
Suivi de l'anguille jaune (*Anguilla anguilla*, L.) en pêche électrique sur le bassin de la Vilaine de 1998 à 2021

rapport 2021

Cédric Briand, Brice Sauvaget, Gérard Eriau



Mars 2022

Sommaire :

1 Matériel et méthodes	2
1.1 Méthode de pêche	2
1.2 Traitement des données	3
1.3 Analyses statistiques	3
1.4 Marquage recapture des anguilles	3
2 Résultats	3
2.1 Recrutement estuaire	4
2.2 Recrutement fluvial	4
2.3 Tendances de la population d'anguilles . . .	4
2.4 Marquages recaptures	7
3 Discussion	9
4 Conclusion	10
5 Annexes	13

Introduction

Matériel et méthodes

1

Pour cette étude, le bassin versant a été séparé en trois classes de distance (rkm = kilomètres de rivière) :

la zone aval située à moins de 50 kilomètres de rivière du barrage d'Arzal (50 rkm) est formée principalement par des affluents connectés au bief aval de la Vilaine sous influence directe du barrage d'Arzal. Le cours principal de la Vilaine forme un bief de 30-150 m de large, en connexion avec les marais de Redon.

la zone intermédiaire est composée de secteurs situés entre 50 et 100 kilomètres de rivière du barrage d'Arzal (50-100 rkm). Les affluents échantillonnés comportent le Canut Sud, séparé de la Vilaine aval par un barrage, et le ruisseau de l'Aron accessible après deux barrages. Le troisième, le ruisseau des Arches, est plus difficile d'accès pour les anguilles. Il est localisé sur l'Oust et est séparé par 6 barrages de navigation de la Vilaine aval. Cet axe a été entièrement équipé de passes à anguilles en 2003.

la zone amont (100 rkm) comprend des affluents connectés à l'axe de la Vilaine. Les points d'échantillonnage sont localisés entre 110 et 165 kilomètres du barrage d'Arzal. En 1999 et 2000, 13 passes à anguilles ont

été construites sur les barrages de navigation de la Vilaine, facilitant l'accès aux affluents du Canut Nord et de la Chèze. Elles ont aussi facilité l'accès au Chevré situé en amont de Rennes, bien que trois barrages soient restés non équipés pour l'accès à cette rivière. Une passe à anguilles située sur le troisième barrage de la Vilaine (la Molière) a été arrachée durant la crue de l'hiver 2000 et reconstruite en 2006.



FIGURE 1 – Vue schématique du bassin de la Vilaine, les trois zones colorées correspondent aux trois classes de distance de l'estuaire, <50 rkm, 50-100, >100 rkm. La station du Chevré abandonnée en 2020 est en rouge, les 2 nouvelles stations de la Seiche sont en vert.

1.1 Méthode de pêche

Sur 46 stations de pêche électrique prospectées sur le bassin versant de la Vilaine chaque année entre fin août et novembre de 1998 à 2005 (BRIAND *et al.*, 2006), une sélection de 19 stations situées sur 10 affluents a été conservée à partir de 2007 (Figure 1). La méthode de pêche est standardisée. Les pêches électriques sont effectuées à l'aide d'un matériel de type Héron. Le courant utilisé est continu. Les secteurs de pêche couvrent approximativement une surface de pêche de 100 m². Ils sont délimités et marqués de manière à prospector le même secteur d'une campagne de pêche sur l'autre. Une attention particulière a été portée à la continuité des équipes de pêche depuis le début des opérations et que le protocole de pêche soit équivalent d'une année sur l'autre. L'anode est placée à intervalles réguliers de manière à prospector l'ensemble de la surface du secteur de pêche. Une fois le courant appliqué, l'électrode est maintenue en place pendant au minimum 30 secondes, plus si une anguille détectée n'est pas encore capturée. La capture des anguilles est effectuée par deux pêcheurs, équipés d'une époussette large à cadre métallique avec le bord inférieur droit de 60 cm de large avec des mailles de 2 mm; et d'une petite

épuisette à main ronde ou carrée avec des mailles de 2 mm. Cet équipement peut varier en fonction des circonstances. Les grandes épuisettes sont surtout efficaces dans les secteurs où le débit est important et la visibilité réduite. Lorsque le débit est faible ou nul, les grandes épuisettes ne sont pas utilisées. Les épuisettes secondaires peuvent être remplacées par des petites épuisettes rectangulaires utilisées dans la biométrie lorsque le cours d'eau pêché est en étage sévère, et qu'il est nécessaire de « chasser » les anguillettes dans les interstices des pierres sur les radiers. Les stations pêchées font l'objet d'un inventaire complet de la faune piscicole présente. Le nombre d'anguilles collectées par point est noté par un opérateur en rive, qui est également chargé de contrôler le temps de pêche.

1.2 Traitement des données

Les migrations vers le fleuve sont analysées en faisant la somme :

- des montées de civelles aux passes,
- des migrations d'anguilles jaunes,
- des opérations de transport qu'elles soient effectuées par l'IAV ou par le CRPMEM. Dans tous les cas, les mortalités lors des transports ne sont pas incluses,
- des migrations dans l'écluse.

Les densités sont évaluées comme suit :

$$D = \frac{N_{CS}}{\text{surface}}$$

où N_{CS} correspond aux nombres évalués par la méthode des enlèvements successifs de Carle&Strubb (OGLE, 2013; CARLE et STRUB, 1978) à partir des effectifs pêchés sur chaque station N et la surface correspond à la surface mouillée de la station de pêche.

L'efficacité de pêche Φ est calculée à partir de l'effectif Carle&Strubb N_{CS} et de l'effectif au premier passage N_{p1} :

$$\Phi = \frac{N_{p1}}{N_{CS}}$$

Les biomasses d'anguilles estimées B_e par station sont calculées à partir des biomasses :

$$B_e = B \times \frac{D}{N}$$

Les densités de chaque classe de taille τ sont calculées comme suit :

$$D_\tau = N_\tau \times \frac{N_{CS}}{N \times \text{surface}} = N_\tau \times \frac{D}{N}$$

Les densités par classe d'âge sont calculées grâce à la clé taille-âge élaborée par Mounaix (MOUNAIX, 1992) complétée par des anguilles prélevées en 1998 et 1999 dans les cours d'eaux (BRIAND, FATIN et al., 2006).

1.3 Analyses statistiques

Les densités d'anguilles sont log transformées pour normaliser la distribution (Shapiro-Wilks $p > 0.1$). Une analyse est appliquée en utilisant la formule :

$$\log(D) \approx a + s + m + \epsilon_s$$

pour laquelle la station s correspond à la station de pêche, le mois m correspond au mois divisé en deux catégories avant septembre et après octobre, et l'année a correspond à l'année de pêche. Un modèle linéaire simple montre que les variances des résidus sont différentes entre les stations. Les données sont donc analysées par un modèle linéaire mixte (PINHEIRO et al., 2013) avec un lien identité et une distribution normale, pour lequel une variation de la variance en fonction de la station est appliquée $\epsilon_s = N(0, \sigma_s^2)$ $s = 1, \dots, 19$ (ZUUR et al., 2009). La significativité des différentes variables -classe de distance à la mer, affluent, station ou mois- est évaluée à l'aide du critère d'Akaike (AIC) ou du ratio des log-vraisemblance lorsque les modèles sont structurellement emboîtés. Un test post hoc de Tukey est appliqué aux densités pour grouper les années semblables. L'évolution de la densité en anguilles et des biomasses est analysée par zone (classe de distance du barrage) et par âge. Les tendances de densité sont analysées ainsi que la moyenne par secteur de distance. Cette moyenne est comparée à la valeur de référence de 0.3 anguille.m⁻² indiquée par le PLAGEPOMI pour les parties aval des cours d'eaux.

1.4 Marquage recapture des anguilles

A partir de 2009, le marquage des anguilles a été effectué par pit tag à l'aide d'un injecteur manuel sur toutes les anguilles de plus 30 cm capturées sur les stations. Les pits tags ont été placés dans la cavité abdominale. Ils sont passés dans une solution de chlorhexidine diluée à 0.5 % dans l'eau avant d'être implantés. Les anguilles de taille susceptible d'être recapturées après avoir été marquées > 30 cm ont été testées pour le marquage. Sur certaines stations, une prospection est effectuée en dehors de la station pour rechercher les anguilles de plus de 30 cm, les tester pour un marquage éventuel. Ces anguilles sont alors traitées à part dans les données de pêche mais sont intégrées aux stations de pêche.

2

Résultats

2.1 Recrutement estuarien

Les captures totales de la pêcherie sont passées de 57 tonnes en 1981 à 2.6 tonnes en 2009 et sont remontées autour de 4 à 6 tonnes après 2015 (Tableau 1). Avant l'adoption du plan de gestion, les captures étaient essentiellement contraintes par la durée de la saison de pêche (BRIAND, 2009). Après cette date, elles sont plus le reflet des contraintes du quota et du marché pour la civelle, avec la fermeture à l'export par la CITES à partir de 2010. La fermeture de la pêche est intervenue plus tôt dans la saison après 2018.

TABLEAU 1 – Captures de la pêcherie de civelles d'Arzal de 1995 à 2021, sources : 1= Affaires Maritimes (données mareyeurs), 2= De Casamajor & Briand 2009 (OFIMER), 3= Comité des pêches maritimes Auray-Vannes, 4=télécapêche Vilaine (Comité des pêches maritimes Auray-Vannes). La date d'arrêt correspond à la date de fermeture de la pêche en fin de saison.

Année	Capture (t)	Source	Arrêt
1995	29.50	1	30-avr
1996	22.40	1	15-avr
1997	22.60	1	30-avr
1998	17.50	1	06-avr
1999	14.93	1	05-avr
2000	13.94	1	15-avr
2001	7.93	1	30-mars
2002	14.51	1	23-mars
2003	9.14	1	23-mars
2004	7.26	1	27-mars
2005	6.72	1	20-mars
2006	6.99	1	23-mars
2007	6.78	1	11-mars
2008	4.57 (4.2)	3 (2)	11-mars
2009	2.61	3	31-mars
2010	3.03	3	30-avril
2011	3.92	3	30-avril
2012	2.99	3	30-avril
2013	2.10	4	30 avril
2014	2.68	4	30 avril
2015	4.86	4	30 avril
2016	4.62	4	30 avril
2017	5.87	4	30 avril
2018	6.53	4	30 avril
2019	5.13	4	14 mars
2020	3.45	4	22 mars
2021	4.53	4	17 mars

2.2 Recrutement fluvial

Le recrutement fluvial vers le bassin versant est composé majoritairement du stade civelle, variant annuellement de 0.026 en 2010 à 7.065 millions de civelle par an en 2013. Le

nombre d'anguilles jaunes comptées sur les passes a varié de 878 à 144 992 entre la plus mauvaise année 2005 et la meilleure 2013. Les données reportées pour le recrutement d'anguille jaune sur le bassin sont présentées différemment avec un calcul par cohorte, qui prend en compte l'âge des anguilles lors de leur passage. Les effectifs d'anguilles jaunes varient alors entre 6 350 et 160 669 (Figure 2) (BRIAND, SAUVAGET et ERIAU, 2017). Entre 2000 et 2005, les captures lors des pêches expérimentales pour transfert en amont du barrage ont lissé la chute du recrutement fluvial sans la compenser pleinement (Figure 2). L'augmentation de la migration des anguilles jaunes après 2005 est concordante avec l'arrêt des pêches scientifiques de civelles après la saison de pêche professionnelle (en bleu sur la Figure 2). Les variations des migrations de civelles sur la passe (Figure 2) sont essentiellement la conséquence du taux d'exploitation des civelles en estuaire. Après 2012, les variations du recrutement fluvial reflètent les tendances du recrutement (Figure 16), les transports, les variations du taux d'exploitation de la pêcherie, et les manœuvres d'écluse au barrage d'Arzal. En pratique, le recrutement fluvial est aujourd'hui proche des niveaux faibles observés entre 2000 et 2005. La même figure est reportée en kg pour les civelles (Figure 3). Entre 1996 et 2005, BRIAND (2009) a estimé l'efficacité de la passe entre 3 et 16% à l'aide d'opérations de marquage-recapture. En faisant l'hypothèse d'une efficacité de la passe de 10 % après 2005, le taux d'exploitation de la pêcherie varie entre 22.7% (2012–2013) et 98.1% (2009–2010) par an. Les deux dernières années le taux d'exploitation serait remonté autour de 79% (2019–2020) et 83 %. En moyenne il est de 67%, ce taux est donc supérieur à la cible de gestion fixée par le règlement européen (40 % d'échappement soit 60% de taux d'exploitation). Une telle cible de gestion ne serait applicable que si on avait restauré le stock et qu'aucune autre mortalité anthropique (turbines, pêche amateur au stade jaune) n'était appliquée à l'anguille au cours de son cycle de vie. Il faut noter que pour le rapportage, le taux d'exploitation n'est évalué qu'à l'échelle de l'unité de gestion (Bretagne), et que même pour la phase civelle, il est beaucoup plus faible car les pêcheries de civelles sont par ailleurs beaucoup plus limitées en Bretagne.

2.3 Tendances de la population d'anguilles

Pour l'analyse des résultats obtenus par pêche électrique depuis 1998, seules les stations prospectées à chaque campagne ont été conservées, soit 19 au total (9 pour le Morbihan et 10 pour l'Ille-et-Vilaine). L'efficacité de pêche varie entre 0.51 et 0.75 (Tableau 2).

La densité moyenne par station est passée de 0.75 (+-0.38) anguille.m⁻² en 1998 à 0.88 (+-0.42) anguille.m⁻² en 2000 avant de chuter rapidement à 0.34 (+-0.1) anguille.m⁻² en 2003. Après un minimum de 0.17 (+-0.07) anguille.m⁻²

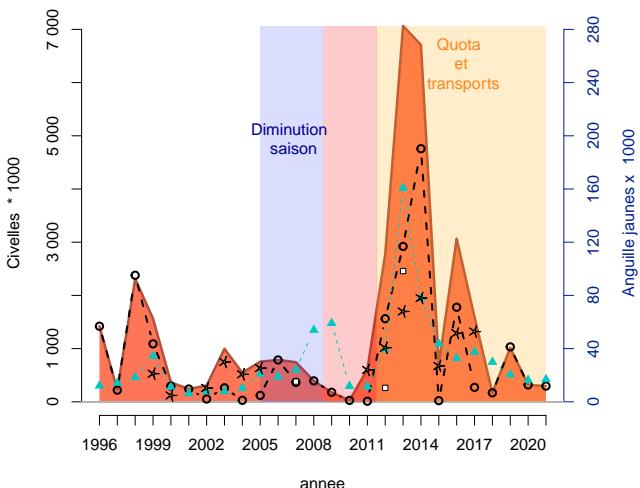


FIGURE 2 – Migrations d'anguilles jaunes (ramenées à leur cohorte d'arrivée) (-- Δ --) et de civelles (-o-) en effectif sur la passe au barrage d'Arzal, civelles pêchées et transportées (\star) et estimation de la migration de civelles lors des manœuvres d'écluse entre 1996 et 2011 (\square). En orange, somme du recrutement fluvial de civelles.

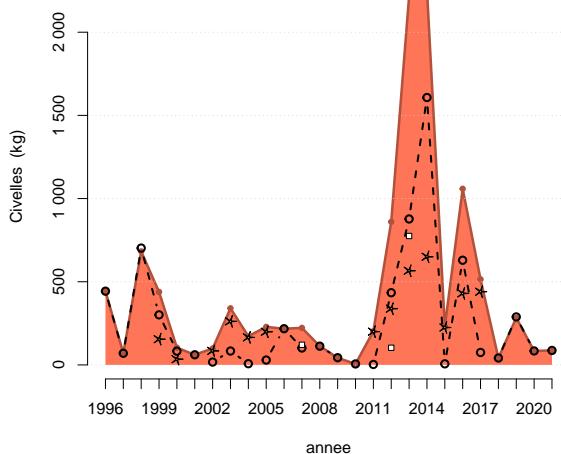


FIGURE 3 – Migrations de civelles (en kg) (-o-) sur la passe au barrage d'Arzal, civelles pêchées et transportées (\star) et estimation de la migration de civelles lors des manœuvres d'écluse entre 1996 et 2011 (\square). En orange, somme du recrutement fluvial (anguilles jaunes non comprises).

TABLEAU 2 – Densités (D) et biomasses moyennes B_e en anguilles (méthode Carle et Strub) et efficacités de pêche Φ calculées pour les 19 stations prospectées entre 1998 et 2021. Les intervalles de confiance (IC) sont à 0.05.

Nb	annee	D	$IC\ D$	Φ	$IC\ \Phi$	B_e	$IC\ B_e$
18	1998	0.75	0.38	0.51	0.07	17.04	4.46
19	1999	0.73	0.35	0.54	0.09	18.29	6.57
19	2000	0.88	0.42	0.59	0.11	19.10	5.86
19	2001	0.78	0.28	0.60	0.09	18.97	6.64
19	2002	0.58	0.29	0.56	0.12	13.21	4.65
19	2003	0.34	0.10	0.69	0.09	8.92	3.07
19	2005	0.23	0.09	0.75	0.11	8.31	4.03
19	2007	0.22	0.10	0.73	0.09	11.57	8.61
19	2009	0.22	0.08	0.66	0.12	8.90	3.43
19	2011	0.17	0.07	0.62	0.10	6.08	2.56
19	2013	0.28	0.11	0.57	0.10	8.90	4.36
19	2014	0.46	0.29	0.57	0.10	9.51	4.85
19	2015	0.31	0.13	0.60	0.11	5.23	2.29
19	2016	0.44	0.24	0.62	0.14	5.16	2.89
19	2017	0.21	0.11	0.56	0.10	4.83	2.50
19	2018	0.57	0.32	0.62	0.14	6.10	2.62
19	2019	0.40	0.21	0.58	0.13	5.20	2.41
19	2020	0.52	0.29	0.53	0.09	5.85	2.06
19	2021	0.41	0.15	0.64	0.06	5.55	1.22

en 2011, elle augmente jusqu'en 2014 à 0.46 (+-0.29) anguille.m $^{-2}$ (Tableau 2 et Figure 4). Entre 2015 et 2021, elle varie entre 0.21 en 2017 et 0.57 en 2018.

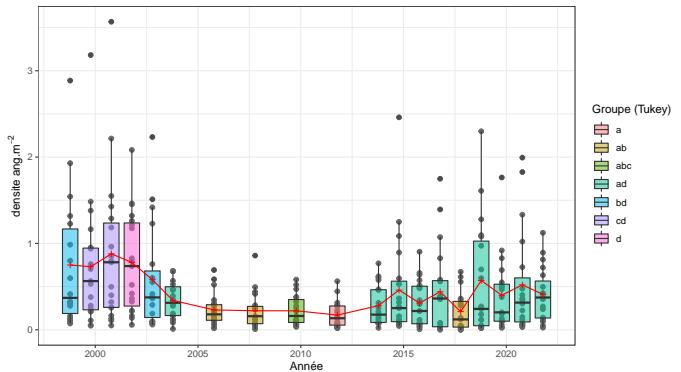


FIGURE 4 – Classement des densités en fonction des années, test Post hoc de Tukey sur le modèle $\log(dens) \sim a + s + \epsilon(ss)$, avec $\epsilon(s) \sim N(0, \sigma_s^2)$ a=année, s=stations, groupes classés au seuil de 0.05. Les moyennes du tableau 2 sont représentées par des croix rouges.

L'examen des résidus du modèle $glm(1) \log(D) \approx a + s + m + \epsilon_s$ (modélisation des densités en fonction du mois, de l'année et du site) montre qu'il existe une variabilité résiduelle différente en fonction des sites (Figure 14 en annexe). Un modèle mixte (2) incluant une variation de la dispersion des résidus en fonction des sites $\epsilon_s = N(0, \sigma_s^2) s = 1, \dots, 19$ (ZUUR et al., 2009) est construit pour tenter d'homogénéiser les résidus. Le test du rapport de vraisemblance entre les modèles mixte et le glm est hautement significatif. Ceci indique que le modèle avec une variance dif-

férente entre sites est meilleur et nous conduit à rejeter l'hypothèse que les variances sont toutes égales. La comparaison des différents modèles mixtes ((2) (3) et (4), Tableau 7) montre que le modèle incluant un effet site, un effet année et un effet mois est le meilleur modèle car l'AIC est le plus faible (Tableau 7 en annexe, modèle (2)). Un modèle regroupant uniquement les données par classes de distance¹ est moins performant qu'un modèle incluant un effet station.

Les densités ont diminué de manière significative entre 2000 et 2003, et les années 2007 à 2013 sont significativement plus faibles que les densités de 1998 à 2003 (Tukey Post hoc test, groupes séparés au seuil de 0.05) (Figures 4, Tableau 2). A l'exception de l'année 2017 marquée par la sécheresse, les densités après 2014 ne sont plus différentes de celles de la période 1998-2003 et les densités moyennes sont repassées au dessus de la cible de gestion pour la zone à moins de 50 km de l'estuaire avec en 2021 0.7(0.34) anguille.m⁻². Les densités moyenne dépassent également après 2013 le seuil de 0.3 anguille.m⁻² pour la zone intermédiaire (2021 50-100 rkm 0.31(0.25) anguille.m⁻²) et s'en approchent² pour la zone amont (100-150 rkm 0.24(0.14) anguille.m⁻²) (Tableau 3).

L'évolution de la biomasse moyenne montre une variation moins marquée que celle des densités avec des valeurs assez stables entre 1998 et 2001 avec 17.04 (+-4.46) et 18.97 (+-6.64) g.m⁻² puis en chute de 2005 jusqu'en 2017 à 4.83 (+-2.5) g.m⁻² (Tableau 2 et Figure 5) avant une légère ré-augmentation de 2018 à 2021 à 5.55 (+-1.22) g.m⁻².

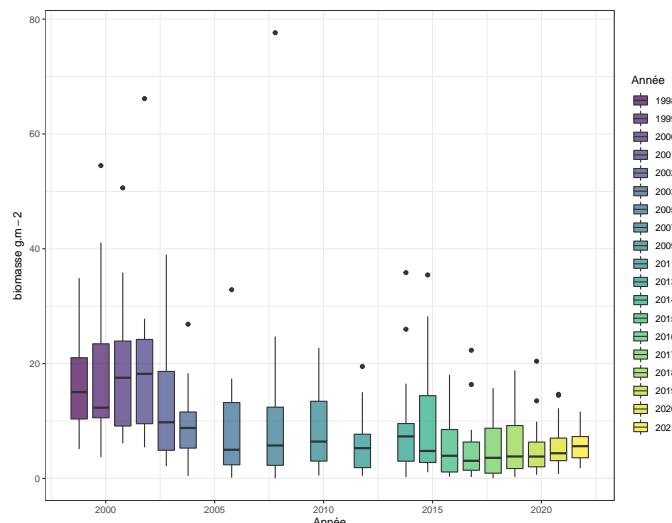


FIGURE 5 – Evolution des biomasses d'anguilles en fonction de l'année.

Le déclin en densité intervient pour toutes les catégories de distance à la mer mais semble intervenir plus précolement lorsqu'on se rapproche de l'estuaire (Figure 6, Ta-

bleau 3). Comme pour les densités, la chute des biomasses est d'autant moins marquée que l'on s'éloigne du barrage d'Arzal (Figure 7, Tableau 4).

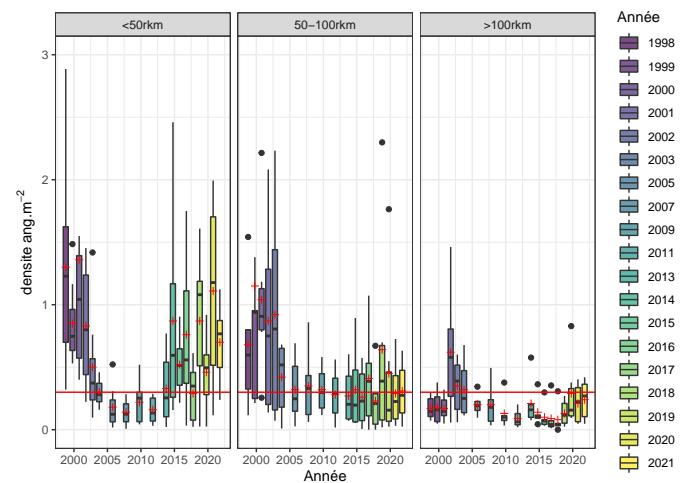


FIGURE 6 – Distribution des densités d'anguilles par classe de distance pour les pêches électriques de 1998 à 2021. Les box plot représentent le premier et le troisième quartile, et l'axe central la médiane des densités d'anguilles obtenues pour les pêches de chaque année. Les barres d'erreur correspondent aux données comprises dans 1.5 fois l'écart interquartile. Les points au-delà représentent des "outliers" et sont représentés individuellement. L'axe rouge représente le seuil fixé actuellement dans le plan de gestion (0.3 anguille.m⁻²). Les croix rouges correspondent aux densités moyennes.

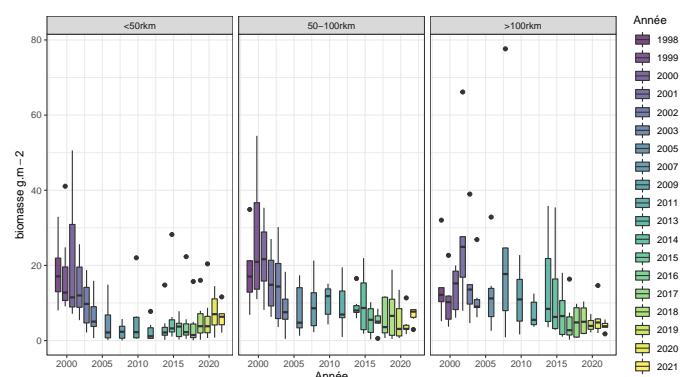


FIGURE 7 – Biomasses moyennes d'anguilles par classe de distance pour les pêches électriques de 1998 à 2021. Les barres d'erreur correspondent aux données comprises dans 1.5 fois l'écart interquartile.

Les densités d'anguilles d'âge 0 et 1 semblent remonter vers des niveaux proches des niveaux observés au début du suivi entre 1998 et 2001. (Figures 8, 13 en annexe, Tableau 8). Pour les âges 2 à 4+, il y a globalement une baisse.

1. Ce modèle n'est pas présenté ici

2. Attention cependant, les deux dernières années reflètent l'intégration des stations de la Seiche et l'abandon d'une des stations sur le Chevré.

3. Attention les pêches électriques ont eu lieu tous les ans de 1998 à 2003, tous les 2 ans de 2003 à 2013 avant de reprendre à une fréquence annuelle.

TABLEAU 3 – Densités moyennes en anguilles (en anguille.m⁻²) en fonction de la distance + - intervalles de confiance à 0.05.

annee	<50rkm	50-100rkm	>100rkm
1998	1.3(0.82)	0.68(0.68)	0.17(0.1)
1999	0.85(0.32)	1.15(1.15)	0.18(0.14)
2000	1.36(0.99)	1.04(0.68)	0.17(0.11)
2001	0.83(0.45)	0.87(0.83)	0.62(0.53)
2002	0.5(0.42)	0.92(0.92)	0.35(0.24)
2003	0.3(0.1)	0.42(0.31)	0.32(0.24)
2005	0.18(0.16)	0.32(0.28)	0.2(0.09)
2007	0.14(0.1)	0.35(0.31)	0.2(0.18)
2009	0.22(0.16)	0.32(0.19)	0.13(0.13)
2011	0.16(0.1)	0.28(0.22)	0.09(0.07)
2013	0.33(0.27)	0.27(0.24)	0.21(0.2)
2014	0.87(0.76)	0.32(0.36)	0.14(0.12)
2015	0.52(0.23)	0.26(0.25)	0.1(0.11)
2016	0.76(0.57)	0.41(0.42)	0.09(0.14)
2017	0.29(0.22)	0.23(0.26)	0.08(0.12)
2018	0.87(0.56)	0.64(0.9)	0.13(0.11)
2019	0.46(0.29)	0.45(0.7)	0.29(0.3)
2020	1.11(0.8)	0.29(0.28)	0.21(0.14)
2021	0.7(0.34)	0.31(0.25)	0.24(0.14)

TABLEAU 4 – Biomasses moyennes en anguilles (en g.m⁻²) en fonction de la distance + - intervalles de confiance à 0.05.

annee	<50rkm	50-100rkm	>100rkm
1998	18.27(7.79)	18.58(13.11)	14.32(9.73)
1999	17.64(10.72)	26.77(18.24)	10.56(7.2)
2000	21.27(15.55)	22(10.69)	13.66(6.43)
2001	14.27(6.92)	15.65(8.65)	27.77(21.29)
2002	9.77(6.17)	14.69(11.03)	15.76(12.62)
2003	6.74(5.01)	8.51(6.4)	11.89(7.89)
2005	4.61(5.37)	8.05(7.52)	12.91(11.27)
2007	2.43(2.1)	9.54(7.57)	24.26(29.2)
2009	5.52(7.12)	10.48(4.75)	11.27(8.46)
2011	2.48(2.5)	9.23(7.11)	7.13(4.13)
2013	3.85(4.62)	9.25(3.95)	14.42(13.98)
2014	6.88(8.85)	9.94(8.67)	12.13(13.6)
2015	3.31(2.49)	5.35(4.24)	7.35(7.1)
2016	5.27(7.13)	5.06(3.63)	5.11(6.34)
2017	3.95(5.09)	5.92(6.62)	4.99(5.27)
2018	5.49(5.02)	7.43(7.57)	5.48(4.19)
2019	6(6.35)	5.21(5.57)	4.25(1.93)
2020	7.49(5.44)	4.45(3.66)	5.63(3.9)
2021	6.22(3.45)	6.8(2.23)	3.92(1.11)

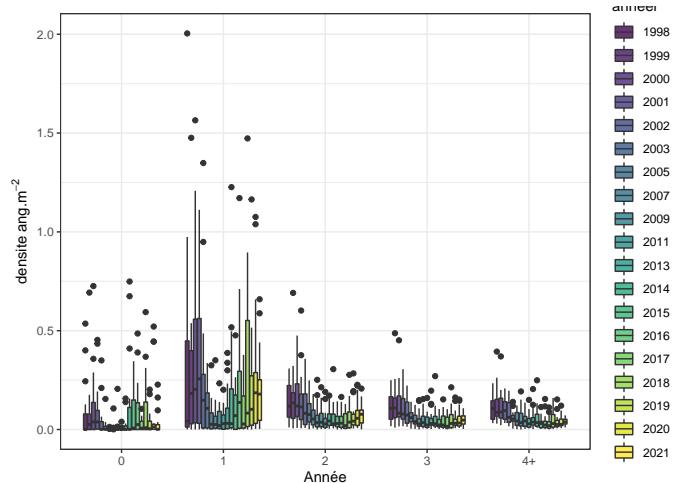


FIGURE 8 – Tendance des densités en fonction de l'âge des anguilles (reconstituée à l'aide d'une clé taille âge) pour les pêches électriques de 1998 à 2021³

La clé taille-âge utilisée doit être considérée avec précaution car il n'y a pas eu de vérification des données de croissance.

2.4 Marquages recaptures

Les recaptures et marquages effectués de 2009 à 2021 sont indiqués au Tableau 5. Les croissances des anguilles

TABLEAU 5 – Marquage et recaptures.

	lecture	pose
2009	12	87
2011	20	64
2013	30	60
2014	25	72
2015	20	41
2016	16	38
2017	14	32
2018	17	46
2019	10	34
2020	7	41
2021	10	44

marquées sont assez faibles avec en moyenne 20.8 mm par an. Certaines anguilles n'ont pas grandi du tout alors que d'autres ont gagné 60 mm (Figures 9 et 10). En excluant les anguilles ayant perdu du poids entre le marquage et la recapture (17 anguilles sur 129), les croissances annuelles s'établissent à 23.5 mm.

Le taux de recapture des anguilles est de 33 %.

Il est possible qu'un effet "marquage" apparaisse chez certaines anguilles avec des croissances plus faibles pour certains individus lors des deux premières années voire des

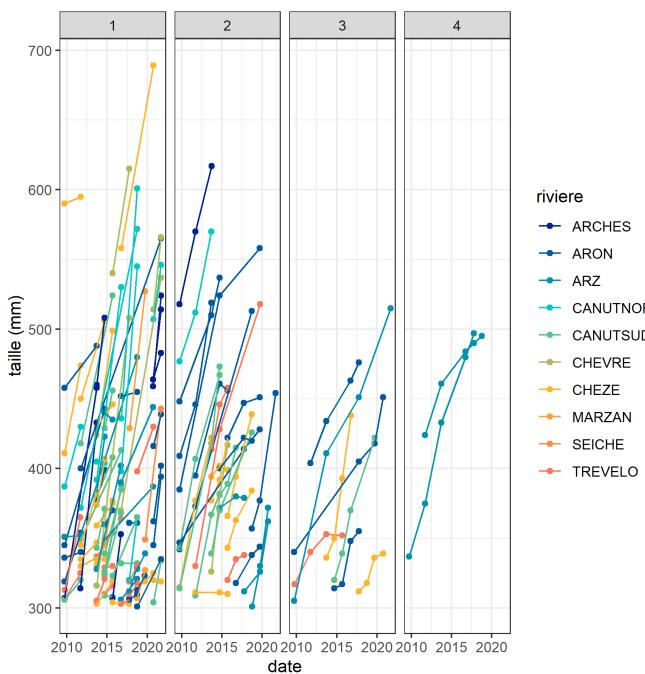


FIGURE 9 – Evolution de la taille des anguilles marquées, en fonction du nombre de recaptures.

pertes de poids (Figure 11). Cet effet peut être testé par l'inclusion d'une tendance non linéaire (gam) pour l'année, il n'est pas significatif.

La croissance est très variable mais il est difficile de trouver un facteur expliquant clairement la variation observée. Il y a un effet station significatif avec des croissances plus fortes pour certaines stations (Figure 12), mais la distance n'est pas significative quand on la teste seule. Par contre, ni le délai en années après le marquage, ni la taille de départ au marquage, ni la zone (en grande classe de distance) ne sont significatives dans l'analyse de variance du modèle (Tableau 6).

	Sum Sq	Df	F values	Pr(>F)
station	17915.49	17	6.81	0.0000
Residuals	17175.94	111		

TABLEAU 6 – Test statistique (Anova) des variables du modèle croissance annuelle ~ station, où *station* correspond à la station de pêche. Deux autres facteurs, année et taille au moment du marquage, ont été testés, ils ne sont pas significatifs.

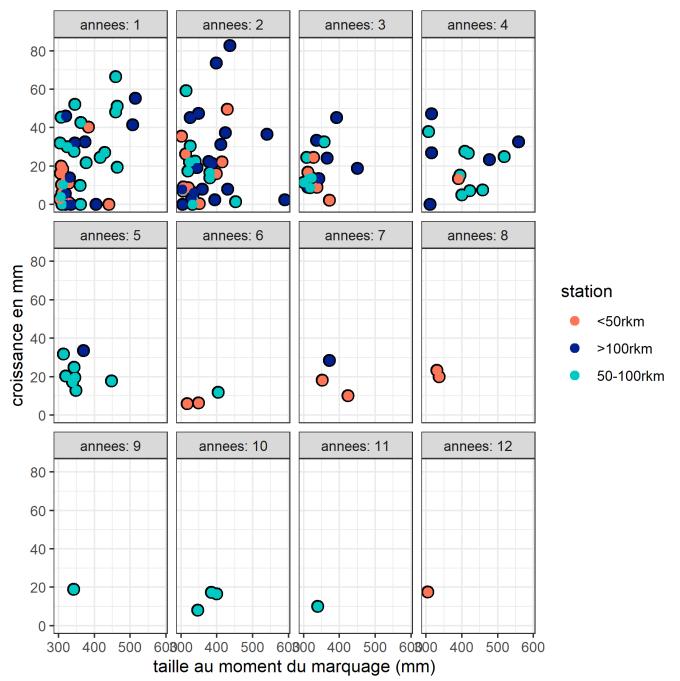


FIGURE 10 – Croissance annuelle des anguilles marquées en fonction du nombre d'année entre le marquage et la recapture.

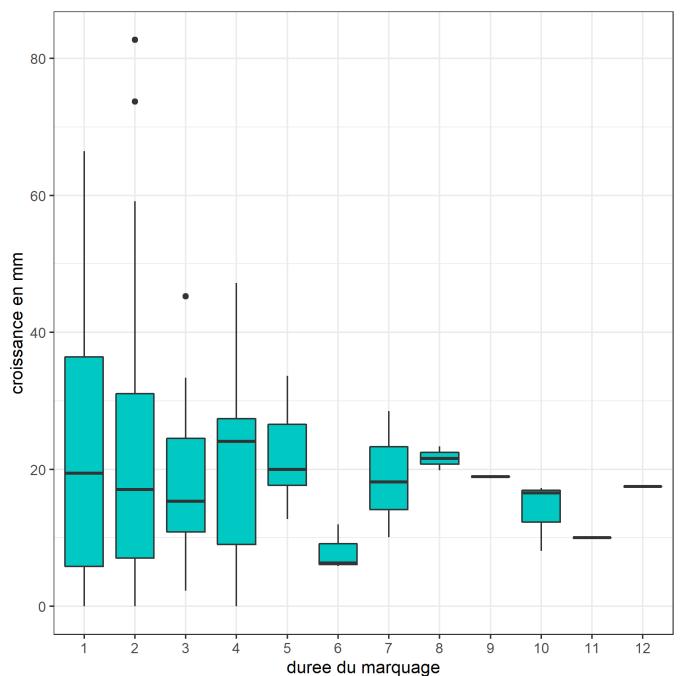


FIGURE 11 – Croissance annuelle des anguilles marquées en fonction de la durée du marquage.

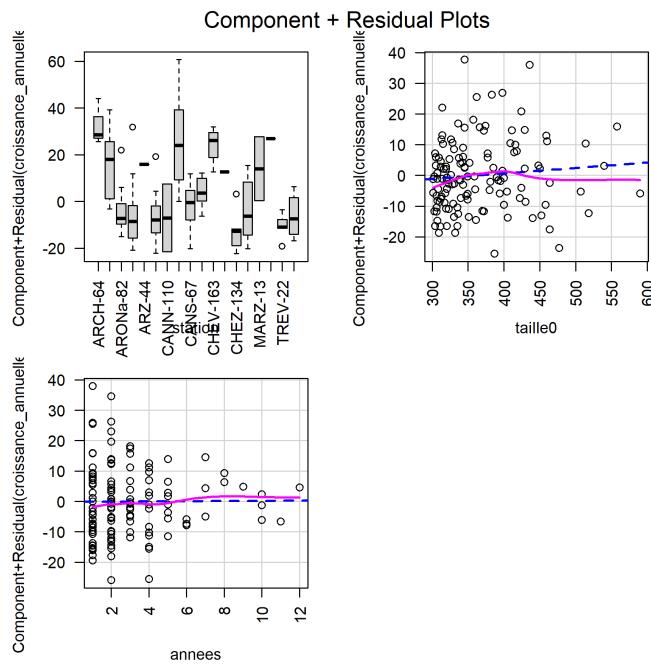


FIGURE 12 – Graphique de composant et résidus (CR plot) du modèle glm croissance_annee + station + taille0, où *annees* représente le nombre d'années entre le marquage et la recapture, *taille0* la taille au moment du marquage, et *station* la station de pêche. Ce graphique indique quelle est la moyenne des tendances (ligne rose) et l'effet ajusté (ligne bleue pointillée). Il permet de détecter des effets non linéaires (ici il n'y en a pas, l'écart de la ligne rose pour les grandes tailles (effet *taille0*) traduit surtout le manque de points). Il montre aussi les résidus par station de pêche, on constate que le modèle cale des moyennes différentes entre stations, mais aussi que la variabilité des croissances est différente entre les stations.

3 Discussion

Les densités moyennes, qui étaient passées, depuis 2005, en dessous de la cible de $0.3 \text{ anguille.m}^{-2}$ affichée dans le plan de gestion, sont remontées au dessus de cette cible à partir de 2014, à l'exception de 2017 (Figure 4, Tableau 2).

Les biomasses d'anguilles ont par contre connu une chute continue sur les secteurs intermédiaires et amont. Elles augmentent en aval mais restent en deçà des valeurs observées entre 1998 et 2002 (Figures 5 et 7).

Les densités de 2017 et 2019 laissent suspecter un effet de l'étiage sévère sur certaines stations aval, où les recaptures ont été très faibles (ruisseau de la Bouloterie, Canut Nord et Arzal, ruisseau des Arches proches de la rupture d'écoulement).

Les densités ont ré-augmenté à des niveaux proches de ceux de 1998 à 2012 sur la partie aval après 2011. Elles restent plus faibles sur le secteur intermédiaire et amont alors qu'on aurait pu s'attendre à un effet marqué des transports. L'analyse de la fréquence en âge des captures montre bien qu'il y a eu des vagues de migration de jeunes anguilles, mais cette augmentation ponctuelle ne se retrouve que très peu par la suite dans les densités d'anguilles d'âge 2 et 3 (Figure 8).

Il est difficile d'expliquer les résultats obtenus. L'hypothèse selon laquelle il puisse y avoir un effet plus faible de la gestion par des effets densités dépendants est contredite par l'examen des biomasses d'anguilles des stations qui sont bien plus faibles qu'en 1998-2002, ainsi que par les densités d'anguilles d'âge 2, 3 et 4 qui sont inférieures à celles de la période 1998-2000 et ce quels que soient les secteurs.

Une explication possible des mauvais résultats observés peut être donnée par la mauvaise survie de certains lots de civelles transportées, par exemple pour la cohorte de 2011 (MAZEL et al., 2011). L'absence d'effet détectable des opérations de transport sur les densités observées en pêche électriques avaient déjà été analysée et discutée dans BRIAND et SAUVAGET (2011). Il faut également constater que la gestion par quota a produit 4 années sur 11 entre 2009 et 2021 un recrutement fluvial négligeable au niveau des passes d'Arzal. L'absence de recrues pour ces années n'est probablement pas compensée par les montées importantes des autres années. Il est possible que de grosses vagues de migration de civelles subissent une mortalité plus importante que des passages continus. Il est possible également que les anguilles transportées ne se dirigent pas vers les affluents.

La croissance mesurée par pit tag est faible, de l'ordre de 20 mm par an. Comme elle est dérivée de données de marquages pit tag, elle ne concerne que des anguilles de taille supérieure à 30 cm. La durée entre le marquage et la recapture n'explique pas la variation de croissance annuelle (Figure 12). La taille au moment du marquage n'explique pas non plus la croissance. Il est difficile d'analyser les croissances des grandes anguilles car seules quatre anguilles marquées de plus de 50 cm ont été recapturées.

Il est possible que les anguilles à croissance plus rapide soient déjà parties du bassin. Les croissances moyennes calculées pour les femelles à partir du modèle de DAVERAT et al. (2011) sont de 75, 60 et 38 mm par an pour les âges 5, 10 et 20⁴. Ces valeurs indiquent des croissances beaucoup plus fortes que celles trouvées sur les stations de la Vilaine. Cependant, les croissances annuelles calculées par le modèle de Von Bertallanffy sur la Chèze en 1990 (MOUNAIX, 1992) sont seulement de 5-10 mm par an pour les anguilles de plus de 5 an. De même, les résultats obtenus sur le Seucate (petit affluent sur le bassin de la Dordogne) montrent que les croissances passent de 50 mm par an en milieu fluvial large à 20 mm par an sur les affluents (Daverat, com. pers.).

Il existe un effet station très net dans les croissances avec des croissances fortes observées sur le ruisseau des Arches, le Canut Nord et le Chevré, c'est à dire les secteurs les plus amont où les densités sont les plus faibles. Pour autant, la prise en compte de la distance à la mer dans le modèle n'est pas significative, car la tendance ne suit pas strictement une augmentation linéaire des croissances en fonction de la distance.

Dans tous les cas, on trouve à la fois des anguilles à croissance faible et des anguilles à croissance rapide sur les mêmes stations. Pour une anguille, une croissance négative de 5 mm a été calculée, cette anguille a également perdu beaucoup de poids. Une autre anguille a perdu 5 mm en un an après avoir grandi les trois années précédentes.

En utilisant les données de croissance des affluents, l'âge des anguilles est probablement de l'ordre de 20 ans, alors qu'il ne serait que de 12 ans sur les zones fluviales larges où la croissance est forte (de l'ordre de 50 mm par an).

Le MNHN a analysé les otolithes de 50 anguilles argentées capturées à Brain sur Vilaine en janvier 2016, et donne des âges compris entre 6 et 23.5 années avec une moyenne de 12 ans⁵. Les croissances mesurées varient entre 30 et 84 mm par an, soit une croissance beaucoup plus forte que celle mesurée dans les affluents en marquage recapture. Dans le lot d'anguilles capturées, la majorité présente des âges de 7 à 15 ans plus conforme avec la croissance de 50 mm par an décrite par Daverat.

4. coefficients du modèle, TempSUP13=79, RatioDistsea<-0.75

5. Attention, ces résultats doivent être revus à la baisse avec la réinterprétation des stries contenues dans une bande sombre au centre de l'otolithe de certaines anguilles, mais les changements resteront marginaux.

Le fort pourcentage de recapture (33 %) est à noter. Il indique que les anguilles de plus de 30 cm sont globalement sédentaires.

4 Conclusion

Les secteurs prospectés en pêche électrique, en général plutôt des petites rivières de faible profondeur, sont caractérisés par des anguilles dont la croissance est faible, particulièrement sur l'aval du bassin, alors que l'examen des anguilles capturées sur les parties aval et profonds du bassin versant montre des anguilles de croissance plus importante, probablement ayant des habitats de croissance différents. Sur ces affluents, après la baisse importante du début des suivis après 1998, les transports de civelles et les augmentations massives de recrutement sur les passes certaines années ont permis une augmentation des densités dans les secteurs aval et les prémisses d'une augmentation sont constatés dans certains secteurs amont. La forte diminution du recrutement fluvial dans les 4 dernières années ne se traduit pas par un effet notable sur les densités d'anguilles, y compris quand on regarde la conversion en une structure en âge par des clés taille-âge. Il est à noter que globalement, les densités sont cohérentes dans leur tendance d'une année sur l'autre et qu'en conséquence les tendances obtenues sont assez crédibles, elles sont par ailleurs généralement reflétées d'un affluent à l'autre. Il est possible que les dynamiques de croissance, colonisation et mortalité d'un bassin saturé et de la situation "vide" d'avant l'installation des passes engendrent des dynamiques de populations différentes, mais les biomasses, et les densités beaucoup plus faibles d'anguilles de grande taille sur nos stations mettent en doute cette hypothèse. Le précédent rapport ne constatait pas d'effet des quantités importantes de civelles ayant colonisé le bassin, grâce aux opérations de transport ou au franchissement du barrage. Ce rapport sera plus nuancé, on perçoit des modifications, qui ne sont pas la hauteur attendue, et surtout qui mettent plusieurs années pour pouvoir être observés sur les affluents. La question de la croissance des jeunes anguilles est ici centrale et nous devrions analyser en détail les résultats de suivi des opérations de transport qui apporteront ici des informations précieuses.

Remerciements

Les pêches électriques ont été effectuées par les services départementaux 35 et 56 de l'OFB, nous les remercions pour leur accueil et la qualité technique de leur travail. Nous remercions également les différents participants qui

nous ont aidé à effectuer les pêches.

Références

- BRIAND, C. (2009). « Dynamique de population et de migration des civelles en estuaire de Vilaine. Population dynamics and migration of glass eels in the Vilaine estuary ». Thèse de doct. Agrocampus Ouest.
- BRIAND, C. et B. SAUVAGET (2011). *Analyse des tendances de stock d'anguilles jaunes du bassin versant de la Vilaine par pêches électriques*. Rapp. tech. La Roche Bernard : Institution d'Aménagement de la Vilaine, p. 16.
- BRIAND, C. (2013). *stacomirtools : stacomi ODBC connection class*. R package version 0.3.
- BRIAND, C., D. FATIN et al. (2006). « Effect of re-opening of a migratory axis for eel at a watershed scale (Vilaine river, Southern Brittany) ». In : *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture* 378, 67 :86.
- BRIAND, C., B. SAUVAGET et G. ERIAU (2017). *Gestion de l'anguille sur le bassin versant de la Vilaine en 2016*. Rapp. tech. EPTB Vilaine, p. 24.
- CARLE, F. et M. STRUB (1978). « A New Method for Estimating Population Size from Removal Data ». In : *Biometrics* 34, p. 621-630.
- DAHL, D. (2013). *xtable : Export tables to LaTeX or HTML*. R package version 1.7-1.
- DAVERAT, F. et al. (2011). « One century of eel growth : changes and implications ». In : *Ecology of Freshwater Fish*.
- Fox, J. et S. WEISBERG (2011). *An R Companion to Applied Regression*. Second. Sage.
- HLAVAC, M. (2013). *stargazer : LaTeX code and ASCII text for well-formatted regression and summary statistics tables*. R package version 4.5.3. Harvard University. Cambridge, USA.
- MAZEL, V. et al. (2011). *Opération d'alevinage d'un lot de civelle sur les marais de Vilaine (déversement mars 2011)*. Français. Rapp. tech., p. 98.
- MOUNAIX, B. (1992). « Intercalibration et validation des méthodes d'estimation de l'âge de l'Anguille européenne (Anguilla anguilla, L.). Application au bassin versant de la Vilaine, Bretagne. ». Thèse Ingénieur. Ecole nationale Supérieure Agronomique de Rennes.
- OGLE, D. (2013). *FSA : Fisheries Stock Analysis*. R package version 0.4.1.
- PINHEIRO, J. et al. (2013). *nlme : Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1-109.
- ZUUR, A. et al. (2009). *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology With R*. Springer.

5

Annexes

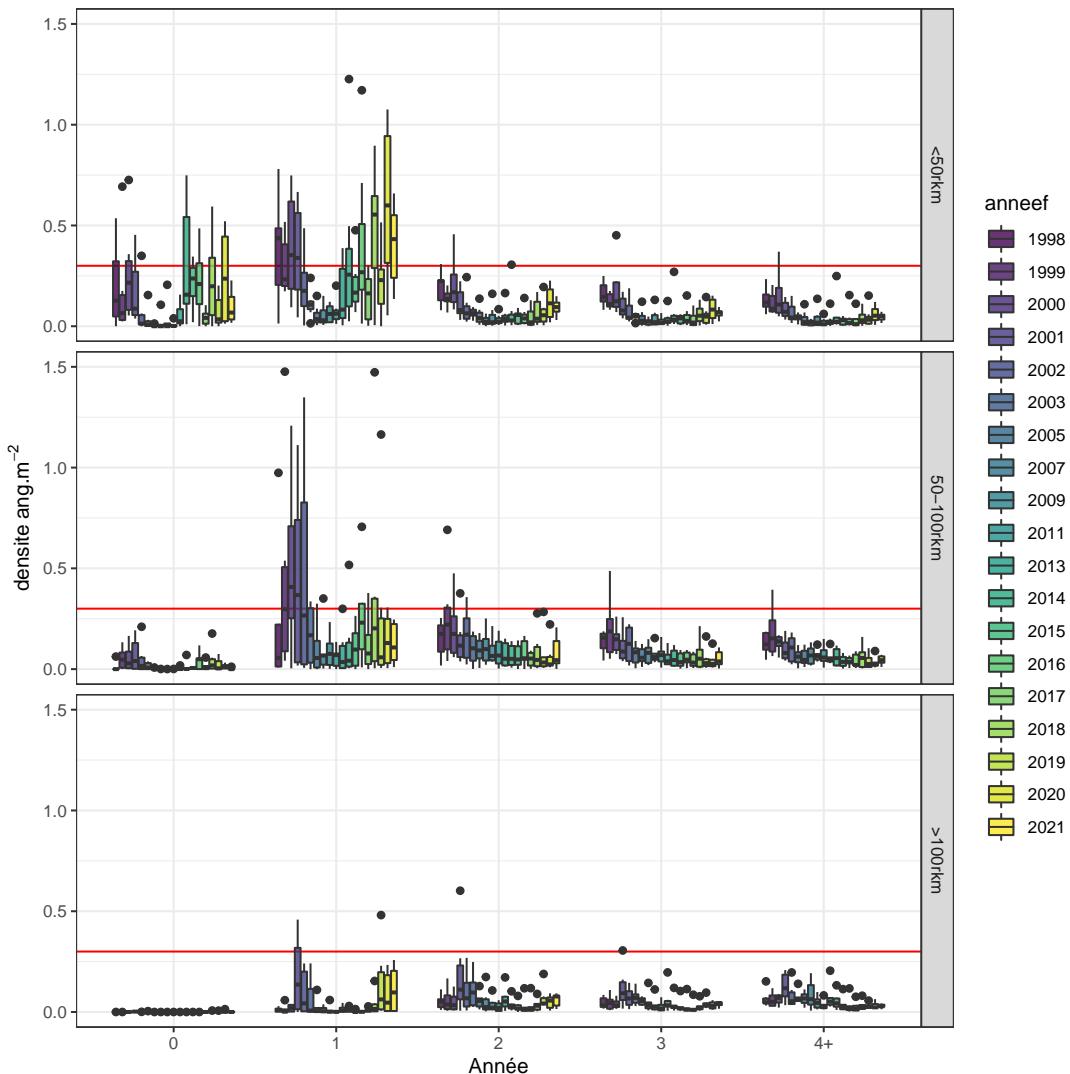


FIGURE 13 – Tendance des densités en fonction de l'âge des anguilles (reconstituée à l'aide d'une clé taille âge) et la distance à la mer pour les pêches électriques de 1998 à 2021. La courbe en rouge indique le seuil du plan de gestion.

TABLEAU 7 – Résultats de la régression, comparaison des modèles, (1) modèle linéaire $\log(D) \approx a + s + m + \epsilon$ avec $\epsilon_s = N(0, \sigma^2)$, (2) meilleur modèle (mixte) $\log(D) \approx a + s + m + \epsilon_s$ avec $\epsilon_s = N(0, \sigma_s^2)$ $s = 1, \dots, 19$, (3) $\log(D) \approx s + m + \epsilon_s$, (4) $\log(D) \approx a + s + \epsilon_s$

	Dependent variable :			
	$\log(\text{densCS})$			
	(1)	(2)	(3)	(4)
stationARCH-66	-0.091 (0.266)	-0.095 (0.290)	-0.099 (0.355)	-0.092 (0.291)
stationARONa-82	1.462*** (0.265)	1.425*** (0.254)	1.462*** (0.330)	1.567*** (0.270)
stationARONb-82	2.010*** (0.269)	1.974*** (0.205)	1.957*** (0.274)	2.115*** (0.219)
stationARZ-44	1.867*** (0.262)	1.862*** (0.321)	1.835*** (0.388)	1.841*** (0.321)
stationARZ-47	2.405*** (0.262)	2.400*** (0.236)	2.373*** (0.292)	2.379*** (0.245)
stationARZA-4	2.342*** (0.263)	2.347*** (0.232)	2.302*** (0.312)	2.271*** (0.235)
stationCANN-110	0.719*** (0.265)	0.686** (0.285)	0.710** (0.336)	0.827*** (0.296)
stationCANN-115	0.770*** (0.265)	0.736*** (0.264)	0.760** (0.339)	0.877*** (0.277)
stationCANS-67	1.867*** (0.265)	1.833*** (0.228)	1.857*** (0.258)	1.974*** (0.227)
stationCANSb-65	2.455*** (0.265)	2.422*** (0.219)	2.446*** (0.290)	2.563*** (0.227)
stationCHEV-163	0.141 (0.267)	0.119 (0.249)	0.129 (0.300)	0.201 (0.274)
stationCHEVa-165	0.192 (0.276)	0.147 (0.242)	0.165 (0.284)	0.237 (0.263)
stationCHEZ-134	0.068 (0.267)	0.047 (0.248)	0.084 (0.289)	0.161 (0.249)
stationCHEZa-135	1.535*** (0.264)	1.507*** (0.221)	1.522*** (0.266)	1.621*** (0.230)
stationMARZ-13	0.480* (0.270)	0.456* (0.246)	0.432 (0.332)	0.430 (0.272)
stationSEICH-149	0.152 (0.508)	0.240 (0.203)	0.186 (0.239)	0.311 (0.234)
stationSEICH-150	1.920*** (0.508)	2.008*** (0.321)	1.954*** (0.343)	2.079*** (0.348)
stationTREV-22	1.459*** (0.263)	1.459*** (0.266)	1.423*** (0.344)	1.411*** (0.280)
stationTREV-bou	1.223*** (0.262)	1.218*** (0.385)	1.191*** (0.438)	1.197*** (0.386)
stationTREV-pes	1.978*** (0.263)	1.978*** (0.252)	1.942*** (0.305)	1.930*** (0.258)
annee1999	0.134 (0.266)	0.293 (0.220)		0.118 (0.222)
annee2000	0.178 (0.263)	0.240 (0.226)		0.225 (0.230)
annee2001	0.316 (0.266)	0.393* (0.218)		0.208 (0.222)
annee2002	-0.117 (0.266)	0.069 (0.218)		-0.113 (0.222)
annee2003	-0.450* (0.266)	-0.395* (0.218)		-0.550** (0.222)
annee2005	-0.897*** (0.266)	-0.710*** (0.218)		-0.912*** (0.222)
annee2007	-1.246*** (0.263)	-0.947*** (0.218)		-0.909*** (0.222)
annee2009	-1.095*** (0.263)	-0.890*** (0.218)		-0.858*** (0.222)
annee2011	-1.451*** (0.263)	-1.239*** (0.218)		-1.174*** (0.222)
annee2013	-0.953*** (0.263)	-0.794*** (0.218)		-0.747*** (0.222)
annee2014	-0.702*** (0.263)	-0.649*** (0.218)		-0.568** (0.222)
annee2015	-1.042*** (0.263)	-0.922*** (0.218)		-0.868*** (0.222)
annee2016	-0.998*** (0.267)	-0.814*** (0.219)		-0.754*** (0.224)
annee2017	-1.078*** (0.295)	-0.718*** (0.247)		-1.227*** (0.228)
annee2018	-0.587** (0.266)	-0.464** (0.218)		-0.550** (0.222)
annee2019	-0.710*** (0.267)	-0.579*** (0.181)		-0.627*** (0.206)
annee2020	-0.327 (0.280)	-0.413* (0.214)		-0.745*** (0.207)
annee2021	-0.620** (0.266)	-0.569*** (0.181)		-0.569*** (0.207)
mois2oct_nov	-0.422*** (0.142)	-0.513*** (0.124)	-0.350*** (0.009)	
Constant	-1.938*** (0.264)	-2.028*** (0.239)	-2.549*** (0.239)	-2.144*** (0.249)
Observations	357	357	357	357
Log Likelihood	-433.217	-401.519	-441.586	-407.231
Akaike Inf. Crit.	948.433	925.039	969.171	934.462
Bayesian Inf. Crit.	1,102.548	1,154.332	1,133.179	1,160.185

Note :

*p<0.1, **p<0.05; ***p<0.01

TABLEAU 8 – Densité moyennes en anguilles (en anguille.m⁻²) en fonction de la distance à la mer et de l'âge + - intervalles de confiance à 0.05.

annee	0	1	2	3	4+
1998	0.08(0.08)	0.31(0.26)	0.13(0.05)	0.11(0.04)	0.11(0.03)
1999	0.08(0.08)	0.26(0.17)	0.15(0.07)	0.13(0.05)	0.12(0.04)
2000	0.11(0.09)	0.37(0.22)	0.16(0.07)	0.13(0.05)	0.12(0.04)
2001	0.09(0.07)	0.33(0.16)	0.15(0.07)	0.11(0.04)	0.1(0.03)
2002	0.04(0.04)	0.25(0.17)	0.12(0.05)	0.09(0.03)	0.08(0.03)
2003	0.02(0.02)	0.12(0.05)	0.09(0.03)	0.06(0.02)	0.06(0.02)
2005	0(0)	0.06(0.04)	0.07(0.03)	0.05(0.02)	0.05(0.02)
2007	0.01(0.01)	0.05(0.04)	0.06(0.03)	0.05(0.02)	0.05(0.03)
2009	0.01(0.02)	0.05(0.03)	0.06(0.03)	0.05(0.02)	0.05(0.02)
2011	0(0)	0.05(0.03)	0.05(0.02)	0.04(0.02)	0.04(0.02)
2013	0.02(0.02)	0.09(0.06)	0.06(0.03)	0.05(0.02)	0.05(0.02)
2014	0.12(0.11)	0.17(0.15)	0.06(0.03)	0.05(0.03)	0.06(0.03)
2015	0.08(0.06)	0.11(0.06)	0.05(0.02)	0.04(0.02)	0.03(0.01)
2016	0.1(0.07)	0.23(0.16)	0.05(0.03)	0.04(0.02)	0.04(0.02)
2017	0.02(0.02)	0.1(0.06)	0.04(0.02)	0.03(0.02)	0.03(0.02)
2018	0.1(0.08)	0.31(0.19)	0.06(0.04)	0.05(0.03)	0.04(0.02)
2019	0.04(0.03)	0.21(0.14)	0.07(0.04)	0.05(0.02)	0.04(0.02)
2020	0.08(0.08)	0.27(0.16)	0.07(0.03)	0.05(0.02)	0.04(0.02)
2021	0.03(0.03)	0.21(0.09)	0.08(0.03)	0.05(0.01)	0.04(0.01)

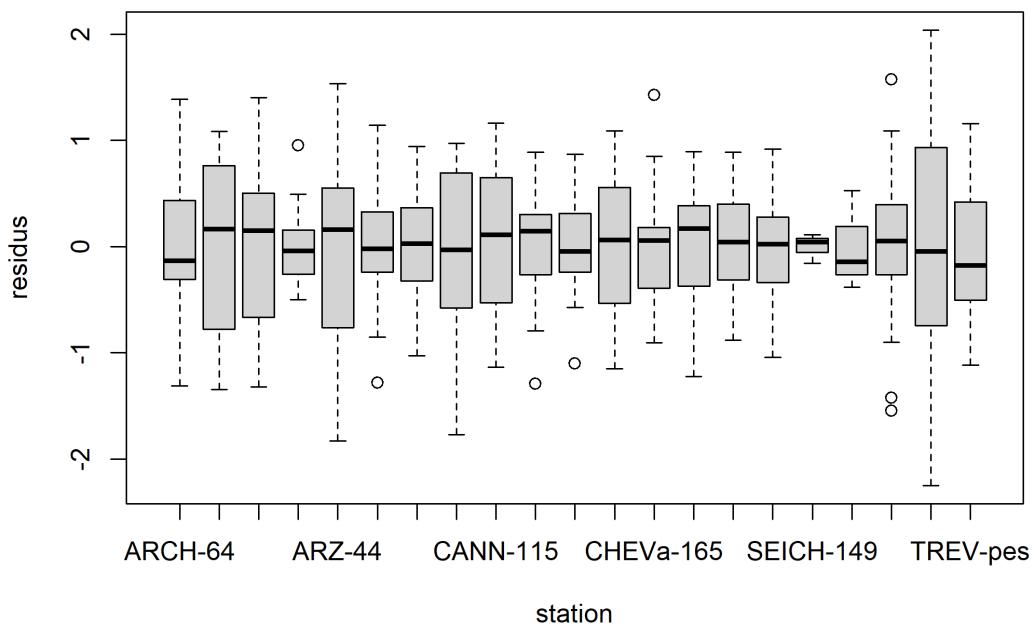


FIGURE 14 – Résidus du modèle $\log(dens) \sim a + s + m\epsilon$, avec $\epsilon(s) \sim N(0, \sigma^2)$ a=année, s=stations, m = mois. Le graphique montre l'hétérodasticité (variances différentes) des résidus en fonction des stations.

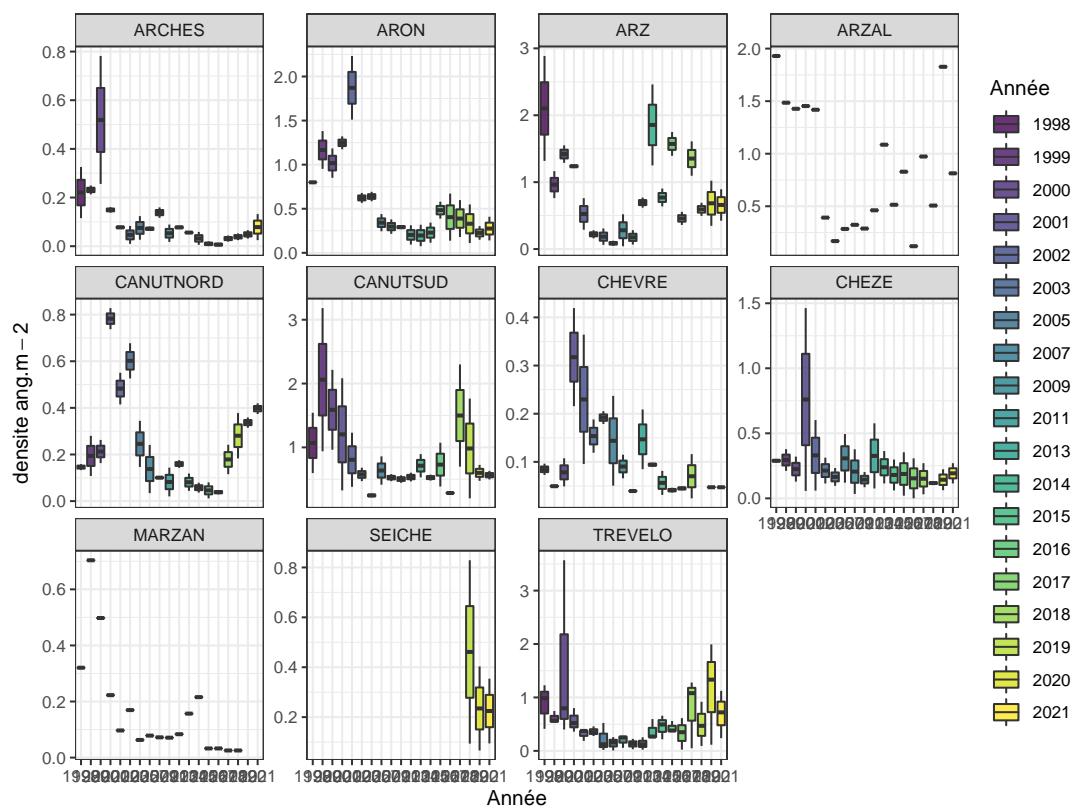


FIGURE 15 – Tendance des densités sur les différentes rivières du bassin versant de la Vilaine.

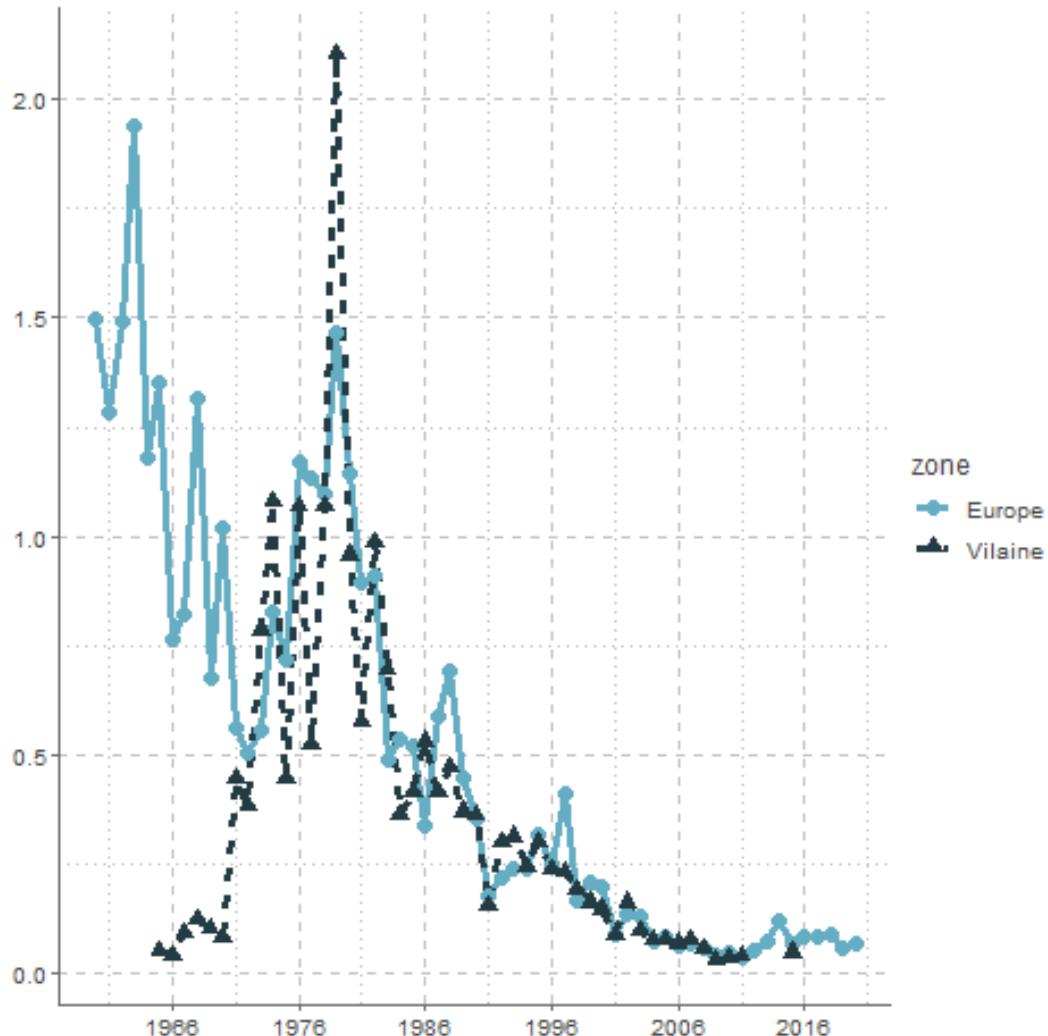


FIGURE 16 – Indice de recrutement européen du WGEEL : moyenne géométrique des prédition de recrutement (GLM) pour tous les sites en dehors de la mer du nord jusqu'à 2021. Le modèle GLM ($\text{recruit} \sim \text{area} : \text{year} + \text{site}$) est calé sur les séries de recrutement européennes comprenant soit des civelles soit un mélange de civelles et de jeunes anguilles jaunes. Ces données sont comparées à la série de recrutement de la Vilaine. Les deux séries sont ajustées pour que la moyenne des années 1960 et 1970 soit à 1. Les valeurs avant la fermeture du barrage (avant 1970) ne sont pas incluses dans cette standardisation ni dans la série de recrutement européen. Les valeurs de 2012 à 2014 pour lesquelles les captures ont été influencées par les quotas n'ont pas non plus été incluses.

Résumé

Les densités ont été évaluées par pêche électrique sur des affluents de petite taille à des distances croissantes de l'estuaire. Elles ont d'abord augmenté de 1998 à 2001 avec la réouverture du bassin versant de la Vilaine à l'anguille en 1995. Elles ont ensuite diminué significativement à partir de 2003, jusqu'à un niveau minimum en 2011. Cette tendance a traduit la dégradation des recrutements fluviaux de civelles. A cette période, les opérations de transport de civelles n'ont pas compensé cette baisse.

A partir de la mise en place du plan de gestion anguille, le recrutement fluvial de civelles s'est d'abord effondré avant d'augmenter fortement de 2012 à 2014, avec ensuite un seul bon recrutement en 2016.

On observe bien en réponse une augmentation des abondances de jeunes classes d'âge sur l'aval et l'intermédiaire du bassin (zone < 50 km et 50-100 km), à partir de 2013 : les densités augmentent globalement sans toutefois atteindre les niveaux de densité observés sur la période 1998-2002. Les biomasses sont en déclin sur les parties intermédiaires et amont et en augmentation sur les trois dernières années sur la partie aval. Enfin, les pêches électriques sont aussi l'occasion d'une opération de marquage-recapture qui permet d'obtenir de précieuses informations sur la croissance des anguilles jaunes dans les cours d'eau. Ces informations sont synthétisées et analysées.

L'ensemble des résultats est discuté, au regard des objectifs du plan régional de gestion des poissons migrateurs et de la compréhension de la dynamique du stock d'anguille à l'échelle du bassin de la Vilaine.

Abstract

Densities are collected on small tributaries located at increasing distance from the estuary. They have first increased from 1998 to 2001 with the re-opening of a migratory pathway for eel in the Vilaine watershed in 1995. They have then diminished rapidly from 2003 until a low level in 2011, and this trend is a consequence of the degradation of glass eel fluvial recruitment. At this time, tentative transport operations have not buffered the decline.

From the beginning of implementation of the eel management plan, glass eel fluvial recruitment in the Vilaine has first collapsed before largely increasing from 2012 to 2014. After this there is one good recruitment year in 2016. We do observe an increase in young age classes in the downstream part of the basin (area <50 km and 50-100 km) from 2013 : densities show an overall increasing trend without reaching the levels observed during the 1998-2002 period. Biomasses are declining on intermediate and upstream sectors and increasing for the last three years on the downstream sector.

Finally, electrofishing operations are also offering the means for a marking-recapture operation which allows to gather valuable information on eel growth in the Vilaine tributaries. This information is analysed and synthetized.

The whole result are discussed, in the perspective of the regional plan of management of migratory species and to understand the eel stock dynamics a the scale of the vilaine watershed.

Mots clés :

anguille, pêche électrique, marquage, pit-tag

Keywords :

yellow eel, electrofishing, marking recapture, pit-tag