



Suivi de la migration anadrome de l'Anguille européenne, *Anguilla anguilla*, dans le Marais poitevin

Adeline MASSONNEAU

Stage effectué du **15/04/13** au **02/08/13**

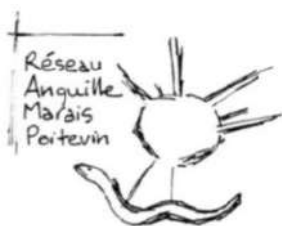
Sous la direction de :

M^{me} **Sophie DER MIKAELIAN**, chargée de mission environnement – programme poissons
migrateurs



Parc interrégional du Marais poitevin

2, rue de l'église
79510 COULON



Remerciements

Je souhaite tout d'abord remercier M. Yann HELARY, président du Parc interrégional du Marais poitevin, de m'avoir permis d'effectuer mon stage au sein du Parc.

Je remercie également, Mme Sophie DER MIKAELIAN, ma maître de stage et chargée de mission environnement / Poissons migrateurs, de m'avoir fait confiance, d'avoir partagé avec moi sa passion pour la faune piscicole et l'importance de sa valorisation. Mais aussi pour m'avoir fait découvrir une des espèces emblématiques du Marais Poitevin, l'anguille.

M. Xavier BARON, chargé de mission environnement, pour sa bonne humeur et sa gentillesse au sein de l'antenne de Saint Sauveur d'Aunis.

Merci à M. Philippe GAUTIER pour toutes les connaissances qu'il m'a apportées.

Audrey BONNANFANT, stagiaire à Coulon, pour sa gentillesse et ses photos.

Je tiens à remercier les membres des fédérations de pêche des Deux-Sèvres, de Vendée et de Charente-Maritime, pour la participation aux pêches électriques qui m'ont permis de renforcer mes connaissances sur la faune piscicole.

Sommaire

I - Introduction	4
II - Matériels & méthodes	6
II.1 - Présentation du matériel biologique : l'Anguille européenne.....	6
II.2 - L'anguille dans le Marais poitevin.....	8
II.3 - Les passes à anguilles.....	9
II.4 - Choix et situation géographique des passes à anguille.....	11
II.5 - Protocole de suivi.....	12
II.6 - Traitement des données.....	13
III - Résultats	14
III.1 - Passe estuarienne : les Enfreneaux.....	14
III.1.1 - Intensité migratoire.....	14
III.1.2 - Influence de la température.....	14
III.1.3 - Influence des marées.....	15
III.1.4 - Évolution de la taille.....	15
III.1.5 - Bilan 2010-2013.....	16
III.2 - Passes fluviales.....	17
III.2.1 - Boule d'Or.....	17
III.2.1.1 - Intensité migratoire.....	17
III.2.1.2 - Répartition de la migration selon la rive	17
III.2.1.3 - Influence de la température.....	18
III.2.2 - Boisse.....	18
III.2.2.1 - Intensité migratoire.....	18
III.2.2.2 - Répartition de la migration selon la rive	19
III.2.2.3 - Influence de la température.....	19
III.3 - Distance à l'estuaire.....	20
IV - Discussion	21
V - Conclusion	25
<i>Bibliographie</i>	27
<i>Annexes</i>	28

I - Introduction

L'**Anguille européenne** (*Anguilla anguilla*) est une espèce ubiquiste¹ capable de vivre aussi bien en milieu **marin** (zones côtières, estuaires) que **dulçaquicole** (rivières, marais). Ses capacités exceptionnelles font d'elle une espèce dominante et emblématique des peuplements piscicoles du **Marais poitevin**. L'anguille est caractéristique de part son cycle biologique mais surtout par son mode migratoire, en effet, changeant de milieu au cours de sa migration, c'est un migrateur **amphibiotique**. Elle se reproduit en mer, puis remonte les fleuves et les rivières pour croître, c'est la migration **anadrome**.

C'est une espèce dont l'importance économique et écologique a été soulignée par l'ensemble de la communauté scientifique (Groupe National Anguille – La Rochelle 1983). Elle présente un **intérêt patrimonial** mais se révèle aussi d'une grande importance **économique** puisque son exploitation, quelque soit le stade biologique, constitue depuis longtemps une activité essentielle pour de nombreux habitants.

Dans le bassin versant de la **Sèvre niortaise**, et en particulier dans le Marais poitevin, elle fait depuis toujours l'objet d'une pêche traditionnelle, mais représente surtout une ressource halieutique importante ainsi qu'un atout pour le tourisme local.

Depuis quelques années, on assiste à une diminution notable des arrivées de civelles dans les estuaires du littoral atlantique. À l'interface de la terre et de l'océan, le territoire du Marais poitevin constitue un site au potentiel piscicole élevé mais qui n'échappe pas à la tendance de réduction des effectifs d'anguilles (Gascuel, 1987). En effet, la cause principale de leur régression est due à l'**aménagement** de la zone humide et à l'implantation d'**ouvrages hydrauliques** sur les cours d'eau, rendus de plus en plus difficiles à franchir pour les poissons migrateurs et notamment l'anguille. Au fil des siècles, le Marais poitevin a subi d'importantes transformations de son réseau aquatique et de ses habitats **palustres**². De surcroît, la gestion des niveaux d'eau et des ouvrages hydrauliques ainsi que l'utilisation massive de la ressource en eau en période d'étiage³ à des fins agricoles compromettent, de plus en plus, la survie et la reproduction du peuplement piscicole. De ce fait le Parc interrégional du Marais poitevin (PIMP) a entrepris, dès les années 80, des aménagements dans le but de remédier à cette situation alarmante. En 1984, la première passe à anguilles de France est installée sur le barrage des Enfreneaux à Marans. Par la suite, plusieurs autres barrages ont été équipés de

1 Qui peut vivre partout, qui s'adapte facilement aux milieux divers.

2 Qui se rapporte aux marais

3 Plus bas niveau d'un cours d'eau

passes à anguilles, permettant à l'espèce de coloniser au mieux le Marais. En 2001, un réseau de surveillance et de suivi de la population d'anguilles, « Réseau Anguille du Marais Poitevin » (**RAMP**), du bassin de la Sèvre niortaise et des bassins associées a été mis en place.

Ainsi, cette étude s'inscrit dans le cadre du « Réseau Anguille du Marais » avec pour objectif d'étudier l'intensité migratoire de l'Anguille européenne et de caractériser le flux grâce à certains barrages équipés de passes pièges sur le territoire du Marais poitevin.

L'objectif principal de ce stage est d'avoir une idée quant à la quantité de civelles qui réalise leur **migration anadrome** dans le Marais poitevin par le suivi de 6 passes à anguille. Ce suivi, existant depuis 1984, permet de pouvoir comparer les données de 2013 avec les observations passées.

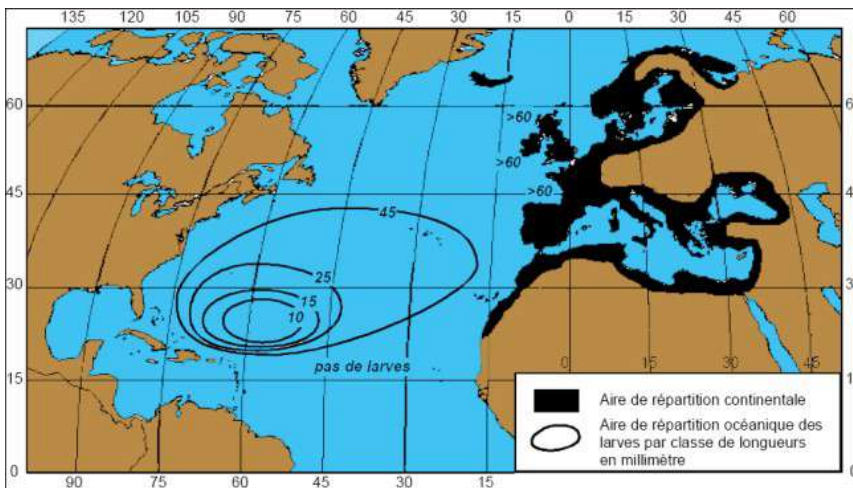
Dans un premier temps, l'anguille et sa biologie seront présentées au sein de ce rapport. Par la suite nous verrons également le fonctionnement des passes à anguilles et la localisation de celles suivies durant l'étude. Les résultats présentés traiteront des données relatives à la quantité d'individus ayant emprunté les passes, mais aussi des facteurs susceptibles d'induire des variations dans la migration de l'espèce. Enfin, la discussion mettra en relation les différents paramètres et des perspectives seront avancées quant à l'amélioration de la migration de l'anguille dans le Marais poitevin.

II - Matériels & méthodes

II.1 - Présentation du matériel biologique : l'Anguille européenne

Anguilla anguilla appartient à la famille des anguillidés et à l'ordre des anguilliformes. C'est un poisson **amphihalin thalassotoque** c'est à dire vivant successivement en eau douce et en eau salée et se reproduisant en mer. Il s'agit d'un poisson migrateur très étonnant car sa peau est recouverte de minuscules écailles et d'un mucus abondant. Son corps allongé serpentiforme est dépourvu de nageoires pelviennes. La nageoire anale et la nageoire dorsale sont réunies en une seule, très longue. Sur sa tête légèrement aplatie, se trouve deux opercules laissant apparaître un petit orifice branchial. L'anguille possède deux paires de narines au bout du museau, laissant penser que l'odorat est primordial chez cette espèce.

L'anguille est lucifuge, elle vit notamment dans les canaux du Marais poitevin où elle se cache dans les sous-berges, les racines... Opportuniste, elle se nourrit de crustacés, d'insectes, de vers, mollusques, écrevisses, grenouilles et petits poissons morts ou vifs.



L'Anguille européenne possède une **aire de répartition** extrêmement vaste (Figure 1), qu'il convient de séparer en deux régions distinctes, en relation avec le caractère migrateur de cette espèce :

Figure 1: Aire de répartition de l'Anguille © DORIS

- l'**aire de ponte** se situe dans la mer des Sargasse (Schmidt, 1922) au large des côtes américaines. Elle s'étend entre 22° et 29° nord et entre 50° et 70° ouest (Tesch *et al.*, 1979). Les larves sont présentes dans une grande partie de l'Atlantique Nord, avec des tailles maxima d'autant plus grande que l'on s'approche des côtes européennes.
- l'**aire de grossissement** correspond aux zones côtières et aux cours d'eau de l'Europe et de l'Afrique du Nord. Elle s'étend du Nord de la Norvège au Sahara occidental et de l'Islande au delta du Nil et à la Mer Noire. Sur la côte Atlantique, cette aire de répartition coïncide avec la période de la grande circulation anticyclonique des masses d'eaux de l'Atlantique Nord.

À l'intérieur de cette vaste aire de répartition, l'Anguille occupe des habitats très variés, tant en milieu marin (zones côtières, estuaires, lagunes) qu'en milieu dulçaquicole (rivière, étangs, marais).

Les anguilles se distinguent par un cycle biologique passant par 5 stades (Figure 2).

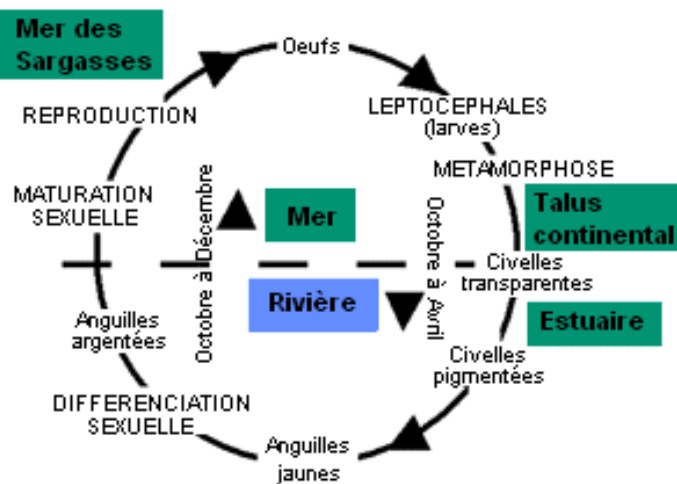


Figure 2: Cycle biologique de l'Anguille © PIMP

La ponte s'effectuerait au niveau de la mer des Sargasses et donne naissance à des larves appelées **leptocéphales** (Figure 3). Ces larves, translucides, sont carnivore et se nourrissent de zooplancton. Elles possèdent une morphologie adaptée à la vie pélagique et sont portées par les courants, notamment le Gulf Stream.

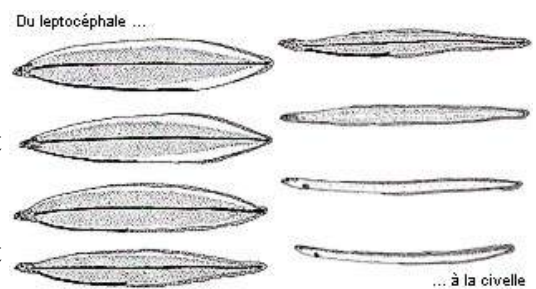


Figure 3: Du leptocéphale à la civelle © PIMP

Au voisinage du plateau continental où elles arrivent le plus souvent dès la fin de l'été, les leptocéphales se transforment en **civelles** (Figure 4). Cette métamorphose correspond à de



Figure 4: Civelle © Massonneau

profondes modifications morphologiques, physiologiques et comportementales, qui peuvent être considérées comme une adaptation à la nage à contre courant (Edeline 2005). En effet, à ce stade, la civelle passe d'un comportement de nage passive où elle se laisse porter par les courants des marées, à une nage active à contre courant. Ce phénomène est principalement conditionné par la température.

Dès qu'elle atteint les eaux douces situées en amont de la limite d'influence de la marée, la civelle se transforme en **anguillettes (civelles pigmentées)** : l'activité natatoire, augmente, l'appareil digestif et la vessie natatoire deviennent fonctionnels, la pigmentation se poursuit et s'intensifie. Le comportement change, la jeune anguille se sédentarise et adopte un comportement de plus en plus benthique.

Le stade suivant, correspondant à l'**anguille jaune**, est caractérisé par une phase de différenciation sexuelle et une attitude territoriale de prédateur actif. Au début de l'automne et après généralement 5 à 10 ans passés en eau douce, l'anguille jaune se métamorphose en **anguille argentée** par un ensemble de modifications physiologiques. Ces nouvelles transformations lui permettront de s'adapter aux nouvelles contraintes de pression du milieu marin lors de sa migration de reproduction. En effet, l'anguille argentée adopte un comportement de dévalaison⁴ et rejoint les zones aval des cours d'eau puis l'estuaire et l'océan afin d'entamer sa migration de 6000 km vers la mer des Sargasses (Benay, 2001).

II.2 - L'anguille dans le Marais poitevin

Le Marais poitevin se situe à l'ouest de la France et s'étire de la ville de Niort à la Baie de l'Aiguillon. Le territoire est présent sur trois départements : la Charente Maritime, les Deux Sèvres et la Vendée. Il se situe également au carrefour de plusieurs grandes zones climatiques et à l'interface de la terre et de l'océan. Trois grandes entités géographiques s'y distinguent : le **marais mouillé**, le **marais desséché** et le **littoral** (Annexe 1). Deux paysages dominent à savoir les prairies et les champs ouverts (marais desséché) ainsi que les parcelles arborées et verdoyants (marais mouillés). On peut noter également la présence de paysages littoraux et d'une poignée d'îlots calcaires.

Le Marais poitevin possède donc une grande richesse écologique pour deux raisons principales : d'une part il est composé de milieux diversifiés et d'autre part du fait de sa spécificité de zone humide (deuxième zone humide en France après la Camargue).

Cette zone humide représente un intérêt patrimonial, écologique, paysager, économique ainsi qu'un rôle régulateur de l'hydraulique (quantité et qualité des eaux). De plus, elle a un rôle esthétique et de conservation des espèces nécessaires au maintien de la biodiversité (PIMP 2003).

Le Marais poitevin, avec sa situation atlantique privilégiée, est placé idéalement dans l'aire de répartition de l'Anguille européenne en vue des voies principales d'arrivées massives des juvéniles. Les zones de l'aval du bassin versant présentent un réseau dense de cours d'eau, de canaux et de fossés de tailles variables qui constituent a priori un habitat favorable et important pour l'espèce. De plus, à la complexité du réseau hydrographique correspond une complexité des voies possibles de colonisation au cours de la migration des anguilles.

4 Action de descendre un cours d'eau

II.3 - Les passes à anguilles

Les ouvrages hydrauliques du Marais poitevin constituent des obstacles à la migration des anguilles, ainsi des passes à anguille (Figure 5) ont été installées afin de permettre le passage des animaux.

Leur fonctionnement repose sur deux caractéristiques essentielles du

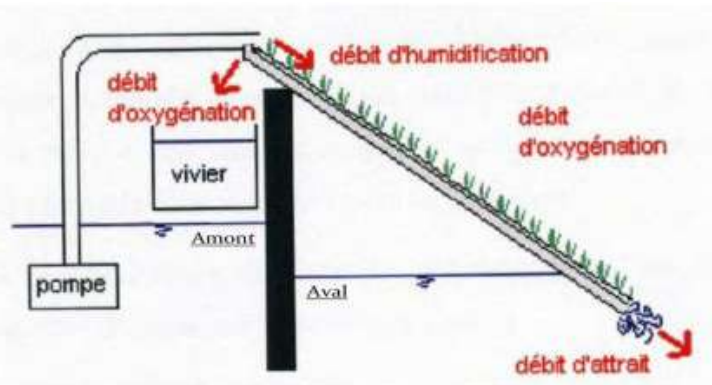


Figure 5: Schéma d'une passe à Anguille © PIMP

comportement de l'Anguille européenne (Aubrun, 1985) : la tendance instinctive de celles-ci à remonter les courants d'eau (**rhéotropisme**) et leur attirance pour les eaux douces (**hydrotropisme**). Aussi, les anguilles possèdent la capacité de progresser dans très peu d'eau ou sur une surface humide. Les civelles et anguillettes en migration progressent vers l'amont le long des berges, c'est pour cela que les passes à anguilles sont situées sur les côtés des ouvrages hydrauliques.

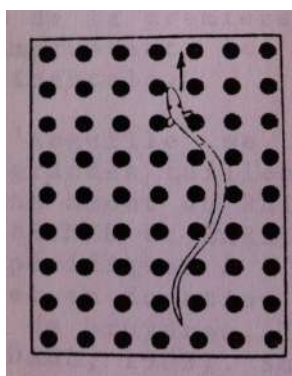


Figure 6: Montée d'une civelle sur le tapis brosse © Gascuel

Les individus arrivent au pied de l'obstacle (ouvrage hydraulique) et s'y accumulent, cherchant instinctivement le moyen de le franchir. Ils sont alors attirés vers la rampe par le débit d'attrait qui provient d'une pompe, il est suffisamment important afin d'être perçu. La rampe est garnie d'un tapis brosse, sur laquelle circule une mince couche d'eau permettant l'humidification sur toute la longueur. Les brosses permettent aux individus de prendre appui pour leur reptation ou le repos (Figure 6). L'angle de la rampe ne peut excéder 45° ainsi la

longueur de la rampe sera fonction de la hauteur de l'obstacle à franchir. Enfin, un vivier est placé en amont de la rampe et donne ainsi la possibilité de réaliser le piégeage de tous les individus en transit.

Lorsqu'il n'y a pas de suivi, les passes sont laissées en activité sans piégeage afin de laisser les individus migrer.

Il existe différents types de passes à anguilles en fonction de l'ouvrage sur lequel elles sont installées :

- Les **passes estuariennes** :

Relativement importantes dans la migration anadrome de l'anguille, ces passes se situent à l'**interface** du domaine maritime et du domaine dulçaquicole. Aussi le transit des individus au

stade civelle est prépondérant et fournit des informations de premier ordre concernant l'espèce. Trois barrages estuariens sont équipés de passe à anguille : Portes des Cinq Abbés (Canal des Cinq Abbés), Portes du Contreboth de Vix et **Enfreneaux** (Sèvre niortaise).

Le barrage des Enfreneaux (Figure 7 & 8) et celui des Cinq Abbés peuvent être considérés comme un bon indicateur de l'état de colonisation annuelle du Marais poitevin car ils sont situés tous deux à son **exutoire**. Il est toutefois à noter que les quantités migrantes qui y sont observées ne sont qu'une partie de la colonisation totale de l'anguille en Marais poitevin et cela pour de multiples raisons (porosité des ouvrages, migration hivernale, voie de colonisation annexe, etc.). Cette année, pour la période donnée, seul la passe des Enfreneaux a été suivie.



Figure 7: Barrage des Enfreneaux (Marans – 17)
© Massonneau

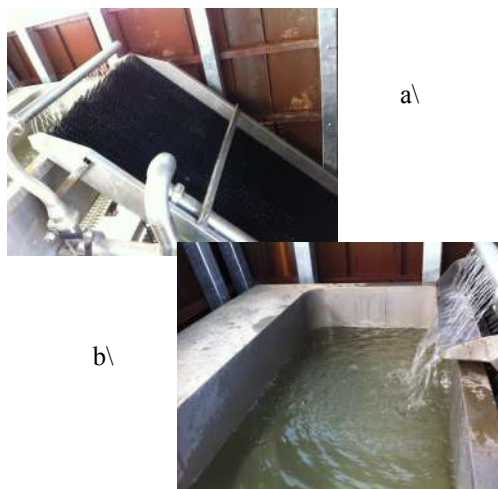


Figure 8: Passe à anguille des Enfreneaux
a\ Rampe
b\ Vivier
© Massonneau

- Les **passes fluviales** :

Positionnées sur les **vannes levantes**, ces passes visent à rétablir la circulation des anguilles dans la majeure partie du réseau hydraulique au sein du territoire régit par le Parc. Seules les passes équipées de **piège** permettent d'en réaliser le suivi. Du fait de leur position stratégique vis-à-vis du réseau hydraulique, ces sites sont une source d'information non négligeable dans le suivi de l'anguille en Marais poitevin.



Figure 9: Passe fluviale à Boisse © Massonneau

Le type de passe est sensiblement identique à celles qui se situent sur les barrages estuariens, seul le système de piégeage est différent. On y retrouve une rampe d'ascension, un débit d'attrait et un débit d'humification, mais le système de piégeage se fait grâce à des **filets** installés directement sur les passes (Figure 9).

Le réseau hydraulique du Marais poitevin compte actuellement 30 passes fluviales sur 29 ouvrages (Annexe 2). Durant cette étude, 5 passes fluviales situées sur deux ouvrages, Boule d'Or (Figure 10) et Boisse (Figure 11), ont fait l'objet d'un suivi. Sur le barrage de la Boule d'Or deux passes à anguilles se trouvent sur l'axe Vendée, une en rive gauche et une en rive droite. Il en est de même pour le barrage de Boisse.



Figure 10: Barrage de la Boule d'Or © Massonneau



Figure 11: Barrage de Boisse © Massonneau

Le suivi s'effectue en continu sur toute la saison, les pièges étant relevés quotidiennement (sauf week-end).

II.4 - Choix et situation géographique des passes à anguille

Sur les trois passes estuariennes que compte le Marais poitevin, seule celle des Enfreneaux (Figure 12) à fait l'objet d'un suivi pour la période du 16 avril au 7 juin 2013. Nouvellement rénovée, c'est la première année que le suivi sera réalisé avec le nouveau système de la passe à anguille. En effet, des différences existent entre l'installation présente aujourd'hui et celle qui a fait l'objet de suivis précédemment. La passe des Enfreneaux permet d'estimer une partie du flux entrant aux niveau de l'estuaire.

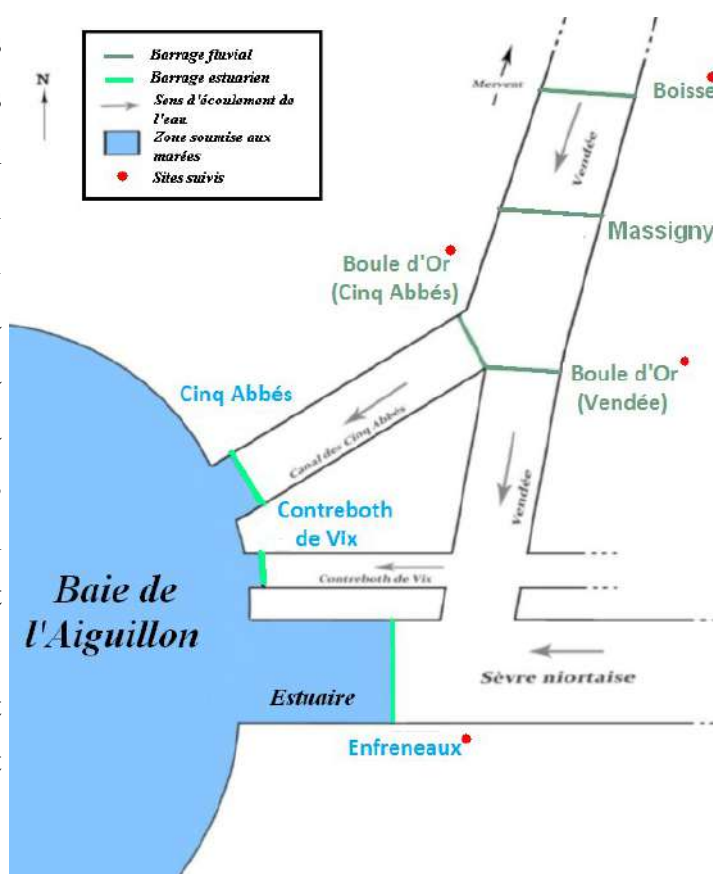


Figure 12: Localisation des barrages © Massonneau

La passe à anguille des Cinq Abbés n'ayant pas été remise en fonctionnement, son suivi n'a pas eu lieu pendant la période de stage. Enfin le piégeage au Contreboth de Vix n'a pas été réalisé, car celui-ci ne représente que peu d'intérêt au regard des deux autres.

Les passes à anguille de deux barrages localisés sur la Vendée ont également fait l'objet d'un suivi entre le 14 mai et le 07 juin 2013. Il s'agit de celui de la Boule d'Or et de Boisse (Figure 12). Ils permettent d'avoir une idée de la colonisation effective de cet affluent de la Sèvre niortaise (Figure 12). Ceci dans le but de surveiller l'abondance de l'espèce et de mieux la comprendre, afin de gérer son habitat et son exploitation de la façon la plus efficace possible. Les passes du barrage de Massigny n'ont pas été étudiées, en revanche elles sont restées en fonctionnement durant la période de suivi.

II.5 - Protocole de suivi

L'ensemble des étapes est repris par la figure 13.



Figure 13: Représentation illustrée du protocole de suivi des passes à anguille

La pesée de 150 individus du groupe « petites anguilles », ramenée au poids total de cette classe de taille permet une approximation efficace du nombre d'individus total.

Pour les mesures biométriques, un bain sédatif (composé d'huile essentielle de clou de girofle et d'alcool à 90° dilués dans de l'eau douce) est employé pour faciliter les manipulations, les sujets sont ensuite mis dans un bain de réveil puis relâchés avec le reste des anguilles.

En parallèle de ce protocole on relève la température de l'eau, on consulte les coefficients de marée et on note la météo journalière afin d'avoir une idée sur les éventuels facteurs abiotiques pouvant agir sur la migration.

II.6 - Traitement des données

L'ensemble des données recueillies est ensuite rassemblé dans un tableur. Les tests statistiques sont réalisés avec le logiciel R © et les résultats sont acceptés avec une marge d'erreur de 5%, sauf mention complémentaire. L'ensemble des conditions d'application (homoscédasticité des variances, loi normale...) sont préalablement vérifiées avant d'effectuer les tests.

III - Résultats

III.1 - Passe estuarienne : les Enfreneaux

III.1.1 - Intensité migratoire

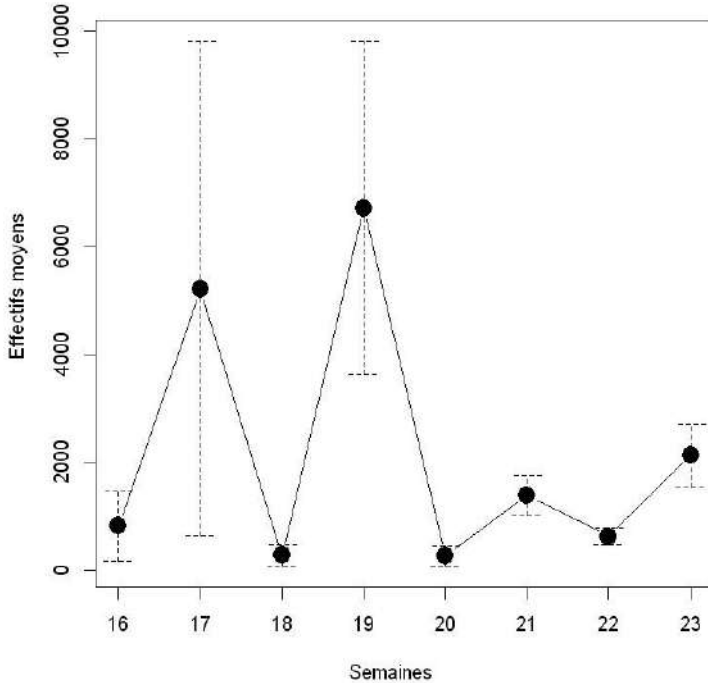


Figure 14: Intensité migratoire des individus au barrage des Enfreneaux

D'après la figure 14, on remarque de fortes disparités entre les différentes semaines de suivi. En effet, deux pics de migration ont été observés, lors des semaines 17 et 19. En revanche de faible effectifs ont été observés lors des semaines 18 et 20.

Malgré ces observations, les écarts types des effectifs moyens ne permettent pas de mettre en évidence de réelles différences entre les semaines de suivi (*Kruskal-Wallis* $\chi^2 = 7.5037$, $df = 6$, $p\text{-value} = 0.2768$).

III.1.2 – Influence de la température

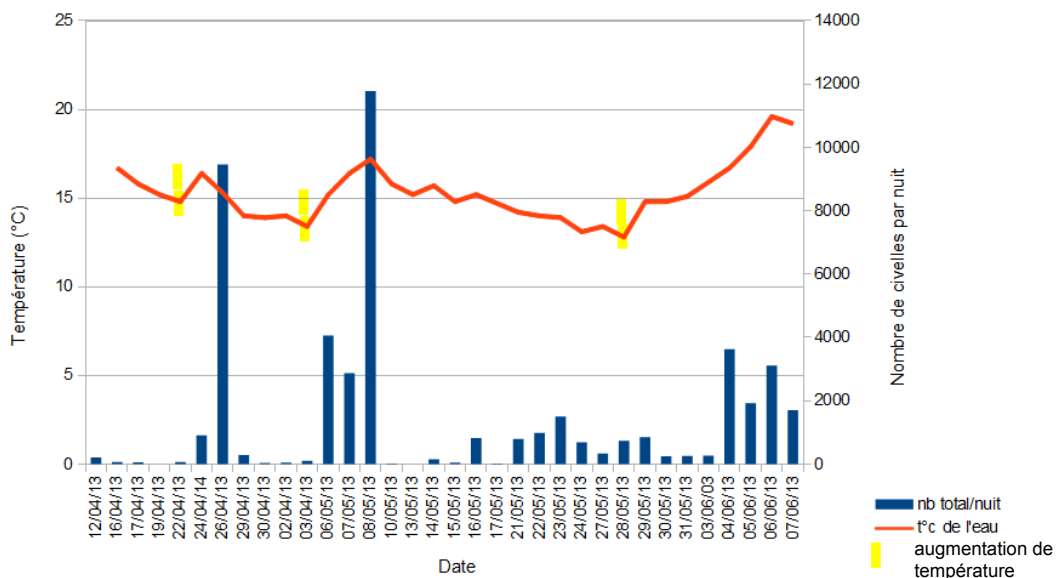


Figure 15: Évolution journalière du piégeage au barrage des Enfreneaux et de la température de l'eau

D'après la figure 15 on observe deux pics de migration, un le 26/04/13 et l'autre le 08/05/13. Ces effectifs importants semblent, à premier vue, être déclenché par un changement

de température. Par exemple lors du deuxième pic (08/05/13) la température avait augmenté d'environ 2°C. Et en effet, les tests statistiques réalisés permettent de mettre en évidence corrélation entre le facteur température et le nombre d'individus capturés (*ANOVA*, $F=2.114$; $df=15$; $p\text{-value}=0.09872$, pour une marge d'erreur de 10%).

III.1.3 - Influence des marées

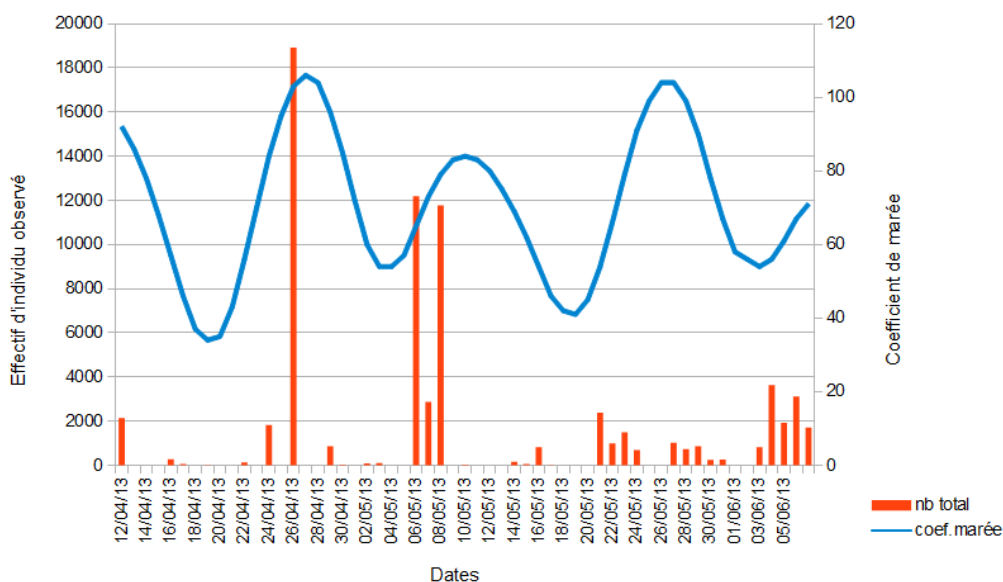


Figure 16: Évolution journalière du piégeage au barrage des Enfreneaux et des marées

Les pics de migration observés précédemment (au 26/04/13 et 08/05/13) semblent correspondre à des coefficients de marées importants (Figure 16). Malgré tout, l'évolution journalière globale du nombre de civelle n'est pas corrélée aux variations de marées (*ANOVA*, $F=0.9462$; $df=22$; $p\text{-value}=0.5776$).

III.1.4 - Évolution de la taille

Des mesures biométriques ont également été réalisées aux Enfreneaux. La figure 17 présente l'évolution la taille moyenne des individus en fonction des semaines de suivi. Les individus piégés mesurent entre 60 et 80 mm. D'après la figure 17 l'évolution de la taille n'apparaît pas significative.

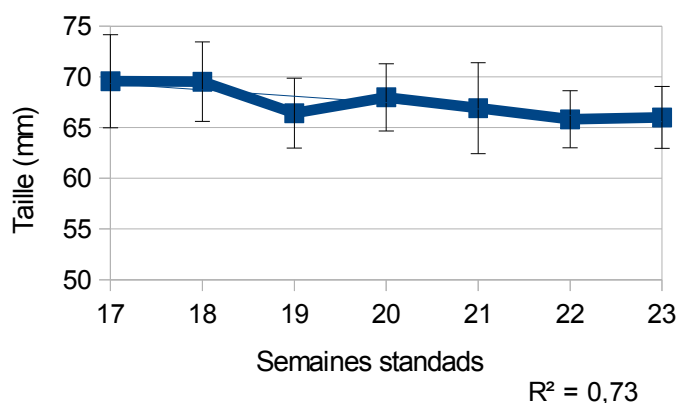


Figure 17: Évolution de la tailles des individus capturés au barrage des Enfreneaux

Si la régression semble indiquer une légère variation de taille moyenne, les écart-types et les tests statistiques ne permettent pas de conclure ($Kruskal-Wallis\ chi-squared = 7, df = 7, p-value = 0.4289$)

III.1.5 - Bilan 2010-2013

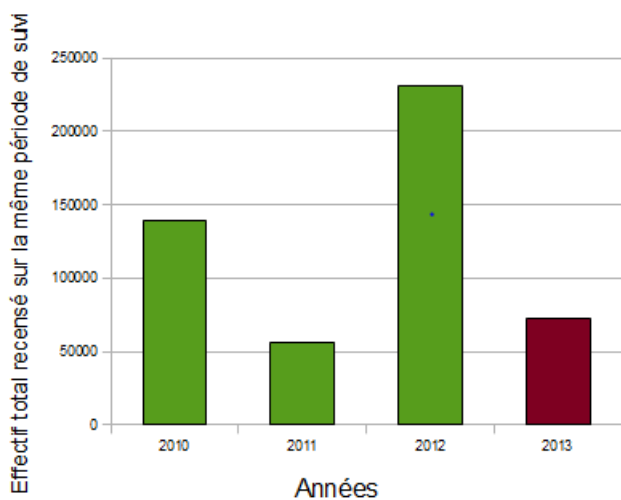


Figure 18: Effectif total recensé aux Enfreneaux sur les dernière années

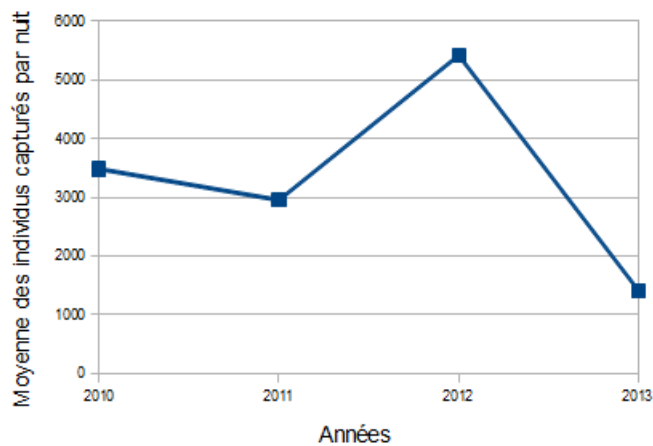


Figure 19: Moyenne des individus capturés par nuit pour les dernières années

Le barrage des Enfreneaux représentent en effet l'un des premiers obstacles à la circulation de l'ichtyofaune de part sa localisation 16 km en amont de l'embouchure de l'estuaire de la Sèvre niortaise.

Les études réalisées sur ce barrage sont systématiques chaque année, aussi, une grande base de données est constituée et permet de pouvoir comparer les effectifs d'une année sur l'autre.

La figure 18 fait le bilan des effectifs de civelles recensées aux Enfreneaux pour les années 2010, 2011, 2012 et 2013 sur la même période de suivi (du 14 avril au 07 juin). On remarque, que l'année 2012 possède un recrutement d'individus relativement bon avec environ 230 000 civelles piégées. En effet, cette année là, la moyenne des individus capturés par nuit était la plus haute avec près 5000 civelles piégées par nuit (Figure 19). En revanche, l'année 2011 semble être l'année la moins efficace en terme de recrutement, seulement 50 000 individus ont emprunté la passe des Enfreneaux. L'année 2013, quant à elle, se situe entre ces deux années, avec quelques 72 000 individus capturés en totalité, l'effectif total reste malgré tout assez faible au regard des bonnes années comme 2010 ou 2012.

III.2 - Passes fluviales

III.2.1 - Boule d'Or

III.2.1.1 - Intensité migratoire

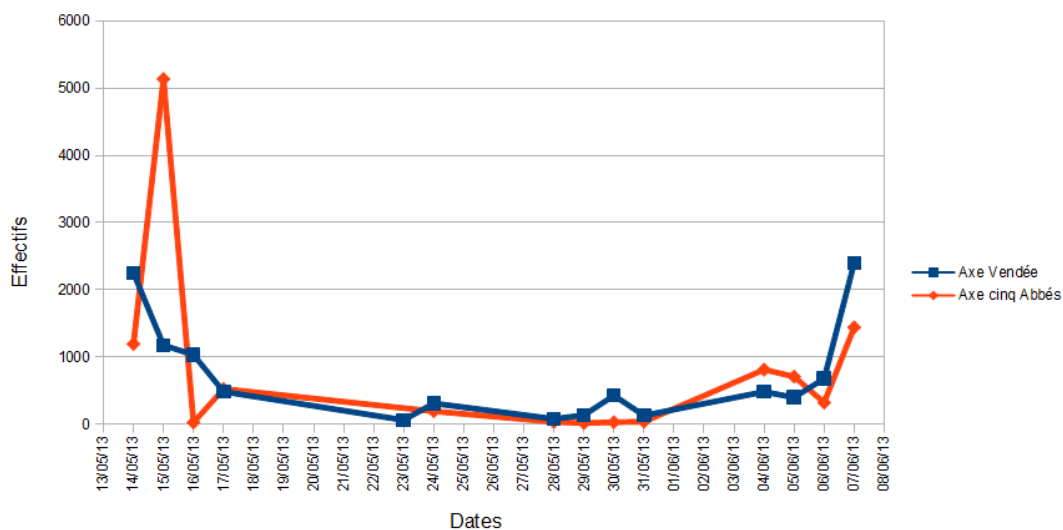


Figure 20: Évolution journalière des effectifs recensés au barrage de la Boule d'Or

Sur l'axe Cinq Abbés (Figure 20), un pic est observé début mai (le 15) avec plus de 5000 individus capturés. Sur l'axe Vendée deux pics, d'une moindre amplitude, sont constatés le 14 mai et la 07 juin avec 2250 individus recensés. Les remontées restent irrégulières sur toute la durée du suivi, 1000 à moins de 30 individus piégés selon les nuits. Les remontées des 2 axes sont corrélées ($t = 1.4925$, $df = 9$, $p\text{-value} = 0.1698$). Si l'on observe uniquement les pics du mois de mai, il est possible de penser qu'un décalage entre l'axe Vendée et l'axe Cinq Abbés existe avec un retard d'environ quelques jours.

III.2.1.2 - Répartition de la migration selon la rive

Comme indiqué précédemment (§II.3), deux passes à anguilles sont positionnées au barrage de la Boule d'Or axe Vendée. Cette installation permet d'avoir une idée quant au passage préférentiel dans anguilles selon la rive.

Ainsi d'après la figure 21 et au regard des écart-types aucune différence

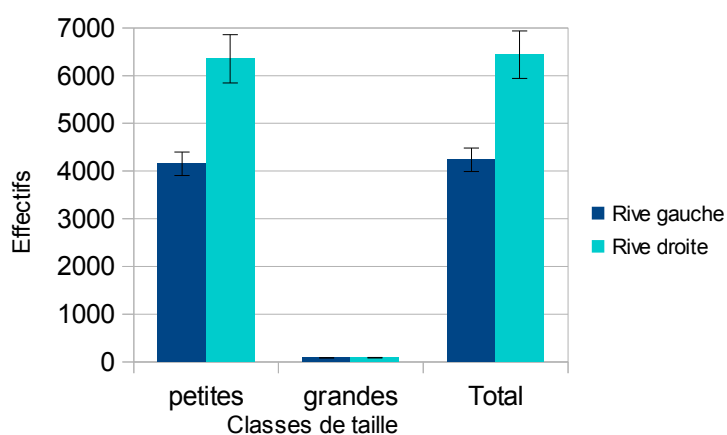
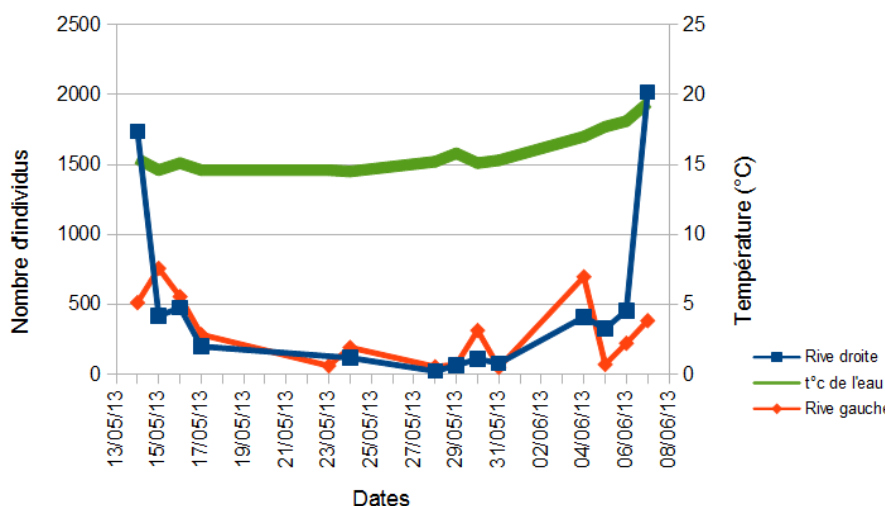


Figure 21: Répartition des différentes classes d'anguilles selon la rive sur l'axe Vendée

n'est observée entre la rive gauche et la rive droite concernant les petits (<150 mm) ($Kruskal\text{-Wallis chi-squared} = 0.0446$, $df = 1$, $p\text{-value} = 0.8327$) et les grands individus ($Kruskal\text{-Wallis chi-squared} = 0.9198$, $df = 1$, $p\text{-value} = 0.3375$) (>150mm).

III.2.1.3 - Influence de la température



La figure 22 ne permet pas de mettre en évidence une influence de la température de l'eau sur l'augmentation du nombre d'individus capturés sur la rive droite (ANOVA, $F=6.2273$; $df=8$; $p\text{-value}=0.1457$) et la gauche (ANOVA, $F=0.6555$;

Figure 22: Évolution de la température et de la migration sur les passes de l'axe Vendée selon la rive. ($df=8$; $p\text{-value}=0.7191$).

Il en est de même pour l'axe Cinq Abbés (Figure 23), en effet, aucune réelle influence de la température sur les pics de migration n'a pu être mise en évidence (ANOVA, $F=0.4734$; $df=7$; $p\text{-value}=0.8129$).

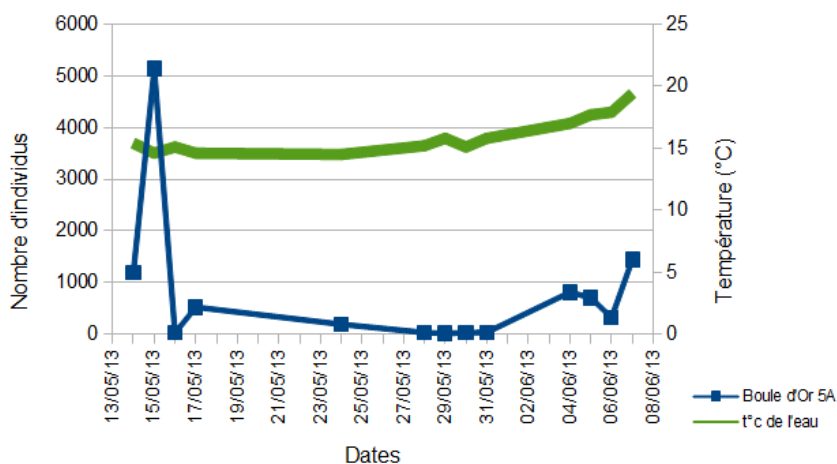


Figure 23: Évolution de la température et de la migration sur la passe de l'axe Cinq Abbés selon la rive .

III.2.2 - Boisse

III.2.2.1 - Intensité migratoire

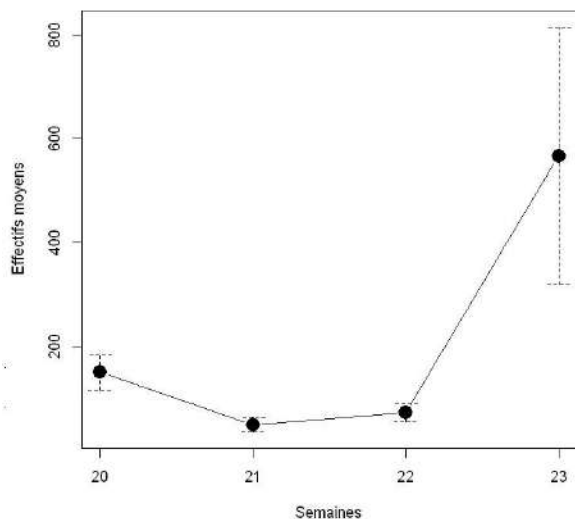


Figure 24: Intensité migratoire des individus au barrage de Boisse

D'après la figure 24, on observe un pic de migration lors de la semaine 23. Même si les écart-types de cette semaine sont assez grand il y a une réelle différence entre l'ensemble des semaines quant aux effectifs moyens observés (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 12.2709$, $df = 3$, $p\text{-value} = 0.00651$).

III.2.2.2 - Répartition de la migration selon la rive

Les individus semblent utiliser les passes à anguilles sans préférence de rive (Figure 25). En effet, il n'y a pas de différence entre la rive gauche et la rive droite pour les petits individus (<150mm) (*Kruskal-Wallis chi-squared* = 0.0707, *df* = 1, *p-value* = 0.7903) et pour les grands individus (>150mm) (*Kruskal-Wallis chi-squared* = 0.7715, *df* = 1, *p-value* = 0.3798). Ainsi la colonisation de la partie

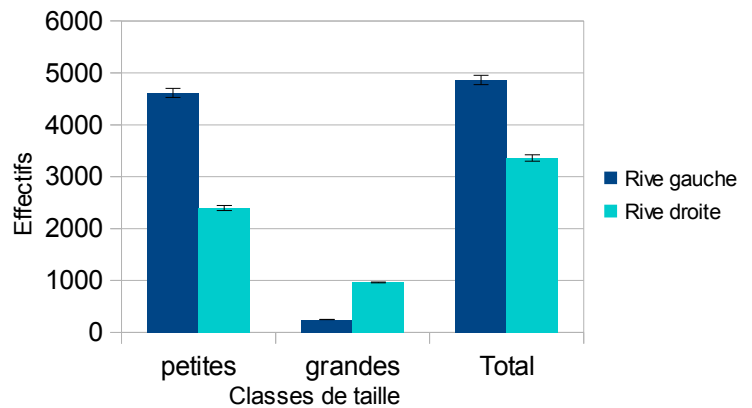


Figure 25: Répartition des différentes classes d'anguilles selon la rive

amont du barrage se fait au travers des deux passes de manière quasiment identique.

III.2.2.3 - Influence de la température

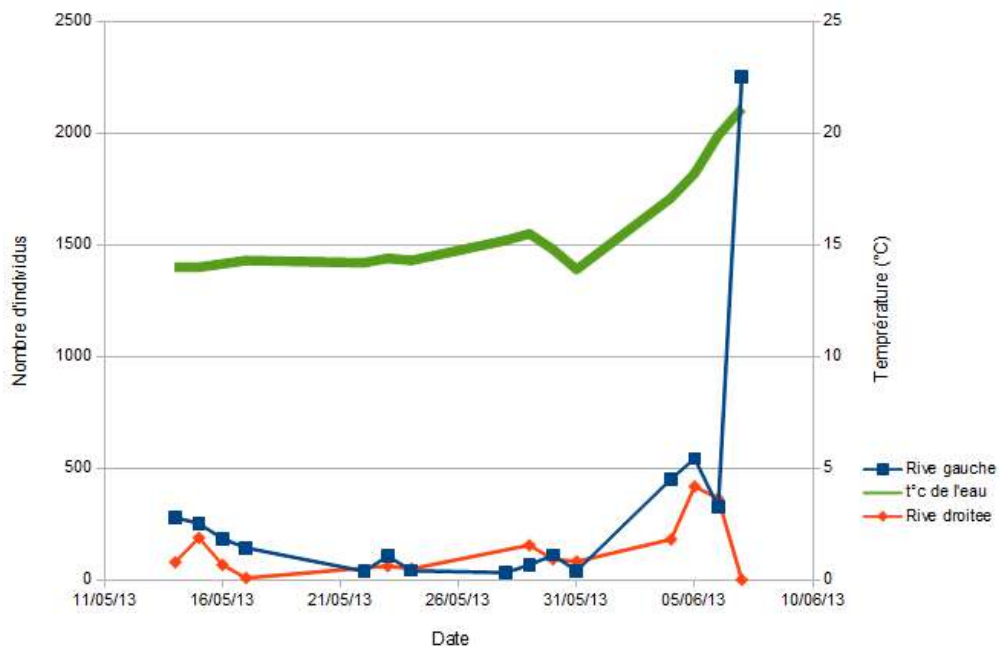


Figure 26: Évolution du nombre total d'individus et de la température au barrage de Boisse

Ici encore, la figure 26 laisse penser que la température a une influence, notamment au regard des pics de migration observés à partir du 05 juin, qui semble être corrélés avec l'augmentation de température. Mais les tests statistiques montrent qu'il n'y a pas de corrélation entre l'élévation des températures et l'augmentation des effectifs d'individus sur la rive droite (*ANOVA*, $F=4.8519$; $df=7$; $p-value=0.1815$) et sur la rive gauche (*ANOVA*, $F=12.769$; $df=9$; $p-value=0.0747$).

La comparaison des années précédentes avec celles obtenues cette année sur les passes fluviales n'a pu être effectuée. En effet, les période de suivi étant différentes chaque années, il est difficile de pouvoir les comparer. De plus le suivi de certaines des passes fluviales n'a pas été réalisé chaque années.

III.3 - Distance à l'estuaire

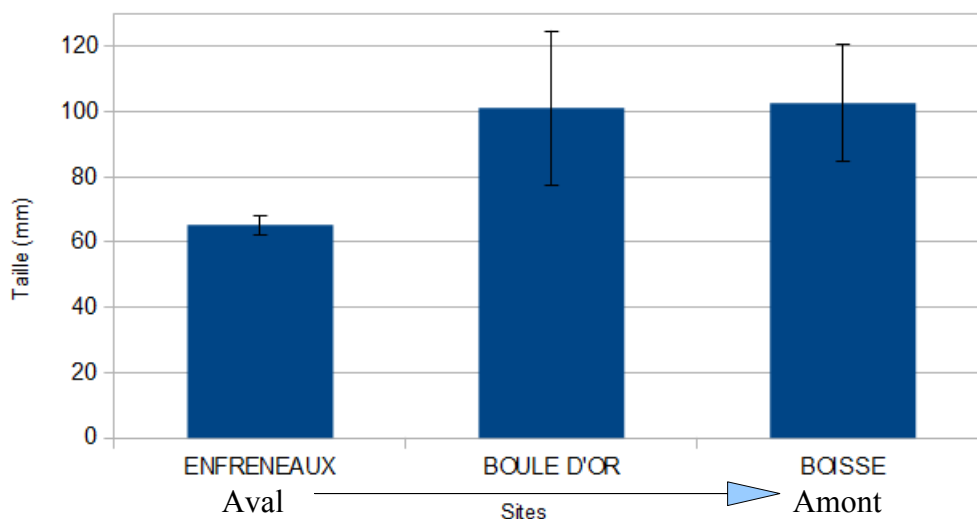


Figure 27: Évolution de la taille des petits individus (<150mm) en fonction des sites suivis

D'après la figure 23 on observe une nette différence entre la taille des individus observée aux Enfreneaux et celle des passes fluviales (Boule d'Or et Boisse).

Il apparaît clairement que les sites fluviaux et estuariens permettent le passage de fractions de populations différentes. Les individus capturés aux Enfreneaux mesurent en moyenne 65 mm contre 101 mm et 102 mm pour Boule d'Or et Boisse. De plus, les écart-types permettent de démontrer la significativité des différences entre les passes fluviales et les Enfreneaux (Boisse/Enfreneaux : *Wilcoxon*, $V = 1275$, $p\text{-value} = 7.745e-10$; Boule d'Or/Enfreneaux : *Wilcoxon*, $V = 1275$, $p\text{-value} = 7.761e-10$). En revanche, il n'y a pas de différence entre les deux passes fluviales, Boule d'Or et Boisse (*Wilcoxon*, $V = 568$, $p\text{-value} = 0.8414$).

La distribution des classes de taille est différente selon les passes fluviales que l'on étudie (Figure 28). En effet, la passe de la Boule d'Or (Axe Cinq Abbés et Vendée) est celle qui enregistre le plus grand nombre de petits individus (<150 mm). Au contraire, la passe plus en amont, situé sur le barrage de Boisse, laisse remonter un plus grand nombre d'individus de taille supérieure à 150mm .

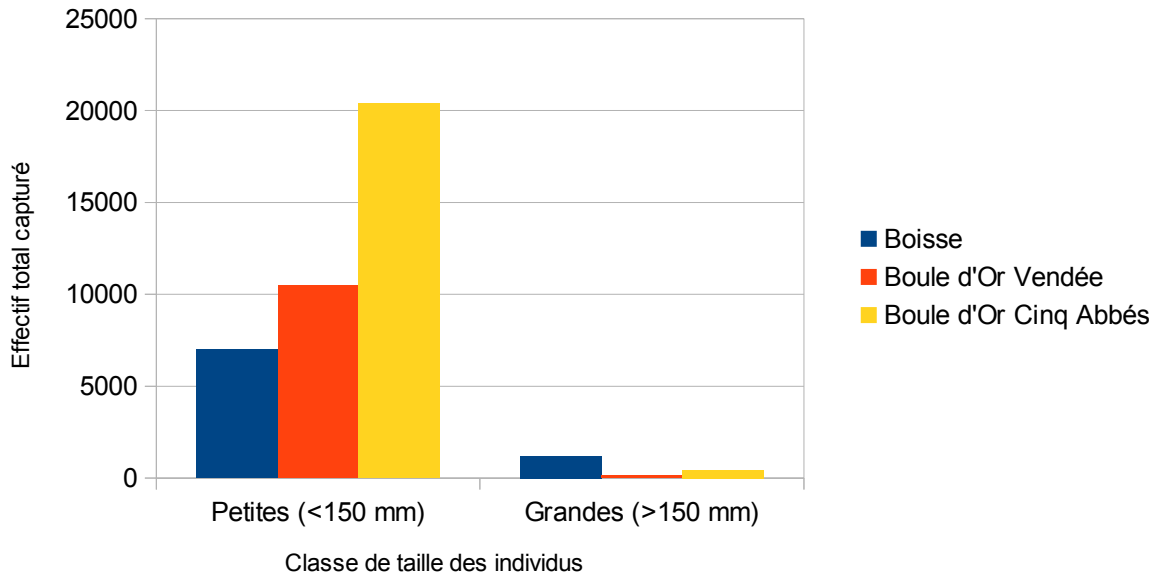


Figure 28: Effectif des petits et grands individus sur les passes fluviales

IV - Discussion

L'étude a principalement porté sur la passe estuarienne des **Enfreneaux**, car le fonctionnement de celle-ci est assuré **en continu** durant toute la période de migration printanière et estivale et que l'échantillonnage y est aisé grâce au système de piégeage. Les civelles et anguillettes qui transitent par la passe à anguilles située sur ce barrage constituent un **flux entrant** qui colonisera par la suite le Marais poitevin. Les résultats sur l'intensité migratoire révèle une **forte intensité** lors des semaines 17 et 19, une **diminution** dans les semaines suivantes et une légère augmentation lors de la semaine 23. La diminution observée est probablement due aux **fortes précipitations** durant ces trois semaines. En effet, le barrage des Enfreneaux a été ouvert afin d'évacuer l'eau du bassin versant, les civelles et anguillettes ont alors pu profiter de cette ouverture pour faire leur entrée dans le Marais. La remontée que l'on observe en semaine 23 peut s'expliquer par la **forte augmentation des températures** par rapport à la semaine précédente. En effet, les résultats permettent de mettre en évidence une **corrélation** entre la température de l'eau et la remontée des individus. Selon Gascuel (1987), la migration anadrome des civelles est sous l'influence de facteurs abiotiques tels que la salinité, la luminosité et la température de l'eau. Cette dernière est un facteur clef bien que son rôle reste controversé. En effet, Tesch (1977, in Gascuel 1987) défend l'existence d'un

seuil (2° à 8°C) en dessous duquel la migration est stoppée. La température serait également responsable du déclenchement et de l'intensité de colonisation anadrome (Elie 1979 in Gascuel, 1987). Ainsi tout laisse à penser que de brusques écarts de température (supérieur à 8°C) serait à l'origine du déclenchement de fortes intensités migratoires.

En revanche, les résultats n'ont pas permis de mettre en évidence l'influence des **marées** sur la remontée des civelles. Cependant, on remarque que de fort effectifs sont observés lors d'importantes marées, ainsi ce facteur, en associations avec d'autres (température, pluviométrie, vents, luminosité,...) pourrait alors jouer un **rôle important** sur la remontée des individus. En effet, certains auteurs s'accordent à reconnaître une rhéotaxie⁵ positive qui conduit les civelles à se déplacer à contre-courant, à condition que celui-ci ne soit pas trop rapide (de l'ordre de 30cm/s). Le comportement rhéotactique apparaîtrait à l'issue de la métamorphose leptocéphale-civelle, c'est-à-dire au niveau du talus continental, là où les courants de marée deviennent perceptibles.

Ainsi ce n'est pas l'action directe des marées qui a une influence sur la remontée des civelles dans l'estuaire et dans le Marais mais le **déplacement des masses d'eau** qu'entraînent ces marées.

En définitif, le phénomène de migration est déclenché et est entretenu en réponse à des **facteurs externes** mais cette réponse des animaux à des stimuli environnementaux dépend elle-même de **facteurs internes**, notamment des mécanismes d'ordre physiologique. (Cantrelle, 1981). À l'issue de la métamorphose, les civelles cherchent un nouveau milieu physiologiques marquant cette phase du cycle (Fontaine et Callamand, 1941).

Un certain nombre de trophismes ou tactismes explique la migration des civelles sur le plateau continental et jusqu'en milieu dulçaquicole. Deux d'entre eux ont une importance particulière : l'hydrotropisme qui correspond à l'attraction des civelles pour l'eau douce et le rhéotropisme qui est le phénomène de nage à contre-courant.

La distribution des **classes de taille** au barrage des Enfreneaux n'est **pas significativement différentes** suivant les semaines de suivi. Les **civelles** constituent le groupe majeur transitant par le barrage des Enfreneaux. En effet, la majorité du flux entrant possède une taille entre 60 et 80 mm même si des individus supérieurs à 150 mm sont parfois observés. Ces derniers correspondent à des individus ayant déjà commencé leur croissance dans l'estuaire suite à une adaptation au milieu ou à un blocage lors de leur progression vers l'eau douce. Ces données biométriques de la passe estuarienne viennent confirmer les connaissances sur la biologie de l'espèce. En effet, la majorité des civelles présentent dans

5 Orientation des poissons selon le sens du courant

l'estuaire le sont depuis moins d'un an. Les civelles capturées au printemps représentent une fraction relativement homogène avec des tailles très proches de la moyenne.

En revanche en **fin de saison** les individus piégés présentent alors des tailles beaucoup plus **diversifiées**. La croissance des civelles dans l'estuaire ainsi que les conditions environnementales en été sont à l'origine de cette **hétérogénéité**. La période de suivi ne permet pas de distinguer les individus arrivés dans l'estuaire en début d'hiver de ceux arrivés plus tardivement. Une période suivie plus longue aurait pu mettre en évidence des individus de tailles plus hétérogène dans les fractions capturées.

Le barrage des Enfreneaux constitue l'**entrée de la migration** pour les civelles, les individus une fois dans le Marais, peuvent alors commencer leur **croissance** toute en colonisant les cours d'eau, c'est pour cela que l'on retrouve des individus de taille supérieure sur les barrages plus en amont (Boule d'Or et Boisse).

Concernant les **passes des barrages vendéens**, le suivi est techniquement plus contraignant à réaliser, puisqu'il s'agit d'un filet à relever et installer tous les jours. Les résultats sont donc plus fragmentaires. Les chiffres résultants du suivi ne reflètent pas la totalité des individus ayant empruntés les passes durant cette période car le suivi n'est pas assuré les week-ends. Ceci étant, le biais est le même chaque année, ce qui rend la comparaison interannuelle possible. Le système est maintenu en fonctionnement pour ne pas entraver la circulation des individus migrants. Par conséquent les résultats obtenus sous-estiment la quantité réelle d'anguilles ayant empruntées les passes vendéennes.

Le barrage de la **Boule d'Or**, constitue le premier obstacle à la migration que rencontre les anguilles lorsqu'elles pénètrent la **rivière Vendée** (Figure 12). Pour arriver à cet ouvrage, les anguilles ont la possibilité d'utiliser l'**axe Vendée** ou l'**axe Cinq Abbés**. C'est aussi celui qui enregistre la plus grande intensité migratoire par rapport au barrage de Boisse. Cela peut s'expliquer par le fait que les anguillettes peuvent arrêter leur migration si elles trouvent des **conditions favorables** à leur développement dans le **bief**⁶ après le passage de la Boule d'Or. On note aussi que l'arrivée à **Boisse** se fait après le passage de deux ouvrages (Boule d'Or et Massigny) ce qui peut entraîner un **retard** quant au passage des individus. Aucune différence significative, concernant la moyenne des effectifs transitant par l'Axe Cinq Abbés ou celui de la Vendée n'a pu être mis en évidence sur la période de suivi. Il aurait été intéressant de pouvoir quantifier la fraction entrant de petits individus au barrage des Cinq Abbés comme cela a été effectué aux Enfreneaux afin d'avoir une idée de la colonisation du

6 Canal d'irrigation entre deux ouvrages hydraulique

Marais via le canal des Cinq Abbés. Malheureusement, la passe à anguilles n'étant pas en fonctionnement, le suivi n'a pu être réalisé. Lors de leur arrivée dans l'estuaire les anguilles ont, en effet, la **possibilité** de s'engager dans le Marais par l'axe Vendée (Enfreneaux) ou par l'axe Cinq Abbés (Portes des cinq Abbés). L'existence de ce **choix** est probablement conditionné par le débit provenant des Enfreneaux, qui doit être supérieur à celui provenant des Cinq Abbés.

Sur le barrage de la **Boule d'Or, axe Vendée**, deux passes sont installées, une sur chaque rive (gauche et droite). On note, qu'il n'y a **pas de différence** entre la passe de la rive gauche et celle de la rive droite. Les anguilles qui arrivent devant le barrage semblent donc choisir leur voie de passage **sans préférence**. On observe le même constat au barrage de **Boisse**, bien que certains jours de grandes différences ont été observées (le 07/06/13, près de 2000 individus en rive gauche contre 0 en rive droite). Le fonctionnement de la passe peut être une des causes de ces différences. Enfin, la **température** ne semble pas avoir une influence sur la remontée des individus au barrage de la Boule d'Or. De ce fait, les anguilles semblent remonter selon d'autres conditions. En effet, une fois entré dans le Marais, c'est le gîte (sous-berges, racinaires disponibles) et le couvert (nourriture disponible) qui détermine la répartition des individus.

La passe à anguilles du barrage de **Boisse**, situé plus en amont de la rivière Vendée, a permis à une quantité d'anguilles **constante** de monter au fil du suivi. On note que la semaine 23 a enregistré des quantités nettement plus importante. Lors de cette semaine, les **températures** ont considérablement augmenté, ce qui pourrait jouer un rôle même si les tests statistiques nous ont démontré le contraire.

En comparaison au barrage de la Boule d'Or, celui-ci rencontre moins de petits individus (<150mm), mais plus d'individus de taille supérieure à 150mm. De plus, la taille moyenne des individus rencontrés sur les passes vendéennes est supérieure à celle des individus rencontrés sur les passes estuarienne. Ceci met en évidence une **croissance** des individus lors de leur migration en eau douce. Il est constaté que la **taille moyenne** des anguilles empruntant les barrages fluviaux est significativement **différente** de celle des individus empruntant la passe estuarienne. En effet, on observe une croissance d'un trentaine de millimètre entre l'estuaire (Enfreneaux) et les sites les plus en amont (Boule d'Or et Enfreneaux). Ce constat semble cohérent, puisque les individus mesurés correspondent à la fraction des individus **arrivés en début année**, ils sont donc en phase de croissance. Leur progression le long de l'axe Vendée, à la recherche d'un site propice pour se sédentariser s'accompagne d'une augmentation de taille.

V - Conclusion

Le suivi 2013 des passes à anguilles présente des **résultats variables** au cours de la saison mais encourageants confirmant l'importance de ces installations pour la **circulation** des individus. On n'observe **pas de baisse significative** du recrutement des civelles au niveau de la passe estuarienne (Enfreneaux) entre 2010 et 2013. Il semble que les années soit différentes avec des recrutements parfois importants et parfois non, pour une période de suivi équivalente.

L'année **2013**, sur la période de suivi du 16 avril au 07 juin, a été marquée par des conditions particulières. Les **conditions météorologiques** particulièrement **pluvieuses** au mois de mai, ont joué un rôle important dans la migration. En effet, une **forte pluviométrie** entraîne l'ouverture des barrages et crée ainsi **un débit** qui pousse considérablement les individus à migrer et remonter le cours d'eau. De plus, de **grands écarts de température** ont été enregistrés entre certaines semaines, ils sont à l'origine de pic d'individus observés le long du suivi, notamment aux Enfreneaux.

Pouvoir rassembler chaque année des informations concernant la migration de l'espèce permet de suivre les populations et à terme de rendre compte de l'efficacité du **plan de gestion** de l'espèce.

Des difficultés sont cependant apparues lors des relevés. En effet des **problèmes techniques ponctuels** ont impacté sur les relevés notamment aux Enfreneaux où le système de la passe à anguille a été rénové. La pompe responsable du remplissage du vivier, a été retrouvée envasée certains jours, des civelles n'ont alors pas pu remonter la rampe. Sur les passes fluviales, les filets poches ont parfois été retrouvés décrochés du système, entraînant la fuite de quelques individus.

L'anguille est une **espèce européenne**, dont la **gestion du stock** ne peut être envisagée efficacement qu'à l'échelle globale de son aire de répartition. Les populations peuplant les différents pays proviennent d'une **aire de ponte unique** et l'on considère généralement qu'un brassage complet interviendrait à chaque génération (Gascuel, 1987). Ceci signifie que l'état du stock dans un pays ou une région donnée dépendrait pour partie de la gestion mis en œuvre dans tous les pays où l'espèce est présente. Réciproquement, un impact local sur la population d'anguilles pourrait se traduire à terme par un impact sur l'ensemble du stock. En effet, durant

cette étude, seule la **montaison**⁷ de l'anguille a été étudiée, en revanche sa migration de **dévalaison**⁸ est tout aussi importante. L'anguille est une espèce à risque, en raison de la longueur de son cycle biologique et du fait qu'elle ne se reproduit qu'une fois dans sa vie. Afin de pérenniser le stock, les anguilles, une fois à maturité doivent pouvoir retourner vers leur lieu de reproduction (Mer des Sargasses). Il est donc important de connaître les quantités d'anguille qui descendent les cours d'eau pour se reproduire. À ce titre, le Parc a procédé à l'installation de pêcheries scientifiques d'anguilles argentées dont les premiers résultats seront obtenus d'ici l'automne.

7 Action de remonter un cours d'eau

8 Action de descendre un cours d'eau

Bibliographie

Aubrun L., 1985. Amélioration du franchissement des barrages par l'Anguille. Rapport de contrat Parc Naturel du Marais Poitevin. Laboratoire de Biologie Halieutique de l'ENSAR, 61p.

BenayG, 2001. Suivi de la migration anadrome de l'anguille dans le Marais poitevin. 24p.

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

Creutzberg F., 1958. Use of tidal streams by migrating elvers (*Anguilla vulgaris Turt.*). Nature lond., 181, 857-858.

Deelder C.L., 1973. Exposé synoptique des données biologiques sur l'Anguille (*Anguilla anguilla L.*). Synop. F.A.O. Pêche, 80, 80p.

Edeline E., 2005. Facteurs de contrôle de la dispersion continentale chez l'Anguille. Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse III, 130p.

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

Fontaine M. et Callamand O., 1941. Facteurs de migration de l'anguille. Bull. Soc. Zool. F, 66p.

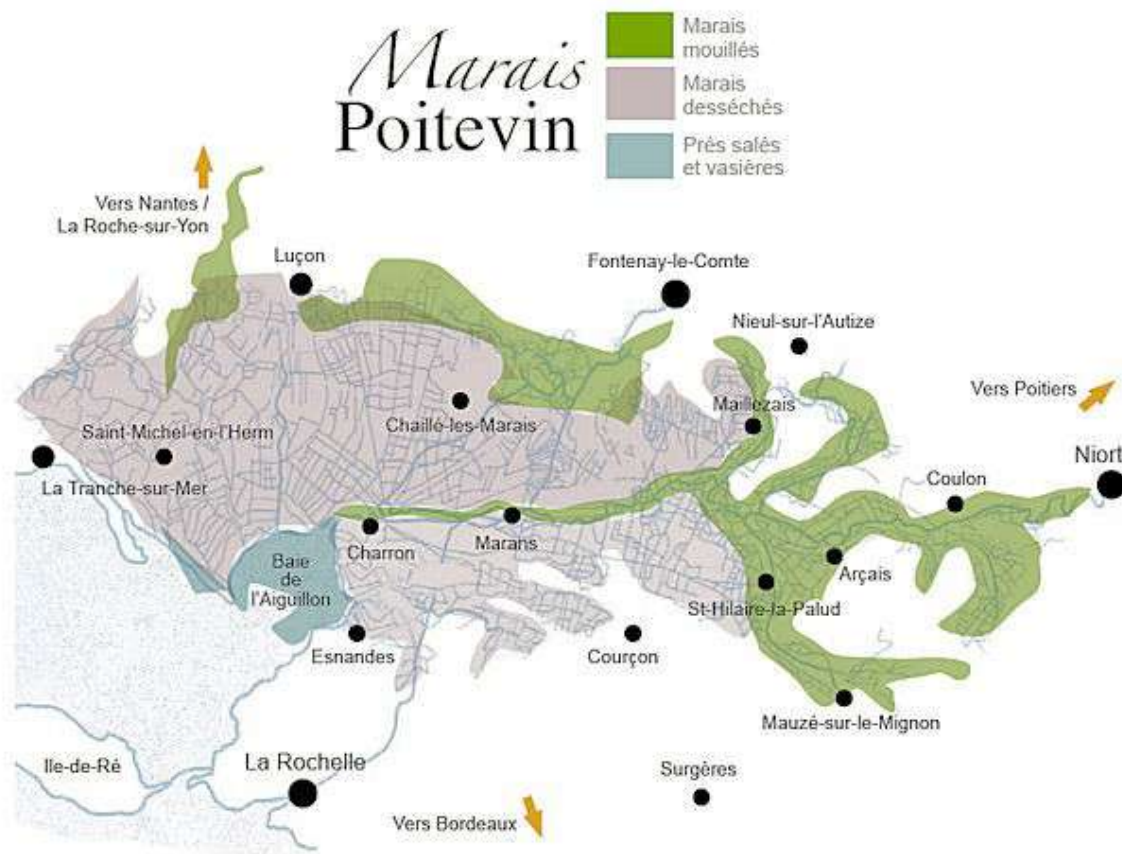
Gascuel D., 1987. La civelle d'anguille dans l'estuaire de la Sèvre Niortaise : Biologie, Ecologie, Exploitation. Rapport général. Parc Naturel Régional du Marais Poitevin, Val de Sèvre et Vendée, p 355.

PARC INTERREGIONAL DU MARAIS POITEVIN, 2003, Réseau de suivi et de surveillance de la population d'anguille du bassin de la Sèvre niotaise et des bassins versants associés, Rapport détaillé, PIMP, Cemagref, CSF , 56p.

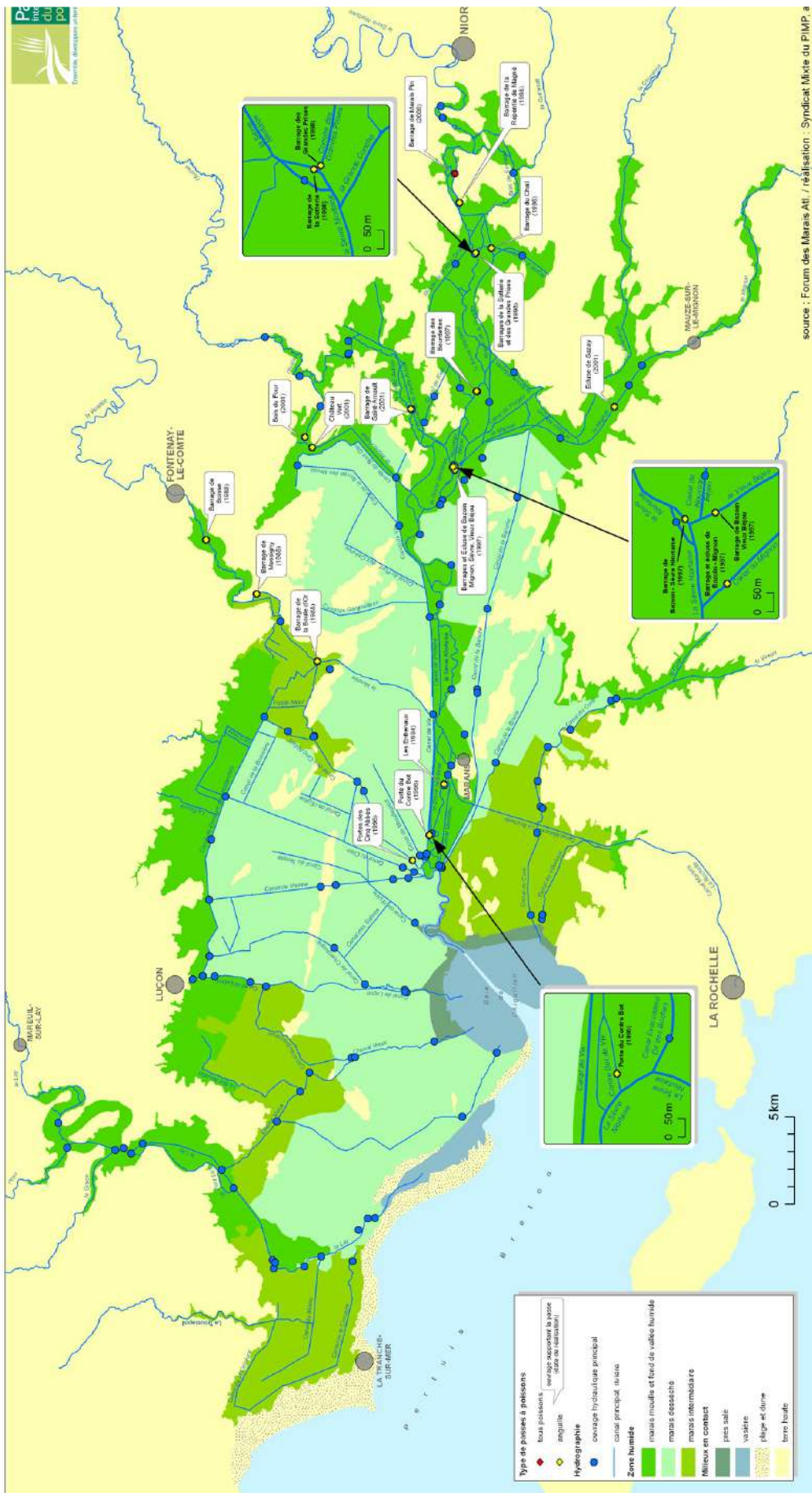
Schmidt J., 1979. The breeding places of the eel. Phil. Trans. R. Soc., 211, 179-208.

Tesch F.W., 1979. Tracking of silver eels (*A. Anguilla L.*) in different shelf areas of the Northeast Atlantic. Rapp. P.V. Réun. Cons. Explor. Mer, 174, 104-114.

Annexes



Annexe 1: Les entités constituant le Marais Poitevin



Annexe 2 : Carte de l'ensemble des passes installées sur le réseau du Marais poitevin

Résumé

Longtemps considérée comme nuisible, l'**Anguille européenne**, *Anguilla anguilla*, au cycle biologique très complexe, est désormais soumise à une **vulnérabilité** incontestable au travers de l'Europe entière. En effet, l'anguille est victime de nombreux **facteurs anthropiques** (obstacles à la migration, surpêche, pollution des eaux...) qui contribuent à fragiliser son existence.

Le **Marais Poitevin**, idéalement situé pour accueillir les civelles (jeunes anguilles), n'échappe pas au déclin de cette espèce emblématique. La diminution importante de l'espèce a été constatée, amenant à la mise en place de mesures de **suivi**. Le **Parc interrégional du Marais poitevin** (PIMP) grâce au **Réseau Anguille Marais Poitevin** (RAMP) contribue à récolter des informations sur les populations de migrants.

Ainsi depuis l'installation de la première **passerelle à anguille** de France aux Enfreneaux (Marans) en 1984, d'autres ont vu le jour le long des cours d'eau du Marais poitevin, facilitant la **migration anadrome** de l'anguille et la colonisation des eaux douces du Marais. En parallèle un suivi des remontées de civelles est effectué chaque année sur différents sites. Ces analyses permettent d'étudier la **dynamique de la population** qui colonise le bassin versant de la Sèvre Niortaise, d'avoir une idée de la **migration** des anguilles le long de l'axe Vendée et Cinq Abbés et de nous renseigner sur l'état du peuplement en place.

Mots clef : Anguille européenne, civelles, migration anadrome, Marais poitevin, colonisation, passerelle à Anguille

Abstract

Considered as harmful for a long time, the **European Eel**, *Anguilla anguilla*, with a complex biological cycle, is henceforth subject to an undeniable **vulnerability** through the whole of Europe. Eel is victim of many **anthropic factors** (obstacle to migration, overfishing, water pollution...) which contribute to threaten its existence.

The **Marais Poitevin**, ideally located to accommodate elvers (young eels) did not escape to the decline of this emblematic species. The significant decrease of the species was observed, leading to implementation of **monitoring measures**. The **Interregional Parc of Marais Poitevin** (PIMP) through the **Réseau Anguille Marais Poitevin** (RAMP) contributes to gather information on migrant populations.

Thus, since the installation of the first **pass of eel** in France to Enfreneaux (Marans) in 1984, others have been installed along the rivers of the Marais poitevin, facilitating the **migration** of eel and colonization of water of the Marais. In parallel, a track mounted of eel is performed annually at different locations. These analyzes are used to study the **population dynamics** of elvers colonizing the watershed Sevre river, to get an idea of eel **migration** along the Vendee and Axis of Cinq Abbés and we inquired about the status of the settlement in place.

Key words : European eel, elvers, anadromous migration, Marais poitevin, colonization, pass of eel