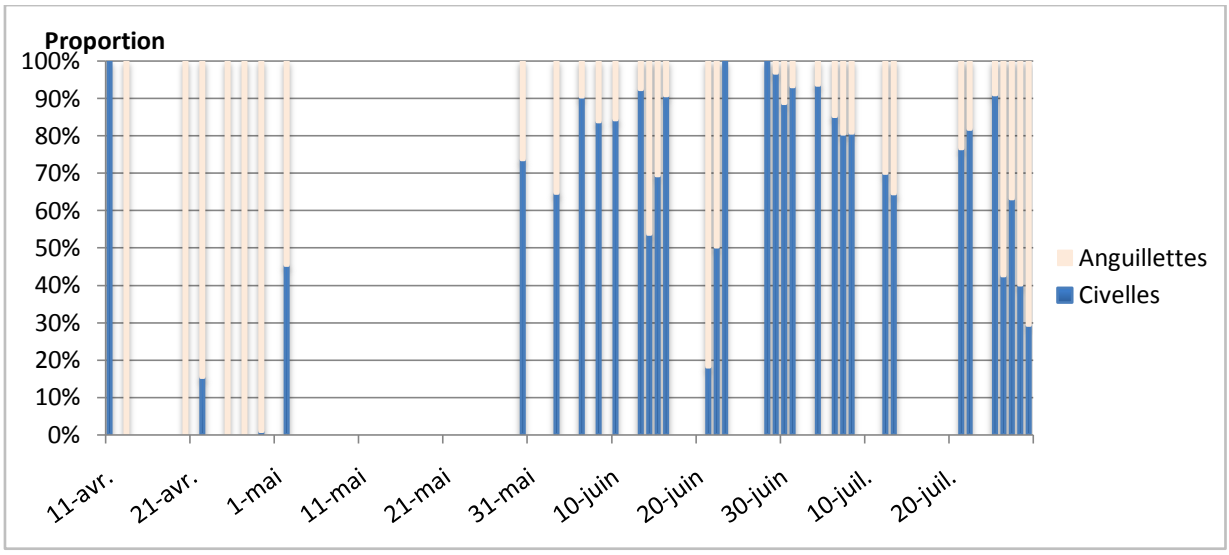


Graphique 5 : Effectifs des grandes et des petites en 2016 sur les Enfreneaux

Le faible nombre de "grandes" comparé à celui des "petites" est considéré comme normal, les anguilles ayant atteint une certaine taille et coloration se trouvant normalement déjà en eau douce. La principale hypothèse pouvant expliquer le fait d'en retrouver sur la passe serait que ce sont des individus n'ayant pas pu monter la saison dernière et restés dans l'estuaire .

III. A. 5. Proportion des civelles au sein des "petites" (<150mm)

Pour rappel, la comptabilisation des civelles et anguillettes est réalisée sur l'équivalent d'une petite épuisette d'individus dont la taille est inférieure à 150 mm. Cette manœuvre permet de déterminer la proportion de chaque classe de taille et son évolution au fil du temps.



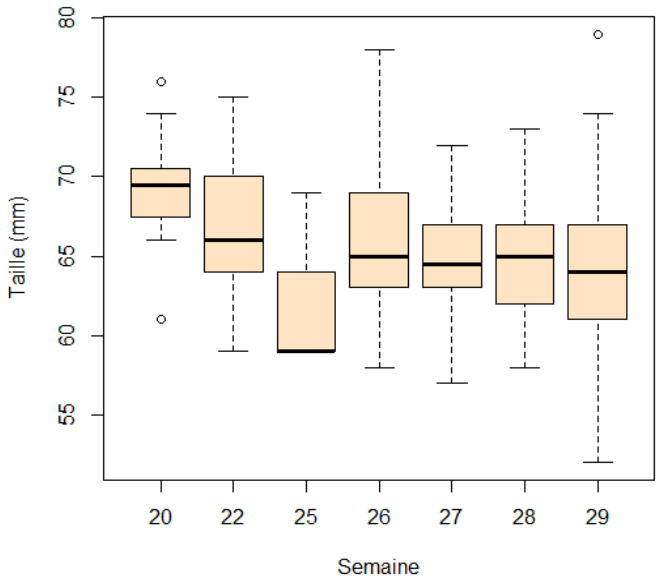
Graphique 6 : Proportions des civelles et anguillettes au sein des individus <150mm en 2016 aux Enfreneaux

Malgré une absence d'informations chiffrée en mai, la proportion des civelles commence réellement à prendre le pas sur les anguillettes début mai. Globalement, elles ont été majoritaires de mi-mai à fin juillet, constatation tout à fait justifiée par la biologie de l'anguille, censée être au stade civelle lorsqu'elle traverse l'estuaire. Statistiquement, la tendance à l'augmentation est tout de même significative (W*=13.40, α=5%, Chessel). Cette tendance pourrait être liée à l'augmentation de la température qui, selon Jellyman (1979) ou encore Cantrelle (1981) et Elie (1979) affecterait l'intensité de la migration., hypothèse également appuyée par les coefficients de corrélation du Tableau 2 (III. A. 2).

Par ailleurs il est important de noter aussi que la différenciation entre civelle et anguillette est de plus en plus difficile vers la fin du suivi suite à l'augmentation de la pigmentation.

III. A. 6. Evolution de la taille des civelles

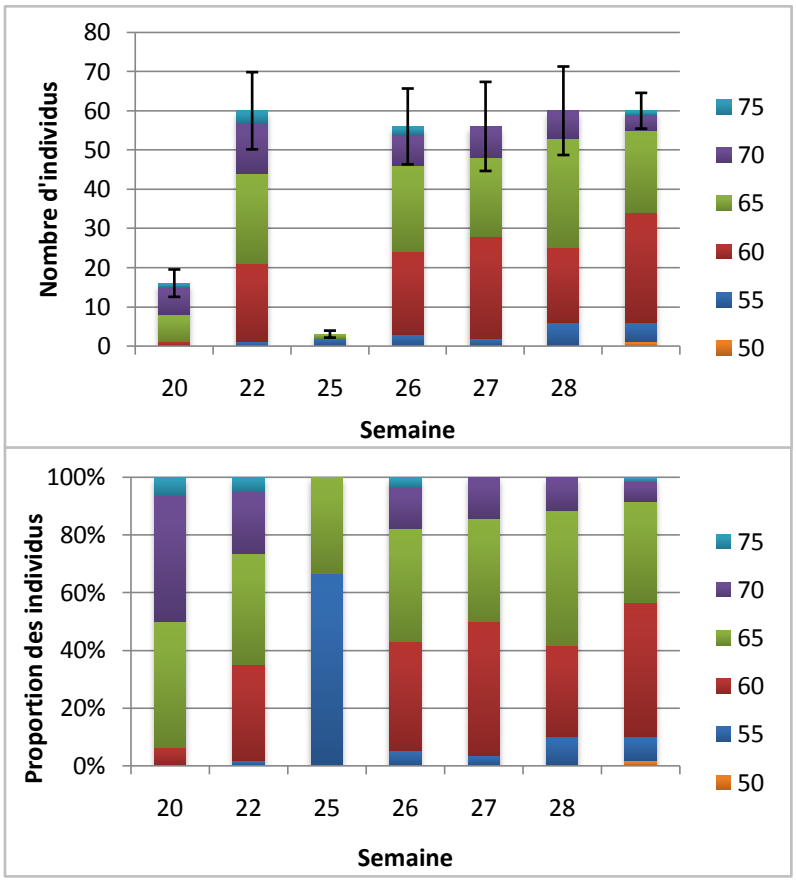
Pour ce qui est de la taille, les mesures biométriques individuelles des civelles sont reportées par semaine sur le Graphique 7. Les numéros de semaine correspondent aux semaines standards d'une année (cf Annexe 5).



Graphique 7 : Boxplots de l'évolution de la taille des civelles en 2016 aux Enfreneaux

Les différences sont significatives entre chaque semaine (khi² = 28.11, p-value = 8.95×10^{-5}, Kruskal et Wallis) et, qui plus est, la taille a tendance à diminuer (t=-7,73, α=5%,

test de régression linéaire). De même, l'hétérogénéité est de plus en plus marquée comme le révèle l'augmentation des écart-types. Gascuel (1987) note une diminution des individus jusqu'à fin mai/début juin seulement en zone estuarienne. En revanche il se pourrait que la raison donnée soit la même, c'est-à-dire que "les civelles de début de saison proviendraient de leptocéphales plus grosses que celles en fin de saison".



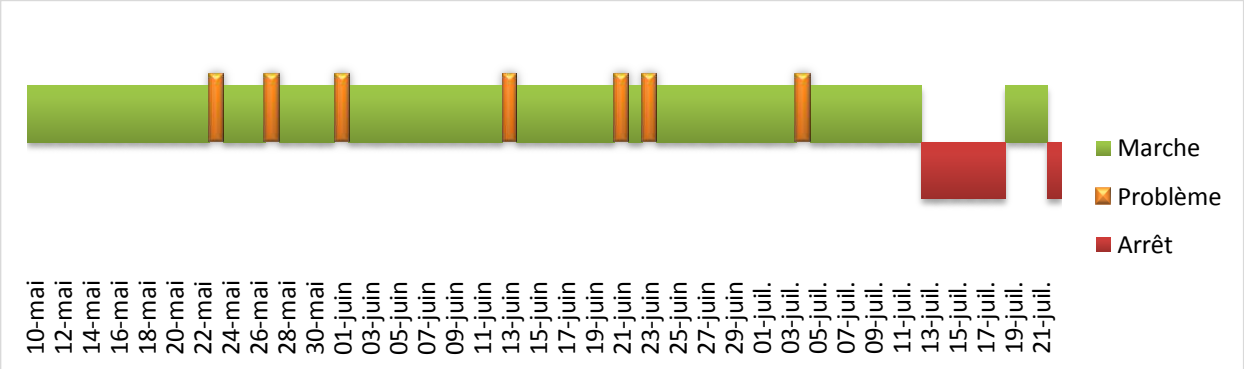
Graphique 8 : Evolution du nombre et de la proportion d'individus par classe de taille en 2016 aux Enfreneaux

La classe de taille la plus représentée est celle de 60 à 65mm. Les individus de 55 à 60mm sont de plus en plus représentés au fil des semaines (W*=5.41, α=5%, Chessel). Cette dernière observation semble compléter l'hypothèse donnée dans le paragraphe précédent.

III. B. Cinq Abbés

III. B. 1. Bilan

Sur les 74 jours qu'a duré le suivi sur cette passe, 62 ont réellement fait l'objet d'un relevé. Le fonctionnement de la passe a été stoppé une seule fois compte tenu de l'impossibilité d'aller sur place pendant plusieurs jours. Quant à l'arrêt complet, il a été décidé après l'envasement de la passe et le faible nombre d'individus transitant durant les derniers jours de fonctionnement.



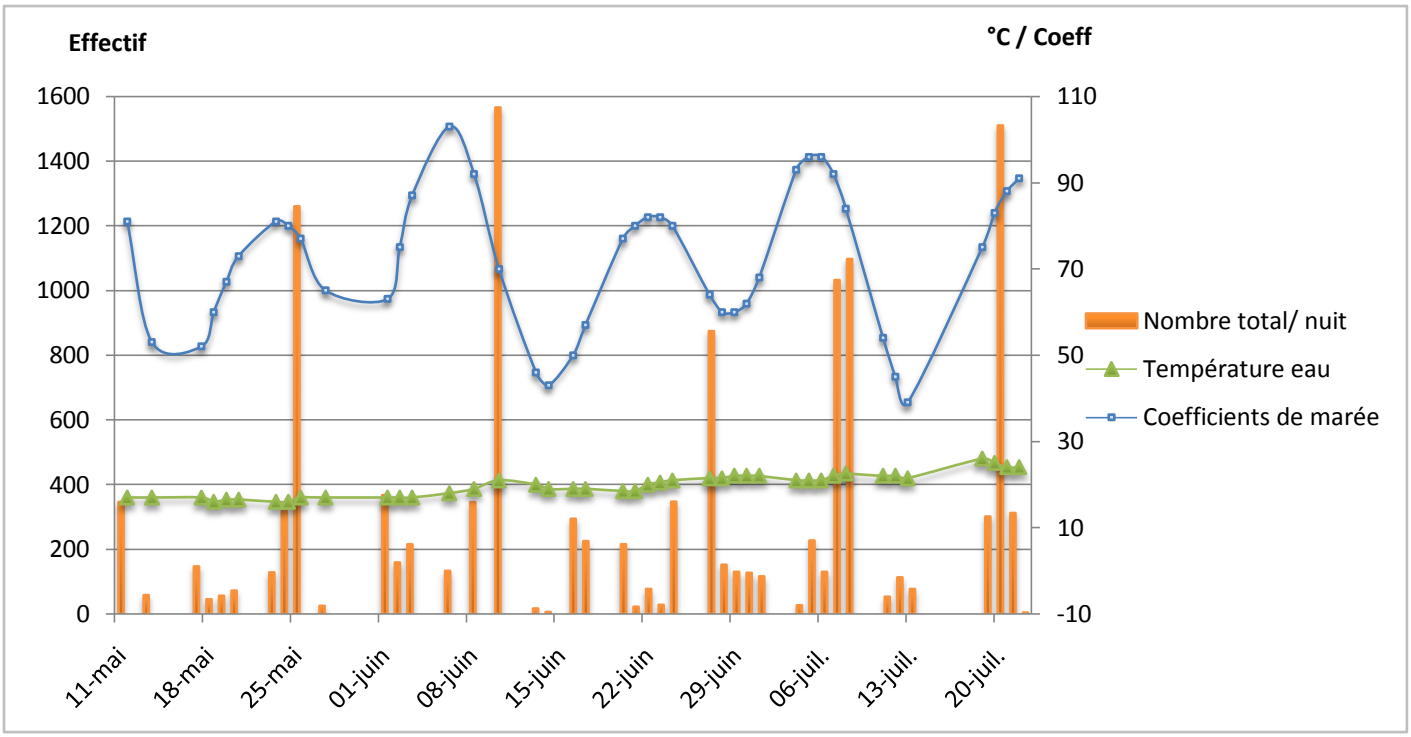
Les problèmes rencontrés ont été essentiellement d'ordre mécanique (tuyaux de la pompe ou d'arrivée d'eau déboîtés) mais ont parfois entrainé la mort des individus les plus faibles du fait du manque d'eau et d'oxygénation. Les pertes de civelles ont été d'environ 90g, soit un peu moins de 270 spécimens ou 1,5% des captures totales, et un seule "grosse" anguille est morte après avoir sauté du bac.

A l'arrêt de la passe la situation du suivi 2016 aux Cinq Abbés est la suivante :

Effectif total	Poids total (g)	Nombre nuits	Grandes (>150mm)		Petites (<150mm)	
			Nombre	Poids (g)	Nombre	Poids (g)
18 002	25 035	62	1 002	12 632	17 000	12 403

Au regard de ces résultats, il est inévitable de s'accorder sur le fait que cette passe est nécessaire à la migration des anguilles. Un peu plus de 18 000 individus ont pu franchir l'obstacle que représente les portes des Cinq Abbés cette année.

III. B. 2. Intensité migratoire



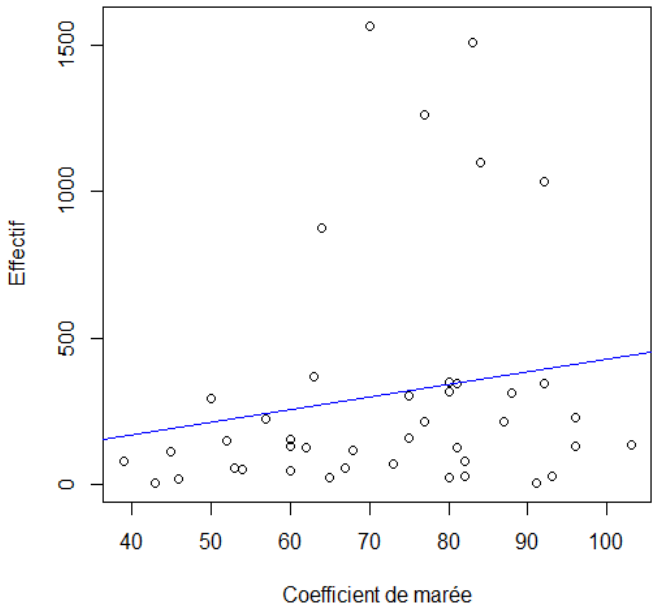
Graphique 9 : Evolution des remontées en 2016 sur le Canal des Cinq Abbés

Une des premières constatations qu'il est possible de faire visuellement sur ce Graphique 9 est celle des plus grands pics de migration qui coïncident avec les élévations de coefficients de marée. En effet, les quatre premiers pics correspondent aux sommets de la courbe des marées, avec un léger décalage d'un jour ou deux en général. Ce dernier s'explique sans doute par la distance entre l'estuaire et la Porte des Cinq Abbés. Les anguilles se laissent porter par la marée au sein de la Baie de l'Aiguillon puis rejoignent ensuite la passe sur laquelle elles ne sont récoltées que le lendemain.

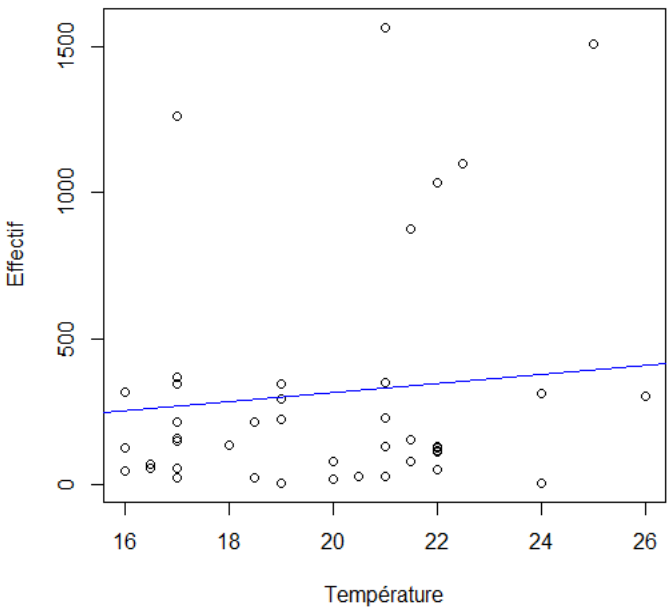
Par ailleurs, les sommets de la courbe des températures semblent également en adéquation avec les passages les plus importants. Suite aux calculs des coefficients de corrélation de Spearman du Tableau 3, il est possible de démontrer que le lien se fait ici avec, à la fois le facteur marée, et à la fois avec le facteur température.

	Effectif	Coefficient	Température
Effectif	1		
Coefficient	0.2737	1	
Température	0.1415	0.0974	1

Tableau 3 : Coefficients de corrélation (Spearman) entre effectif, coefficients de marées et température - Cinq Abbés 2016



Graphique 10 : Evolution des arrivées 2016 en fonction des marées aux Cinq Abbés

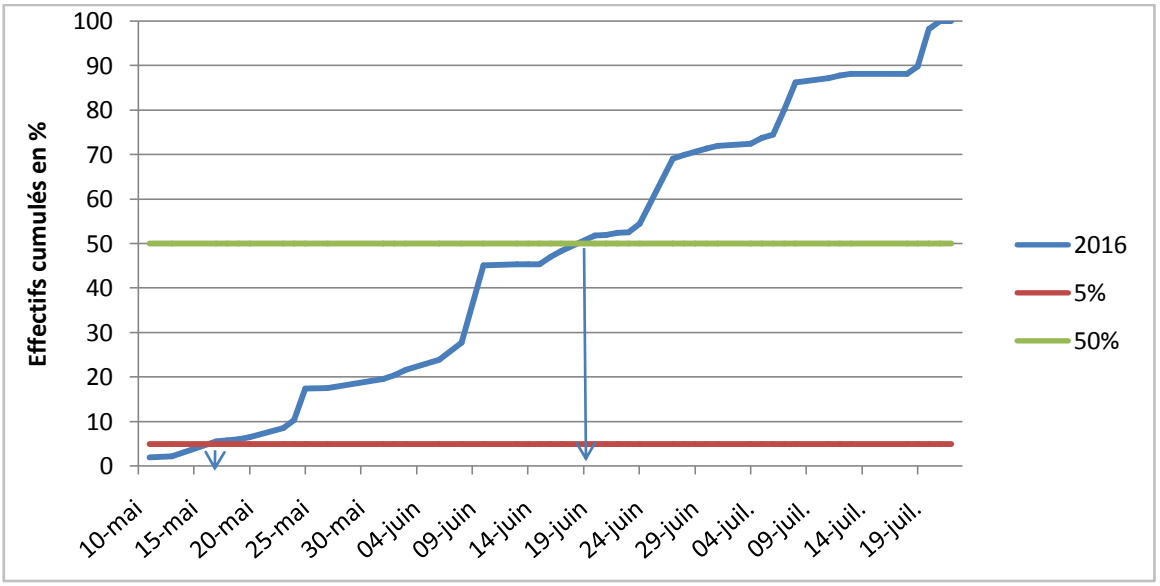


Graphique 11 : Evolution des arrivées 2016 en fonction de la température aux Cinq Abbés

Marée et température agissent donc tous deux sur la migration de cette année dans le Marais poitevin.

III. B. 3. Rythme de migration

Comme sur la Sèvre niortaise certaines périodes importantes de migration peuvent également être déterminées sur le Canal des Cinq Abbés.

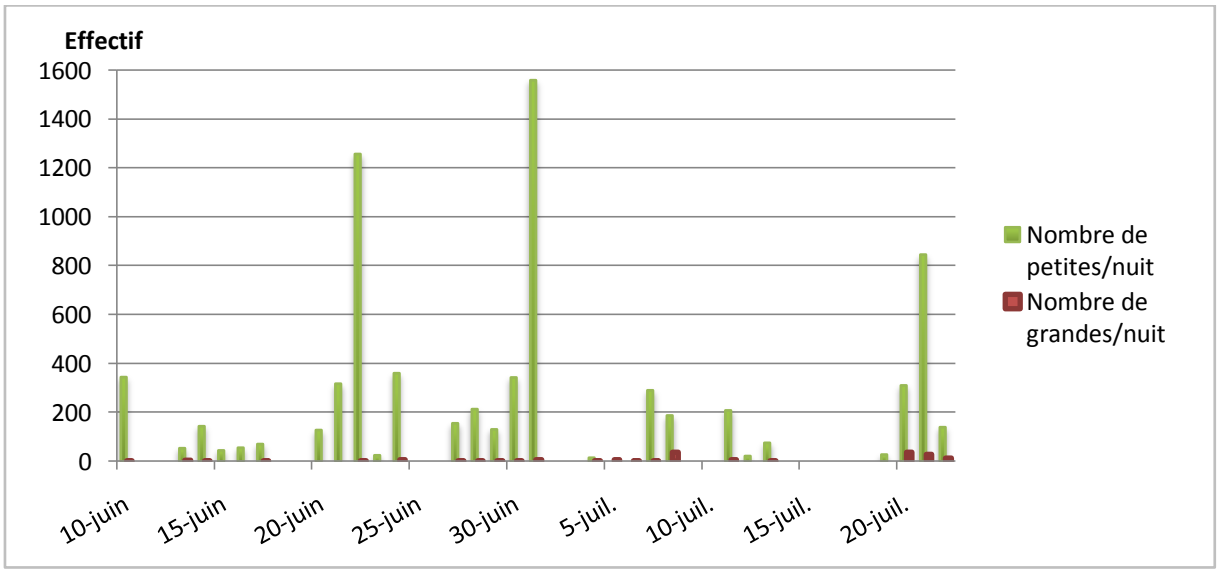


Graphique 12 : Rythme de migration pour la passe des Cinq Abbés en 2016

La migration a débuté le 17 mai cette année, et la moitié des effectifs avait déjà migré le 20 juin. La comparaison avec les précédentes années sera faite par la suite pour les Cinq Abbés.

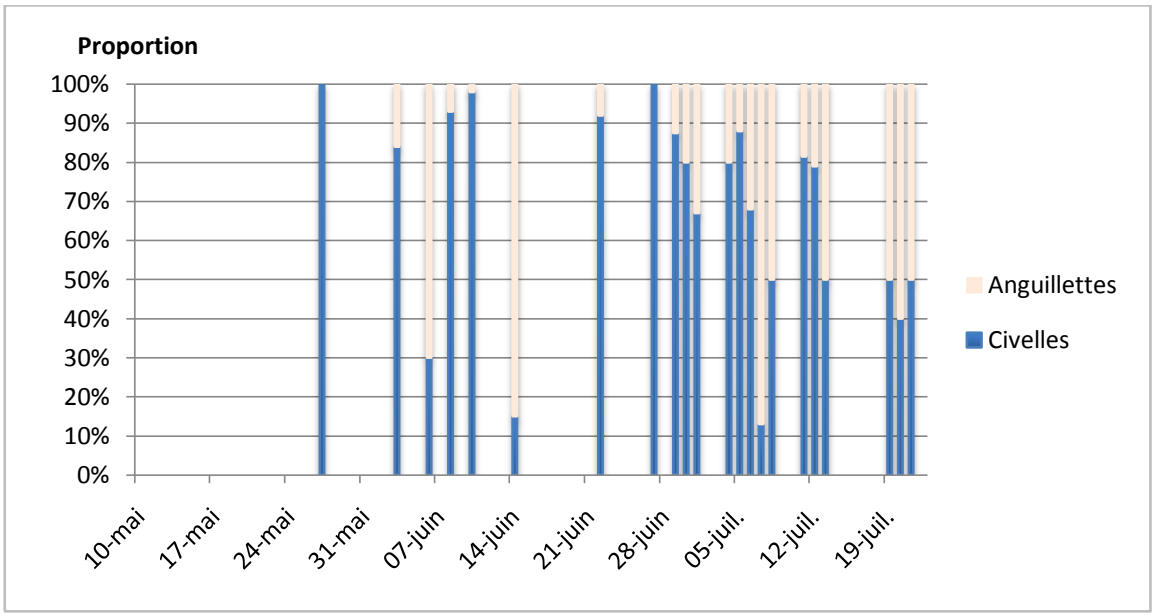
III. B. 4. Distribution des effectifs en fonction de la taille

Le Graphique 13 dévoile un faible nombre de "grandes" sur les remontées de l'année comparé à celui des petites, elles ne représentent pas une part remarquable. A nouveau, la situation est naturelle, les animaux de plus de 150mm étant probablement les individus n'ayant pu franchir l'obstacle l'année précédente ou encore ceux sujets à un comportement de fuite de l'estuaire lorsque celui-ci devient très confiné, envasé et anoxique (PIMP, 2003).



Graphique 13 : Effectifs des grandes et des petites en 2016 sur les Cinq Abbés

III. B. 5. Proportion des civelles au sein des "petites" (<150mm)



Graphique 14 : Proportions des civelles et anguillettes au sein des individus <150mm en 2016 aux Cinq Abbés

La proportion des civelles aux Cinq Abbés présente une tendance à diminuer sur toute la période (W*= -7.90, α=5%, Chessel), et les proportions en fin de suivi sont bien plus basses que celles de fin juin.

Il est connu que les civelles sont attirées par l'eau douce (Sylvest, 1931 via Bertin, 1951). Or, d'après des constatations visuelles les portes des Cinq Abbés ont été fermées une grande partie du mois de juillet. Cette hypothèse semble probable, les seuls jours durant lesquels il a été constaté un petit pic de proportion de civelles (12 et 13 juillet) étant ceux pour lesquels il a été retranscrit que l'eau était haute en aval. Puisque les coefficients de marées étaient particulièrement faibles ces deux jours-là (45 et 39 respectivement), il est fortement possible que les portes aient été ouvertes, créant un appel d'eau douce pour les civelles.

III. C. Comparaison des remontées 2016 entre les Enfreneaux et les Cinq Abbés

Les deux passes étudiées dans le cas présent sont toutes deux situées dans la Baie de l'Aiguillon, ce qui voudrait dire théoriquement que les chances pour les anguilles de franchir l'une ou l'autre devraient quasiment être égales si l'on ne prend en compte que cet élément.

Pour rappel, les chiffres de cette année concernant les deux passes étaient les suivants :

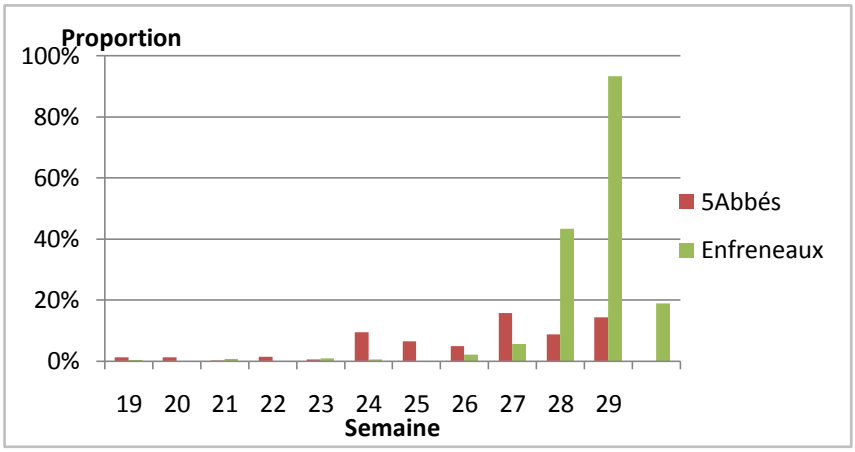
	Effectif total	Poids total (g)	Nombre nuits	Grandes (>150mm)		Petites(<150mm)	
				Nombre	Poids (g)	Nombre	Poids (g)
Enfreneaux	92 633	91 317	124	3 002	23 785	89 631	67 543
5Abbés	18 002	25 035	62	1 002	12 632	17 000	12 403

Les Enfreneaux représentent un axe majeur dans la migration anadrome des anguilles comme le confirment les pourcentages du tableau suivant.

	Effectif total	Poids total (g)	Grandes(>150mm)		Petites (<150mm)	
			Nombre	Poids (g)	Nombre	Poids (g)
Enfreneaux	83,7%	78,5%	75,0%	65,3%	84,1%	84,5%
5Abbés	16,3%	21,5%	25,0%	34,7%	15,9%	15,5%

La remontée des petites constituent la part la plus importante aux Enfreneaux, alors que les résultats indiquent le contraire aux Cinq Abbés, avec la particularité d'atteindre un poids plus élevé chez les grandes. Ce qui suit va donc comparer les parts de grandes et petites entre les deux estuaires.

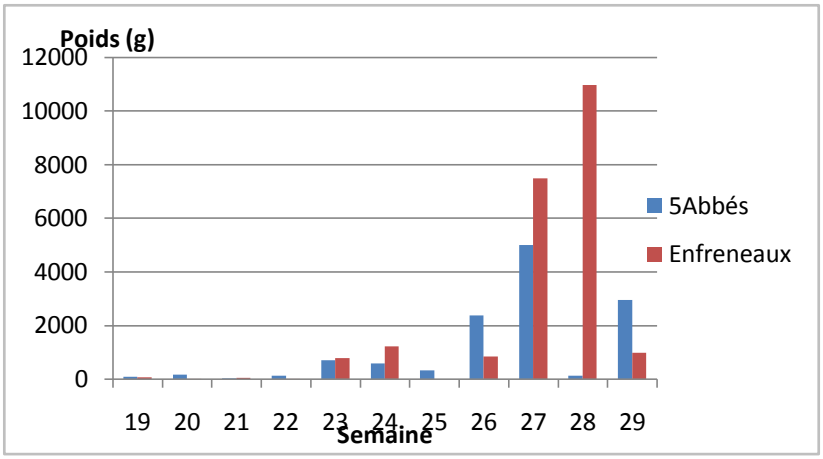
Suite à des observations de terrain les graphiques suivants ont été réalisés afin de tester les hypothèses selon lesquelles la proportion d'individus de grande taille lors d'un relevé était plus importante aux Cinq Abbés et que ces derniers étaient souvent plus lourds.



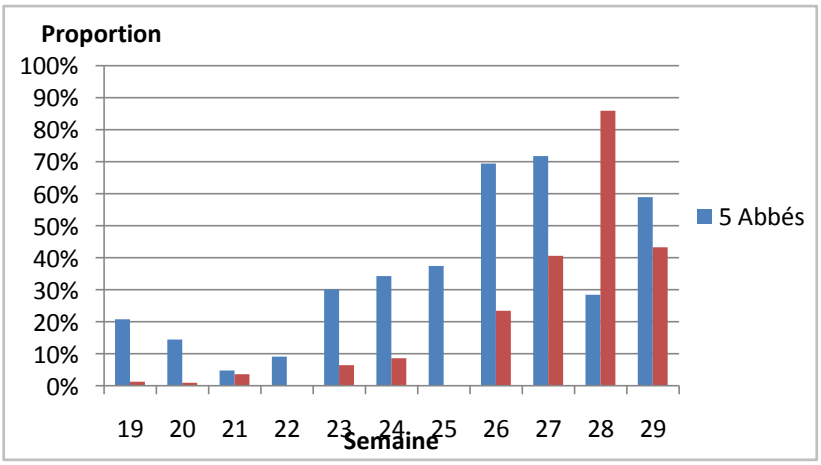
Graphique 15 : Proportions des effectifs de "grandes" lors des relevés 2016

Ce premier graphique indique que la première hypothèse n'est vérifiée que sur une certaine période. Les Cinq Abbés laissaient passer plus de "grandes" que de "petites" jusqu'à la semaine 27 avant que la tendance ne s'inverse complètement et que les civelles se présentent moins aux Enfreneaux.

Les deux graphiques suivants sont à exploiter simultanément. Le Graphique 16 illustrant le poids des "grandes" sur chaque passe, il est donc normal d'y retrouver des poids plus importants aux Enfreneaux puisque les effectifs liés y sont plus élevés.



Graphique 16 : Evolution du poids des "grandes" lors des relevés 2016



Graphique 17 : Proportions du poids des "grandes" par rapport au poids total

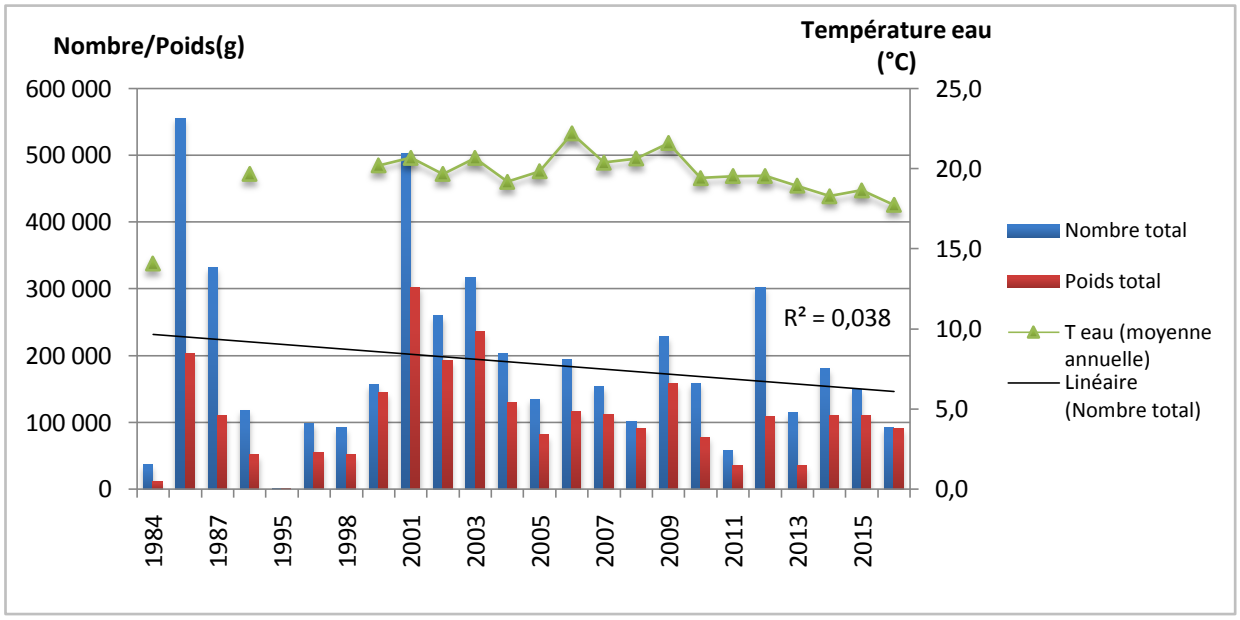
Le Graphique 17 permet de voir que, malgré un poids et un effectif plus faibles, la proportion du poids est plus importante. Cela signifie que les "grandes" sont plus grosses aux Cinq Abbés.

Une des explications à ce phénomène serait le fait que l'ouvrage des Cinq Abbés est moins franchissable (vannes fermées plus souvent etc.), mais cela reste basé sur des observations visuelles, les données étant difficilement exploitables.

IV. Comparaison des résultats avec les années antérieures

IV. A. Enfreneaux

IV. A. 1. Evolution depuis 1984



Graphique 18 : Evolution des captures au fil des ans aux Enfreneaux

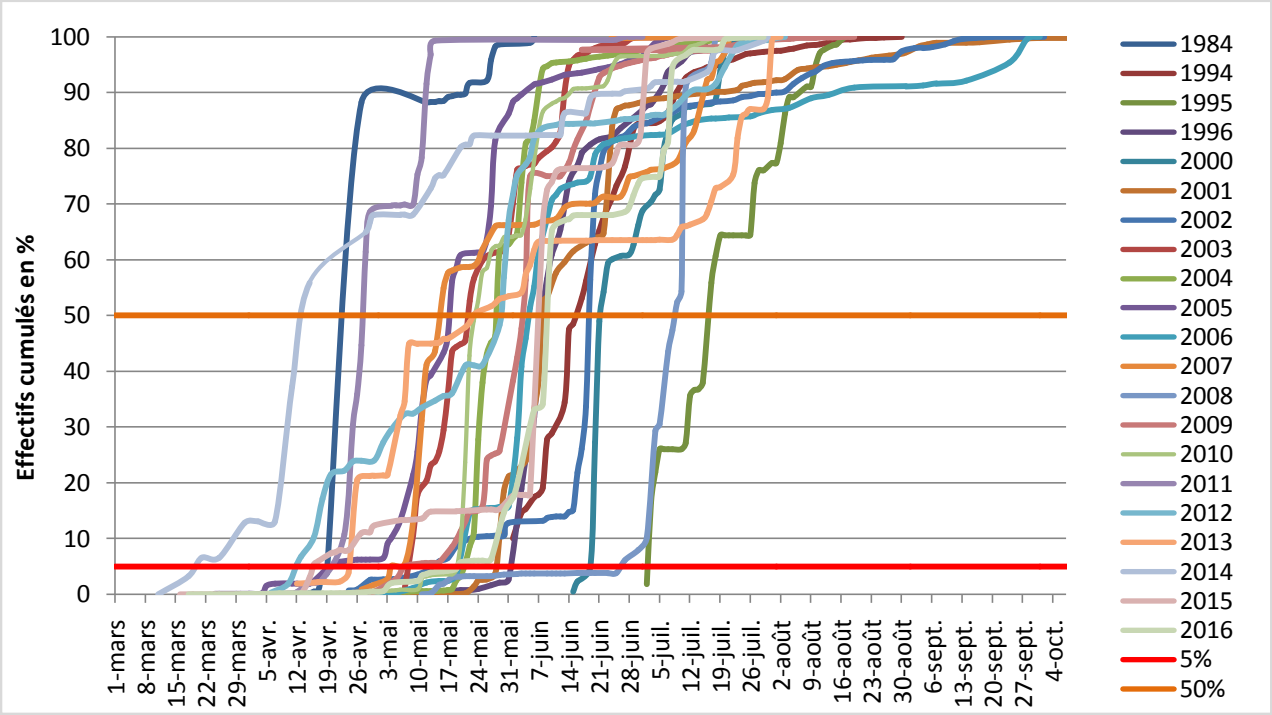
Les tests statistiques réalisés prouvent ici que les effectifs sont bien en diminution depuis la création de la passe (W*=-4,51, α=5%, Chessel).

Les différences entre les nombres de jours suivis auraient éventuellement pu être une explication aux variations de chaque année. Cependant en 2003 par exemple alors qu'il n'y a eu que 56 jours de suivi quasiment 317 000 animaux ont franchi la passe. L'année suivante, en 2004, environ 203 000 anguilles sont parvenues en eau douce durant les 101 jours de suivi, soit 114 000 individus de moins en 45 jours de plus. Même si la période est plus courte il n'y a donc pas réellement d'incidence sur le nombre d'anguilles comptabilisées, les résultats sont alors comparables entre les différentes années.

Pour ce qui est des corrélations avec les facteurs environnementaux, le lien avec la température moyenne annuelle est bien réel (rhô=0,4406, p-val=0,059, Spearman).

IV. A. 2. Rythme de migration

Le report des effectifs cumulés sur le Graphique 19 donne cette fois-ci les dates importantes de migration pour chaque année depuis la création de la passe (Tableau 4).

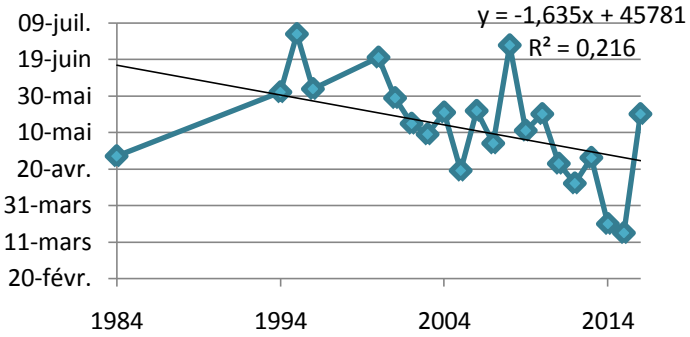


Graphique 19 : Rythme de migration au barrage des Enfreneaux de 1984 à 2016

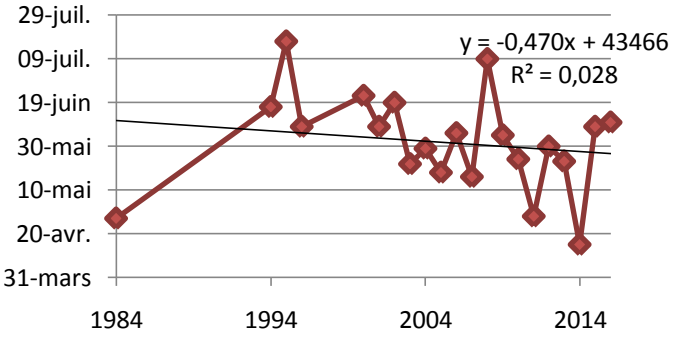
Les graphiques suivants servent ensuite à visualiser l'évolution de ces dates depuis 1984. En clair, il est possible de voir si le début de la migration s'est décalé dans le temps, de même que le temps fort de cette migration (pic).

Année	Date à 5% d'effectif	Date à 50% d'effectif
1984	27-avr	27-avr
1994	01-juin	17-juin
1995	03-juil	17-juil
1996	03-juin	08-juin
2000	20-juin	22-juin
2001	29-mai	08-juin
2002	15-mai	19-juin
2003	09-mai	22-mai
2004	21-mai	29-mai
2005	19-avr	18-mai
2006	22-mai	05-juin
2007	04-mai	16-mai
2008	27-juin	09-juil
2009	11-mai	04-juin
2010	20-mai	24-mai
2011	23-avr	28-avr
2012	12-avr	30-mai
2013	26-avr	23-mai
2014	21-mars	15-avr
2015	16-mars	08-juin
2016	20-mai	10-juin

Tableau 4 : Dates de migration - Enfreneaux 1984-2016



Graphique 20 : Dates des 5% des effectifs - Enfreneaux



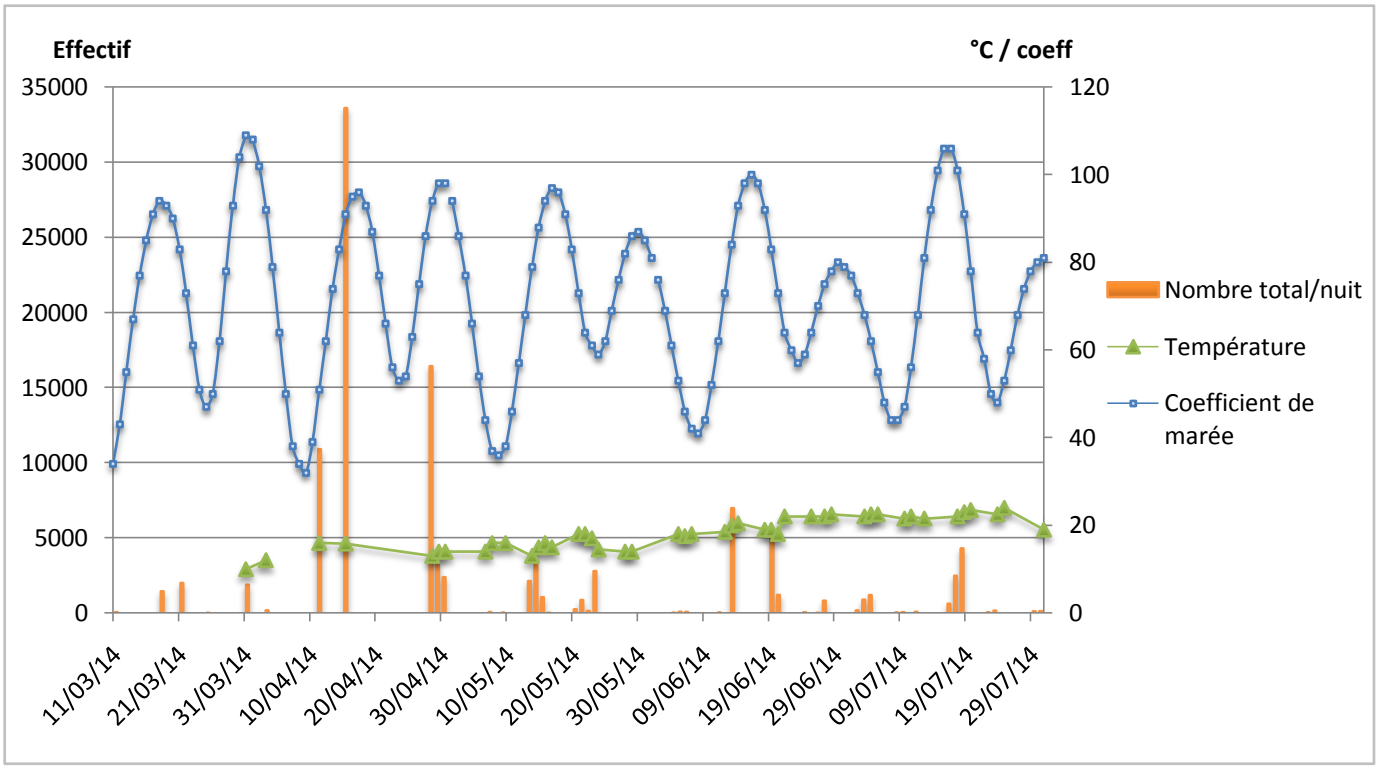
Graphique 21 : Dates médianes de la migration - Enfreneaux

Le début de la migration, traduit par la date à laquelle 5% des effectifs ont franchi le barrage, est de plus en plus tôt dans l'année comme en témoigne l'équation liée à la droite de tendance. Il en est de même pour la date médiane de migration ce qui veut dire que concernant le passage des Enfreneaux et de manière globale, les anguilles arrivent plus tôt et toute la migration avance progressivement. Cependant, il est important de ne pas considérer cette constatation comme un changement immédiat puisque les variations sont importantes d'une année sur l'autre. En effet, sur l'année 2016 le début de la migration est plus tardif par rapport à 2015, ainsi que la date médiane de migration sur 2015 et 2016 par rapport aux années précédentes. Ce changement est donc un élément à suivre lors des prochaines années.

Après avoir étudié les résultats des passes depuis leur création, il parait approprié de les analyser de plus près. Il a été choisi de réaliser cette analyse de 2014 à 2016. Une comparaison sur deux ans seulement est insuffisante et il n'était concrètement pas possible dans le cas présent de faire cette analyse année par année depuis le début des suivis.

IV. A. 3. Evolution des effectifs en 2014, 2015 et 2016

✓ Année 2014



Graphique 22 : Evolution des remontées en 2014 sur la Sèvre niortaise

En 2014, la remontée des civelles a réellement débuté au 18 mars avec des effectifs avoisinant les 1500 individus. La température de l'eau est ce jour-là aux alentours de 10°C tandis que le coefficient de marée est de 94. Alors que la température de l'eau est assez fraiche, le coefficient est considéré comme important et la température de l'air à cette époque est en moyenne de 5°C supérieure à celle de l'eau, ce qui a sans doute déclenché des remontées précoces.

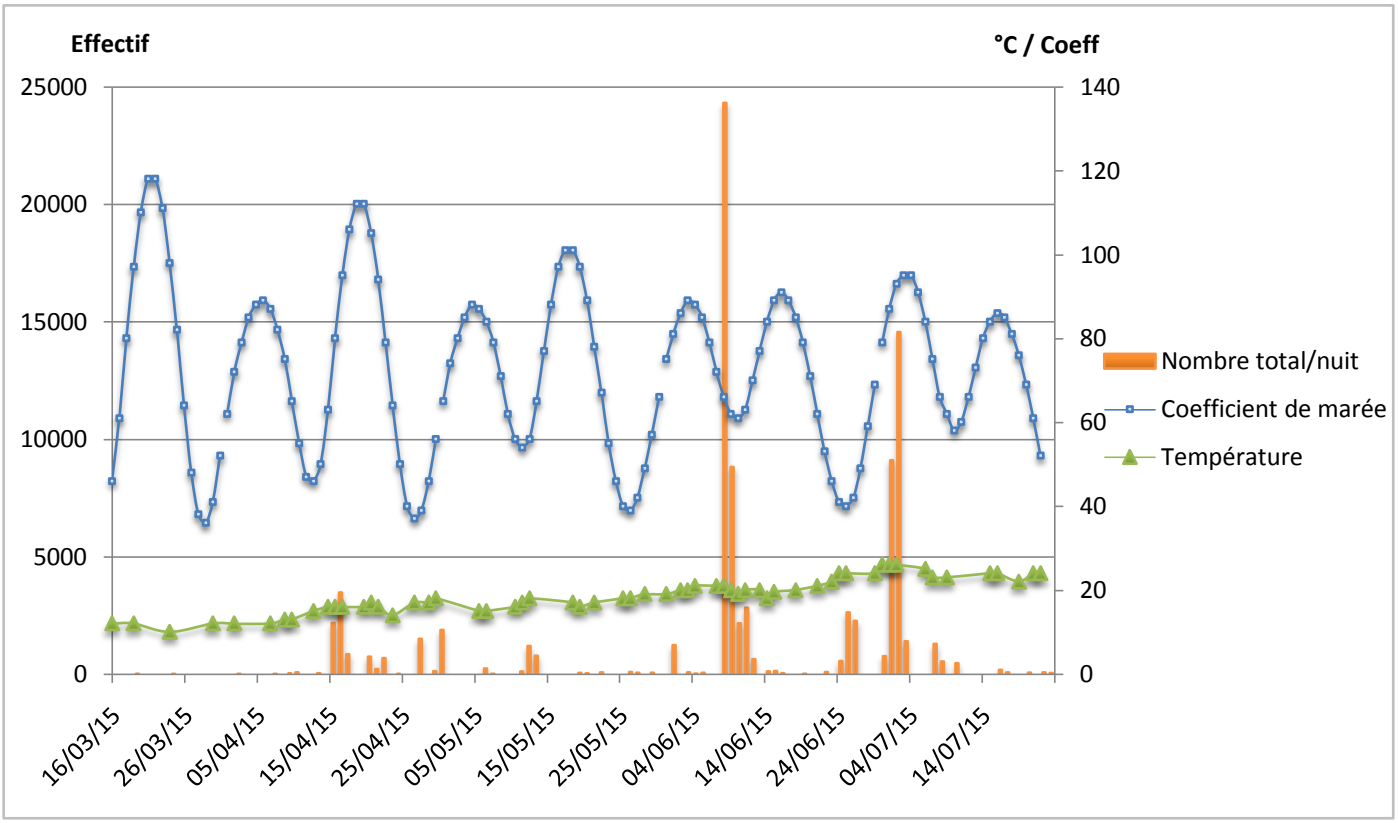
Statistiquement, les effectifs et les coefficients apparaissent liés sur toute la durée de l'année alors que les effectifs et la température ne le sont pas, comme le prouvent ces coefficients de corrélation de Spearman.

	Effectif	Coefficient	Température
Effectif	1		
Coefficient	0.3558	1	
Température	-0.0826	-0.2683	1

Tableau 5 : Coefficients de corrélation (Spearman) entre effectif, coefficients de marées et température - Enfreneaux 2014

En revanche, le 11 avril les premiers gros effectifs sont comptabilisés. Avec une température de 16°C et un coefficient de marée de 91, le premier et seul pic de l'année advient quatre jours plus tard, le 15 avril. L'influence des deux facteurs environnementaux est simultanée, comme le prouve le fait que le fort coefficient ne suffit pas puisque les effectifs diminuent lorsque la température diminue. En revanche, les remontées ne sont pas significatives lorsque seule la température est prise en compte, ce qui illustre l'action synchrone.

- ✓ Année 2015

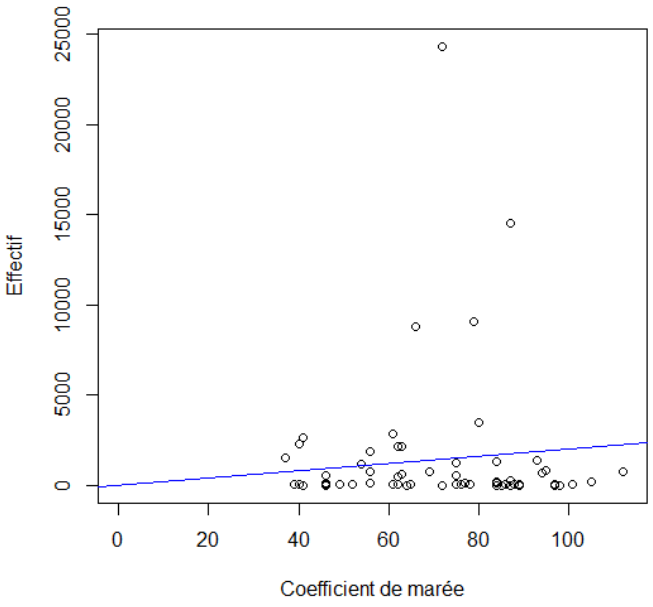


Graphique 23 : Evolution des remontées en 2015 sur la Sèvre Niortaise

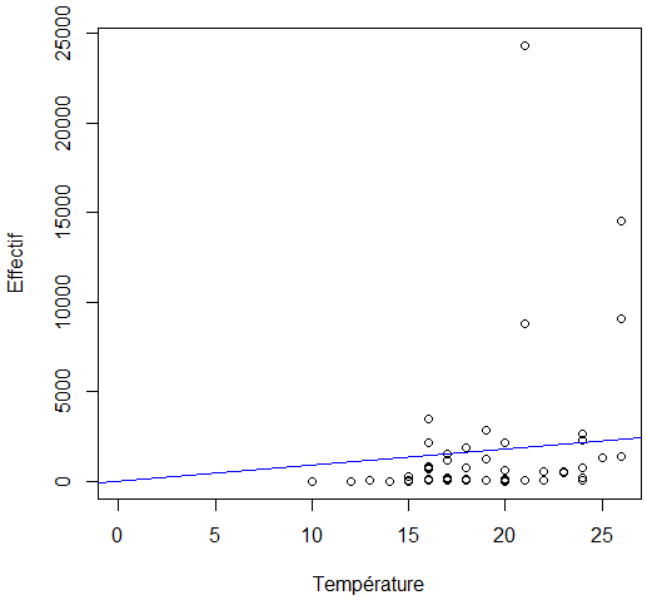
	Effectif	Coefficient	Température
Effectif	1		
Coefficient	-0.1460	1	
Température	0.4880	-0.0826	1

Tableau 6 : Coefficients de corrélation (Spearman) entre effectif, coefficients de marées et température - Enfreneaux 2015

Cette année-là la corrélation est de mise entre l'effectif et la température, et non plus entre l'effectif et les marées, la différence n'étant pas particulièrement visible sur les graphiques ci-dessous. Il est d'ailleurs à relever sur le Graphique 23 que les pics d'arrivée d'anguilles coïncident avec des hausses de température. En revanche, les arrivées n'ont pas l'air de s'accorder avec les coefficients de marée. Pourtant, lors des premières remontées le 15 avril le coefficient (de 63) commence tout juste à progresser. Ensuite le plus grand pic de migration s'effectue pendant les grandes marées. Et enfin, de même que pour les premières arrivées, le dernier pic de migration se fait au sein d'une période de coefficient ascendant.

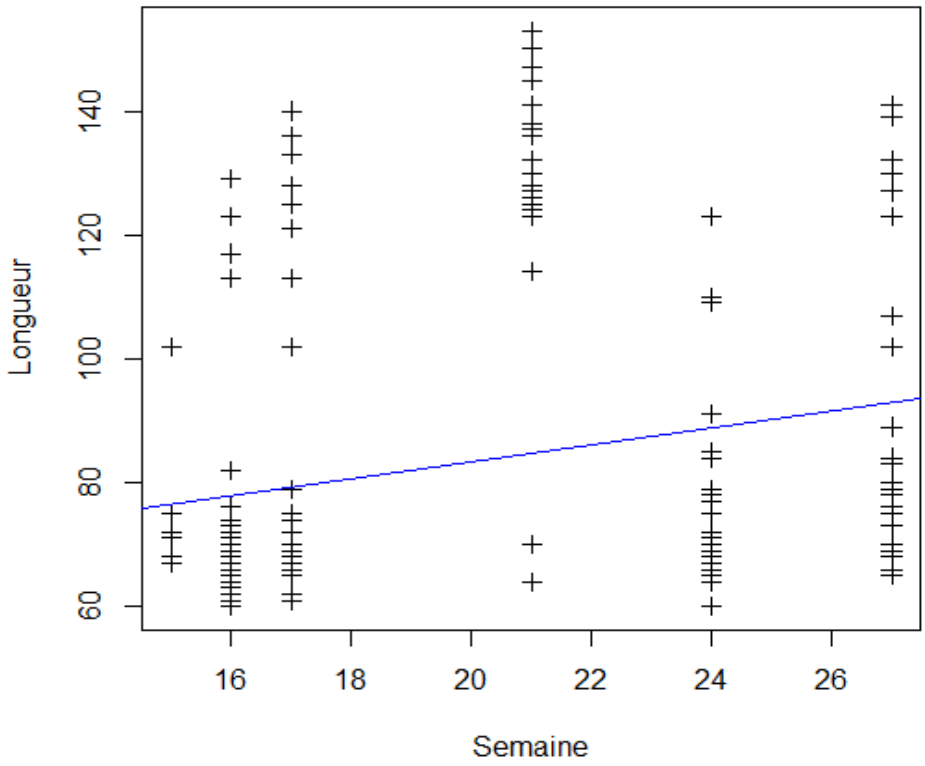


Graphique 24 : Evolution des arrivées 2015 en fonction des marées aux Enfreneaux



Graphique 25 : Evolution des arrivées 2015 en fonction de la température aux Enfreneaux

Même si la corrélation est plus faible avec les marées il existe toujours une influence, cependant le lien n'a pas cours que sur un seul facteur.



Graphique 26 : Evolution de taille des individus <150mm lors de la migration 2015 aux Enfreneaux (droite = régression linéaire)

Au cours de l'année dernière, il a été constaté une augmentation de la longueur des petits individus ($r = 0,4129$, p-val = $9,27x10^{-9}$, Spearman) (Graphique 26). Ceci est révélateur du fait que les civelles appartiennent à la même année de ponte. Ces dernières ont sans doute stationné dans l'estuaire en attendant l'opportunité de franchir l'obstacle que représente le barrage des Enfreneaux ou ont pu mettre plus de temps à traverser l'océan avant de rejoindre la Baie de l'Aiguillon.

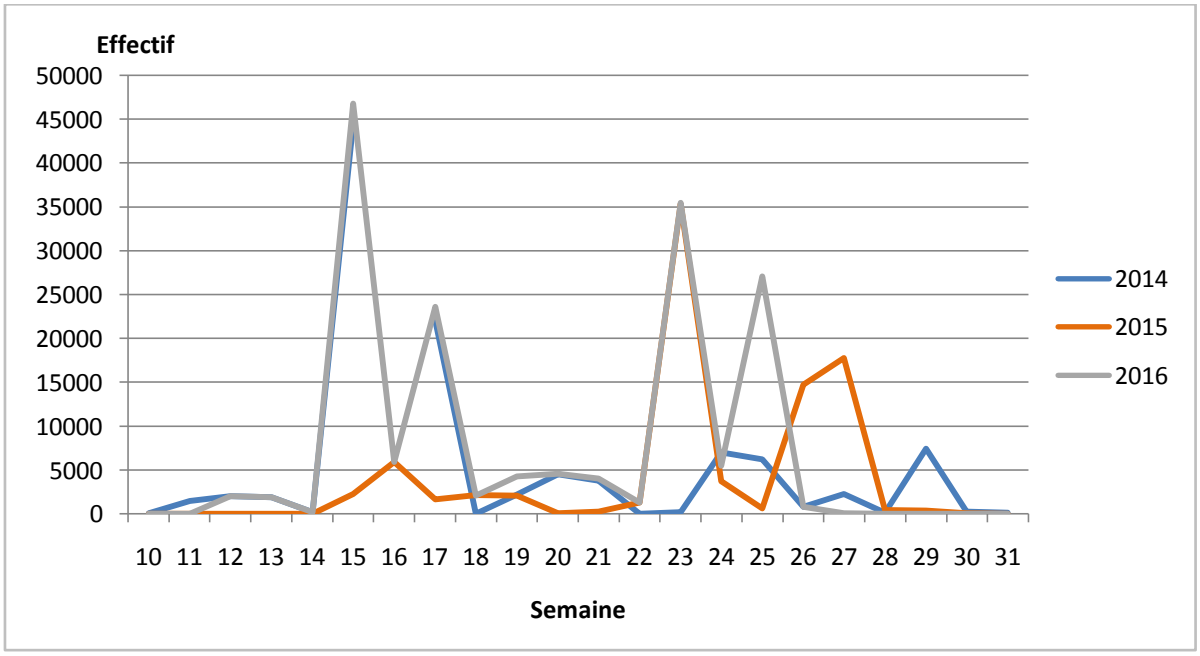
✓ Evolution entre 2014 et 2016

De manière à récapituler les chiffres les plus importants, le tableau suivant reprend les effectifs et poids annuels sur les trois dernières années.

	Effectif total	Poids total (g)	Nombre nuits	Grandes (>150mm)		Petites(<150mm)	
				Nombre	Poids (g)	Nombre	Poids (g)
2014	180 338	111 021	115	16 870	54 405	163 468	56 616
2015	149 664	110 528	116	12 090	48 378	137 574	61 450
2016	92 633	91 317	124	3 002	23 735	89 631	67 543

Il est rapide de constater ici que les effectifs et poids totaux diminuent au fur et à mesure durant ces trois ans (environ 50% de perte d'effectif en trois ans). Cela s'observe également sur les "grandes" et les "petites", hormis sur le poids de ces dernières qui augmente. Il n'existe pas de chiffres qui puissent vérifier cette hypothèse mais il serait cohérent de dire que la part d'anguillettes augmente. Il peut être possible que les civelles prennent un peu plus de retard chaque année et débute leur croissance dans la zone estuarienne.

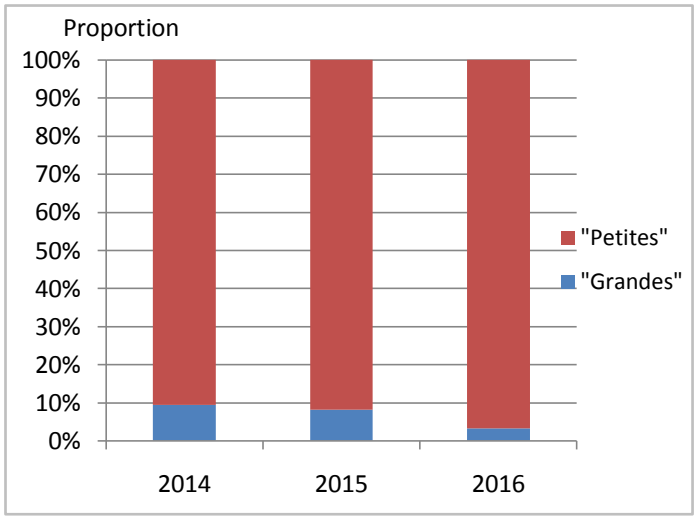
L'évolution des effectifs hebdomadaires (Graphique 27) est quant à elle globalement similaire sur chaque année.



Graphique 27 : Evolution des effectifs durant la période de migration de 2014 à 2016 aux Enfreneaux

Les pics de migration sont observés entre les semaines 14-18 et 22-28, ces derniers étant plus conséquents et plus rapprochés temporairement au fil des années.

Il est particulièrement difficile de détecter les facteurs responsables de la montaison, ces derniers étant nombreux à pouvoir agir sur la migration, et les résultats étant différents d'une année à l'autre. Au regard des corrélations mises en évidence, 2014 aurait plutôt été influencée par la marée tandis que 2015 l'aurait été par la température et 2016 par les deux. D'autres éléments entrent donc nécessairement en jeu.

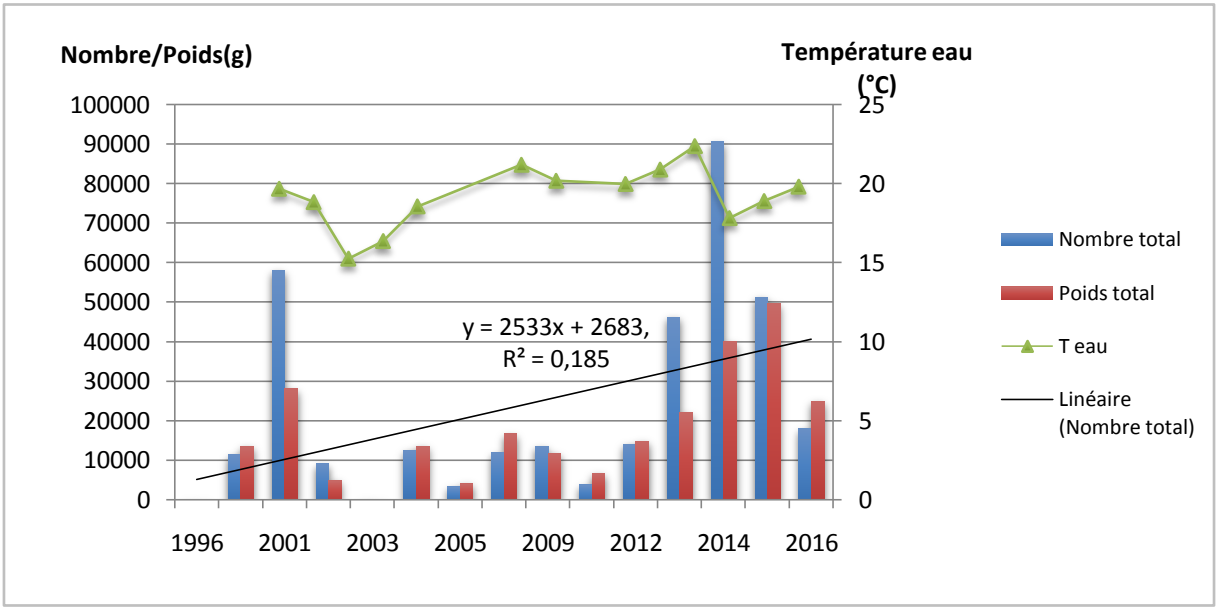


Graphique 28 : Evolution des proportions des classes de tailles de 2014 à 2016 aux Enfreneaux

Par ailleurs, les anguilles de plus de 150 mm sont moins nombreuses à franchir le barrage au fil des années. En revanche, alors que les effectifs de toutes classes de taille diminuent, la proportion de "petites" augmente. La situation est donc complexe à analyser, surtout en tenant compte du fait que les informations sur les "grandes" sont particulièrement mal connues en zone estuariennes. Il est possible que ces dernières soient restées piégés en estuaire la saison précédente, ou encore qu'elles fassent l'aller-retour entre eau douce et eau salée lorsque les portes sont ouvertes, mais rien n'a été prouvé à l'heure actuelle.

IV. B. Cinq Abbés

IV. B. 1. Evolution depuis 1996



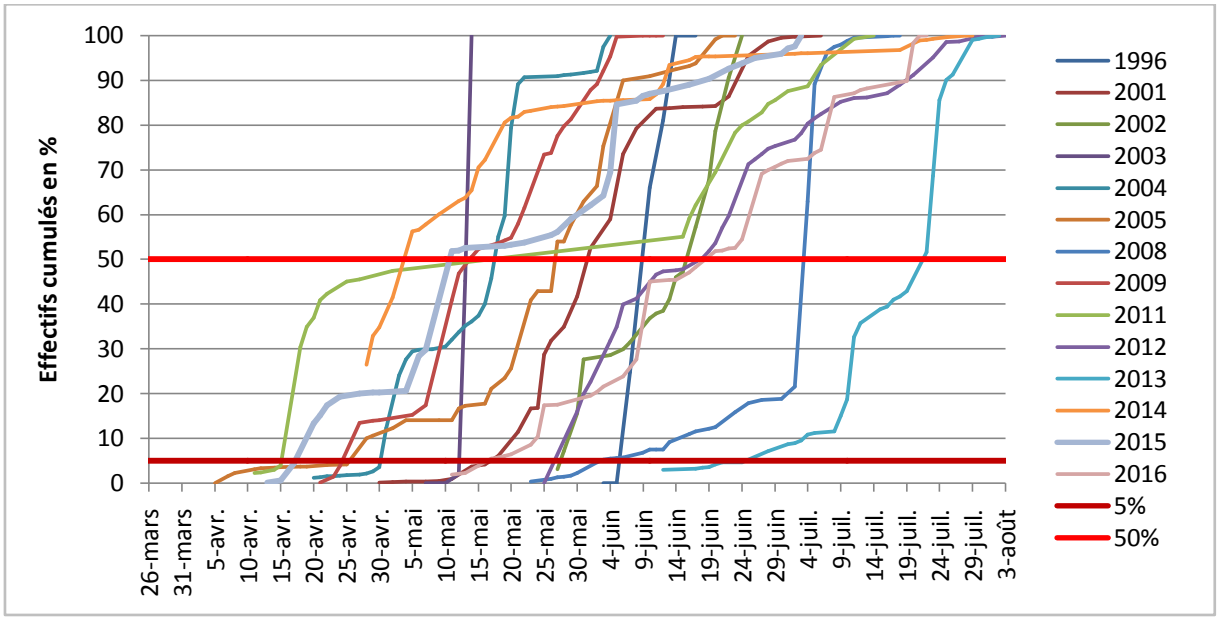
Graphique 29 : Evolution des captures au fil des ans aux Cinq Abbés

Depuis le début du suivi de la passe des Cinq Abbés, la tendance des effectifs à augmenter est assez marquée (W*=6,73, α=5%, Chessel), alors qu'il a été vu que celle des Enfreneaux avait visuellement plutôt tendance à diminuer. Il sera important de bien suivre les années à venir car il apparaitrait que les anguilles pourraient changer de préférence au niveau de l'obstacle estuarien à franchir. Néanmoins, d'autres facteurs sont à prendre en considération avant de tirer des conclusions, par exemple celui des débits fluviaux. Il apparait ici que les résultats de cette année sont bien moindres que ceux des quelques années antérieures, et le poids a même pris le pas sur les effectifs. En regardant de plus près, depuis 2014 la tendance s'inverse entre les barres des poids et d'effectif. Une des hypothèses à vérifier est donc celle de la part de "grandes" devenant plus importante ces dernières années.

Par ailleurs, la température moyenne annuelle des eaux fait partie des facteurs influençant les effectifs sur le long terme (rho=0,2198, p-val=0,4704, Spearman). Cela ne fonctionne pas vraiment pour l'année 2016 puisque la température augmente alors que les migrations diminuent. Encore une fois, un autre facteur entre en jeu ici mais il n'est pas possible de déterminer lequel.

IV. B. 2. Rythme de migration

Comme vu dans le paragraphe III. A. 3 de ce rapport, l'indicateur du rythme de migration est effectué sur toutes les années de suivi de la passe des Cinq Abbés.

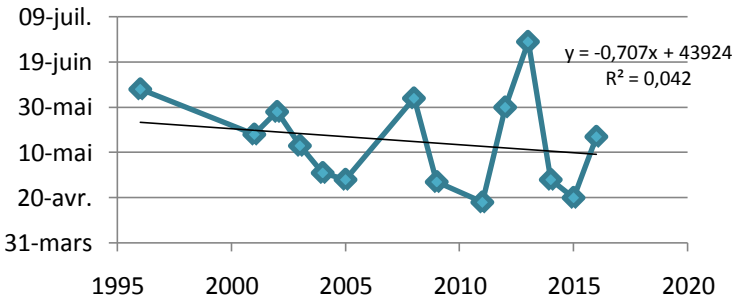


Graphique 30 : Rythme de migration aux portes des Cinq Abbés de 1996 à 2016

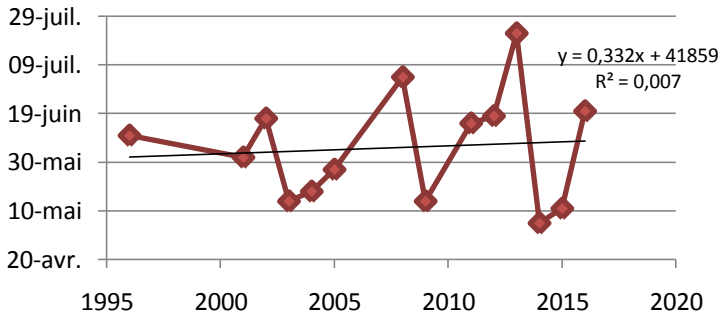
Il en ressort les dates suivantes et les graphiques associés :

Année	Date à 5% d'effectif	Date à 50% d'effectif
1996	07-juin	10-juin
2001	18-mai	01-juin
2002	28-mai	17-juin
2003	13-mai	14-mai
2004	01-mai	18-mai
2005	28-avr	27-mai
2008	03-juin	04-juil
2009	27-avr	14-mai
2011	18-avr	15-juin
2012	30-mai	18-juin
2013	28-juin	22-juil
2014	28-avr	05-mai
2015	20-avr	11-mai
2016	17-mai	20-juin

Tableau 7 : Dates de migration - Cinq Abbés 1996-2016



Graphique 31 : Dates des 5% des effectifs - Cinq Abbés



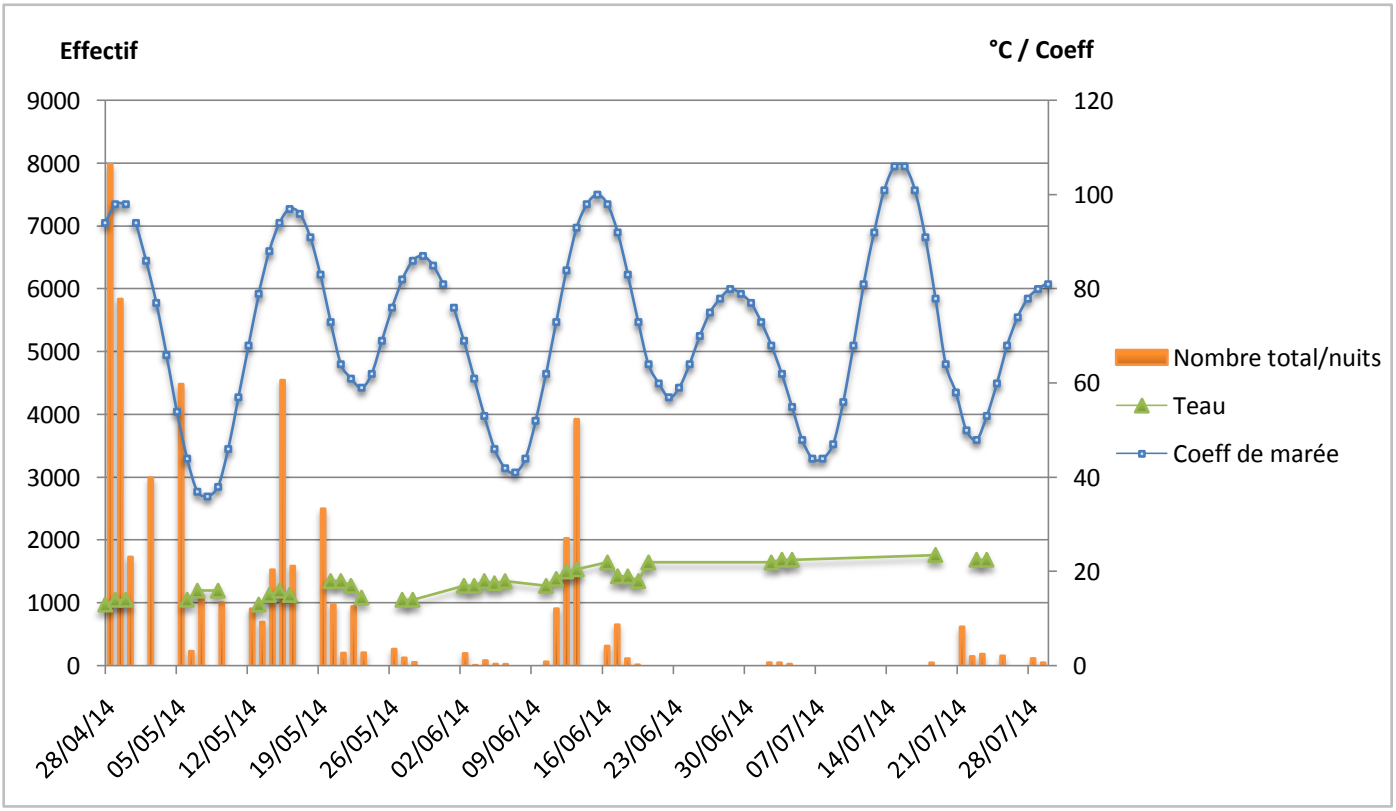
Graphique 32 : Dates médianes de la migration - Cinq Abbés

La date de début de migration a reculé de quasiment un mois depuis l'année dernière, et la date de transition de la moitié des effectifs suit le même chemin depuis 2014. La migration serait donc en train de reculer d'année en année.

Toutefois, il est nettement visible sur les Graphique 31 et Graphique 32 que les dates de migration suivent une sorte de cycle de 3-4 ans. Les facteurs agissant sur la remontée des civelles étant tellement nombreux, la raison de cette répétition est encore inconnue. Par exemple, alors que les résultats des années 2014 et 2015 peuvent s'expliquer par des printemps pluvieux pouvant ainsi amener les lâchers d'eau douce à attirer les civelles plus tôt que prévu, les années 2005 et 2011 ont plutôt été des années sèches. Cela ne peut donc pas expliquer l'avancée de la migration constatée depuis 1996.

IV. B. 3. Evolution des effectifs en 2014, 2015 et 2016

- ✓ Année 2014

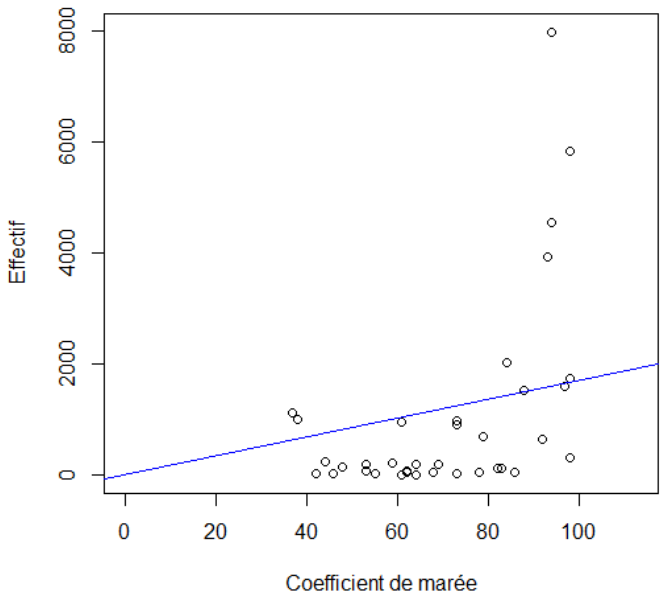


Graphique 33 : Evolution des remontées en 2014 sur le Canal des Cinq Abbés

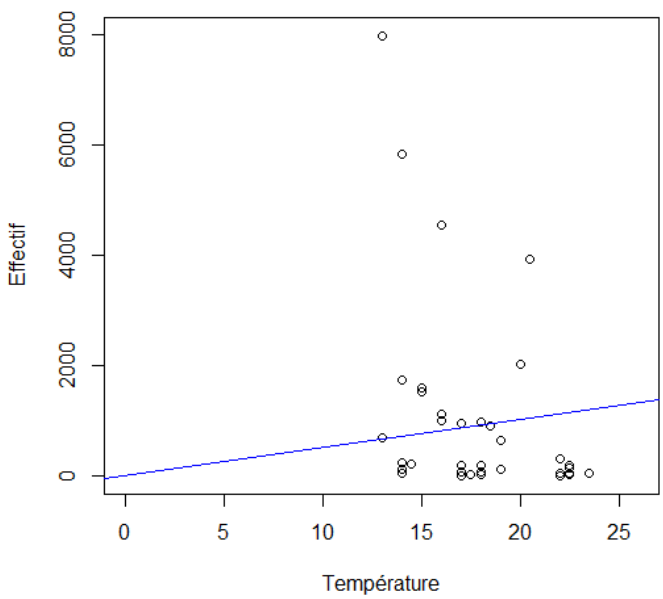
	Effectif	Coefficient	Température
Effectif	1		
Coefficient	0.4781	1	
Température	-0.04021	-0.3407	1

Tableau 8 : Coefficients de corrélation (Spearman) entre effectif, coefficients de marées et température - Cinq Abbés 2014

A l'instar des Enfreneaux en 2014, la température ne démontre pas, statistiquement parlant, d'impact sur les remontées au niveau de la passe des 5Abbés. En revanche, les anguilles ont tout l'air de se calquer sur le rythme des marées, comme illustré graphiquement (Graphique 33). Les arrivées les plus importantes sont en effet constatées lors de grosses marées (coeff 94 pour les 28 avril et 15 mai et 93 pour le 13 juin). Malgré tout, le réchauffement des eaux joue continuellement sur le comportement des petites anguilles, ainsi que le prouve l'évolution des effectifs en fonction de la température (Graphique 35).

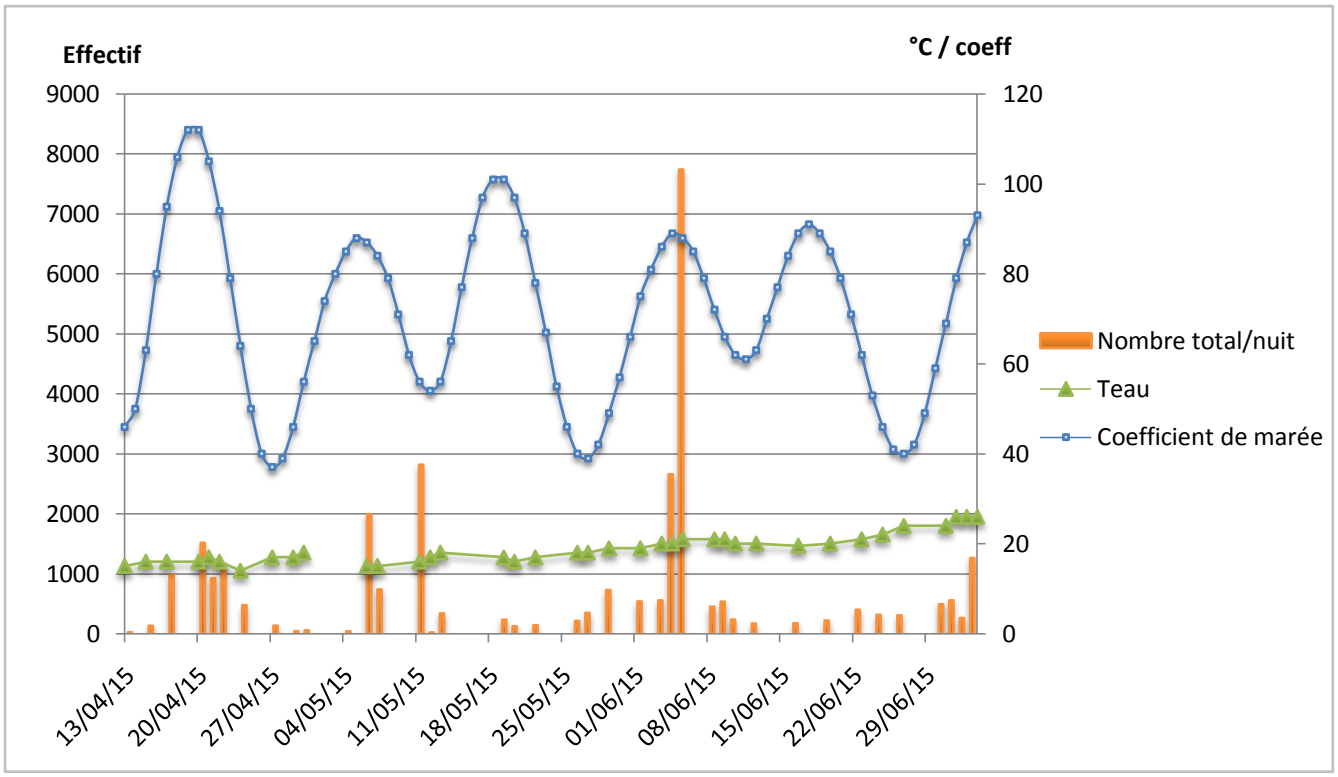


Graphique 34: Evolution des arrivées 2014 en fonction des marées aux Cinq Abbés



Graphique 35 : Evolution des arrivées 2014 en fonction de la température aux Cinq Abbés

✓ Année 2015

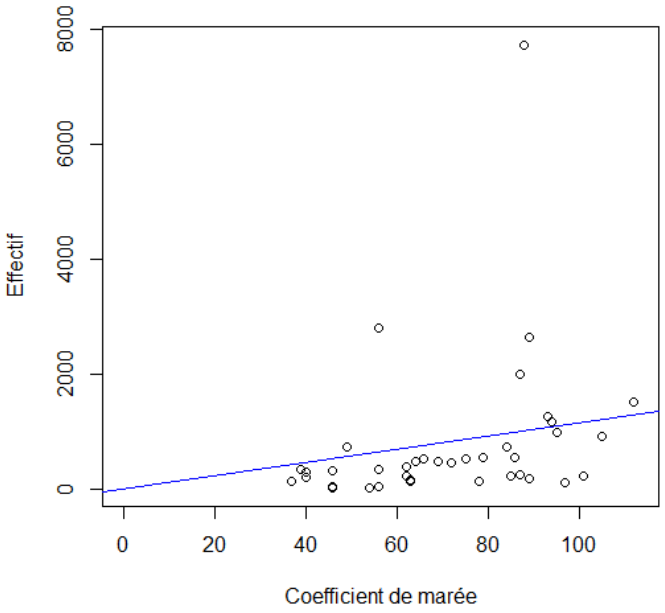


Graphique 36 : Evolution des remontées en 2015 sur le Canal des Cinq Abbés

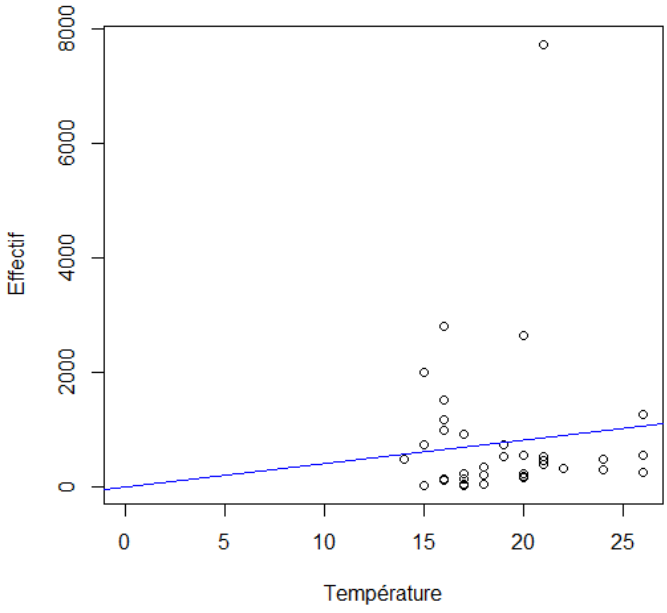
	Effectif	Coefficient	Température
Effectif	1		
Coefficient	0.4698	1	
Température	0.0756	-0.0669	1

Tableau 9 : Coefficients de corrélation (Spearman) entre effectif, coefficients de marées et température - Cinq Abbés 2015

L'année 2015 sur les Cinq Abbés démontre une légère différence avec l'année 2014 au même lieu et le site des Enfreneaux en 2014 et 2015. En effet ici, les calculs de Spearman annoncent un lien entre l'effectif et les marées mais aussi entre l'effectif et le température de l'eau, même si celui-ci est beaucoup plus ténu.



Graphique 37 :Evolution des arrivées 2015 en fonction des marées aux Cinq Abbés



Graphique 38 : Evolution des arrivées 2015 en fonction de la température aux Cinq Abbés

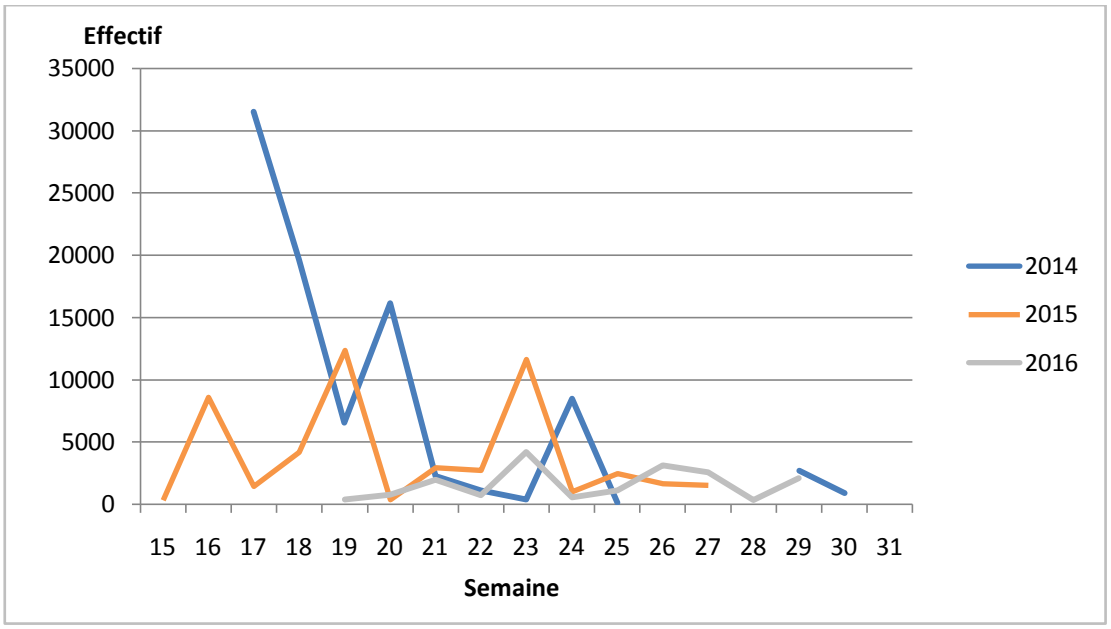
Les premières arrivées sur la passe ont lieu à 16°C avec de forts coefficients de marée (95 le 17 avril) et le pic majeur se produit dans la nuit du 4 au 5 juin lorsque l'eau passe de 20 à 21°C et que le coefficient est le plus fort du mois. L'impact des deux éléments est donc indéniable.

- ✓ Evolution entre 2014 et 2016

Le récapitulatif des résultats des trois dernières années est donné dans la tableau suivant :

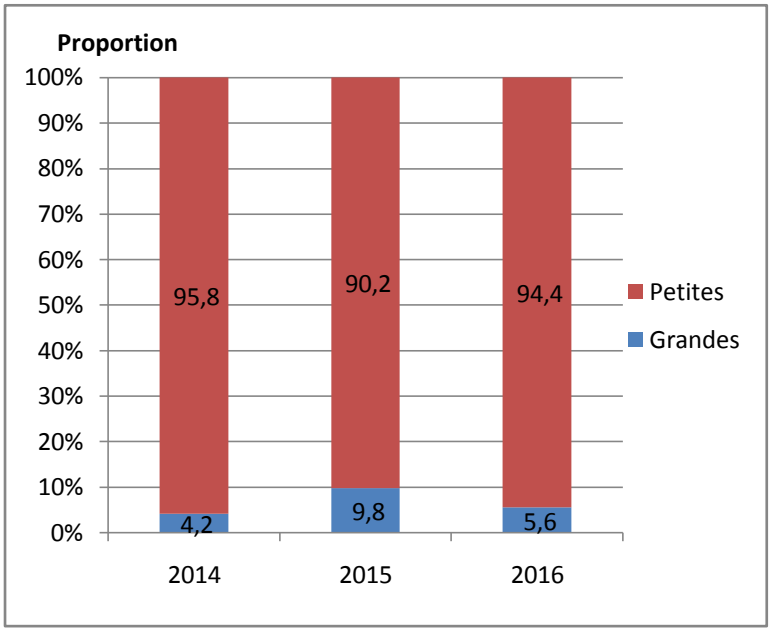
	Effectif total	Poids total (g)	Nombre nuits	Grandes(>150mm)		Petites(<150mm)	
				Nombre	Poids (g)	Nombre	Poids (g)
2014	90 573	40 001	99	3 820	13 830	86 753	26 171
2015	51 186	49 653	74	5 016	23 190	46 170	26 462
2016	18 002	25 035	62	1 002	12 632	17 000	12 403

Les chiffres totaux et ceux concernant les "grandes" ne montrent pas réellement de tendance, et ne s'expliquent pas par le nombre de jours de suivi. Les effectifs des "petites", quant à eux, diminuent, tandis que le poids ne varie pas vraiment entre 2014 et 2015. Cela signifie que la part de civelles a fortement diminué. Par ailleurs 2016 n'a pas non plus été une bonne année au vu des résultats, tant pour les "grandes" que pour les "petites", les effectifs ont même chuté de 65% par rapport à l'année dernière sur la passe des Cinq Abbés, et de 80% en trois ans. Le constat est assez alarmant.



Graphique 39 : Evolution des effectifs durant la période de migration de 2014 à 2016 aux Cinq Abbés

Les évolutions saisonnières n'ont été similaires que sur les semaines 22 à 24 durant les trois dernières années, les premiers pics n'ayant pas été constatés en 2016. Il est possible que le suivi ai commencé un peu tard mais, par extrapolation, la courbe de 2016 n'annonce rien en ce sens.



Graphique 40 : Evolution des proportions des classes de tailles de 2014 à 2016 aux CinqAbbés

Comme vu précédemment, les effectifs n'offre pas de tendance sur les trois dernières années, et il en est de même pour les proportions entre les "grandes" et les "petites". 2015 a connu des arrivées d'anguilles de plus de 150mm plus importantes que les deux autres années. La température n'entre pas en cause puisqu'elle augmente progressivement de 2014 à 2016 (17,8 en 2014, 18,9 en 2015 et 19,8 en 2016). Gascuel (1987) cite toutefois le vent comme autre élément pouvant avoir une influence indirecte sur la montaison par modification du mouvement des masses d'eau, cela pourrait expliquer cette différence interannuelle.

Conclusion

Depuis 1984 pour les Enfreneaux, et 1996 pour les Cinq Abbés les suivis des passes ont permis de récolter plusieurs années de données sur la migration anadrome de l'Anguille européenne dans le Marais poitevin, s'inscrivant dans la réglementation européenne (2007) et le Plan de Gestion Français de sauvegarde de l'Anguille (2010).

Situées dans la Baie de l'Aiguillon, ces passes ont permis de faire transiter en 2016 110 635 individus au total pour un poids d'environ 116 kg entre le 17 mars et le 29 juillet.

Chacune des deux passes a cependant eu une importance différente dans la part de ces montaisons, les Enfreneaux étant nettement plus attractifs que les Cinq Abbés avec quasiment 84% du franchissement total.

En revanche, la migration anadrome n'a pas montré les mêmes variations pour les deux, même si les liens avec la température et les marées ont été démontrés dans les deux cas, et que la migration a débuté quasiment aux mêmes dates (20 mai pour les Enfreneaux et 17 mai pour les Cinq Abbés).

Les anguilles de taille supérieure à 150mm n'ont pas été très présentes sur l'ensemble de la saison, en adéquation avec les informations connues de leur biologie. C'est également le cas pour la diminution de la taille des civelles au cours de la saison qui a été confirmé également.

Néanmoins, une différence majeure a été relevée entre les deux estuaires concernant la proportion des civelles, qui augmente dans un cas (Enfreneaux), et diminue dans l'autre (Cinq Abbés). La raison pourrait être la fermeture des portes menant au Canal des Cinq Abbés, ayant ainsi empêché les appels d'eau douce pour les civelles.

Le but du suivi de l'année est aussi de pouvoir effectuer une analyse pluriannuelle, les passes permettant l'étude de la montaison depuis plus de 20 ans. Cette dernière dépeint d'ailleurs une situation assez complexe, en lien avec la température lorsque la tendance des effectifs est étudiée mais aussi influencée par de multiples éléments lors d'analyses interannuelles.

Tout d'abord les effectifs des Enfreneaux présentent une forte tendance à la diminution, allant même jusqu'à une diminution de 50% entre 2014 et 2016, alors que la tendance sur les Cinq Abbés est à la hausse, les trois dernières années étant un peu complexes à analyser. Mais dans les deux cas, l'influence de la température est présente, donnant lieu à un questionnement sur la nature des variations de cette dernière entre le Canal des Cinq Abbés et la Sèvre niortaise. Il est peut-être possible d'avoir affaire à une inversion de l'attractivité entre les deux passes, mais toujours est-il que si inversion il y a, il faudra attendre de nombreuses années avant d'en voir l'aboutissement, les Cinq Abbés ne représentant aujourd'hui que 16% d'attrait. Il est donc indispensable de continuer les suivis de manière assidue.

En outre, les données sur les débits fluviaux seraient une grande amélioration à apporter à cette étude, pouvant faire la lumière sur certains aspects de l'évolution de la migration anadrome, et pouvant confirmer certaines hypothèses.

Pour terminer, il est important de rappeler que la Baie de l'Aiguillon n'est pas la seule entrée de l'Anguille européenne sur le continent.

A titre d'exemple et d'élément de comparaison, les résultats de la passe de Saujon, dans l'estuaire de la Seudre ont été récupérés. En effet, ce cours d'eau est proche de la Sèvre niortaise en terme d'étendue et de situation géographique. Cette année il a ainsi été comptabilisé environ 50kg soit 129 830 individus sur la passe de Saujon dans l'estuaire de la Seudre. Avec 99% d'animaux inférieurs à 90mm, considérés comme des civelles, ce passage s'avère plus emprunté que ceux de la Baie de l'Aiguillon. Par ailleurs, les effectifs ont connu une hausse de 360% par rapport à l'année dernière, sachant que celle-ci a été considérée comme "moyenne". De même, les analyses effectuées sur la période de 2010 à 2015 ont montré de fortes variations interannuelles (Laine, 2015).

Une comparaison de la totalité des passages empruntés par les civelles afin de rentrer sur le continent serait particulièrement intéressante pour visualiser les attractivités de chacun et mettre en œuvre des mesures adaptées à la situation.

Bibliographie

ANONYME, 2003. Rapport détaillé - Réseau de suivi et de surveillance de la population d'anguille du bassin de la Sèvre Niortaise et des bassins versants associés. *Réseau Anguille Marais Poitevin - Parc Interrégional du Marais Poitevin, 56p.*

BERTIN L., 1951. Les Anguilles. *Ed. Payot, 191p.*

BESLOT E., 2005. L'Anguille européenne dans le Marais poitevin – Suivi de la migration anadrome et axes de réflexion pour l'amélioration de la colonisation. *Master Environnement et Développement Durable – Fonctionnement et Gestion des Milieux Aquatiques et Marins, Université de Perpignan, 70p.*

BRIAND C et al., 2008. Analyse du fonctionnement de l'écluse d'Arzal comme un ouvrage de franchissement pour les civelles d'anguilles (Anguilla anguilla). *Institution d'aménagement de la Vilaine, 9p.*

CANTRELLE I., 1981. Etude de la migration et de la pêche des civelles (*Anguilla anguilla L.*) dans l'estuaire de la Gironde. *Thèse de 3ème cycle, Université P. et M. Curie, 237p.*

DURIF C., 2003. La migration d'avalaison de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* - Caractérisation des fractions dévalantes, phénomène de migration et franchissement d'obstacles. *Doctorat de l'Université Toulouse III, Ecologie Aquatique, 350p.*

ELIE P., 1979. Contribution à l'étude des montées de civelles d'*Anguilla anguilla L.* (Poisson téléostéen anguilliforme) dans l'estuaire de la Loire : Pêche, Ecologie, Ecophysiologie et Elevage. *Thèse de 3ème cycle, Rennes , 381p.*

ELIE P & RIGAUD C., 1987. L'impact d'un barrage d'estuaire sur la migration des poissons amphihalins : le cas de l'anguille et du barrage d'Arzal. *CEMAGREF Bordeaux, 10p.*

GASCUEL D., 1987. La civelle d'anguille dans l'estuaire de la Sèvre Niortaise – Biologie, Ecologie, Exploitation. *Parc Naturel Régional du Marais Poitevin, 341p.*

HYACINTHE F., 2009. Suivi des passes à anguille du Marais Poitevin – Bilan de 1984 à 2009. *Parc Interrégional du Marais Poitevin, 34p.*

JELLYMAN D.J., 1979. Upstream migration of juvenile freshwater eel in New-Zealand. *N.Z J.Mar. and Freshwater Res. 61-71.*

LAINE E., 2015. Suivi de la montaison des Anguilles européennes (Anguilla anguilla) sur la Seudre au niveau de la passe piège du port de Ribérou à Saujon (17). *Master Sciences de l'Environnement Terrestre Parcours Zones Humides Méditerranéennes, Université d'Aix-Marseille, 79p.*

LEGAULT A., 1987.L'Anguille dans le Bassin de la Sèvre Niortaise – Biologie, Ecologie, Exploitation. *Parc Naturel Régional du Marais Poitevin Val de Sèvre et Vendée, 305p.*

ROUL M., 2012. Protocole de suivi d'une passe-piège à anguilles. *Tableau de bord Anguille LOGRAMI, 26p.*

SCHMIDT J., 1922. The breeding places of the eel.*Phil. Trans. R. Soc., 211p.*

TRAVADE, 2011. Test d'une passe à anguille "à brosses" pour un barrage de grande hauteur – Golfech (Garonne). *EDF R&D Anguilles et ouvrages, 4p.*

VECCHIO Y., 2010. Sauvegarde de l'anguille, Plan de gestion français. *ONEMA, 22p.*

Table des graphiques et illustrations

Figure 1 : Schéma du cycle biologique de l'Anguille européenne 4
Figure 2 : Schéma de fonctionnement du Marais poitevin (maraispoitevin.evail.free.fr)..... 5
Figure 3 : Schéma de fonctionnement d'une passe à anguilles 7
Figure 4 : Schéma simplifié du réseau hydraulique de la Vendée (Hyacinthe, 2009) 10
Figure 5 : Vue de l'aval des Enfreneaux (rampe) (C. Gourdis)..... 11
Figure 6 : Vue de l'amont des Enfreneaux (A.Gagnaire) 11
Figure 7 : Eléments de la passe des Enfreneaux (A.Gagnaire) 11
Figure 8 : Vue en rive droite de la passe des Cinq Abbés (A.Gagnaire)..... 12
Figure 9 : Eléments de la passe des Cinq Abbés (A.Gagnaire)..... 12
Figure 10 : Matériel utilisé (seaux, trieur et épuisettes) (A. Gagnaire)..... 13
Figure 11 : Trieur de maille 5mm (A.Gagnaire) 13

Graphique 1 : Evolution des remontées en 2016 sur les Enfreneaux..... 18
Graphique 3 : Evolution des arrivées 2016 en fonction des températures aux Enfreneaux..... 19
Graphique 2 : Evolution des arrivées 2016 en fonction des marées aux Enfreneaux 19
Graphique 5 : Rythme de migration pour la passe des Enfreneaux en 2016..... 20
Graphique 6 : Effectifs des grandes et des petites en 2016 sur les Enfreneaux 21
Graphique 7 : Proportions des civelles et anguillettes au sein des individus <150mm en 2016 aux Enfreneaux..... 21
Graphique 8 : Boxplots de l'évolution de la taille des civelles en 2016 aux Enfreneaux..... 22
Graphique 9 : Evolution du nombre et de la proportion d'individus par classe de taille en 2016 aux Enfreneaux..... 23
Graphique 10 : Evolution des remontées en 2016 sur le Canal des Cinq Abbés 25
Graphique 11 : Evolution des arrivées 2016 en fonction des marées aux Cinq Abbés..... 26
Graphique 12 : Evolution des arrivées 2016 en fonction de la température aux Cinq Abbés.. 26
Graphique 13 : Rythme de migration pour la passe des Cinq Abbés en 2016 27
Graphique 14 : Effectifs des grandes et des petites en 2016 sur les Cinq Abbés..... 27
Graphique 15 : Proportions des civelles et anguillettes au sein des individus <150mm en 2016 aux Cinq Abbés 28

Graphique 16 : Proportions des effectifs de "grandes" lors des relevés 2016 30
Graphique 17 : Evolution du poids des "grandes" lors des relevés 2016 30
Graphique 18 : Proportions du poids des "grandes" par rapport au poids total 30
Graphique 19 : Evolution des captures au fil des ans aux Enfreneaux 31
Graphique 20 : Rythme de migration au barrage des Enfreneaux de 1984 à 2016 32
Graphique 21 : Dates des 5% des effectifs - Enfreneaux 33
Graphique 22 : Dates médianes de la migration - Enfreneaux 33
Graphique 23 : Evolution des remontées en 2014 sur la Sèvre niortaise 34
Graphique 24 : Evolution des remontées en 2015 sur la Sèvre Niortaise 35
Graphique 25 : Evolution des arrivées 2015 en fonction des marées aux Enfreneaux 36
Graphique 26 : Evolution des arrivées 2015 en fonction de la température aux Enfreneaux .. 36
Graphique 27 : Evolution de taille des individus <150mm lors de la migration 2015 aux Enfreneaux (droite = régression linéaire) 37
Graphique 28 : Evolution des effectifs durant la période de migration de 2014 à 2016 aux Enfreneaux 38
Graphique 29 : Evolution des proportions des classes de tailles de 2014 à 2016 aux Enfreneaux 39
Graphique 30 : Evolution des captures au fil des ans aux Cinq Abbés 40
Graphique 31 : Rythme de migration aux portes des Cinq Abbés de 1996 à 2016 41
Graphique 32 : Dates des 5% des effectifs - Cinq Abbés 41
Graphique 33 : Dates médianes de la migration - Cinq Abbés 41
Graphique 34 : Evolution des remontées en 2014 sur le Canal des Cinq Abbés 42
Graphique 35: Evolution des arrivées 2014 en fonction des marées aux Cinq Abbés 43
Graphique 36 : Evolution des arrivées 2014 en fonction de la température aux Cinq Abbés .. 43
Graphique 37 : Evolution des remontées en 2015 sur le Canal des Cinq Abbés 44
Graphique 38 :Evolution des arrivées 2015 en fonction des marées aux Cinq Abbés 45
Graphique 39 : Evolution des arrivées 2015 en fonction de la température aux Cinq Abbés .. 45
Graphique 40 : Evolution des effectifs durant la période de migration de 2014 à 2016 aux Cinq Abbés 46
Graphique 41 : Evolution des proportions des classes de tailles de 2014 à 2016 aux CinqAbbés 47

Tableau 1: Détails des suivis précédents 16
Tableau 2 : Coefficients de corrélation (Spearman) entre effectif, coefficients de marées et température - Enfreneaux 2016 19
Tableau 3 : Coefficients de corrélation (Spearman) entre effectif, coefficients de marées et température - Cinq Abbés 2016 26
Tableau 4 : Dates de migration - Enfreneaux 1984-2016 33
Tableau 5 : Coefficients de corrélation (Spearman) entre effectif, coefficients de marées et température - Enfreneaux 2014 35
Tableau 6 : Coefficients de corrélation (Spearman) entre effectif, coefficients de marées et température - Enfreneaux 2015 36
Tableau 7 : Dates de migration - Cinq Abbés 1996-2016 41
Tableau 8 : Coefficients de corrélation (Spearman) entre effectif, coefficients de marées et température - Cinq Abbés 2014 43
Tableau 9 : Coefficients de corrélation (Spearman) entre effectif, coefficients de marées et température - Cinq Abbés 2015 44

Table des annexes

Annexe 1 : Chiffres des relevés 2016 aux Enfreneaux 1
Annexe 2 : Chiffres des relevés 2016 aux Cinq Abbés 2
Annexe 3 : Chiffres des mesures biométriques des civelles réalisées en 2016 aux Enfreneaux 3
Annexe 4 : Résultats des tests de corrélation non paramétriques de Spearman sous R 6
Annexe 5 : Calendrier des semaines standards 9

Annexe 1 : Chiffres des relevés 2016 aux Enfreneaux

Date	Sem standard	Heure	Nb nuits	T°C eau	Grandes (>150mm)		Petites (<150 mm)			Poids total (g)	Nombre total
					Nbre	Poids (g)	Pds150 ind.	Poids (g)	Nb		
17-mars	11	h									
18-mars	11	h	1		0	0	0	0	0	0	0
21-mars	12	10h00	3	10	0	0	0	0	1	0	1
23-mars	12	10h00	2	10	1	11	0	0	2	0	3
25-mars	12	14h30	2	12	0	0	0	0	5	0	5
29-mars	13	14h30	4	12	24	0	0	0	3	0	27
1-avr.	13	10h00	3	11	1	0	0	0	1	0	2
4-avr.	14	10h30	3	12	2	0	0	0	1	0	3
6-avr.	14	10h	2	12	26	142	0	16	50	158	76
8-avr.	14	10h	2	12	30	108	0	8	9	116	39
11-avr.	15	10h	3	10	0	0	0	64	20	64	20
13-avr.	15	10h	2	12	3	45	0	15	6	60	9
15-avr.	15	10h	2	13	0	0	0	8	2	8	2
18-avr.	16	15h30	3	14	1	24	0	7	2	31	3
20-avr.	16	10h	2	14	0	0	0	26	5	26	5
22-avr.	16	10h	2	14	0	0	0	38	11	38	11
25-avr.	17	10h	3	14	0	0	0	57	15	57	15
27-avr.	17	10h	2	14	4	36	0	142	44	178	48
29-avr.	17	9h30	2	14	9	81	0	363	127	444	136
2-mai	18	10h	3	14	1	13	0	218	82	231	83
4-mai	18	10h	2	14	44	389	486	4413	1362	4802	1406
10-mai	19	10h15	1	17	0	0	546	1265	347	1265	347
11-mai	19	9h30	1	17	6	70	431	2545	885	2615	891
12-mai	19	9h30	1	17	0	0	408	631	213	631	213
13-mai	19	9h30	1	17	0	0	430	732	255	732	255
16-mai	20	h	3	14	0	0	0	548	199	548	199
17-mai	20	10h	1	17	1	16	0	160	51	176	52
18-mai	20	9h30	1	16	0	0	0	248	144	248	144
19-mai	20	10h30	1	16,5	0	0	300	524	262	524	262
20-mai	20	9h30	1	16,5	0	0	111	764	1032	764	1032
23-mai	21	10h	3	16	0	0	284	530	280	530	280
24-mai	21	9h30	1	16	0	0	0	15	14	15	14
25-mai	21	10h15	1	17	0	0	0	5	5	5	5
27-mai	21	10h	2	17	4	52	591	830	211	882	215
30-mai	22	10h	3	17	0	0	133	6907	7790	6907	7790
1-juin	22	10h	2	17	0	0	71	1133	2394	1133	2394
2-juin	22	10h	1	17	1	14	248	3762	2275	3776	2276
3-juin	23	10h	1	17	4	58	159	3376	3185	3434	3189
6-juin	23	10h	3	18	98	640	113	6849	9092	7489	9190
8-juin	23	10h	2	19	7	93	180	1160	967	1253	974
10-juin	24	10h	2	21	138	966	58	11039	28549	12005	28687
13-juin	24	11h	3	20	28	264	134	1618	1811	1882	1839
14-juin	24	11h	1	19	0	0	86	99	173	99	173

15-juin	24	12h	1	19	0	0	74	270	547	270	547
16-juin	24	12h	1	19	0	0	0	33	126	33	126
17-juin	25	10h30	1	19	0	0	0	2	7	2	7
20-juin	25	11h	3	18,5	0	0	0	31	14	31	14
21-juin	25	10h	1	18,5	0	0	0	13	3	13	3
22-juin	25	10h15	1	20	0	0	0	1	3	1	3
23-juin	25	10h	1	20,5	0	0	0	1	3	1	3
24-juin		10h	1							0	0
27-juin	26	10h15	3	21,5	68	424	225	670	447	1094	515
28-juin	26	10h	1	21,5	0	0	67	373	835	373	835
29-juin	26	10h15	1	22	36	270	67	838	1876	1108	1912
30-juin	26	10h15	1	22	13	97	41	529	1935	626	1948
1-juil.	26	10h	1	22	7	50	56	333	892	383	899
4-juil.	27	10h	3	21	10	72	92	139	227	211	237
5-juil.	27	10h	1	21	4	60	0	74	123	134	127
6-juil.	27	10h	1	21	221	1908	81	2214	4100	4122	4321
7-juil.	27	10h	1	22	52	385	80	740	1388	1125	1440
8-juil.	27	10h15	1	22,5	742	5083	101	7799	11583	12882	12325
11-juil.	28	10h30	3	22	1212	10853	230	1187	774	12040	1986
12-juil.	28	10h	1	22	16	80	101	363	539	443	555
13-juil.	28	10h	1	21,5	6	45	112	230	308	275	314
18-juil.										0	0
19-juil.	29	10h	1	26	24	140	0	172	162	312	186
20-juil.	29	10h30	1	25	97	793	101	952	1414	1745	1511
21-juil.	29	10h30	1	24	7	40	101	127	189	167	196
22-juil.	29	9h45	1	24	5	26	0	54	43	80	48
25-juil.	30	10h	3	23	22	220	0	134	92	354	114
26-juil.	30	10h	1	22,5	7	104	0	20	23	124	30
27-juil.	30	10h	1	24	5	27	0	36	37	63	42
28-juil.	30	10h	1	24	7	40	0	32	20	72	27
29-juil.	30	9h45	1	23	8	46	0	61	39	107	47

Annexe 2 : Chiffres des relevés 2016 aux Cinq Abbés

Date	Sem standard	Heure	Nb nuits	T°C eau	Grandes (>150mm)		Petites (<150 mm)			Poids total (g)	Nombre total
					Nbre	Poids (g)	Pds150 ind.	Poids (g)	Nb		
10-mai	19										
11-mai	19	11h30	1	17	1	52	92	212	345	264	346
13-mai	19	11h30	1	17	4	52	0	182	54	234	58
17-mai	20	11h15	4	17	11	173	247	949	576	1122	587
18-mai	20	11h15	1	16	0	0	0	49	45	49	45
19-mai	20	11h30	1	16,5	0	0	0	59	56	59	56
20-mai	20	11h15	1	16,5	1	14	0	42	71	56	72
23-mai	21	11h15	3	16	0	0	55	141	385	141	385
24-mai	21	11h15	1	16	0	0	82	174	318	174	318
25-mai	21	11h30	1	17	2	39	54	453	1258	492	1260

27-mai	21	11h45	1	17	0	0	0	7	25	7	25
1-juin	22	12h00	1	17	6	96	355	854	361	950	367
2-juin	22	11h15	1	17	3	27	268	269	156	296	159
3-juin	22	12h15	1	17	1	8	124	177	214	185	215
6-juin	23	11h45	3	18	6	79	173	453	393	532	399
8-juin	23	11h45	2	19	4	189	64	293	687	482	691
10-juin	23	12h15	2	21	11	451	44	915	3120	1366	3131
13-juin	24	11h30	3	20	5	77	0	112	45	189	50
14-juin	24	11h15	1	19	6	95	239	641	402	736	408
15-juin	24	11h45	1	19	3	144	0			144	3
16-juin	24	11h15	1	19	3	75	130	252	291	327	294
17-juin	24	12h00	1	19	37	212	120	150	188	362	225
20-juin	25	11h45	3	18,5	20	176	93	388	626	564	646
21-juin	25	10h30	1	18,5	0	0	0	10	22	10	22
22-juin	25	11h45	1	20	1	13	0	45	76	58	77
23-juin	25	11h	1	20,5	0	0	0	15	28	15	28
24-juin	25	10h30	1	21	36	157	57	118	311	275	347
27-juin	26	12h00	3	21,5	84	831	41	694	2539	1525	2623
28-juin	26	12h00	1	21,5	12	1335	0	106	140	1441	152
29-juin	26	12h00	1	22	14	120	0	94	116	214	130
30-juin	26	11h30	1	22	6	55	0	63	121	118	127
1-juil.	26	11h15	1	22	7	44	0	92	109	136	116
4-juil.	27	11h30	3	21	0	0	0	30	80	30	80
5-juil.	27	11h15	1	21	31	675	108	141	196	816	227
6-juil.	27	11h50	1	21	23	422	0	100	107	522	130
7-juil.	27	11h30	1	22	233	2508	173	921	799	3429	1032
8-juil.	27	13h	1	22,5	108	1402	118	778	989	2180	1097
11-juil.	28	15h	3	22	0	0	140	148	159	148	159
12-juil.	28	12h20	1	22	10	70	0	92	103	162	113
13-juil.	28	11h	1	21,5	11	77	0	128	66	205	77
18-juil.	29										
19-juil.	29	11h30	1	26	71	981	275	421	230	1402	301
20-juil.	29	12h	1	25	161	1376	132	1187	1349	2563	1510
21-juil.	29	11h15	1	24	70	607	276	445	242	1052	312
22-juil.	29	11h15	1	24	0	0	0	3	4	3	4

Annexe 3 : Chiffres des mesures biométriques des civelles réalisées en 2016 aux Enfreneaux

semaine	longueur	classe de taille
20	61	60
20	76	75
20	67	65
20	68	65
20	67	65
20	66	65
20	74	70
20	70	70

semaine	longueur	classe de taille
20	69	65
20	70	70
20	72	70
20	71	70
20	69	65
20	70	70
20	70	70
20	68	65

semaine	longueur	classe de taille
22	73	70
22	70	70
22	75	75
22	70	70
22	74	70
22	66	65
22	69	65
22	75	75

semaine	longueur	classe de taille
22	62	60
22	65	65
22	60	60
22	68	65
22	65	65
22	69	65
22	68	65
22	74	70
22	69	65
22	66	65
22	60	60
22	65	65
22	72	70
22	60	60
22	70	70
22	71	70
22	64	60
22	59	55
22	66	65
22	62	60
22	63	60
22	63	60
22	63	60
22	64	60
22	73	70
22	64	60
22	70	70
22	64	60
22	64	60
22	69	65
22	70	70
22	70	70
22	65	65
22	69	69
22	64	60
22	65	65
22	64	60
22	65	65
22	64	60
22	69	69
22	66	65
22	68	65
22	62	60
22	68	65
22	62	60
22	68	65
22	60	60
22	65	65
22	75	75
22	74	70
22	63	60

semaine	longueur	classe de taille
22	67	65
25	59	55
25	59	55
25	69	65
26	65	65
26	68	65
26	68	65
26	69	65
26	69	65
26	63	60
26	63	60
26	65	65
26	60	60
26	62	60
26	63	60
26	71	70
26	70	70
26	64	60
26	61	60
26	62	60
26	69	65
26	62	60
26	69	65
26	70	70
26	69	65
26	78	75
26	62	60
26	69	65
26	66	65
26	65	65
26	59	55
26	68	65
26	66	65
26	61	60
26	68	65
26	64	60
26	63	60
26	76	75
26	61	60
26	58	55
26	67	65
26	61	60
26	66	65
26	64	60
26	65	65
26	59	55
26	70	70
26	70	70
26	71	70
26	70	70
26	68	65

semaine	longueur	classe de taille
26	69	65
26	65	65
26	73	70
26	63	60
26	60	60
26	63	60
26	67	65
26	63	60
26	64	60
27	60	60
27	66	65
27	67	65
27	66	65
27	70	70
27	72	70
27	67	65
27	64	60
27	58	55
27	62	60
27	63	60
27	65	65
27	69	65
27	64	60
27	66	65
27	61	60
27	62	60
27	64	60
27	69	65
27	64	60
27	70	70
27	63	60
27	68	65
27	64	60
27	71	70
27	66	65
27	63	60
27	62	60
27	70	70
27	70	70
27	66	65
27	69	65
27	67	65
27	67	65
27	71	70
27	70	70
27	64	60
27	57	55
27	63	60
27	69	65
27	62	60
27	63	60

semaine	longueur	classe de taille
27	66	65
27	66	65
27	64	60
27	64	60
27	63	60
27	64	60
27	65	65
27	64	60
27	65	65
27	63	60
27	62	62
27	62	62
27	62	62
27	65	65
28	67	65
28	65	65
28	64	60
28	65	65
28	65	65
28	66	65
28	63	60
28	62	60
28	59	55
28	73	70
28	68	65
28	64	60
28	58	55
28	62	60
28	72	70
28	62	60
28	60	60
28	66	65
28	58	55
28	71	70
28	59	55
28	61	60
28	70	70
28	64	60
28	68	65
28	72	70
28	65	65
28	73	70
28	66	65
28	72	70
28	67	65
28	65	65

semaine	longueur	classe de taille
28	65	65
28	65	65
28	66	65
28	64	60
28	65	65
28	67	65
28	65	65
28	67	65
28	66	65
28	61	60
28	60	60
28	64	60
28	66	65
28	62	60
28	69	65
28	67	65
28	67	65
28	65	65
28	64	60
28	62	60
28	62	60
28	59	55
28	58	55
28	65	65
28	65	65
28	60	60
28	64	60
28	65	65
29	63	60
29	61	60
29	61	60
29	60	60
29	59	55
29	65	65
29	65	65
29	55	55
29	64	60
29	52	50
29	64	60
29	58	55
29	67	65
29	65	65
29	63	60
29	60	60
29	62	60
29	67	65

semaine	longueur	classe de taille
29	63	60
29	62	60
29	67	65
29	64	60
29	67	65
29	69	65
29	65	65
29	64	60
29	67	65
29	69	65
29	60	60
29	64	60
29	66	65
29	68	65
29	68	65
29	62	60
29	65	65
29	60	60
29	60	60
29	71	70
29	63	60
29	56	55
29	59	55
29	69	65
29	67	65
29	64	60
29	62	60
29	68	68
29	74	74
29	60	60
29	64	60
29	71	70
29	62	60
29	65	65
29	61	60
29	65	65
29	73	70
29	61	60
29	79	75
29	63	60
29	66	65
29	64	60

Annexe 4 : Résultats des tests de corrélation non paramétriques de Spearman sous R

ENFRENEAUX

- Pour 1984 à 2016

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  nb and temp
S = 637.68, p-value = 0.059
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
0.4406348
```

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  nb and poids
S = 190, p-value = 5.455e-07
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
0.8333333
```

- Pour l'année 2014
  - Entre le nombre d'anguilles par nuit et la température

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  nb and temp
S = 17555, p-value = 0.5851
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
        rho
-0.08262127
```

  - Entre le nombre d'anguilles par nuit et les coefficients de marée

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  nb and coeff
S = 14237, p-value = 0.01039
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
0.3558105
```

  - Entre les coefficients de marée et la température

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  temp and coeff
S = 20566, p-value = 0.07139
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
       rho
-0.2683245
```

- Pour l'année 2015
  - Entre le nombre d'anguilles par nuit et la température

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  nb and temp
S = 17514, p-value = 8.763e-05
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
0.4882013
```

- Entre le nombre d'anguilles par nuit et les coefficients de marée

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  nb and coeff
S = 39217, p-value = 0.2698
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
       rho
-0.1460177
```

- Entre les coefficients de marée et la température

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  temp and coeff
S = 37046, p-value = 0.534
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
        rho
-0.08259497
```

➢ Pour l'année 2016

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  nb and temp
S = 28501, p-value = 3.087e-05
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
0.4793308
```

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  nb and coeff
S = 52450, p-value = 0.7329
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
0.04182621
```

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  temp and coeff
S = 55042, p-value = 0.9641
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
        rho
-0.005515018
```

5ABBES

➢ Pour 1996 à 2016

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  nb and temp
S = 284, p-value = 0.4704
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
0.2197802
```

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  nb and poids
S = 24, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
0.9340659
```

➢ Pour l'année 2014

- Entre le nombre d'anguilles par nuit et la température

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  nb and temp
S = 10011, p-value = 0.01664
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
       rho
-0.4020943
```

- Entre le nombre d'anguilles par nuit et les coefficients de marée

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  nb and coeff
S = 3726.3, p-value = 0.003673
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
0.4781149
```

- Entre les coefficients de marée et la température

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  temp and coeff
S = 9572.6, p-value = 0.0452
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
-0.3407015
```

➢ Pour l'année 2015

- Entre le nombre d'anguilles par nuit et la température

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  nb and temp
S = 8449.3, p-value = 0.6525
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
0.07546232
```

- Entre le nombre d'anguilles par nuit et les coefficients de marée

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  nb and coeff
S = 4845.7, p-value = 0.002922
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
0.4697767
```

- Entre les coefficients de marée et la température

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  temp and coeff
S = 9750, p-value = 0.6901
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
       rho
-0.06685204
```

➢ Pour l'année 2016

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  nb and temp
S = 10595, p-value = 0.3715
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
0.1414558
```

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  nb and coeff
S = 8963, p-value = 0.07942
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
0.2737188
```

```
        Spearman's rank correlation rho

data:  temp and coeff
S = 11139, p-value = 0.5394
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
       rho
0.09740249
```

Annexe 5 : Calendrier des semaines standards

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