

## Suivi de la migration anadrome des civelles d'Anguilles européenne (*Anguilla anguilla*, L.) sur 2 ouvrages du bassin versant de la Sèvre niortaise sur la période 1984-2014

Lavoué Maxime, Master 1 « Patrimoine Naturel, Biodiversité », U.F.R. Science de la  
Vie et de l'Environnement, Université de Rennes 1



HG : Barrage des Cinq Abbés ; HD : Anguilletes ; Bas: mesure d'un individu ;  
(Clichés M. Lavoué)

### Stage obligatoire effectué du 30 Mars au 5 Juin 2015

Projet sous la direction de :  
Sophie Der Mikaélian  
Chargée de mission environnement  
– programme poissons migrateurs  
**Parc naturel régional du Marais  
poitevin**

Correspondant universitaire :  
Alexandre Carpentier

Soutenu à Rennes le : < 17 juin 2015 >

# **Suivi de la migration anadrome des civelles d'Anguilles européenne (*Anguilla anguilla*, L.) sur 2 ouvrages du bassin versant de la Sèvre niortaise sur la période 1984-2014**

## **Résumé**

L'Anguille européenne est un Téléostéen au cycle de vie long et dont la migration est largement connue. Ce poisson fait l'objet d'une exploitation à tous les stades c'est pourquoi, il est nécessaire de connaître l'état des populations entre 1984 et 2014. L'utilisation de passes pièges au niveau de deux ouvrages à la mer du bassin versant de la Sèvre niortaise a été effectuée. Les individus migrants ont été comptabilisés en discriminant les individus de moins de 150mm des individus de plus de 150mm. De plus, certains individus ont fait l'objet de mesures biométriques. Deux autres facteurs ont été pris en compte à savoir le coefficient de marée et la température de l'eau. Ainsi depuis 1984, les captures par unité d'effort ont été divisées par quatre sur le site des Enfreneaux. De nombreux facteurs sont responsables de cette diminution des effectifs comme la surexploitation, la dégradation des habitats, la présence d'ouvrages hydrauliques ou encore le changement climatique. De plus, sur ce même site, il est à noter qu'un pic de migration a lieu au cours du mois de juin ce qui suggère un impact des ouvrages sur la date de migration. Les valeurs de coefficient de marée et de température de l'eau ont pu démontrer leur influence dans la migration de l'Anguille sur les deux stations étudiées. Cela pose cependant la question de l'orientation de l'Anguille.

**Mots clés :** *Anguilla anguilla*, Captures par unité d'effort, Longueur, Coefficient de marée, Température de l'eau

## **Evolution of the anadromous migration of European glass eels (*Anguilla anguilla*, L.) on two works of the water shed of the Sèvre niortaise river on the 1984-2014 period**

### **Abstract**

European eel is a Teleostean fish with a long history life. Its migration was described a long time ago. That fish was fished at all the stages that are why it's necessary to know the population health on the 1984-2014 periods. Fish trap-pass was used on two sea dams on the "Sèvre niortaise" river. Individuals which are in migration are counted, in one hand the fish which measure less than 150mm long and in the other hand there which measure more than 150mm long. However, some of them were measure. Two other factors were sampling as known tidal range and water temperature. Since 1984, the capture by days has been divided by four on the place of "Enfreneaux". A lot of factors are responsible of the decreasing of the population as overfishing, habitat decreasing, presence of dams, and global warming. However, on this same place, the maximum of the migration is in June. That thing suggests there is an impact of the hydraulic works on the date of migration. Values of tidal range and water temperature demonstrated their influence on eel fluvial colonisation on the two studied stations. Those things ask the question on the eel orientation.

**Key words:** *Anguilla anguilla*, Capture by days, Length, Tidal range, Water temperature

## Sommaire

Introduction .....	1
Matériel et Méthodes.....	2
Lieu de l'étude.....	2
Matériel biologique .....	2
Méthodes de capture et mesures.....	3
Analyses statistiques .....	4
Résultats .....	5
Evolution des effectifs entre 1984 et 2014.....	5
Périodes de migration.....	5
Structure de taille des individus migrants .....	7
Facteurs déterminants la migration .....	7
Discussion .....	9
Evolution des effectifs entre 1984 et 2014.....	9
Périodes de migration.....	11
Structure de taille des individus migrants .....	12
Facteurs déterminants la migration .....	12
Coefficient de Marée .....	12
Température de l'eau.....	13
Autres facteurs mis en évidences .....	14
Conclusion.....	14
Remerciement.....	16
Bibliographie.....	16

## Introduction

Au cours de leur cycle de vie, certains poissons ont la nécessité d'accomplir des migrations pour rejoindre des zones de croissance ou de reproduction. Chez certaines espèces, ce cycle de vie est effectué à la fois en mer et en eau douce. Ces poissons sont dits amphihalins. Il existe deux types de migration entre le milieu marin et le milieu dulcicole. Lorsque les adultes se reproduisent en eau douce et que la croissance des jeunes a lieu en mer, espèces potamotoques Dans le cas contraire, ce sont des espèces thalassotoques (Bruslé & Guignard, 2004). L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) présente un cycle de vie à plusieurs phases. Schmidt (1922) a pu mettre en évidence la zone de reproduction de l'anguille dans la mer des Sargasses. Il s'en suit l'éclosion des œufs et la transformation de la larve préleptocéphale en larve leptocéphale planctonique. Cette larve leptocéphale va migrer en direction de son aire de croissance grâce aux courants marins en particulier le Gulf Stream (Bonhommeau *et al.*, 2008). La durée de cette migration est très variable selon les auteurs : de moins de un an grâce aux études sur les otolithes à plus de 2 ans pour les études portant sur les cohortes (Bonhommeau *et al.*, 2009). Des changements morphologiques intenses ont lieu en estuaire, la larve leptocéphale se métamorphose vers un stade civelle (Grassi, 1896). Ce stade va coloniser le milieu dulcicole ou se sédentariser en estuaire (Edeline & Elie, 2004) et va se transformer petit à petit en anguille jaune. L'anguille jaune va par la suite subir des changements morpho-anatomique pour devenir une anguille argentée (Grassi, 1896) qui migrera vers la mer des Sargasses pour se reproduire.

Cette étude traite de l'évolution du recrutement en civelles lors des 30 dernières années sur le bassin versant de la Sèvre niortaise, les périodes préférentielles de migration, la structure de taille des individus migrants et les facteurs principaux impliqués dans la migration. Or, aucune étude ne traite de se recrutement lors des 30 dernières années sur le bassin versant de la Sèvre, les dernières datant de 1987 (Gascuel, 1987 ; Legault ; 1987)

Ainsi, une forte diminution des effectifs de civelles est attendue depuis les trente dernières années. Les périodes de migration sur le bassin versant de la Sèvre Niortaise seront plus tardives qu'en estuaire ouvert comme celui de la Loire ou de la Gironde. La longueur des individus migrants diminuera avec l'avancement de la saison de colonisation. La migration va être accentuée avec l'augmentation de la température de l'eau et l'augmentation des coefficients de marée.

# Matériel et Méthodes

## *Lieu de l'étude*

Deux sites principaux ont pu être suivis au niveau des ouvrages à la mer du bassin versant de la Sèvre Niortaise et sont illustrés en **figure 1**. Le site des Enfreneaux (46°19'01.2''N ; 1°00'39.9''O) sur la commune de Marans (17) est l'ouvrage à la mer situé directement sur la Sèvre Niortaise. Son suivi a débuté en 1984. La porte des 5 abbés (46°19'54.9''N ; 1°04'07.1''O) sur la commune de Marans (17) est située sur un affluent de la Sèvre Niortaise : le canal des 5 abbés. Son suivi a débuté en 1996.



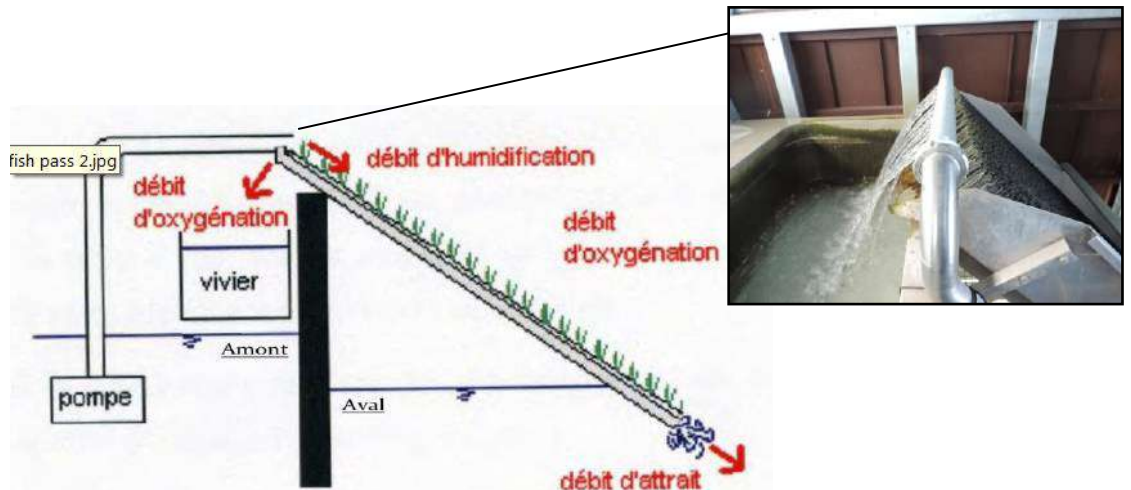
**Figure 1.** Cartographie du site d'étude (QGIS© version 2.8.1 (Sherman et al., 2015))

## *Matériel biologique*

Cette étude se concentre sur la montaison des stades juvéniles d'*Anguilla anguilla*. Différents stades de coloration sont touchés dans cette étude : du stade V<sub>A</sub> (civelle transparente) au stade VII (anguillette) comme définis par Elie *et al* (1982).

## Méthodes de capture et mesures

Au niveau des deux sites d'étude, les civelles sont récoltés à partir de passes pièges présentés en **Figure 2**. Les anguilles vont franchir la rampe à brosse par reptation puis atterrir dans un vivier. Pour permettre l'escalade de la rampe, la présence d'un attrait à son pied et une humidification de cette dernière sont indispensables. Pour permettre la survie des individus dans le vivier, une oxygénation est effectuée par une arrivée d'eau en continue.



**Figure 2.** Schéma du fonctionnement d'une passe-piège à anguille et photographie de la rampe à brosse et du vivier (cliché M. Lavoué)

Les individus récoltés sont ensuite passés sur un tamis à mailles de 5x5mm laissant passer à travers les individus de moins de 150mm. Les individus de plus de 150mm sont pesés et dénombrés. Les individus de moins de 150mm sont, eux aussi, pesés et leur dénombrement est estimé grâce à la pesée de 150 individus.

De plus, 150 individus de taille inférieure à 150mm bénéficieront d'une mesure de leur longueur à l'aide d'un ichtyomètre chaque semaine standard (**Figure 3**) après les avoir anesthésiés à l'aide d'une solution d'eugénol (3 gouttes d'essence de clou de girofle dans 5 mL d'éthanol ajouté à 7 litres d'eau).

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

Figure 3. Calendrier des semaines standards.

### Analyses statistiques

L'homogénéité des variances a été testée à chaque fois à l'aide d'un test de Bartlett et la normalité des données ou des résidus à l'aide d'un test de Kolmogorov-Smirnov. La valeur de significativité choisie par défaut est 0,05.

En ce qui concerne l'évolution des captures par unité d'effort (exprimés en nombre d'individu capturé par jour) en fonction de l'année, les données ont pu être modifiées sous la forme : Log (données + 1). Par la suite, des comparaisons de moyennes ont été effectuées à l'aide d'Anovas suivi de tests de Tukey.

Les données saisonnières ont été analysées à l'aide de tests d'Anovas en discriminant les captures par unité d'effort des petits individus (<150mm) et des grands individus (>150mm). Par la suite, des tests post-hoc de Tukey ont été utilisés.

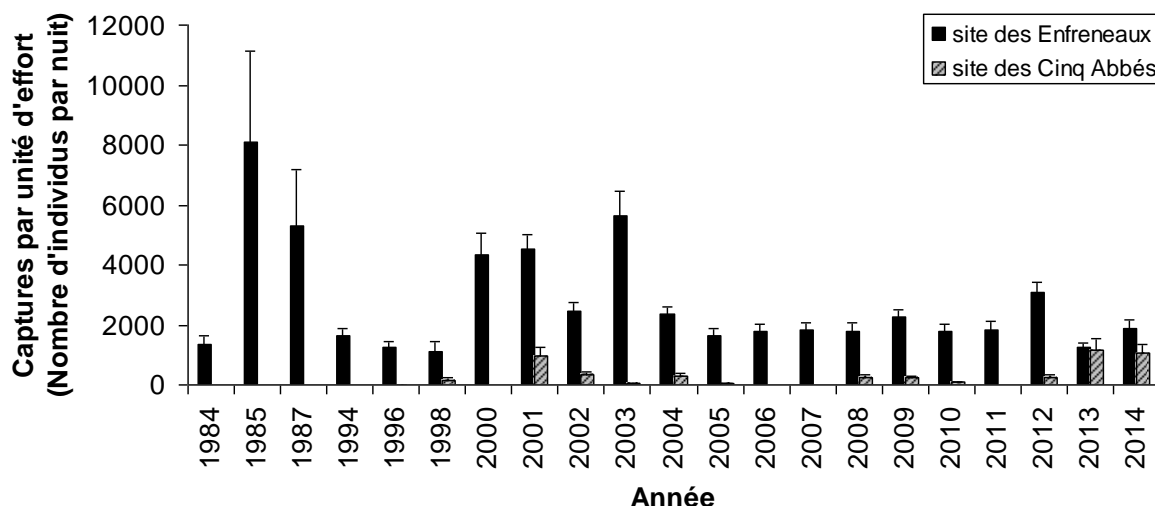
L'analyse biométrique des individus au cours de l'année a été réalisée à l'aide d'une corrélation de Spearman, les résidus ne suivant pas une loi normale.

En ce qui concerne l'analyse de l'effet de la marée et de la température de l'eau, des Anovas à 2 facteurs ont pu être effectuées. Ces tests statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel R© version 3.1.2 (Bates *et al.*, 2014).

L'obtention des résultats de l'année 2015 n'étant pas totalement terminée, les tests statistiques ne se sont basés que sur les années antérieures.

## Résultats

### Evolution des effectifs entre 1984 et 2014



**Figure 4.** Histogramme illustrant l'évolution des captures par unité d'effort des individus de moins de 150mm entre 1984 et 2014 sur les 2 sites d'études (les barres d'erreurs sont les erreurs standards).

Sur le site des Enfreneaux, une diminution significative du nombre d'individus d'anguilles entre 1985 et 2014 (*Anguilla anguilla*) a pu être mise en évidence (Anova ;  $F= 13,30$ ;  $ddl= 21$ ;  $p<0,05$ ). La population migrante piégée a ainsi été divisée par 4 en 30 ans (Test de Tukey : 2014-1985, différence =  $-3,70$ ,  $p<0,05$ ) (**Figure 4**).

Sur le site des Cinq Abbés, des différences entre années ont pu être observées (Anova ;  $F= 12,43$ ;  $ddl= 12$ ;  $p<0,05$ ). Toutefois, cela peut se traduire par une augmentation du nombre d'individus capturés a été enregistrée depuis 2013 (Tests de Tukey,  $p<0,05$ ). Un recrutement significativement plus important sur le site des Enfreneaux est ici mis en évidence (test de Wilcoxon,  $W = 143637$ ,  $p<0,05$ ).

Sur l'année 2015, les effectifs semblent en nette régression que ce soit sur le site des Cinq Abbés ou celui des Enfreneaux par rapport aux années 2013 et 2014.

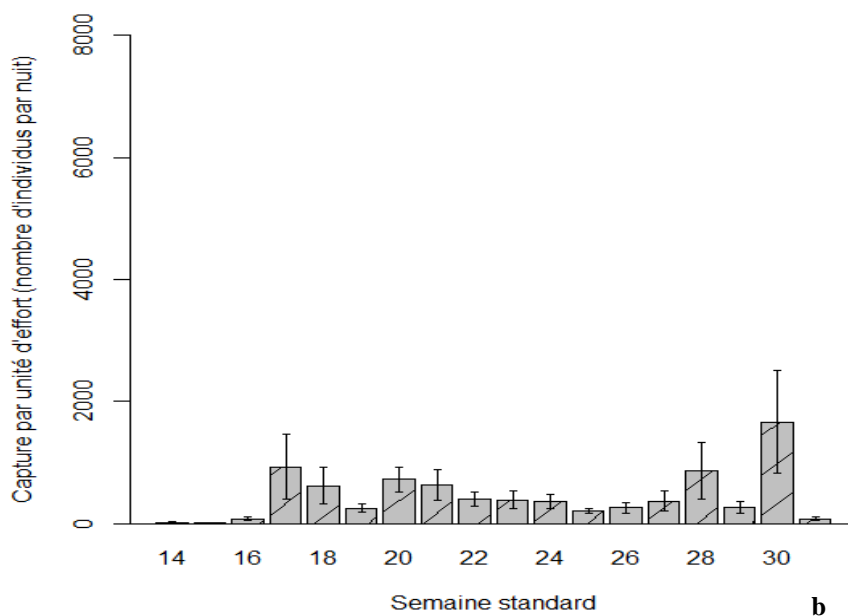
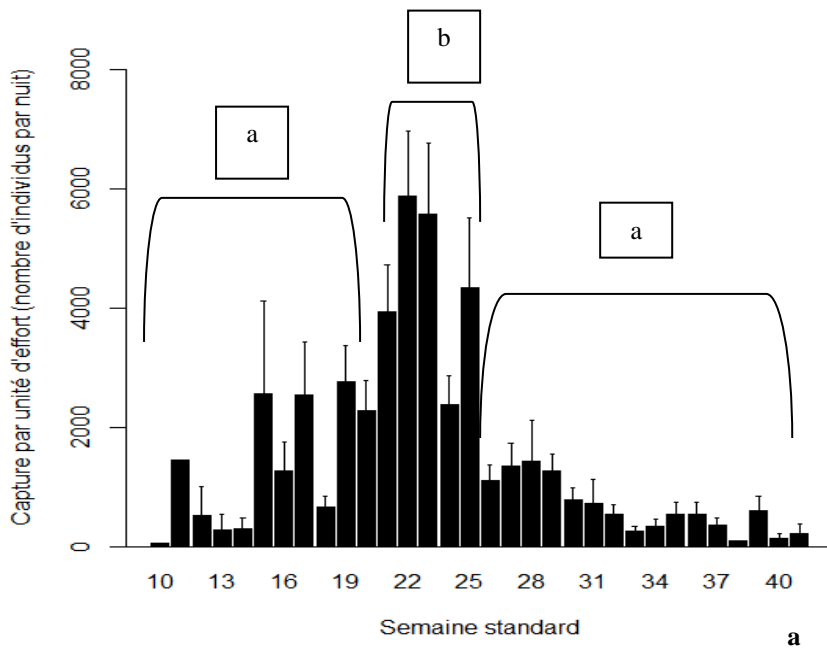
### Périodes de migration

Sur le site des Enfreneaux, les effectifs migrants suivent à priori une courbe de Gause. Des différences significatives entre différents groupes ont pu être mises en évidence (anova ;



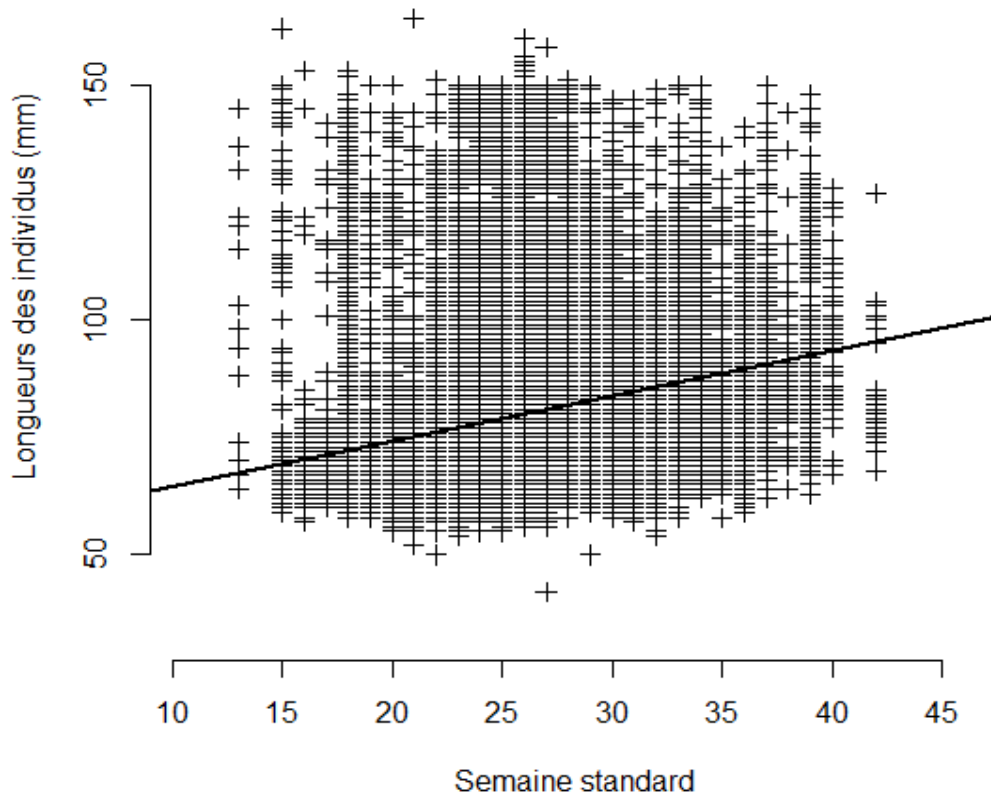
F=4,77 ; ddl=31 ; p<0,05) (**Figure 5a**). En effet, des tests de comparaison de Tukey ont pu différencier deux groupes distincts. Le premier groupe est celui qui comprend les semaines 22 à 25 qui correspondrait au pic migratoire. Le second groupe est celui regroupant toutes les autres semaines (tests de Tukey ; p<0,05)

Sur le site des Cinq Abbés, peu de différences sont observées entre les semaines (anova ; F=2,65 ; ddl=17 ; p<0,05) mis à part un plus faible recrutement en début de saison soit avant la semaine 17 (tests de Tukey, p<0,05) (**Figure 5b**). Le site des Enfreneaux est néanmoins plus attractif que celui des Cinq Abbés (test de Wilcoxon, W = 143637, p<0,05).



**Figure 5.** Histogramme illustrant l'évolution des captures par unité d'effort des individus de moins de 150 mm en fonction de la période de l'année sur le site des Enfreneaux (a) et sur le site des 5 Abbés (b) (les barres d'erreurs sont les erreurs standards).

### **Structure de taille des individus migrants**



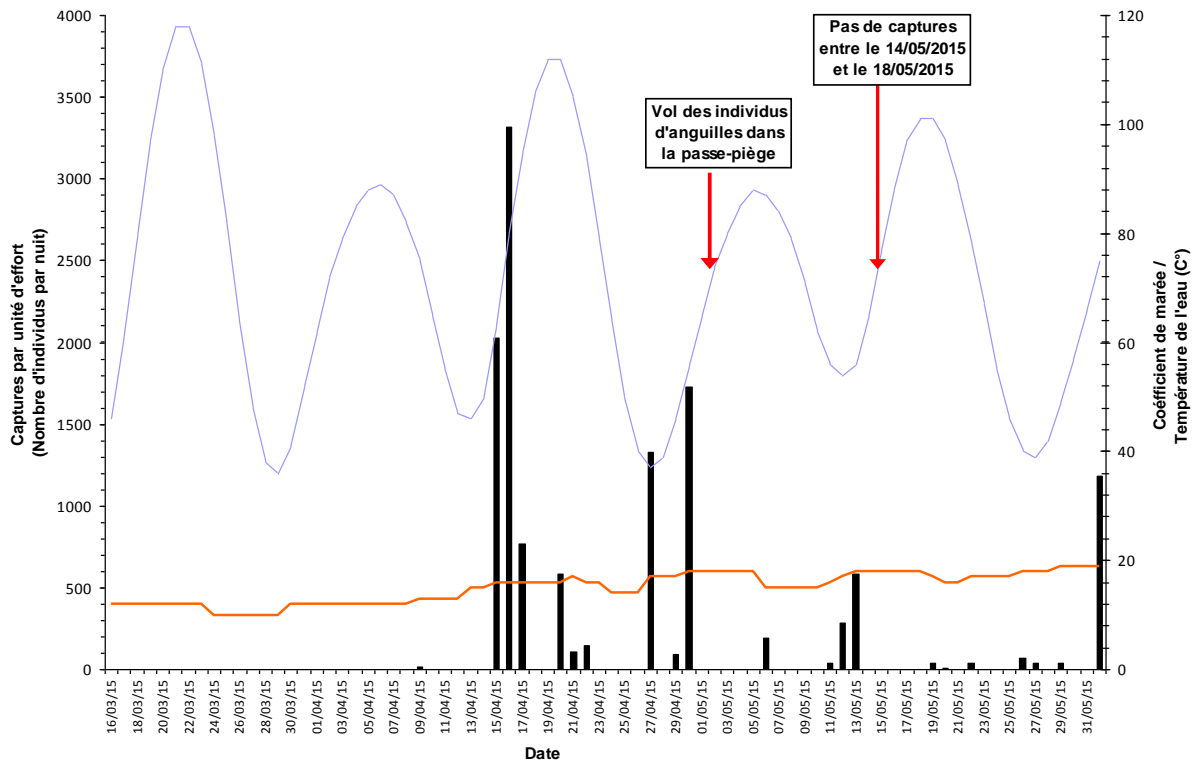
**Figure 6.** Evolution de la longueur des individus de moins de 150mm en fonction de la période de l'année sur le site des Enfreneaux ; la courbe correspond à la droite de régression linéaire.

La taille des anguilles augmente au cours de l'année (corrélation de Spearman ;  $r=0,34$  ;  $p<0,05$ ) (**Figure 6**). Les résultats obtenus en 2015 suggèrent une corrélation identique. Une variation des stades de civelles est également observée.

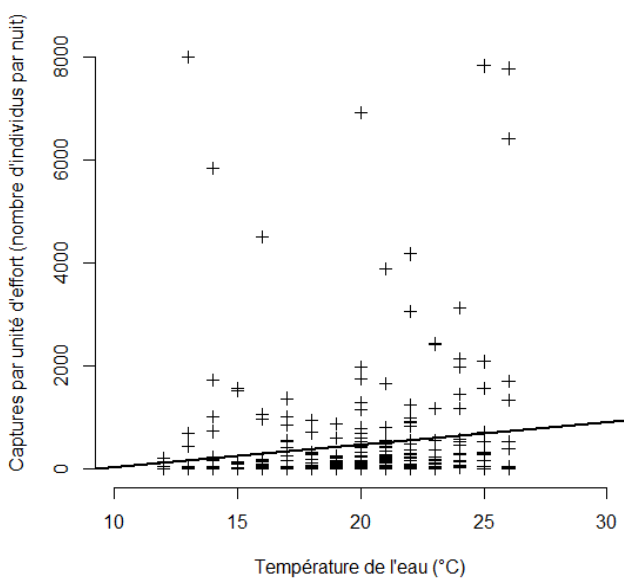
### **Facteurs déterminants la migration**

Deux facteurs ont été pris en compte sur les sites d'étude soit la température de l'eau et le coefficient de marée. Sur le site des Enfreneaux, la migration des individus de plus de 150mm est déterminé par la température de l'eau (Anova à 2 facteurs ;  $F= 80,94$  ;  $ddl=1$  ;  $p<0,05$ ) et

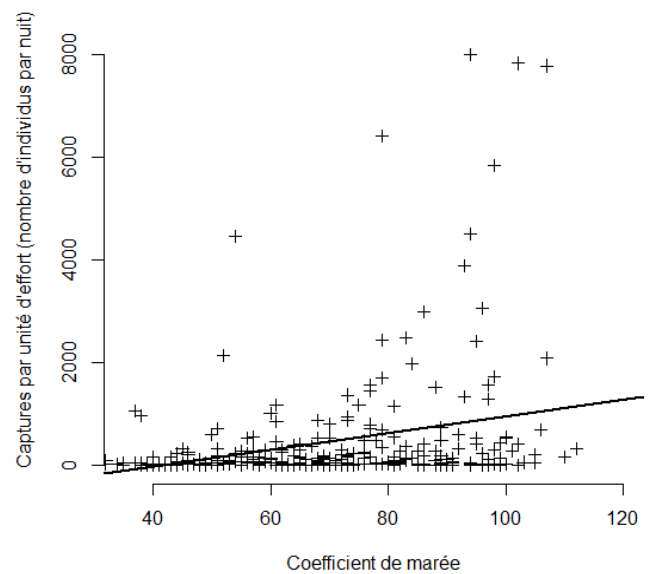
l'interaction « température de l'eau / coefficient de marée » (Anova à 2 facteurs ;  $F=6,10$  ;  $ddl=1$  ;  $p<0,05$ ). En ce qui concerne les individus de moins de 150mm, seule la température de l'eau joue sur le site des Enfreneaux (Anova à 2 facteurs ;  $F= 43,38$ ;  $ddl=1$  ;  $p<0,05$ ) (Figure 7).



**Figure 7.** Graphique mettant en évidence les captures par unité d'effort (histogramme en noir), le coefficient de marée (courbe en bleu) et la température de l'eau (courbe en orange) en fonction de la date au cours de l'année 2015.



**Figure 8.** Evolution des captures par unités d'effort des individus de moins de 150 mm en fonction de la température de l'eau sur le site des Cinq Abbés ; La courbe



**Figure 9.** Evolution des captures par unités d'effort des individus de moins de 150 mm en fonction de la valeur du coefficient de marée sur le site des Cinq

correspond à la droite de régression linéaire.

Abbés ; La courbe correspond à la droite de régression linéaire.

Sur le site des Cinq Abbés, le recrutement en individus supérieur à 150mm est lié à la fois au coefficient de marée (Anova à 2 facteurs ;  $F= 9,58$  ;  $ddl=1$  ;  $p<0,05$ ) et à l'interaction « température de l'eau / coefficient de marée » (Anova à 2 facteurs ;  $F= 7,11$  ;  $ddl=1$  ;  $p<0,05$ ). Quant aux individus de moins de 150mm, la température de l'eau (Anova à 2 facteurs ;  $F= 23,11$  ;  $ddl=1$  ;  $p<0,05$ ) (**Figure 8**) et le coefficient de marée (**Figure 9**) jouent indépendamment (Anova à 2 facteurs ;  $F= 14,15$  ;  $ddl=1$  ;  $p<0,05$ ).

Nous pouvons observer une inhibition totale de la migration pour des températures inférieures ou égales à 12°C et un réel recrutement à partir de 16°C.

## Discussion

### ***Evolution des effectifs entre 1984 et 2014***

Les captures à l'aide de la passe piège ne représente qu'un échantillon des anguilles migrantes sur le bassin versant de la Sèvre niortaise. Ainsi, seuls les individus capables d'empreinter la rampe à brosse sont capturés.

Une diminution générale des effectifs capturés a pu être mise en évidence. En effet, jusqu'en 1984, l'Anguille était considérée comme nuisible sur les cours d'eau de première catégorie. En 1987, elle représentait 94% de la biomasse hivernale en amont de l'estuaire (Gascuel, 1987). Cette diminution des effectifs a aussi été mise en évidence par Adam *et al.* en 2008. Ce dernier quantifie un déclin des populations de l'ordre de 10 à 15 entre 25 à 30 ans. Les causes de ce déclin sont multiples : pêche sur tous les stades, dégradation des habitats, faible accessibilité aux habitats à cause des nombreux ouvrages hydrauliques, augmentation des pathogènes (Adam *et al.*, 2008 ; Gascuel, 1987), le changement climatique et les invasions biologiques (Adam *et al.*, 2008). La pêche est, en effet, un réel facteur de diminution du recrutement fluvial en anguille. En effet, du fait de sa forte valeur économique, la civelle est fortement pêchée. Cette activité est responsable de la majorité de la mortalité des anguilles en milieu halin (Acou *et al.*, 2009 ; Adam *et al.*, 2008). Des indices d'activités illégales ont d'ailleurs pu être observés à plusieurs reprises au pied du barrage des Enfreneaux. De plus, les

autres stades d'Anguilles (anguille jaune et anguille argentée) sont pêchés essentiellement par les pêcheurs amateurs et les pêcheurs professionnels sur la Loire. La dégradation des habitats est un facteur prépondérant dans la régression des populations d'Anguilles. En effet, de nombreuses zones d'alimentation pour l'anguille ont disparu au cours du dernier siècle, c'est notamment le cas de nombreuses zones humides (Baisez, 2001). Ce sont les conséquences de l'intensification agricole qui a fait suite à la seconde Guerre mondiale. Par ailleurs, elle s'est accompagnée d'une utilisation accrue des produits phytosanitaires. Chez l'Anguille européenne, les effets de ces substances ne sont pas réellement connus mais pourraient avoir de grandes conséquences à long termes sur les populations notamment par le fait qu'elles s'accumulent dans les tissus adipeux au stade anguille argentée (Adam *et al.*, 2008). L'accessibilité, plus en amont, est parfois difficile à cause des différents ouvrages hydrauliques. C'est notamment le cas lorsque ces derniers sont ouverts à cause d'un très fort débit (période de crues) ou lorsque ces barrages sont fermés en période d'étiage (Gascuel, 1987). Par cela, les ouvrages hydrauliques vont rompre la continuité écologique entre les différents milieux. Cela va rendre l'Anguille plus vulnérables aux différentes menaces qui pèsent déjà sur elle. Une augmentation de la mortalité par les pathogènes a pu aussi être constatée ces dernières années notamment par la contamination par *Anguillicola crassus* (Miuchut *et al.*, 2002). Ce parasite est de plus une espèce allochtone, qui a été introduit dans les années 1980 sur des alevinages d'anguilles européennes. Cette espèce de parasite originaire du sud-est asiatique est responsable d'une mortalité importante chez l'anguille européenne en entrant dans leur vessie natatoire. Le changement climatique peut aussi impacter le recrutement fluvial en Anguilles puisqu'il va modifier les conditions trophiques par une modification des communautés phytoplanctoniques, en mer des Sargasses. Par cela, l'augmentation de la température va diminuer la nourriture disponible pour les larves leptocéphales (Bonhommeau *et al.*, 2008). L'ensemble de ces facteurs est ainsi responsable de la réduction drastique observée des populations d'Anguille européenne et a conduit en 2007 à la mise en place d'un règlement européen qui vise à réduire de moitié la mortalité de l'Anguille européenne.

Les valeurs plus faibles pour l'année 2013, sur le site des Enfreneaux, peuvent s'expliquer par de nombreux problèmes techniques intervenus lors du piégeage et de conditions météorologiques très favorables à la migration. En effet, le barrage des Enfreneaux a été franchissable une partie de la saison de recrutement. Des observations de cordons de civelles migrants confirment ce constat.

Toutefois, au cours des années 2013 et 2014, le site des Cinq abbés a vu son recrutement augmenter. Cela s'inscrit dans une logique nationale puisque les quotas de pêche à l'anguille ont augmenté au niveau national pour la campagne de pêche 2014-2015 soit à 30t pour la consommation et à 45t pour le repeuplement (Bigot, 2014).

### ***Périodes de migration***

Sur le site des Enfreneaux, l'intensité migratoire sur les 30 dernières années suit approximativement une courbe de Gause, le pic de colonisation se situant généralement la première quinzaine du mois de juin. Sa distance à la baie de l'Aiguillon suggère cependant un recrutement plus tardif que celui des Cinq Abbés.

Sur le site des Cinq Abbés, aucune période de migration préférentielle n'a pu être détectée. Toutefois, Legault, en 1987, avait mis en évidence un recrutement plus intense sur ce site en février, période non échantillonnée lors de cette étude. Le site des Cinq Abbés étant très proche de la baie de l'Aiguillon, cette période constitue donc le début de la période de colonisation du domaine fluvial. De plus, lors de la présente étude la migration portée n'a pas été échantillonnée ce qui aurait pu révéler une période de migration préférentielle sur le site des Cinq Abbés

L'arrivée des civelles en baie de l'aiguillon a lieu à partir du mois de septembre comme sur toute la façade atlantique française (Gascuel, 1987). Il s'en suit une période de stockage en estuaire (Edeline *et al.*, 2004) qui vont permettre aux civelles une adaptation au milieu dulcicole.

Sur la Loire, un estuaire ouvert, la colonisation fluviale a lieu entre novembre et mars (Baisez, 2004) ce qui est plus précoce que sur la Sèvre. De plus, la période d'arrivée des larves leptocéphales dépend de la distance du lieu d'arrivée à la mer des Sargasses en utilisant le Gulf Stream (Kettle & Haines, 2006). Néanmoins, la faible différence en termes de distance à la zone de reproduction ne constitue pas les principales différences en termes de période de colonisation. Ces différences peuvent ainsi s'expliquer par le fait que certains estuaires sont fermés par des ouvrages hydrauliques. Au pied des ouvrages hydrauliques des accumulations d'anguilles ont généralement lieu (Feunteun *et al.*, 1998 ; Gascuel, 1987 ; Legault, 1987). Cela a pour conséquence de retarder significativement les périodes de migration. Sur les ouvrages équipés de passes à Anguilles, cette accumulation ne touche que les individus de

taille inférieure à 100mm (Feunteun *et al.*, 1998). Il semble ainsi évident d'étudier les tailles des individus en colonisation.

### ***Structure de taille des individus migrants***

Les individus augmentent en taille avec l'avancement de l'année. En effet, cela peut s'expliquer par une arrivée des premiers individus de civelles dès le mois de septembre en baie de l'Aiguillon (Gascuel, 1987). Ainsi, l'âge des individus migrants augmente au cours de l'année comme ont pu le montrer les études otolithométriques. Le stade civelle étant un « intermédiaire » entre le stade leptocéphale et le stade anguille jaune, les individus vont lors de cette période continuer leur métamorphose. Au cours du temps, les individus vont subir des transformations morpho-anatomiques qui s'accompagnent d'une mélanisation (Elie *et al.*, 1982). Cette mélanisation est déclenchée par plusieurs facteurs : soit l'augmentation de la température de l'eau, la diminution de la salinité et des facteurs internes à l'individu : des facteurs endocrines thyroïdiens (Edeline *et al.*, 2004). Les stades les plus précoces (IV à VIa) ne se nourrissent pas lors de la métamorphose. La reprise de l'alimentation des individus intervient au stade VIa (Elie *et al.*, 1982). Cependant, les captures à la passe-piège ne sont pas exhaustives puisque seuls les individus capables d'acquies un comportement d'escalade sont capturés. D'autres études suggéraient une diminution de la taille de la population migrante au cours de l'année notamment à cause d'un chevauchement des 2 saisons de migration mais aussi à cause de la diminution des ressources alimentaires disponibles (Adam *et al.*, 2008). Ces résultats pourraient être observés en fin de saison de recrutement sur le bassin versant Sèvre niortaise.

### ***Facteurs déterminants la migration***

#### **Coefficient de Marée**

Sur le site des Cinqs Abbés, l'amplitude de la marée (coefficient) est déterminante pour la migration fluviatile des civelles. Sur le site des Enfreneaux, seule l'interaction est déterminante dans le recrutement. De plus, sur ces deux sites, la phase d'augmentation en

individus a lieu lors des périodes de coefficient montant. Les mêmes résultats ont pu être mis en évidence par Legault en 1987 sur le bassin versant de la Sèvre niortaise. Cependant, cette variable semble difficile à discerner du facteur courant. Ce facteur peut néanmoins être mis en relation avec le cycle lunaire. En effet, les rythmes tidaux sont liés à l'action de la lune. Cependant, il est nécessaire de noter l'influence de la clarté de la lune sur la migration (Adam *et al.*, 2008).

Ainsi, l'influence de la marée entre tout particulièrement en compte dans le phénomène de migration portée. Il a, en effet, été mis en évidence chez la plupart des individus migrants. Au cours d'une journée, à marée montante, les civelles se laissent porter par le flot en remontant activement dans la colonne d'eau. Lors du jusant, les individus descendent dans la colonne d'eau et s'enfouissent dans le substrat jusqu'au prochain flot. Elle s'accompagne d'un rhéotropisme positif. Au fil de sa métamorphose, l'anguille va acquérir une migration dite nagée où les individus vont nager à contre courant (Legault, 1987 ; Gascuel, 1987). Les individus capturés dans les passes pièges correspondent d'ailleurs à des individus pouvant nager à contre-courant.

### **Température de l'eau**

La température de l'eau est le facteur le plus prépondérant dans la colonisation du milieu fluvial par l'anguille. Les températures de déclenchement de la colonisation fluviale sur l'estuaire de la Sèvre sont supérieures à celles rencontrées ailleurs (Adam *et al.*, 2008 ; Gascuel, 1986). A basses températures, le comportement migratoire et le comportement alimentaire de l'anguille est inhibé (Bruslé & Guignard, 2004). Ainsi, une sédentarisation temporaire en estuaire aura lieu (Gascuel *et al.*, 1995). Toutefois, cette sédentarisation en estuaire peut être définitive. En effet, certains individus vont effectuer toute leur croissance en milieu estuarien. Cette sédentarisation n'est cependant pas seulement déterminée par la température de l'eau mais aussi par la tolérance à la salinité des individus. Les individus sédentarisés en estuaire bénéficient alors d'une plus forte croissance car le milieu estuarien est plus productif (Edeline & Elie, 2004).

Cependant, la migration portée n'ayant pas été étudiée, la température de déclenchement de cette colonisation reste inconnu sur le bassin versant de la Sèvre niortaise.



## Autres facteurs mis en évidence

L'influence de plusieurs autres facteurs a pu être mise en évidence notamment la luminosité. En effet, le rythme nyctéméral a un réel impact sur la migration de l'anguille sur un pas de temps journalier. Tous les stades d'*Anguilla anguilla* sont lucifuges, c'est pourquoi leur migration n'a lieu que la nuit (Bruslé & Guignard, 2004). Cependant, la turbidité de l'eau ou la nébulosité peuvent masquer ce facteur-ci et déclencher la migration.

Certains facteurs internes à l'individu notamment certains facteurs thyroïdiens ont pu être mis en évidence par leur rôle dans la migration anadrome de l'Anguille. En effet, lors du jusant, la production de T4 (L-thyroxine) par la thyroïde va diminuer au dépend de la production de T3 (3, 5, 3'-triiodo-L-thyronine). Cela va ainsi activer la nage à contre courant. Au contraire, lors du flot, la production de T4 va augmenter, cela va ainsi déclencher la migration portée (Edeline *et al.*, 2004).

Il existe d'autres facteurs moins importants décrit par des auteurs ou encore des pêcheurs tels que le vent ou la pression atmosphérique mais qui n'ont pas été démontrés (Adam *et al.*, 2008).

Ces différents facteurs posent la question de l'hydrotropisme (attirance pour l'eau douce) de l'anguille lors de sa migration. Cruetzberg, en 1961, fut le premier à prouver que des odeurs étaient à l'origine de l'orientation chez l'anguille. Différentes hypothèses ont été émises sur la provenance de ces odeurs : des acides aminés (Bruslé et Guignard, 2004) ou des phéromones déposés par des congénères comme chez les lamproies ou les Salmonidées (Sorensen & Baker, 2015 ; Briand *et al.*, 2002). Cette dernière hypothèse semble aujourd'hui la plus plausible.

## Conclusion

Les populations d'Anguille européenne sont en nette régression depuis les années 1980. Dès lors son classement de « nuisible » sur les cours d'eau de première catégorie a pu être levé. Le bassin versant de la Sèvre niortaise n'échappe pas à cette diminution du recrutement civelier. Différents facteurs peuvent être mis en cause à savoir la surexploitation, la dégradation et la faible accessibilité à ses habitats de croissance, l'augmentation des pathogènes et les invasions biologiques. La période de recrutement est plus tardive qu'en estuaire ouvert à cause de la présence d'ouvrages hydrauliques cependant la date d'arrivée dans l'estuaire de la Sèvre niortaise ne semble pas être différente de celle des autres estuaires de la façade atlantique française. Ainsi, cette période de recrutement tardive en milieu fluvial a permis d'observer l'évolution de la taille des individus migrants, cette dernière augmentant au cours de la

période de recrutement. Plusieurs facteurs ont pu être mis en cause dans la colonisation du milieu dulcicole par le stade civelle dont les plus importants sont les rythmes tidaux, la température de l'eau, la luminosité et les facteurs hormonaux.

Certains points restent toutefois flous. L'effet des produits phytosanitaires n'a été que très peu développé par les chercheurs. Néanmoins, de plus en plus d'études sont en cours. Il est important d'avoir une vue globale (connaître les effets à court, moyen et long termes) de ses agents chimiques sur la survie et la reproduction de l'Anguille. L'orientation des civelles dans leur environnement notamment par hydrotropisme reste aussi peu développée et est un sujet prépondérant à développer.

## Remerciement

Je tiens à remercier Madame Der Mikaélian Sophie pour m'avoir encadré au sein du Parc Naturel Régional du Marais poitevin, transmis ses connaissances sur les poissons et pour m'avoir supporté lors de ces 2 mois de labeur.

A Monsieur Philippe Gautier, l'autodidacte par excellence, pour m'avoir fait partager son point de vu critique.

A toute l'équipe de l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise, pour m'avoir soutenu lorsqu'il y a pu avoir des soucis techniques ou biologiques.

A toutes les personnes qui ont pu collecter les données sur les 30 dernières années sans qui tout ce travail n'aurait pu être possible.

Je tiens à remercier aussi la DDTM Charente Maritime pour m'avoir fourni les autorisations de capture d'anguilles.

Encore, merci à tous pour votre soutien et votre aide lors de l'élaboration de ce travail.

## Bibliographie

Acou A., A. Legault, P. Lafaille & E. Feunteun, 2009. Environmental determinism of year to year recruitment variability of European eel in small coastal catchment, the Frémur river, north-west France. *Journal of Fish Biology* **74** (3) : 1985-2001. DOI : 10.1111/j.1095-8649.2009.02288.x

Adam G., E. Feunteun, P. Prouzet & C. Rigaud, 2008. L'anguille européenne, indicateurs d'abondance et de colonisation. Ed. Quae, Versailles, 395p.

Baisez A., 2004. Analyse des données statistiques de captures de civelles des pêcheurs professionnels maritimes du Bassin de la Loire, des Côtiers Vendéens et de la Sèvre Niortaise. *Rapport d'étude. Logrami ; Tableau de Bord Anguille du Bassin de la Loire, des Côtiers Vendées et de la Sèvre Niortaise* . 27p.

Baisez A., 2001. Optimisation des suivis des indices d'abondance et des structures de taille de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*, L.) dans un marais endigué de la côte atlantique : Relations espèce – habitat. Thèse. Université Paul Sabatier Toulouse III. 396p.

Bates D., J. Chambers, P. Dalgaard, S. Falcon, R. Gentleman, K. Hornik, R. Ihaka, M. Lawrence, F. Leisch, U. Ligges, T. Lurnley, M. Maechler, M. Morgan, D. Murdoch, P. Murrell, M. Plummer, B. Ripley, D. Sarkar, D. Temple Lang, L. Tierney & S. Urbanek, 2014. R version 3.1.2.

Bigot C., 2014. Arrêté du 23 octobre 2014 portant définition, répartition et modalités de gestion du quota d'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) de moins de 12 centimètre pour la campagne de pêche 2014-2015, *Journal Officiel de la République Française* du 28 octobre 2014 **250** : 17801. NOR : DEVM1421916A.

Bonhommeau S., E. Chassot & E. Rivot, 2008. Fluctuation in European eel (*Anguilla anguilla*) recruitment resulting from environmental changes in the Sargasso Sea. *Fisheries Oceanography* **17** (1) : 32-44. DOI : 10.1111/j.1365-2419.2007.00453.x

Bonhommeau S., D. Gascuel, B. Blanke, A.M. Tréguier, N. Grima, E. Rivot, Y. Vermard, M. Castonguay & O. Le Pape, 2009. Estimate the mortality and the duration of the trans-Atlantic migration of European eel *Anguilla anguilla* leptocephali using a particle tracking model. *Journal of Fish Biology* **74** (9) : 1891-1914.

Briand C., D. Fatin & A. Legault, 2002. Role of eel odour on the efficiency of an eel, *Anguilla Anguilla*, ladder and trap. *Environmental Biology of Fishes* **65** : 473-477

Bruslé J. & J. P. Guignard, 2004. Les poissons et leur environnement : écophysiologie et comportement adaptatif. Ed. Lavoisier, Paris, 1522p.

Creutzberg F., 1961. On the orientation of migrating elvers (*Anguilla vulgaris* turt.) in a tidal area. *Netherland Journal of Sea Research* **1** (3) : 257-338.

Edeline E., S. Dufour, C. Briand, D. Fatin & P. Elie, 2004. Thyroid status is related to migratory behaviour in *Anguilla Anguilla* glass eels. *Marine ecology progress series* **282** : 261-270.

Edeline E. & P. Elie, 2004. Is salinity choice related to growth in juvenile eel *Anguilla Anguilla*? *Cymbium* **28** (1) : 77-82.

Elie P., R. Lecomte-Finiger, I. Cantrelle & N. Charlon, 1982. Définition des limites des différents stades pigmentaires durant la phase civelle d'*Anguilla anguilla* L. (poisson téléostéen anguilliforme). *Vie et Milieu* **32** : 149-157

Feunteun E., A. Acou, J. Guillouët, P. Lafaille & A. Legault, 1998. Spatial distribution of an eel population (*Anguilla Anguilla* L.) in a small coastal catchment of Northern Brittany (France). Consequences of hydraulic works.

Gascuel D., 1987. La civelle d'anguille dans l'estuaire de la Sèvre Niortaise : Biologie, Ecologie, Exploitation. *Publication du département d'halieutique E.N.S.A. Rennes* **4** (1) : 355p.

Gascuel D., 1986. Flow-carried and active swimming migration of the glass eel (*Anguilla anguilla*) in the tidal area of a small estuary on the French Atlantic coast. *Helgoländer Meeresunters* **40** : 321-326.

Gascuel D., E. Feunteun & G. Fontenelle, 1995. Seasonal dynamics of estuarine migration in glass eels (*Anguilla anguilla*). *Aquatic Living Ressources* **8** : 123-133.

Grassi G.B., 1896. The reproduction and metamorphosis of the common eel (*Anguilla vulgaris*). *Proceeding of the Royal Society of London* **60** : 260-271.

Kettle A.J. & K. Haines, 2006. How does the European eel (*Anguilla Anguilla*) retain its population structure during its larval migration accros the North Atlantic Ocean? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **63** : 90-106. DOI : 10.1139/F05-198

Legault A., 1987. L'anguille dans le bassin de la Sèvre Niortaise : biologie, écologie, exploitation. *Publication du département d'halieutique E.N.S.A. Rennes* **6** : 305p.

Muchiut S., F. Gallet, D. Aubin, L. Baranger, V. Le Bihan & Y. Perraudeau, 2002. Principaux facteurs à prendre en compte pour une meilleure gestion de l'Anguille européenne, *Anguilla anguilla*. *Rapport d'étude. Observatoire des pêches et des cultures marines du Golfe de Gascogne*. 83p.

Sherman G.E., S. Halasz, M. Hugentobler, T. Sutton, D. Antipov, M. Coletti, L. Luthman, J. Oberender, C. Spoerri, C. Anderson, G. Macaulay, M. Hoshi, P. Brewer, R. Blazek, T. Elwertowski, G. Contreras, M. Dobias, B. Morley, M. Homann, J.E. Fischer, T. Dhar, L.

Lami, M. Pasetti, M. Loskot, P. Ersts, B. Jurgiel, P. Cavallini, C.J.Q. Farmer, L. Masini, W. Mucho, G. Sucameli, A. Furieri, A. Bruy, M. Bernasocchi, N. Woodrow, S. Yakushev, R.-L. D'Hont, E. Tourigny, L. Shaffer, V. Olaya, M. Kuhn, S. Larosa, N. Dawson, V. Parameswaran, C. Cook, A. Huarte, G. Manghi, D.Rouzaud, T Kralidis & S. Santilli, 2014. QGIS version 2.8.1

Schmidt J., 1922. The breeding places of the eels. *Philosophical Transaction of the Royal Society of London*, serie B **211** : 179-208.

Sorensen P. W. & C. Baker, 2015. Species-Specific Pheromones and Their Roles in Shoaling, Migration, and Reproduction : A Critical Review and Synthesis *in* Fish Pheromones and Related Cues, John Wiley and Sons, 11-32.