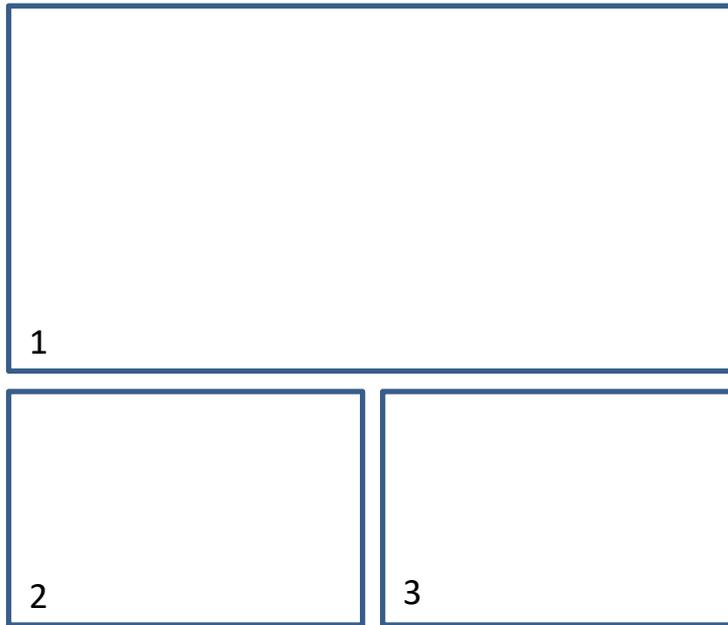


Suivi de la passe-piège à anguilles du barrage de Marguet sur la Liane

Campagne 2018



GEORGEON Mathieu - RIGAULT Benoit – LE PERU Yann – AUDRAN Morgane



1. Barrage de Marguet - *FDAAPPMA 62*
2. Anguilles en progression sur rampe - *Georgon M.*
3. Passe-piège à anguille - *FDAAPPMA 62*

Référence à citer :

GEORGEON M., RIGAUT B., LE PERU Y., AUDRAN M., 2018. Suivi de la passe-piège à anguilles du barrage de Marguet sur la Liane, Campagne 2018. Fédération du Pas de Calais pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques, 18p.

Sommaire

Introduction	1
Contexte	2
I. L'Anguille européenne	2
I.1. Cycle biologique	2
I.2. Comportement migratoire et dispersion continentale	3
I.3. Etat de la population et statuts de protection	4
II. Le bassin de la Liane	5
II.1. Caractéristiques et hydrologie	5
II.2. Barrage de Marguet et dispositifs de franchissement	6
Méthodologie	8
I. Protocole de suivi de la passe-piège à anguilles	8
II. Mise en place d'un suivi complémentaire « Flottang »	8
II.1. Présentation du dispositif	8
II.2. Localisation des sites et fréquence de suivi	8
III. Paramètres relevés et analyses	8
Résultats	2
I. Evolution des paramètres environnementaux	9
I.1. Hydrologie	9
I.2. Température de l'eau	9
II. Fonctionnement des dispositifs de franchissement	10
II.1. Manœuvres de vannes	10
II.2. Passe-piège à anguilles.....	11
III. Bilan des captures	11
III.1. Effectif et dynamique de migration.....	11
II.2. Structures en tailles.....	12
IV. Mise en évidence d'accumulation à l'aval de l'ouvrage	13
IV.1. Evolution des captures à la passe-piège.....	13
IV.2. Retour d'expérience du suivi « Flottangs »	13
Conclusion et perspectives	15
Bibliographie	16
Liste des figures	18

Introduction

L'effondrement du stock d'Anguille européenne observé sur l'ensemble de son aire de répartition a conduit à l'instauration en 2007 d'un règlement européen (n°1100/2007) en faveur de l'espèce. Chaque état membre a ainsi élaboré un Plan de Gestion Anguille (PGA) dont le principal objectif est de réduire la mortalité d'origine anthropique afin d'assurer l'échappement vers la mer d'au moins 40% de la biomasse pristine.

Sur la Liane, le barrage Marguet, localisé en estuaire dans le port de Boulogne-sur-Mer et géré par la Région Hauts-de-France, représente le premier point de blocage pour les espèces piscicoles et en particulier pour les migrateurs amphihalins. Il est, par ailleurs, considéré comme prioritaire vis-à-vis de la migration de l'Anguille.

Ainsi, conformément à l'article 214.17 du code l'environnement et afin de répondre aux objectifs du Plan de Gestion Anguille, cet ouvrage a été aménagé en 2016 par une automatisation des vannes afin de garantir des ouvertures à chaque marée et rétablir ainsi la libre circulation des poissons. En complément, une rampe à anguilles a été installée pour assurer la colonisation du bassin lorsque les vannes sont fermées. Cette passe est équipée d'un bac de capture qui permet d'effectuer un comptage des individus en migration. Le suivi des anguilles capturées a ainsi été mené pendant l'année 2017, afin d'apprécier la fonctionnalité du dispositif et d'améliorer les connaissances sur la dynamique de migration des jeunes anguilles qui s'engagent dans l'estuaire de la Liane.

Les résultats de cette première campagne ont soulevé des interrogations quant à la sélectivité du dispositif sur les plus petites classes de tailles. De même, les faibles captures observées peuvent être la conséquence de l'efficacité des manœuvres de vannes ou l'effet de la sélectivité de la passe. Ainsi, il a été proposé de poursuivre le suivi en 2018 afin de confirmer ces résultats et de mettre en place un suivi complémentaire *via* des flottangs pour apprécier les éventuels effets d'accumulation à l'aval de l'ouvrage.

Contexte

I. L'Anguille européenne

L'Anguille européenne est le seul grand migrateur thalassotoque européen et présente une large distribution géographique, de l'Europe septentrionale (Islande, îles Feroe) en passant par l'Europe occidentale et méridionale (Açores, Canaries, Maroc) et l'ensemble du bassin méditerranéen. C'est une espèce opportuniste et ubiquiste capable de s'adapter à tous les types d'habitats accessibles (Chancerel, 1994 ; Elie & Rigaud, 1984 ; Ximenes *et al.*, 1986, Feunteun *et al.*, 1998).

I.1. Cycle biologique

L'Anguille a un cycle de vie unique et encore mystérieux sur de nombreux points. Espèce vraisemblablement semelpare (une seule reproduction) (Westerberg, 1979 *in* Acou, 2006) et panmictique (population où tous les géniteurs sont susceptibles de se croiser et de se reproduire au hasard) (Wirth & Bernatchez, 2001 ; Als *et al.*, 2011), l'Anguille se reproduirait en Mer des Sargasses de mars à juillet (McLeave *et al.*, 1998).

A l'éclosion, les larves leptocéphales (en forme de feuille de saule) sont portées par les courants océaniques (Gulf-Stream) de manière passive et accomplissent ainsi une migration de 6 000 km pendant 200 à 500 jours (Tesch *et al.*, 1986 ; Tesch & Niermann, 1992 ; Lecomte Finiger, 1994 ; Antunes & Tesch, 1997 ; McLeave *et al.*, 1998 ; Tesch, 1998).

À l'approche du plateau continental et à une longueur moyenne de 6 cm, les leptocéphales se métamorphosent en civelles, leur corps s'allonge et devient cylindrique. Après une courte phase de stabulation dans la zone littorale, elles entament une migration portée puis nagée dans les estuaires entre janvier et juin (Finiger, 1976).

Les civelles se pigmentent progressivement jusqu'à atteindre le stade anguilette (Elie *et al.*, 1982, *in* Edeline, 2005) durant lequel elles poursuivent leur migration vers l'amont en colonisant les hydrosystèmes continentaux accessibles. S'ensuit le stade anguille jaune, phase de croissance essentiellement sédentaire jusqu'à leur maturation sexuelle. Cette phase varie de 4 à 20 ans pour les femelles et 2 à 15 ans pour les mâles.

Au terme de sa période continentale, l'anguille subit une dernière métamorphose pour atteindre le stade anguille argentée. Des changements physiologiques (changement de couleur, augmentation de la taille des yeux, de la taille des nageoires pectorales et de l'épaisseur de la peau...) préparent l'anguille à son retour vers la mer des Sargasses. La dévalaison des anguilles débute généralement à l'automne et se poursuit jusqu'au début du printemps (Durif *et al.*, 2009).

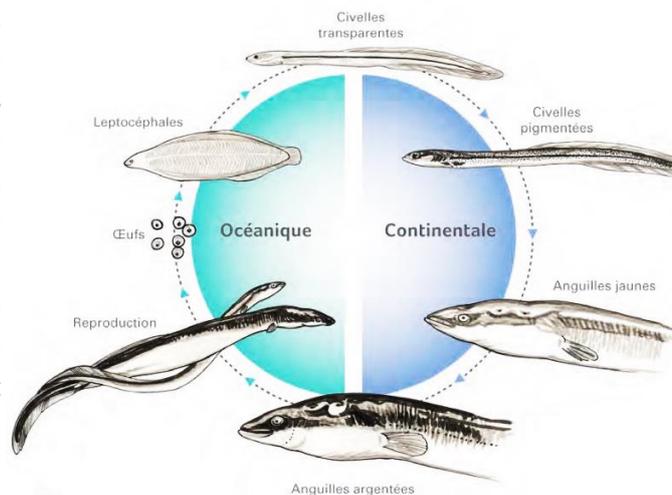


Figure 1 : Cycle biologique de l'Anguille (Illustration C. Girard)

I.2. Comportement migratoire et dispersion continentale

Les arrivées de civelles en estuaire se font toute l'année avec une intensité qui varie selon une ou plusieurs courbes en cloche dont le pic de migration apparaît plus ou moins tôt en fonction de la latitude de l'estuaire (arrivées plus tardives au nord et au sud de l'aire de répartition), et la variabilité des facteurs océaniques (qui agissent sur les vagues successives de leptocéphales issues d'une période de ponte étalée sur plusieurs mois) (Adam *et al*, 2008).

Les recrutements fluviaux sont ensuite modulés par l'action de différents facteurs hydroclimatiques continentaux. L'intensité du courant se traduit par des conditions plus ou moins favorables à la migration des civelles. Creutzberg (1961) a montré que les civelles manifestent une rhéotaxie positive pour des courants de 0,2 m/s, mais que pour des courants supérieurs à 0,36 m/s elles nagent près du fond ou bien s'enfouissent. Les débits importants peuvent alors provoquer un blocage hydrodynamique similaire à l'effet de blocage des obstacles physiques, comme les barrages (Lafaille *et al*, 2007). La température de l'eau peut affecter fortement la migration puisque, comme pour toute espèce poïkilotherme, elle agit sur le métabolisme et notamment sur la vitesse de conduction de l'influx nerveux et sur la rapidité de la contraction musculaire, donc sur la nage.

Suite à la transformation en anguilette, la dispersion non densité-dépendante diminue au profit d'une dispersion densité-dépendante avec sélection de l'habitat. Toutefois, le comportement migratoire peut varier selon l'individu en 4 catégories distinctes (Feunteun *et al.*, 2003) :

- *Les fondateurs* se sédentarisent dès qu'ils trouvent un habitat leur étant favorable.
- *Les pionniers* effectuent la migration la plus importante vers les zones de croissance amont.
- *Les résidents* s'installent sur une aire de répartition donnée pendant plusieurs années.
- *Les nomades* circulent d'un habitat à l'autre pour croître et s'installer de manière transitoire.

La progression des individus se fait essentiellement de nuit, même si les plus jeunes anguilles peuvent migrer toute la journée (comportement lucifuge moins développé) et la progression en nage active se situe entre 10 et 45 km / an. Cependant, cette vitesse de progression est très variable en fonction des caractéristiques du système fluvial emprunté (cloisonnement et pente retardant la progression) et des individus. Ainsi, Feunteun *et al.* (2003) mettent en évidence l'existence d'individus rapides pouvant parcourir 200 km / an.

La taille des anguilles est un bon indicateur de leur comportement migratoire. Les suivis de migration des anguilles révèlent que les individus migrants sont essentiellement des individus dont la taille excède rarement 30 cm (White et Knights, 1997). Plus les individus présentent une taille importante, plus leur caractère migratoire diminue.

I.3. Etat de la population et statuts de protection

L'Anguille européenne a vu son recrutement chuter de 90% depuis les années 1970 sur l'ensemble de l'aire de répartition (ICES, 2008).

Les causes de ce déclin sont multiples dont les principales évoquées sont la surpêche (qui réduirait le nombre de géniteurs), la perte et la dégradation de l'habitat (notamment les barrages, qui réduisent le domaine vital de l'espèce, et l'assèchement des zones humides), les infections (en particulier le parasite *Anguilocoloides crassus* qui se loge dans la vessie natatoire et hypothèque le succès de la migration génésique), la pollution (qui affecterait les gonades et donc le succès reproducteur) ou encore le changement climatique (qui modifierait les courants océaniques et compromettrait la migration des larves).

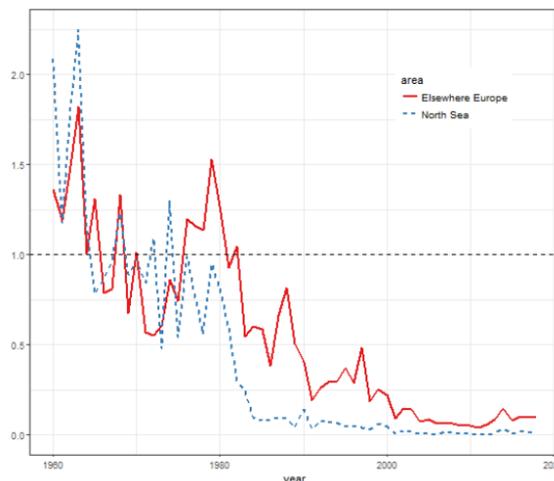


Figure 2 : Evolution du recrutement en civelles en Europe et Mer du Nord (source WGEEL 2018)

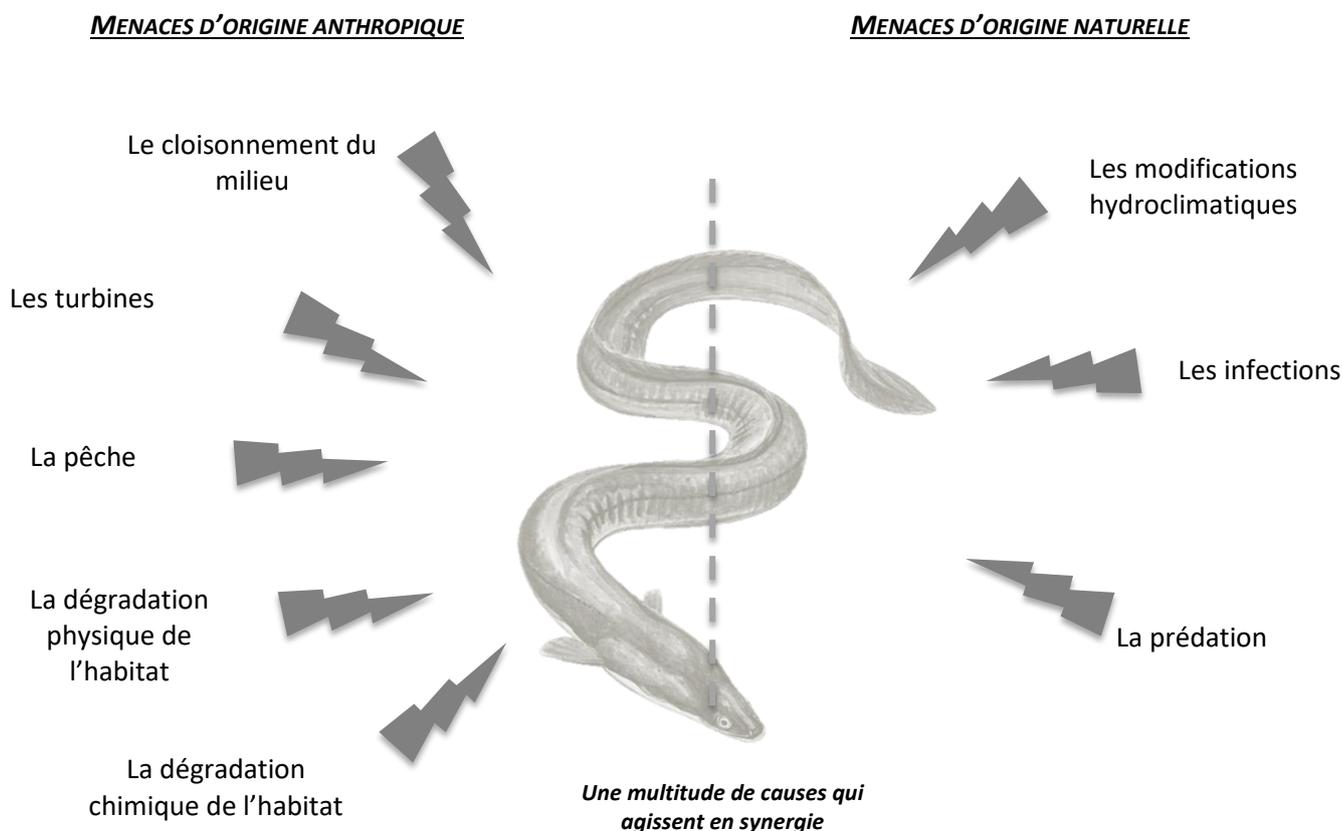


Figure 3 : Synthèse des différentes menaces sur l'Anguille (Illustration C. Girard)

Cette situation préoccupante a conduit l’IUCN (International Union for Conservation of Nature) à classer en 2008 l’Anguille comme espèce en danger critique d’extinction sur la liste rouge des espèces menacées (IUCN, 2008). Par ailleurs, en 2007, la Convention sur le Commerce International des Espèces de faunes et de flores Sauvages (CITES) l’a inscrite dans son annexe 2, qui regroupe des espèces non menacées d’extinction mais qui pourraient le devenir si leur commerce n’était pas étroitement contrôlé (ICES Advice, 2008). Ainsi, toute commercialisation d’Anguille européenne en dehors de l’Europe est strictement interdite. Enfin, en 2007 également, l’Union européenne a voté un règlement (CE n°1100/2007) instituant des mesures de reconstitution du stock d’anguilles afin d’assurer un retour en mer des anguilles argentées à un taux équivalent à au moins 40% de ce qui aurait été observé si le stock n’avait subi aucune influence de l’action humaine.

II. Le bassin de la Liane

II.1. Caractéristiques et hydrologie

La Liane, longue de 36,7 km, prend sa source à Quesques et se jette dans la Manche à Boulogne-sur-Mer selon une pente moyenne de 0,28%. Son débit moyen à Hesdigneul-lès-Boulogne est de 2,99 m³/s et présente des fluctuations saisonnières importantes (PDPG, 2018). Les hautes eaux, fin d’automne et en hiver, se caractérisent par des débits mensuels moyens oscillants autour de 4,5 m³/s (avec un maximum en janvier à 5,3 m³/s). En basses eaux, l’été, le débit moyen mensuel chute à 0,76m³/s en août, alors que la VCN3 peut atteindre 0,066 m³/s. Les valeurs de débit pour des crues quinquennale et décennale atteignent respectivement 52 et 61 m³/s.

9 ouvrages sont dénombrés sur ce linéaire (soit 1 tous les 4,3 km) représentant une hauteur cumulée de 15,25 m soit un taux d’étagement de 15,20%.

La qualité d’eau de la Liane évaluée à la station de Wirwignes est globalement moyenne pour l’ensemble des compartiments. L’état chimique est quant à lui mauvais en 2014, déclassé notamment par la présence d’Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP). L’objectif étant l’atteinte du bon état chimique a été fixé en 2015 et écologique en 2021.

Tableau 1 : Evolution de l’état écologique et chimique de la Liane à la station de Wirwignes (Source AEAP)

Période d'évaluation	Cycle 1 de la DCE							Cycle 2 de la DCE			
	2006 2007	2007 2008	2008 2009	2009 2010	2010 2011	2011 2012	2012 2013	2011 2013	2012 2014	2013 2015	2014 2016
Etat biologique	Moy	Bon	Bon	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy
Etat physico-chimique	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy
Polluants spécifiques	Bon		Bon	Mauv	Mauv	Mauv	Mauv	Mauv	Bon	Bon	Bon
Etat/Potentiel écologique	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy

Période d'évaluation	Cycle 1 de la DCE		Cycle 2 de la DCE
	2007	2011	2014
Etat chimique	Bon	Bon	Mauv
Substances déclassantes			HAP

II.2. Barrage de Marguet et dispositifs de franchissement

La Région Hauts de France, propriétaire de l'ouvrage, a réalisé des travaux en 2015 de ré-estuarisation de la Liane en automatisant les vannes centrale et Est de l'ouvrage pour permettre de rétablir la continuité écologique. En complément, une passe-piège à anguille a été installée.

Les manœuvres de vannes

L'ouverture de vanne est entièrement automatisée et s'effectue uniquement lorsque que la différence de niveau d'eau entre la Manche en aval du barrage et la Liane en amont du barrage, est inférieure à 50 cm. Les périodes d'ouverture vont donc varier en fonction des conditions hydrologiques en amont (débit de la Liane et volume stocké par le barrage) et en fonction des conditions de marée en aval (coefficients de marée). Ces données d'ouverture de vannes sont enregistrées par le gestionnaire de l'ouvrage.

A chaque marée, des échanges d'eau entre la Manche et la Liane ont lieu dans les deux sens (Figure 4) : la Liane se jette en mer lors des étapes n°2 & n°7 et la mer s'engouffre dans la Liane lors des étapes n°3 & n°6. Cette modalité de gestion permet d'optimiser les échanges de masse d'eau et de rétablir en partie le fonctionnement estuarien de la Liane. Ainsi, la migration passive et active des civelles est possible à chaque cycle de marée sur une période plus au moins longue en fonction des coefficients.

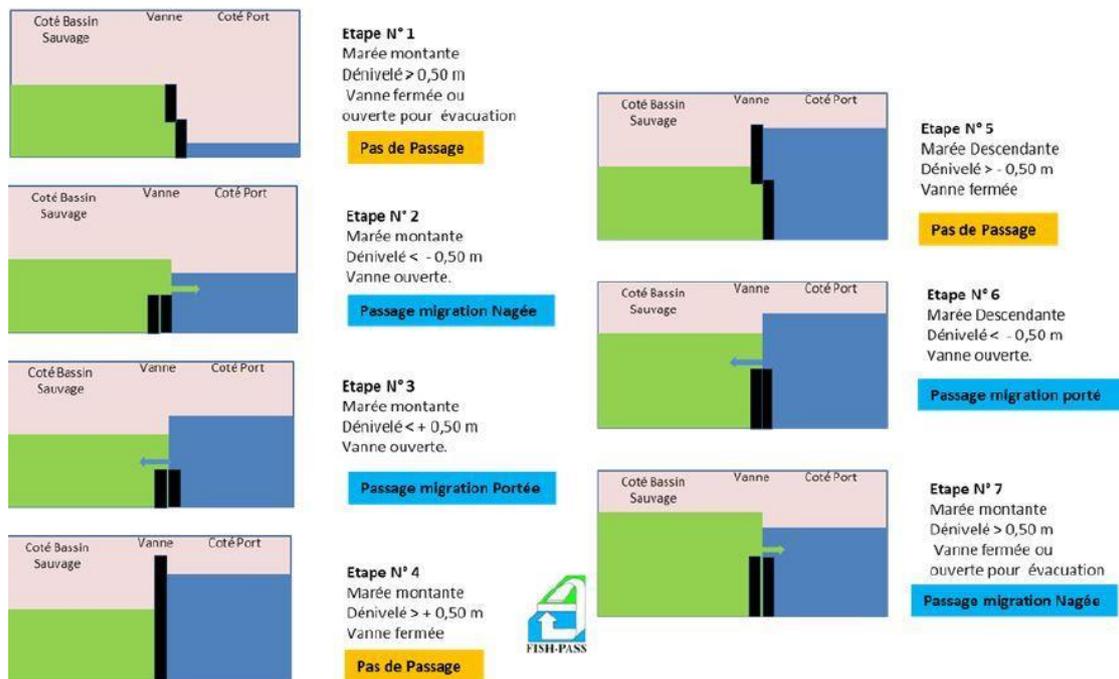


Figure 4 : Schéma synthétique des modalités d'ouvertures de vanne du barrage de Marguet et des conditions de migration des civelles (EGIS & FISHPASS & Région Hauts-de-France)

La passe-piège à anguilles

La passe à anguilles est constituée de deux rampes de reptation alimentées en eau douce (voire saumâtre), par une pompe située à l'amont immédiat du barrage. La pompe alimentant la passe piège ne fonctionne pas lorsque la marée est basse. La passe à anguilles est donc fonctionnelle à partir d'une hauteur d'eau de 4 m pendant la marée montante (la cote de mi-marée est d'environ 5m), en marée haute et jusqu'à cette hauteur d'eau de 4m en marée descendante.

Les deux rampes de la passe sont constituées de « tapis brosse » sur lesquels transite un faible tirant d'eau (débit de « migration » d'environ $8 \text{ m}^3/\text{h}$ soit $2,2 \text{ l/s}$), ce qui permet la reptation des jeunes anguilles. La rampe « aval » est la plus longue (7 m) et constitue la première étape pour leur migration en amont du barrage. Un débit d'attrait complémentaire d'eau douce est administré au pied de cette rampe via une conduite (débit « d'attrait » d'environ $40 \text{ m}^3/\text{h}$ soit $11,1 \text{ l/s}$), afin d'optimiser la localisation de l'entrée de la passe par les anguilles (attractivité provoquée par le flux d'eau douce).



Figure 5 : Rampe « aval » de la passe à anguilles

Lorsque les anguilles arrivent en haut de la rampe « aval », elles transitent via une conduite jusqu'à la rampe « amont », beaucoup moins longue (environ 2 m). En haut de la rampe « amont », soit la passe est configurée en mode « standard » et les anguilles transitent via une dernière conduite qui les déversent en amont du barrage (elles peuvent donc reprendre librement leur migration dans la Liane), soit la passe est configurée en mode « comptage » et les anguilles sont piégées dans un vivier jusqu'à la relève par un opérateur. L'ensemble du système (rampes, conduites de migration, vivier) est alimenté en eau et permet aux anguilles de rester dans une eau renouvelée.



Figure 6 : Rampe « amont » de la passe à anguilles et vivier de comptage

Méthodologie

I. Protocole de suivi de la passe-piège à anguilles

Le suivi de la passe-piège est programmé entre début avril et fin novembre, avec une relève effectuée *a minima* une fois par semaine et quotidiennement en période de pic de montaison. L'ensemble des individus capturés sont relâchés à l'amont de l'ouvrage après traitement.

II. Mise en place d'un suivi complémentaire « Flottang »

II.1. Présentation du dispositif

Les flottangs sont des habitats artificiels développés dans le bassin de la Charente par la Cellule Migrateurs Charente Seudre en partenariat avec l'IRSTEA de Bordeaux. Le dispositif se compose de géogrille synthétique aérée et semi rigide, le Macmat[®]. Chaque habitat est composé d'une superposition de 6 couches de Macmat de 40x40 cm. Les flottangs « neufs » sont immergés 5 jours consécutifs dans une zone lotique pour obtenir des captures significatives (Mohr, 1971 ; Perrier, 2017).



Figure 7 : Flottang (FDAAPPMA62)

II.2. Localisation des sites et fréquence de suivi

Afin d'apprécier l'éventuel effet d'accumulation à l'aval de l'ouvrage, 2 transects de 3 flottangs ont été installés respectivement à une centaine de mètres à l'aval et l'amont de l'ouvrage.

Les flottangs ont été posés toutes les deux à trois semaines de manière à obtenir des résultats pour des conditions variées (coefficient de marée, fonctionnalité de la vanne et de la passe-piège, météo, cycle lunaire...) et tester ainsi tous les facteurs potentiels d'accumulation des civelles en aval du barrage. La fréquence de relevé étant, quant à elle, fixée à 48h et réalisée en même temps que celle de la passe-piège de manière à comparer les résultats.



Figure 8 : Localisation des sites « flottangs » (Source Géoportail)

III. Paramètres relevés et analyses

Pour chaque individu capturé dans la passe-piège ou dans les flottangs sa taille individuelle est mesurée. En complément, le stade pigmentaire est déterminé pour les civelles. Ces données permettent ainsi d'apprécier les caractéristiques de la population migrante (structure en taille, tailles moyennes...) et leur éventuelle évolution au cours de la saison.

Les captures exprimées en nombre de captures hebdomadaires et journalières, (en ramenant le nombre d'individus piégés par le nombre de jours écoulés entre deux relèves), permettent quant à elles de caractériser le flux migratoire de montaison.

Enfin, les conditions environnementales pouvant fortement influencer le comportement migratoire des anguilles, l'évolution de certaines variables ont été comparées aux captures journalières, en particulier la température de l'eau, le débit et les coefficients de marée (Lecomte-Finiger, 1978 ; Cantrelle, 1981).

Résultats

I. Evolution des paramètres environnementaux

I.1. Hydrologie

Le début de suivi est caractérisé par 3 coups d'eau successifs les 6, 14 avril et 1^{er} mai à des débits maximum journalier à 5,2 ; 6,2 et 10,3 m³/s, ayant pu créer un appel en mer sur les civelles. A partir du 8 juin le débit baisse et reste relativement bas jusqu'à la fin du suivi.

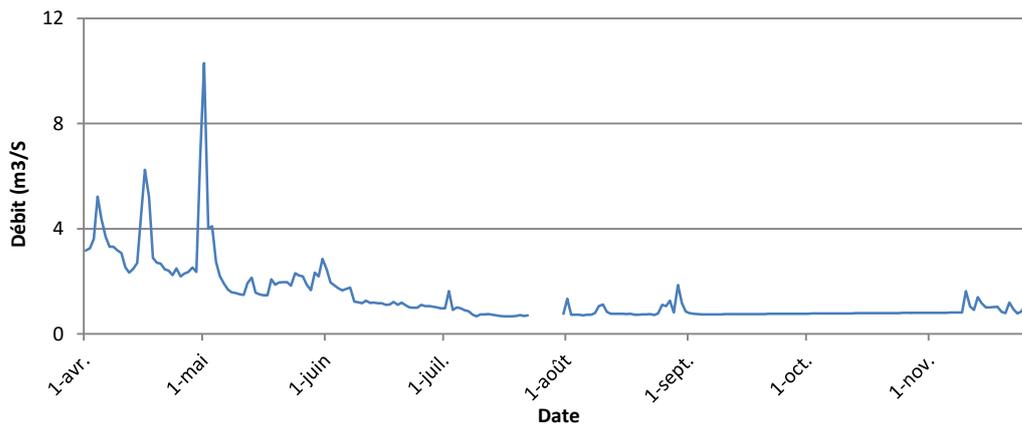


Figure 9 : Evolution du débit de la Liane sur la période de suivi

I.2. Température de l'eau

Il existe une différence de température significative entre l'aval et l'amont de l'ouvrage, de 1°C en moyenne sur la saison et jusqu'à 6°C au maximum (le 22 avril). Cette différence est toutefois variable au cours du suivi, ainsi la température de l'eau est plus chaude à l'amont qu'à l'aval en début de suivi (jusqu'au 9 août de 2,7°C en moyenne), s'équilibre jusqu'au 22 septembre puis devient plus fraîche jusqu'à la fin du mois de novembre (1,5°C en moyenne).

La température de l'eau à l'amont de l'ouvrage est, par ailleurs, plus variable qu'à l'aval, probablement lié à l'effet de la marée.

La température amont en début de suivi est de 8,13°C (7,61°C à l'aval), elle atteint un maximum le 27 juillet à 26°C puis baisse progressivement jusqu'à la fin de saison pour atteindre un minimum le 22 novembre à 4,7°C.

En considérant qu'une température de l'eau supérieure à 12°C est optimale pour la migration des anguilles (Gascuel, 1986 ; White & Knights, 1997), la fenêtre de migration s'étalerait alors entre le 30 avril et le 26 octobre.

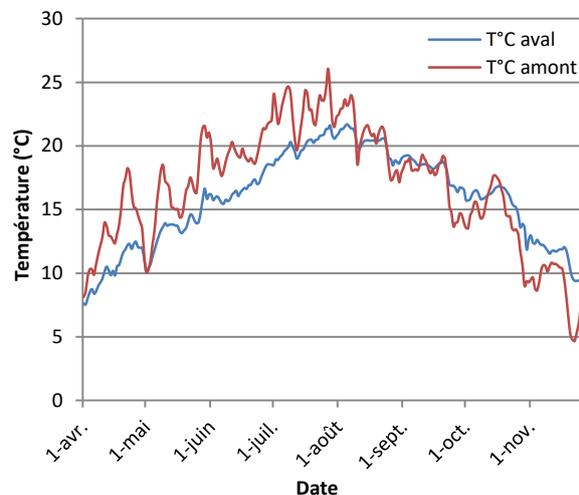


Figure 10 : Evolution de la température à l'amont et à l'aval de l'ouvrage durant la période de suivi

II. Fonctionnement des dispositifs de franchissement

II.1. Manœuvres de vannes

Fonctionnement théorique

Le temps d'ouverture théorique journalier a été calculé en se basant sur les données de niveau d'eau amont et aval de l'ouvrage transmises par la région, en considérant une ouverture possible uniquement lorsque la différence de niveau entre l'aval et l'amont de l'ouvrage est inférieure à 50 cm.

Il apparaît ainsi que le temps d'ouverture théorique journalier varie entre 0 et 12h13 avec une ouverture moyenne de 3h34 sur la période de suivi du 1^{er} avril au 26 novembre (Figure 12).

Il s'avère que le coefficient de marée a été le paramètre qui a le plus influencé ce temps d'ouverture. Il est ainsi maximal pour un coefficient de marée de 54 et plus largement entre 43 et 63. Au contraire il décroît progressivement en dehors de ces valeurs mais de manière plus marquée pour les plus petits coefficients (15 min en moyenne par centième contre 3 min pour les plus forts). Le temps d'ouverture consécutif s'élève quant à lui au maximum à 3h28 pour des coefficients de marée de 54 (Figure 11).

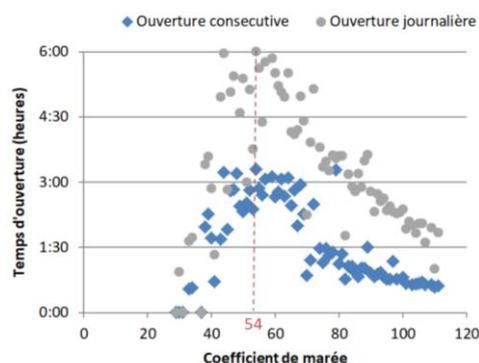


Figure 11 : Corrélation entre coefficient de marée et temps d'ouverture théorique

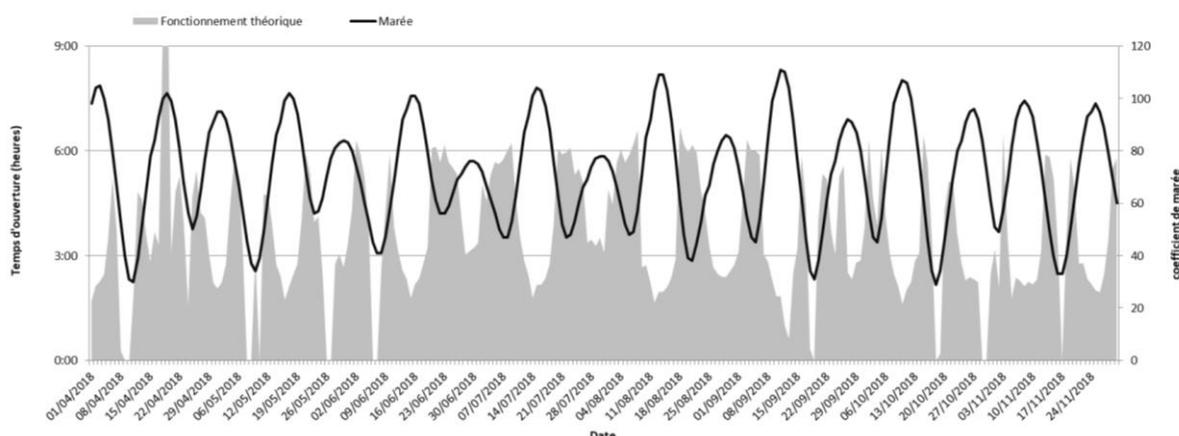


Figure 12 : Confrontation du temps d'ouverture théorique journalier au coefficient de marée

Fonctionnement réel

Les données d'ouverture de la vanne centrale transmises par la région ont été comparées aux temps d'ouverture théorique calculés précédemment afin d'identifier les périodes de dysfonctionnement. Il s'avère que le temps d'ouverture médian sur la période de suivi est de 2h soit plus d'une heure inférieure à la médiane théorique sur la même période (Figure 13). Au total l'ouverture effective du 1^{er} avril au 26 novembre est de 504 heures contre 878h théoriques soit 57% de réalisation.

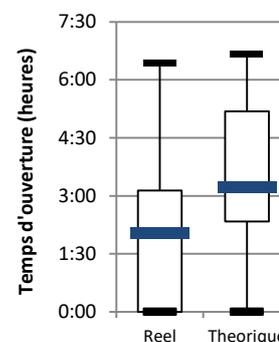


Figure 13 : Comparaison de la répartition des durées d'ouverture réelles et théoriques au cours de la période de suivi

3 périodes de fonctionnement se démarquent :

- Du 1^{er} avril au 19 juin, le temps d'ouverture réel ne représente que 23,4% du temps d'ouverture théorique. Des travaux ont été engagés en début de suivi pour limiter les dysfonctionnements notamment la modification de tout le câblage électrique sur la vanne centrale, ce qui explique en partie ce faible taux d'ouverture
- Du 20 juin au 3 septembre, l'ouverture réelle est quasiment similaire à l'ouverture théorique avec 89,2% de réalisation.
- Du 4 septembre au 26 novembre, la réalisation des ouvertures n'est pas continue et représente 49,4% du temps d'ouverture théorique sur cette période.

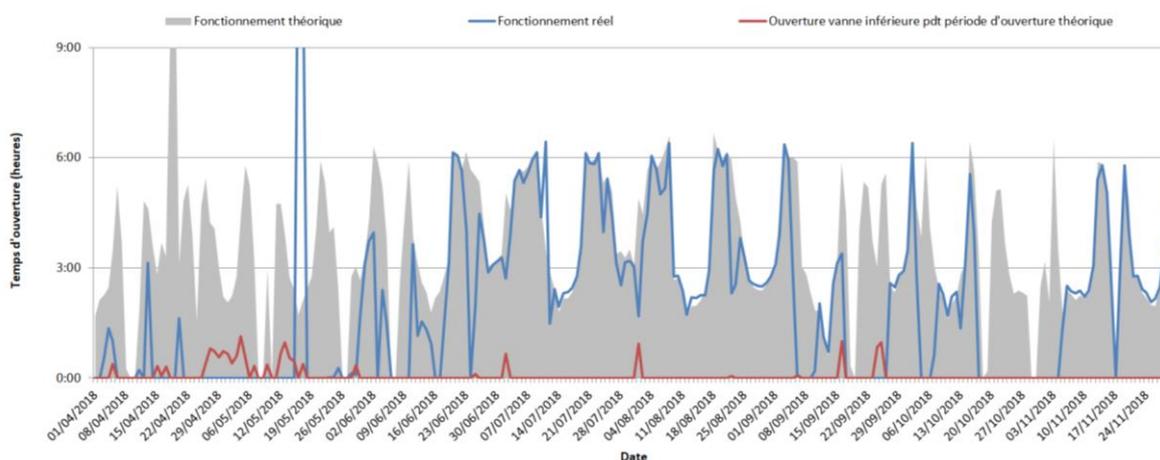


Figure 14 : Comparaison du temps d'ouverture réellement effectué avec le temps d'ouverture théorique

II.2. Passe-piège à anguilles

La mise en fonctionnement de la passe-piège à anguilles programmée le 3 avril a été retardée au 17 mai suite à une panne de la pompe. Par la suite seules 48 h de dysfonctionnements ont été enregistrées les 13 et 28 août. Ainsi 46 jours d'arrêt du dispositif ont été enregistrés sur les 237 prévus initialement entre le 3 avril et le 26 novembre soit 20,2% de dysfonctionnement.

III. Bilan des captures

III.1. Effectif et dynamique de migration

1 422 individus ont été dénombrés dans la passe-piège cette saison dont 300 civelles soit 25% de l'effectif. Dès la première relève, le 30 mai, des civelles ont été observées et les captures se sont poursuivies durant tout le mois de juin avec un pic à 196 civelles enregistré la semaine 24. Ces résultats sont toutefois faibles en comparaison à d'autres suivis effectués en estuaire en France où la proportion de civelles dans les effectifs capturés est supérieure à 80%. Sur ces sites, les effectifs capturés sont *a minima* 100 fois supérieurs à ceux enregistrés sur la Liane (Saujon sur la Seudre, 145 000 individus par an ; 1 415 000 captures par an à Arzal sur la Vilaine).

Les observations d'anguillettes quant à elles se sont étalées jusqu'à la semaine 46 avec 3 « vagues » de captures dont les pics sont enregistrés les semaines 24, 31 et 37 avec respectivement 98, 92 et 273 anguilles (Figure 15). Aucune capture d'anguillette n'a été enregistrée après le 15 novembre, en lien très probable avec la baisse des températures qui deviennent inférieures à 10°C à partir de cette date. Plus globalement, les captures après le 26 octobre (semaine 44), date à laquelle la température est inférieure à 12°C, ne représentent plus que 2,7% des captures totales.

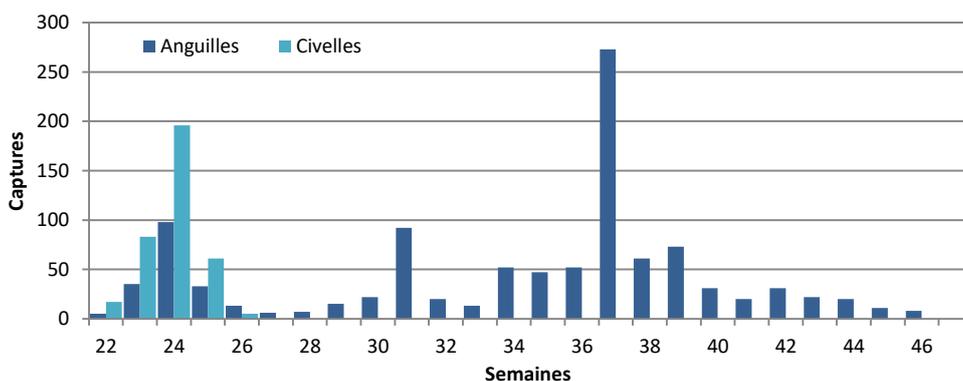


Figure 15 : Evolution des captures hebdomadaires de civelles et anguillettes au cours de la saison

En 2017, le suivi avait débuté le 5 janvier et la première capture avait été enregistrée le 17 mars à une température de 8°C et la dernière le 6 novembre. Avec 906 anguilles comptabilisées, les captures annuelles sont comparables entre les deux saisons (FDAAPPMA62, 2017). L'évolution des captures au cours du suivi semble identique avec un maximum de captures entre les semaines 32 et 38. Le pic observé en 2018 entre les semaines 23 et 25 peut être la conséquence d'une accumulation à l'aval et d'une remontée massive dès la mise en fonctionnement de la passe (Figure 16).

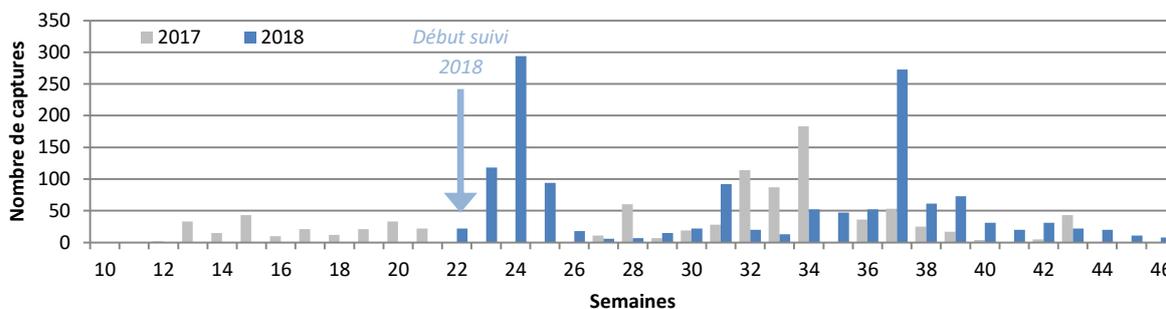


Figure 16 : Comparaison de l'évolution des captures hebdomadaires des saisons 2017 et 2018

II.2. Structures en tailles

Les tailles des anguilles capturées dans la passe-piège s'étalent de 67 à 500mm. La classe de taille dominante est 131 – 140 mm (17% de l'effectif) et dans une moindre mesure les classes adjacentes (12 % et 10%). La classe de taille 100-150 mm cumule ainsi 70% de l'effectif mesuré. Les individus de l'année, dont la taille est inférieure à 100 mm, ne représentent quant à eux que 7% de l'effectif piégé (Figure 17A). Cette structuration des classes de tailles est comparable à celle observée en 2017 et peut révéler un problème de sélectivité sur les plus jeunes individus (Figure 17B).

En effet, les structures en tailles observées sur d'autres dispositifs installés en estuaires (barrage des Vallées sur la Vie, barrage d'Arzal sur la Vilaine, Saujon sur la Seudre) sont très largement dominées (plus de 90%) par les individus de tailles inférieures à 100 mm. De même, les stations d'Abbeville sur la Somme ou Beaucaire sur le Rhône plus éloignées de l'embouchure (respectivement 10 et 70 km) enregistrent une proportion de petites tailles beaucoup plus importante (80% et 45%).

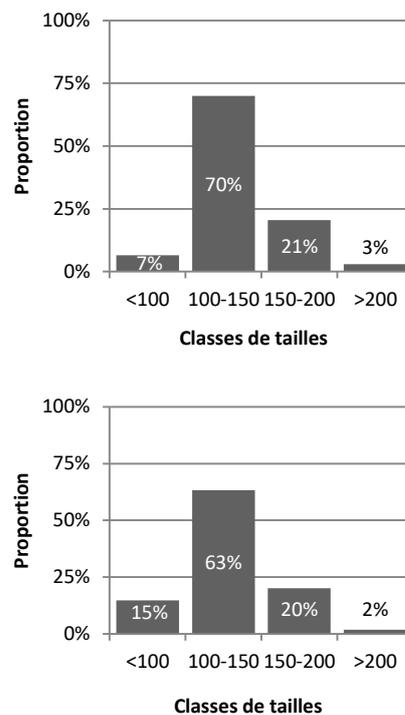


Figure 17 : Répartition des classes de tailles des anguilles capturées en 2018 (A) et 2017 (B)

IV. Mise en évidence d'accumulation à l'aval de l'ouvrage

IV.1. Evolution des captures à la passe-piège

Du 1^{er} avril au 17 mai les dysfonctionnements simultanés des manœuvres de vanne et de la passe-piège à anguilles n'ont pas permis le franchissement de l'ouvrage et il est par conséquent impossible d'apprécier la dynamique migratoire sur cette période et l'éventuel effet d'accumulation à l'aval du barrage de Marguet. Par la suite, dès la mise en service de la passe-piège le 17 mai, de nombreuses captures ont été enregistrées et se sont maintenues élevées jusqu'au 19 juin date à laquelle les manœuvres de vannes ont été remises en service.

Du 20 juin au 3 septembre, période durant laquelle les manœuvres de vanne ont été réalisées de manière quasiment parfaite (89% par rapport au fonctionnement théorique), les captures ont chuté sensiblement et ce, dès la reprise des manœuvres. Le nombre moyen de captures journalières chute à 4,5 anguilles par jour (en 78 jours) contre 21,4 entre le 18 mai et 19 juin (soit 32 jours). Par ailleurs, les captures observées au cours de cette période ne sont pas régulières et sont corrélées aux forts coefficients de marées qui limitent les temps d'ouverture (le 15, 31 juillet et 29 août).

Du 4 septembre au 7 novembre lors d'un nouvel arrêt des manœuvres de vannes, les captures journalières augmentent de nouveau avec en moyenne 9,1 anguilles par jour.

Enfin, l'absence de capture après le 7 novembre peut être liée au fonctionnement des manœuvres de vanne mais également à la chute des températures qui atteignent 10°C à partir du 28 octobre.

Ainsi, les captures enregistrées lorsque les manœuvres d'ouvrage ne sont pas réalisées représentent 78% des captures totales enregistrées cette saison alors que ces périodes ne représentent que 39% du suivi. De même, pendant la période de fonctionnement optimal, 70% des captures sont enregistrées lorsque le temps d'ouverture est réduit à cause de la marée. Ces observations peuvent alors refléter l'efficacité des manœuvres de vanne pour le franchissement de l'ouvrage par les anguilles. La passe-piège est alors une seconde voie de passage lorsque ces dernières ne sont pas effectuées.

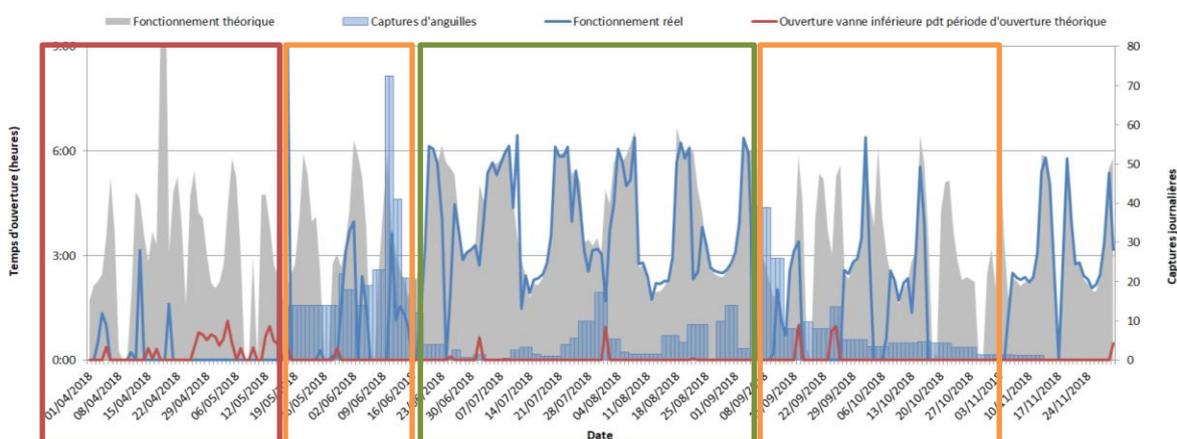


Figure 18 : Confrontation des captures à la passe-piège avec les manœuvres de vannes

IV.2. Retour d'expérience du suivi « Flottangs »

Evolution des captures

Dès la première semaine d'échantillonnage 139 civelles ont été comptabilisées dans les flottangs (55 le 18 avril et 84 le 20 avril) confirmant ainsi leur présence avant la mise en fonctionnement de la passe-piège. Par ailleurs, lorsque les relèves ont été réalisées en même temps que celles de la passe (semaines 22, 25 et 26) le nombre d'individus dans les flottangs était supérieure à celui de la passe (excepté la semaine 25), (Figure 19), pouvant ainsi confirmer les problèmes de sélectivité de la passe et une accumulation des petits individus à l'aval de l'ouvrage.

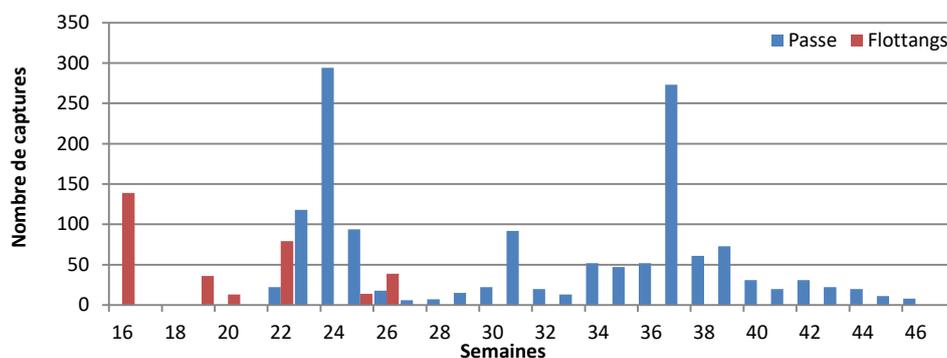


Figure 19 : Confrontation des captures observées dans les flottangs à celles observées dans la passe-piège

En comparant l'évolution des captures entre les stations aval et amont il apparaît d'une part que les captures aval sont systématiquement supérieures à celle de l'amont (4 fois en moyenne, entre 8 fois la semaine 19 et 1,3 semaine 25) et que d'autre part la différence d'effectifs est moindre lorsque les manœuvres de vannes ont été réalisées (ratio de 1,3 et 1,6 lors des relèves 4 et 6, contre 5,3 pour les autres relèves) (Figure 20A). De même, il semble exister une corrélation entre le temps d'ouverture et la différence entre les effectifs amont et aval, plus le temps d'ouverture est important plus la différence d'effectif entre l'aval et l'amont est faible (Figure 20B).

Par ailleurs, le coefficient de marée ne semble pas avoir influencé les captures à l'aval de l'ouvrage (+/- 40 individus) la seule variation significative est corrélée à une ouverture prolongée des vannes (relèves 4 et 6, avec respectivement des coefficients de 100 et 60).

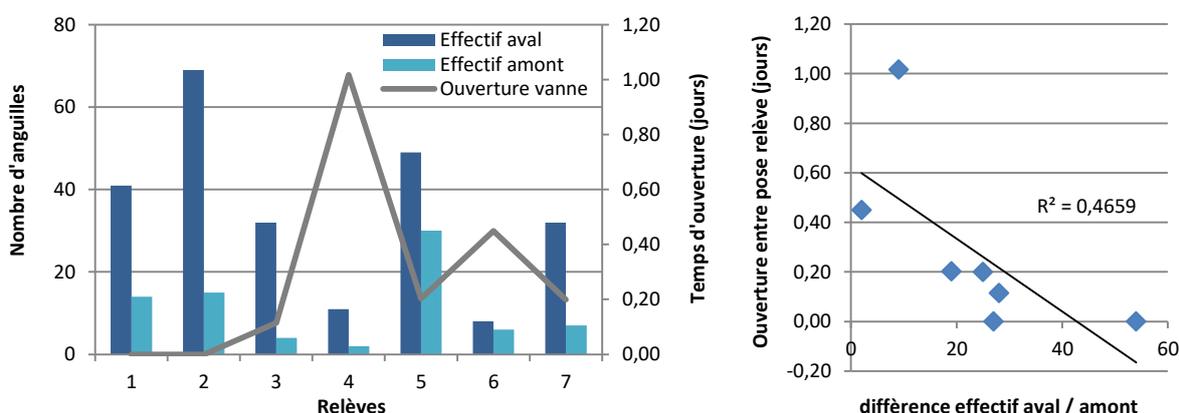


Figure 20 : Confrontation des effectifs aval et amont avec les temps d'ouverture des vannes (A) et corrélation entre le temps d'ouverture et la différence d'effectifs aval/amont

Comparaison des tailles

La confrontation de la répartition des tailles entre les flottangs et la passe-piège lorsque les relèves ont été effectués en simultanément, révèle une différence significative entre les deux dispositifs. En effet, les tailles observées dans les flottangs sont en majorité inférieures à 100 mm avec une médiane à 78 mm alors que, au contraire les tailles observées dans la passe sont majoritairement supérieures à 100 mm avec une médiane à 120 mm.

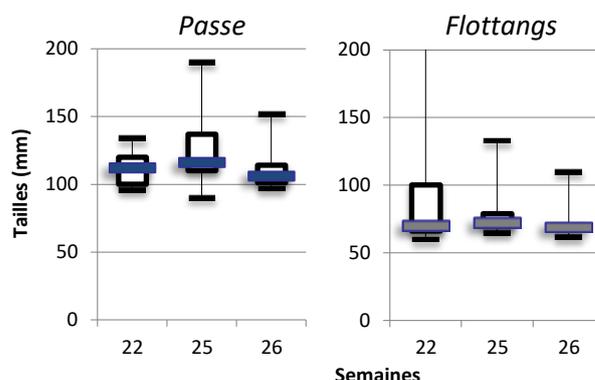


Figure 21 : Comparaison de la répartition des tailles entre les captures dans les flottangs et dans la passe

Conclusion et perspectives

Les résultats de la passe à anguilles sont comparables à ceux obtenus la saison précédente en terme d'effectifs, de tailles des individus capturés et période de migration.

Les faibles effectifs comptabilisés dans le dispositif peuvent révéler une bonne efficacité des manœuvres de vannes pour le franchissement de l'ouvrage par les anguilles en migration. Le suivi flottangs semble confirmer ce constat (faible différence d'effectifs entre l'aval et l'amont lorsque les vannes sont ouvertes) ainsi que l'évolution des captures dans la passe à anguilles en fonction des périodes de fonctionnement des manœuvres de vannes. En effet, la majorité des captures (70%) a été enregistrée lorsque les manœuvres d'ouvrages dysfonctionnaient et une chute significative de ces captures a été observée dès la remise en fonctionnement. Cependant, bien que ces manœuvres semblent efficaces lorsqu'elles sont réalisées, les forts coefficients de marée limitent les temps d'ouverture et par conséquent les possibilités de franchissement. Dans ces conditions, la passe à anguilles assure la continuité.

Néanmoins, la faible proportion de civelles et de jeunes anguillettes (< 100 mm) dans l'effectif capturé, en comparaison à d'autres dispositifs installés en estuaire, révélerait un problème de sélectivité sur les plus petits individus. Le débit d'attrait rejeté à l'aval de la passe pourrait être une des causes en créant des turbulences à l'entrée de la rampe et serait donc trop fort pour permettre l'accès aux petites anguilles dont les capacités de nage sont limitées. Il s'avère ainsi essentiel d'engager des améliorations au niveau de cette passe et en particulier sur le débit d'attrait afin d'assurer le recrutement en civelles du bassin de la Liane en cas de dysfonctionnement des manœuvres d'ouvrage.

Ainsi, dans ces conditions et compte tenu de la régularité des résultats entre les deux saisons de suivi, il a été décidé en comité de pilotage avec les différents partenaires, d'arrêter le suivi de la passe à anguilles en 2019 et tant que des travaux d'amélioration de son efficacité n'ont pas été engagés.

Toutefois, afin d'identifier les périodes de migration à l'amont de l'ouvrage et d'apprécier l'efficacité des manœuvres de vannes sur le recrutement, il a été proposé de réaliser un suivi *via* des flottangs à l'amont du barrage de Marguet. Par ailleurs, en positionnant des stations à l'aval des premiers seuils (Fontaine Jacquelotte sur le ruisseau d'Echinghen et Mourlinghen sur la Liane) les résultats permettront de caractériser leur franchissement selon les conditions hydrologiques. De même, une station de référence (sans influence d'ouvrage) sera installée sur la Liane au niveau du lieu-dit Pont de Brique situé à égale distance des deux autres sites.

Bibliographie

ACOU A., 2006. Bases biologiques d'un modèle pour estimer la biomasse féconde de l'anguille européenne en fonction des recrues fluviales et du contexte de croissance : approche comparative à l'échelle de petits bassins versants. Thèse Université Rennes 1. 333p.

ADAM G., FEUNTEUN E., PROUZET P., RIGAUD C., 2008, L'Anguille européenne : indicateurs de présence et de colonisation, éditions Quae, 393p.

ALS T., HANSEN M., MAES G., CASTONGUAY M., RIEMANN L., ARESTRUP K., MUNK P., SPARHOLT H., REINHOLD H., BERNATCHEZ L., 2011. All roads lead to home : panmixia of European eel in the Sargasso Sea. *Molecular Ecology* (2011) 20, 1333-1346. 14p.

ANTUNES C., TESCH F-W., 1997, A critical consideration of the metamorphosis zone when identifying daily rings in otoliths of European eels, *Anguilla 16evelopm* (L.). *Ecology of Freshwater Fish*, 6 : pp 102-107.

BRIAND C., SAUVAGET B., ERIAU G., 2016. Gestion de l'Anguille sur le bassin de la Vilaine, suivi de la passe à anguilles 2016. 23p + annexes.

CHANCEREL F., 1994. La répartition de l'Anguille en France. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 335 : 289-294.

CREUTZBERG F., 1961. On the orientation of migrating elvers (*Anguilla vulgaris* Turt.) in a tidal area, *Neth. J. Sea Res.* 1, 257-338.

DURIF C.M.F., VAN GINNEKEN V., DUFOUR S., MÜLLER T., ELIE P., 2009, Seasonal Evolution and Individual Differences in Silvering Eels from Different locations., Van den Thillart et al., *Spawning Migration of the European Eel*, Springer Science + Business Media B.V., Chapter 2, pp.13-38.

ELIE P., LECOMTE-FINIGER R., CANTRELLE I., CHARLON N., 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.

ELIE P. & RIGAUD C., 1984, Etude de la population d'anguilles de l'estuaire et du bassin versant de la Vilaine : pêche, biologie, écologie. Examen particulier de l'impact du barrage d'Arzal sur la migration anadrome. Rapport CEMAGREF, 174 p.

EDELIN E., 2005, Facteurs de contrôle de la dispersion continentale chez l'anguille, Thèse Université de Toulouse II, 144p.

Fédération du Pas de Calais pour la Pêche et la Protection des Milieux aquatiques, 2017. Suivi de la passe à anguilles du barrage de Marguet sur la Liane, 13p.

Fédération de Vendée pour la Pêche et la Protection des Milieux aquatiques, 2012. Suivi des passes à anguilles installées sur les axes de la Vie et du Jaunay, 16p + annexes.

FEUNTEUN E., ACOU A., GUILLOUET J., LAFAILLE P. LEGAULT A., 1998, Spatial distribution of an eel population (*Anguilla 16evelopm*) in a small coastal catchment of northern Brittany (France)., *Consequences of hydraulic works. Bulletin Français de Pêche et Pisciculture*, 349 : 129-139.

FEUNTEUN E., LAFAILLE P., ROBINET T., BRIAND C., BAISEZ C., OLIVIER J-M., ACOU A., 2003, A review of upstream migration and movements in inland waters by anguillid eels. Toward a general theory. In Aida K., Tsukamoto K., Yamauchi K., *Eel Biology*. Tokyo, Springer Verlag, 191-213.

FINIGER, 1976, Contribution à l'étude biologique et écologique des civelles (*Anguilla anguilla* Linné 1758) lors de leur pénétration dans un étang méditerranéen. *Vie Milieu*, 26, 123-144.

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

GEORGEON M., CAMPTON P., 2018, Suivi des passes pièges à anguilles sur le Rhône aval, Campagne d'étude 2017 – Tendances 2008- 2017, *Association Migrateurs Rhône-Méditerranée*, 39p. + Annexes

ICES., 2008, Report of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL), 354-386.

ICES *Advice 2008*, Book 9, 9.4.9, European eel.123-129.

ICES, 2018, Report of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL).

IUCN, 2008, Red List of Threatened Species, www.iucnredlist.org.

LECOMTE-FINIGER R., 1994, The early life of the European eel. *Nature*, 370 : 424 p.

MCCLEAVE J.D., BRICKLEY P.J., O'BRIEN K.M., KISTNER D.A., WONG M.W., GALLAGHER M., WATSON S.M., 1998, Do leptocephali of the European eel swim to reach continental waters ? Status of the question., *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 78, 285-306.

MOHR H., 1971, The effects of some behaviour patterns on the catching techniques for eel. EIFAC Technical Paper, 14 : 27-30.

PERRIER Charlie, 2017. Vers une diversification des techniques de suivi des anguilles européennes en phase de colonisation : bassins Charente et Seudre. Rapport de stage de Master 2 – Université d'Angers. Groupement des Fédérations de pêche du Poitou-Charentes – Cellule Migrateurs Charente Seudre. 74p.

TESCH F.W., NIERMANN U., PLAGA A., 1986, Differences in development stage and stock density of larval *Anguilla 17evelopm* off the west coast of Europe. *Vie et Milieu*, 36 : pp 255-260.

TESCH F-W., NIERMANN U., 1992, Stock density of eel larvae (*Anguilla 17evelopm*) on the European continental slope, based on collections made between 1985 and 1989. *Ir. Fish. Invest. (Ser. A)*, 36 : pp 110-113.

TESCH F.W., 1998, Age and growth rates of North Atlantic eel larvae (*Anguilla ssp.*), based on published length data. *Helgoländer Meeresunters.*, 52 : pp 75-83.

WESTERBERG H., 1979, Counter-current orientation in the migration of the European eel. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer*, 174 : 134-143.

WIRTH T., BERNATCHEZ L., 2001, Genetic evidence against panmixia in the European eel. *Nature*, Vol.409, 6823, 1037-1040.

WHITE E.M. & KNIGHTS B., 1997, Environmental factors affecting migration of the European eel in the Rivers Severn and Avon, England. *J. Fish. Biol.*, 50, 1104-1116.

XIMENES M.C., LE CORRE G., LECOMTE-FINIGER R., MALLAWA R., SAGLIOCCO M., 1986, L'anguille en Méditerranée française. Aspects écobiologiques et halieutiques. Rapport CEMAGREF, Secrétariat d'Etat de la Mer, 99 p + annexes

Liste des figures

Figure 1 : Cycle biologique de l'Anguille (Illustration C. Girard).....	2
Figure 2 : Evolution du recrutement en civelles en Europe et Mer du Nord (source WGEEL 2018)	4
Figure 3 : Synthèse des différentes menaces de l'Anguille (Illustration C. Girard).....	4
Figure 4 : Schéma synthétique des modalités d'ouvertures de vanne du barrage Marguet et des conditions de migration des civelles (EGIS & FISHPASS & Région Hauts-de-France).....	6
Figure 5 : Rampe « aval » de la passe à anguilles.....	7
Figure 6 : Rampe « amont » de la passe à anguilles et vivier de comptage.....	7
Figure 7 : Flottang (FDAAPPMA62).....	8
Figure 8 : Localisation des sites « flottangs » (Source Géoportail)	8
Figure 9 : Evolution du débit de la Liane et du coefficient de marée sur la période de suivi	9
Figure 10 : Evolution de la température à l'amont et à l'aval de l'ouvrage durant la période de suivi.....	9
Figure 11 : Corrélation entre coefficient de marée et temps d'ouverture théorique	10
Figure 12 : Confrontation du temps d'ouverture théorique journalier au coefficient de marée	10
Figure 13 : Comparaison de la répartition des durées d'ouverture réelles et théoriques au cours de la période de suivi	10
Figure 14 : Comparaison du temps d'ouverture réellement effectué avec le temps d'ouverture théorique.....	11
Figure 15 : Evolution des captures hebdomadaires de civelles et anguillettes au cours de la saison	12
Figure 16 : Comparaison de l'évolution des captures hebdomadaires des saisons 2017 et 2018	12
Figure 17 : Répartition des classes de tailles des anguilles capturées en 2018 (A) et 2017 (B).....	12
Figure 18 : Confrontation des captures à la passe-piège avec les manœuvres de vannes.....	13
Figure 19 : Confrontation des captures observées dans les flottangs à celles observées dans la passe-piège	14
Figure 20 : Confrontation des effectifs aval et amont avec les temps d'ouverture des vannes (A) et corrélation entre le temps d'ouverture et la différence d'effectifs aval/amont	14
Figure 21 : Comparaison de la répartition des tailles entre les captures dans les flottangs et dans la passe.....	14