

VOILET POISSONS MIGRATEURS

2015-2021

SUIVI DES MIGRATIONS D'ANGUILLES ET EVALUATION DES STOCKS EN PLACE SUR LE FREMUR EN 2019



Maître d'ouvrage :



STATION MARINE
DINARD



Maître d'œuvre :



INGÉNIERIE DES MILIEUX AQUATIQUES

Avec la participation de :



Soutiennent les actions du volet "poissons migrateurs" :



AVANT-PROPOS

Ce rapport présente les résultats du suivi des migrations d'anguilles et l'évaluation des stocks en place sur le Frémur en 2019.

La maîtrise d'ouvrage a été assurée par le Muséum National d'Histoire Naturelle et l'UMS PatriNat.

La maîtrise d'œuvre a été réalisée par le bureau d'études Fish-Pass qui effectue le suivi du stock d'anguilles par pêches électriques, le suivi des migrations, le marquage d'individus, le traitement et l'analyse des résultats.

Les opérations de terrain (relève des passes pièges pour le suivi des migrations) sont réalisées avec la participation du Comité Opérationnel des Elus et Usagers de la Rance et de la Côte d'Emeraude (CŒUR Emeraude).

Dans le cadre des travaux de sécurisation du barrage de Pont Avet, compte-tenu de la rupture de la continuité écologique, Eau du Pays de Saint Malo a financé l'installation et le suivi d'une passe piège temporaire à l'aval du barrage de Pont Avet. De même, Eau du pays de Saint Malo a également financé la translocation des anguilles argentée capturées en dévalaison à Pont es Omnès à l'aval du barrage de Pont Avet.

Le coût prévisionnel de l'étude en 2019 s'élève à 64432.50 € (rapport financier réalisé en préparation), financée à hauteur de :

- 50,00 % par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne ;
- 20,00 % par le Conseil Départemental des Côtes d'Armor
- 10,00 % par le Conseil Régional de Bretagne ;
- 5,20 % par la Fédération de Pêche d'Ille et Vilaine
- 14,80 % par le MNHN (autofinancement)

REMERCIEMENTS

Les remerciements s'adressent au Muséum National d'Histoire Naturelle (CRESCO, Dinard) et l'UMS PatriNat qui ont permis la réalisation de cette étude. Nous remercions évidemment les partenaires financiers historiques (Conseil Régional de Bretagne, Agence de l'Eau Loire Bretagne, Fédération de Pêche d'Ille et Vilaine) et plus récents (Conseil Département des Côtes d'Armor) pour leur soutien indispensable à la réalisation de ce suivi 2019. Nous remercions également Eau du Pays de Saint Malo pour le suivi mis en place pour maintenir une continuité piscicole lors des travaux sur le barrage de Pont Avet ainsi que pour les différentes données concernant la qualité de l'eau. La DREAL est également remerciée pour la mise à disposition des données hydrologiques du bassin versant.

Ces remerciements vont également à l'association CŒUR Emeraude qui participe aux relevés de terrain.

Le site du Frémur étant un « terrain » propice à de nombreuses études scientifiques, nous tenons également à remercier les scientifiques qui contribuent activement à l'apport de connaissances sur l'anguille.

RESUME

Cette étude a débuté en 1995 dans le cadre d'un programme sur le suivi de la restauration des voies de migration de l'anguille. L'objectif de ce programme était de rétablir les voies de migration de l'anguille sur l'ensemble du bassin versant du Frémur, notamment sur les barrages de Pont es Omnès (équipement de passes et pièges de montée et de dévalaison) et de Bois Joli (équipement d'une passe et piège de montée) et d'estimer les effets du rétablissement de la migration sur la dynamique de la population d'anguilles.

Aujourd'hui, ce programme s'inscrit dans le cadre plus global du Plan de Gestion Anguille (PGA). Le PGA prévoit en effet la mise en place de suivis par « rivière index » pour chaque unité de gestion anguille (UGA) afin d'évaluer l'efficacité des mesures de conservation et de restauration de l'espèce. Pour l'UGA Bretagne-Pays de Loire, le monitoring réalisé sur le Frémur permet de donner une image représentative de la production d'un petit fleuve côtier fragmenté par de nombreux ouvrages.

Les données récoltées dans le cadre du suivi Frémur concernent l'ensemble du cycle biologique : de la colonisation du bassin au départ vers la mer en passant par la phase de croissance dans le bassin. Les données permettent ainsi de mesurer les trois grands compartiments du cycle continental que sont le recrutement fluvial, le stock et la dévalaison.

La campagne 2019 est la 24^{ème} année de suivi mené sur le Frémur. Ce suivi est actuellement l'un des plus anciens en France et permet une vision à moyen terme de l'évolution des densités en anguilles sur la façade de la Manche. Cette campagne a été marquée par plusieurs événements majeurs : une absence de surverse du barrage de Bois-Joli durant l'hiver 2018-2019, par la mise en place d'une passe piège temporaire à Pont Avet dans le cadre de la mise en sécurité du barrage et enfin, par la rupture d'une partie de la grille dévalaison durant l'hiver 2019-2020. Ces événements ont influé sur le suivi mais également sur la migration anadrome et catadrome des anguilles.

Le recrutement 2019 est assez bon avec 8446 individus (incluant 1199 individus capturés à Bois Joli et 7247 capturés à Pont Avet), soit le 9^{ème} rang sur 24 valeurs depuis le début du suivi.

A Bois Joli, la migration anadrome a commencé au début du mois de mars. Après un démarrage tardif et peu de mouvements pendant 3 mois, un pic de migration est observé début juin, suivi d'arrivées régulières dont l'essentiel s'est concentré sur 3 mois de juin à fin août. A Pont Avet, les migrations ont débuté au 15 avril soit 1,5 mois après celles observées à Bois Joli. Les abondances observées à Pont Avet ont été nettement plus importantes qu'au droit de Bois Joli. Deux pics principaux ont été observés, un premier survenu début juin et un second début août, avec notamment 953 individus capturés le 1^{er} août 2019.

Le peuplement du Frémur est très fortement dominé par des espèces tolérantes (gardon, loche franche, épioche, perche). De plus, les densités des principales espèces : anguille, gardon, loche franche présentent une tendance à la diminution de leurs densités depuis 2003, soulignant la dégradation du peuplement piscicole sur le Frémur. Une amélioration semble toutefois visible ces dernières années pour la loche franche et le gardon. La densité et la biomasse en anguilles dans le bassin versant observées en 2019 restent faibles mais une légère amélioration semble s'amorcer.

La densité moyenne en anguille sur le bassin versant du Frémur à l'amont de la retenue Bois Joli est de 0,129 ind/m² en 2019. C'est la 5^{ème} plus faible depuis le début du suivi en 1995 (moyenne interannuelle : 0,285 ind./m², valeur min 2012 : 0,088 ind./m²). Pour l'année 2019, le secteur aval de Pont Avet présente une assez forte densité d'anguilles avec 0,88 ind/m². La densité la plus forte est observée à Pont es Omnès (1,33 ind/m²) alors qu'elle est habituellement bien plus faible (seulement 0,22 ind/m² en 2018), ceci en lien avec l'abaissement des niveaux d'eau dans la retenue de Pont Avet. En amont de Bois Joli, les secteurs médians (Villou, Trigavou, Motte Olivet, Pleslin) les densités sont moyennes oscillant entre 0,14 et 0,31 ind/m². Sur l'amont du bassin versant (Ruffier, Trélat), la population est en très net déclin avec des densités extrêmement faibles autour de 0,01 ind/m².

La dévalaison 2018-2019 a été la plus faible depuis le début du suivi avec le 24^{ème} effectif (51 anguilles). Cela s'explique notamment par l'hydrologie relativement faible et l'absence de surverse du barrage de Bois Joli sur toute la saison de dévalaison. La dévalaison 2019-2020, n'est pas encore terminée au moment de la rédaction de ce rapport et surtout, des incidents survenus sur la grille ont favorisé un taux d'échappement important. L'estimation du nombre d'anguilles dévalantes en 2019-2020 varie, en fonction du taux d'échappement appliqué, entre 586 et 952 individus (pour 220 effectivement capturés), soit la 9^{ème} meilleure saison de dévalaison depuis le début du suivi.

Mots clés : anguille - Frémur - barrages - passes - dynamique de population - stock - recrutement fluvial - dévalaison - marquage RFID



SUIVI DES MIGRATIONS D'ANGUILLES ET EVALUATION DES STOCKS EN PLACE SUR LE FREMUR EN 2019

CHARRIER F., BONNAIRE F., LE PERU Y., LEGAULT A.



SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	ii
REMERCIEMENTS	iii
RESUME	iv
SOMMAIRE	3
TABLE DES FIGURES	6
TABLE DES TABLEAUX	9
1 Introduction	10
2 Le Bassin Versant du Frémur	12
2.1 Présentation du site	12
2.2 Synthèse hydrologique	14
2.3 Qualité de l'eau du Frémur	16
2.3.1 Les phosphates (Ortho phosphates)	17
2.3.2 Le phosphore total	18
2.3.3 Les nitrates	19
2.3.4 Le carbone organique dissous	20
2.3.5 Les matières en suspension (MES)	21
2.3.6 L'analyse bactériologique	22
2.3.7 Les pesticides	22
2.3.8 Bilan	22
3 Rappel des opérations effectuées de 1995 à 2019	23
3.1 État initial	23
3.2 Présentation des ouvrages structurants du Frémur	23
3.3 Autres ouvrages aménagés sur le Frémur	25
3.4 Historique des actions menées sur le Frémur	25
3.4.1 Opérations réalisées en routine sur le Frémur	26
3.4.2 Opérations ponctuelles réalisées sur le Frémur	26
4 Méthodologie des suivis sur le Frémur	29
4.1 Evaluation des stocks	29
4.1.1 Milieu lentique	29
4.1.2 Milieu lotique	30
4.2 Quantification des flux migratoires	33
4.2.1 Présentation des dispositifs de franchissements et de piégeages installés	33
4.2.2 Fréquence de suivi des pièges	33
4.3 Biométrie	34
4.4 Marquage individuel	35
5 Montées (Suivi annuel)	36
5.1 Déroulement des montées	36
5.2 Effectifs des montées	41

5.3	Caractéristiques des individus en montée	42
6	Evaluation du stock (Suivi annuel)	47
6.1	Stations de pêche électriques	47
6.2	Conditions de pêche	49
6.3	Peuplement piscicole du Frémur	49
6.3.1	Peuplement de Pont es Omnès et Pont Avet	49
6.3.2	Peuplement à l'amont de Bois Joli	52
6.4	Paramètres de la population d'anguille	59
6.4.1	Densité, biomasse	59
6.4.2	Répartition	61
6.4.2.1	Densités observées sur les différents secteurs en 2019	61
6.4.2.2	Evolution interannuelle des densités sur les différents secteurs	65
6.4.3	Les tailles	66
6.4.3.1	Sur le bassin versant	67
6.4.3.2	Sur les différents secteurs	69
6.4.4	Coefficient de condition	73
6.4.5	Argenture	75
6.4.6	Etat sanitaire	76
7	Marquage individuel (Suivi annuel)	77
7.1	Test de mortalité et de perte de marque PIT-tags	77
7.2	Etudes du stock d'anguilles : recapture, croissance et déplacement.	77
7.3	Recapture des individus marqués en dévalaison	80
8	Dévalaison (Suivi annuel)	81
8.1	Déroulement de la dévalaison	81
8.2	Effectifs et biomasse	84
8.3	Caractéristiques des dévalantes	86
8.3.1	Structure en classe de taille	86
8.3.2	Stade de maturité	87
8.3.3	Classification du degré d'argenture	88
8.3.4	Sex-ratio	89
8.3.5	Taille et Poids	90
8.3.6	Coefficient de condition	91
8.3.7	Etat sanitaire	92
9	Réparations et problèmes rencontrés en 2019	95
10	Bilan des travaux de l'année 2019 et Discussion	98
11	Perspectives	101
12	Autres études en cours sur le Frémur	102
12.1	Etude de la dévalaison par système de rejet des effluents de lavage du filtre de la pompe	102
12.1.1	Diversité	103
12.1.2	Caractéristique des anguilles et estimation de la mortalité	103
12.1.3	Etat sanitaire des anguilles	104
12.1.4	Temps nécessaire pour traverser la retenue de Pont es Omnès	106
13	Bibliographie	107
14	Annexes	108

14.1	Annexe 1 : Densité et biomasse de l'anguille de 1995 à 2019 _____	108
14.2	Annexe 2 : Effectif des montées _____	110
14.3	Annexe 3 : Effectif des dévalaisons (à Pont es Omnès) _____	111
14.4	Annexe 4 : Codification des pathologies de l'anguille (Beaulaton et Pénil, 2009) _____	112
14.5	Annexe 5 : Mise en valeur du programme Frémur _____	113

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Bassin versant du Frémur (Source : BD-Carthage-ONEMA-BD-Carto, Fish-Pass).	12
Figure 2 : A et B, travaux de resserrement du lit du Frémur réalisés sur le secteur de Pleslin. C, travaux de reméandrage et de recharge granulométrique réalisés sur le secteur de Trélat. D, remise en talweg du Frémur sur le secteur Trélat Amont.	13
Figure 3 : station de jaugeage de Pleslin Trigavou (Fish Pass).	14
Figure 4 : Débit moyen mensuel du Frémur à la station de Pleslin Trigavou sur la période 1991-2020 (Source Banque Hydro).	14
Figure 5: Evolution des débits moyens mensuels du Fremur à Trigavou (Données Dreal, Mise en forme FISH PASS).	16
Figure 6 : Evolution temporelle des concentrations en ORTHOPHOSPHATE entre 2016 et 2019 (Données SMPEPCE, Stations : DREAL Trigavou et de Bois-Joli).	17
Figure 7 : Evolution temporelle des concentrations en phosphore total entre 2017 et 2019 (Données SMPEPCE, Stations : DREAL Trigavou et de Bois-Joli).	18
Figure 8 : Evolution temporelle des concentrations en nitrates entre 2017 et 2019 (Données SMPEPCE, Stations : DREAL Trigavou et de Bois-Joli)	19
Figure 9 : Evolution temporelle des concentrations en carbone organique dissous entre 2017 et 2019 (Données SMPEPCE, Stations : DREAL Trigavou et de Bois-Joli)	20
Figure 10 : Evolution temporelle des concentrations de matières en suspension entre 2017 et 2019 (Données SMPEPCE, Stations : DREAL Trigavou et de Bois-Joli)	21
Figure 11 : A gauche, vue aval du barrage de Pont Avet et à droite sa passe à anguilles (FISH-PASS).	23
Figure 12 : La passe piège de Pont Avet (FISH-PASS)	23
Figure 13 : Passe et piège sur le barrage de Pont-es-Omnès (FISH-PASS).	24
Figure 14 : Vue de l'ascenseur et de la passe à anguille du barrage de Bois Joli (FISH-PASS)	24
Figure 15 : Passe à anguilles sur la station de jaugeage de Pleslin-Trigavou (FISH-PASS).	25
Figure 16 : Pêche électrique sur le secteur de la Motte Ollivet (à gauche) et de Pleslin (à droite) en 2019 (FISH-PASS)	31
Figure 17 : Biométrie (mesure de la taille et du diamètre de l'œil) prise sur une anguille du Frémur (FISH-PASS).	34
Figure 18 : A gauche, injection d'un " Pit tag " dans la cavité abdominale d'une anguille. A droite, " Pit-tag " de 12 et 8 mm (FISH PASS).	35
Figure 19 : A gauche, relève de la passe de Bois Joli. A droite, passe à anguille de Pont Avet avec des anguilles en migration (FISH-PASS).	36
Figure 20 : En Haut, évolution des effectifs d'anguilles à la montée sur le piège de Bois Joli en 2018 et 2019. En Bas, débits journaliers observé sur le Frémur (données hydrologiques : DREAL, FISH-PASS).	37
Figure 21 : Evolution des effectifs d'anguilles à la montée sur le piège de Pont-Avet en 2019 (FISH-PASS)	38
Figure 22 : Comparaison des montées cumulées relatives observées au niveau du piège de Bois Joli, entre 2018, 2019 et la moyenne interannuelle calculée de 1997 à 2019 (FISH-PASS).	38
Figure 23 : Taux moyen mensuel de recrutement sur le Frémur à Bois Joli en 2019 (FISH-PASS).	39
Figure 24 : Comparaison des montées cumulées relatives de Bois Joli et de Pont Avet en 2019 (FISH-PASS).	40
Figure 25 : Taux moyen mensuel de recrutement sur le Frémur à Pont Avet en 2019 (FISH-PASS)	40
Figure 26 : Bilan des montées brutes sur le Frémur de 1997 à 2019 et indice de recrutement européen (WGEEL, 2019). L'indice de recrutement étant pour les civelles, il a été décalé d'une année afin de correspondre au recrutement en anguillettes, pour exemple, l'indice de recrutement de 1997 apparait en 1998 sur ce graphique (FISH PASS).	41
Figure 27 : Evolution interannuelle de la taille des anguilles en montaison à Bois-Joli (FISH-PASS)	42
Figure 28 : Distributions de la taille des anguilles capturées en 2018 et 2019 dans le piège de montaison de Bois Joli (Tailles <=250 mm) (FISH-PASS).	43
Figure 29 : Comparaison des classes de taille cumulée relatives des anguilles capturée à Bois joli et Pont Avet. Attention pour de raisons de lisibilité 50 anguilles de taille supérieures à 500 mm (taille max : 650 mm) et capturées à Pont Avet, ne sont pas représentées dans cette figure (FISH-PASS).	44
Figure 30 : Comparaison du nombre d'anguilles capturé à Bois joli et Pont Avet selon leur classe de taille. Attention pour des raisons de lisibilité 3 anguilles de tailles supérieures à 580 mm (taille max : 650 mm) et capturées à Pont Avet, ne sont pas représentées dans cette figure. L'axe des ordonnées est en échelle logarithmique. (FISH-PASS).	44
Figure 31 : Boxplot de la taille des anguilles en montée à Bois Joli en fonction du mois de l'année (FISH-PASS)	45
Figure 32 : Boxplot de la taille des anguilles en montée à Pont Avet en fonction du mois de l'année (FISH-PASS)	45
Figure 33 : Bassin versant du Frémur : Localisation des passes à anguilles, des pièges de contrôle et des stations de pêche échantillonnées en 2015 (source : BD-Carthage, réalisation V. MAZEL, Fish-Pass).	47
Figure 34 : Une station de pêche du secteur Pont Avet, prise de vue 2019 (FISH-PASS)	50

Figure 35 : Evolution des densités des principales espèces sur le Frémur depuis de 1995 à 2019 (FISH-PASS)	53
Figure 36 : Evolution des densités moyennes 2018 et 2019 des espèces capturées par pêches électriques de 1995 à 2019, Secteurs Pont Avet et Pont es Omnes non intégrés et secteur du Villou non pêché en 2007 (FISH-PASS)	54
Figure 37 : Evolution des biomasses moyennes 2018 et 2019 des espèces capturées par pêches électriques de 1995 à 2019, Secteurs Pont Avet et Pont es Omnes exclus et Villou non pêché en 2007 (FISH PASS)	55
Figure 38 : Evolution annuelle de 1995 à 2019 des paramètres de l'anguille rapportés à ceux du peuplement du Frémur (secteurs Pont Avet, Pont es Omnes et Villou en 2007 exclus) (FISH PASS).	58
Figure 39 : Relation entre le recrutement observé à Bois Joli et la densité observée sur le secteur Villou à N+1 entre 2008 et 2019.	59
Figure 40 : Evolution annuelle de la densité et de la biomasse d'anguille sur le Frémur de 1995 à 2019 (secteurs Pont Avet, Pont es Omnes et Villou en 2007 exclus) (FISH PASS).	60
Figure 41 : Evolution annuelle du "poids moyen" des anguilles sur le Frémur de 1995 à 2019 (secteurs Pont Avet, Pont es Omnes et Villou en 2007 exclus). Poids moyen calculé par le rapport de la biomasse sur la densité (FISH-PASS)	60
Figure 42 : Evolution des paramètres densités et biomasses d'anguille en fonction de la distance à la mer sur le Frémur en 2018, 2019 et moyenne depuis 1995 (FISH PASS)	61
Figure 43 : A gauche, ouvrage du moulin de la marche (R. Debroise). A droite, Amont du secteur de Motte Olivet au niveau du pont de la D28 (FISH PASS).	63
Figure 44 : Evolution des densités (ind/m ²) par secteur entre 1995 et 2019 (FISH PASS)	66
Figure 45 : Evolution du paramètre poids moyen (calculé par le rapport biomasse sur densité) par secteur pour 2018, 2019 et moyenne interannuelle depuis 1995 (FISH PASS)	66
Figure 46 : Structure en classe de taille de la population d'anguille du Frémur en 2019 (Fish Pass)	67
Figure 47 : Evolution interannuelle des longueurs totales de l'anguille sur le Frémur de 1995 à 2019 (secteur de Pont Avet, Pont es Omnes et Villou 2007 exclus), (FISH PASS)	68
Figure 48 : Distribution des longueurs d'anguille sur le Frémur de 1995 à 2019 en pas de 2,5 mm (secteur de Pont Avet, Pont es Omnes et Villou 2007 exclus), (FISH PASS).	69
Figure 49 : Distribution des tailles d'anguilles par secteur sur le Frémur en 2019, pas de 25 mm (FISH PASS).	70
Figure 50 : Tailles moyennes des anguilles par année et par secteur sur le Frémur de 1995 à 2019 (FISH PASS).	72
Figure 51 : Distribution des coefficients de condition de l'anguille sur le Frémur en 2019 (FISH PASS)	74
Figure 52 : Evolution interannuelle de 1996 à 2019 des proportions d'anguilles selon leur stade (ag : argentées ; j/ag : jaune/argentées et J : jaune), secteur de Pont Avet, Pont es Omnes et Villou 2007 exclus (FISH-PASS)	75
Figure 53 : Pathologie des anguilles échantillonnées en pêche électrique sur le Frémur en 2019 (FISH-PASS)	76
Figure 54 : Grille de dévalaison après la rupture d'un pan de grille après le premier pic de crue (Fish-Pass)	82
Figure 55 : Haut : Evolution des effectifs (corrigés) d'anguilles tout stade sur le piège de Pont es Omnes pour les dévalaisons 2018/2019 et 2019/2020 et paramètres sur le piège. Bas : évolution des débits journaliers sur la station de Trigavou pour 2018-2020 (données DREAL, Réalisation FISH-PASS).	83
Figure 56: Stade et effectif cumulé par années des anguilles capturées au piège de Pont es Omnes de 1996 à 2019, *effectifs corrigés (FISH-PASS).	85
Figure 57 : Nombre d'anguilles dévalantes vivantes et mortes par année, capturées au piège de Pont es Omnes de 1996 à 2019 (FISH PASS).	86
Figure 58 : Distribution des tailles des anguilles dévalantes piégées à Pont Es Omnes de 1996 à 2019 (FP)	87
Figure 59 : Proportions relatives des anguilles par stade de maturité dans les devalaisons annuelles du Frémur de 1996 à 2019 (taille>250 mm), (FISH-PASS)	87
Figure 60 : Stade d'argenteur selon la classification de Durif et al. (2009) pour la dévalaison 2018-2019 (N=20)	88
Figure 61 : Stade d'argenteur selon la classification de Durif et al. (2009) pour la dévalaison 2019-2020 (N=185).	88
Figure 62 : Haut : Sex-ratio anguilles dévalantes de stade J/AG et AG DE 1996 à 2019. Bas : effectifs des anguilles dévalantes de part et d'autre de la taille de 450 mm de stade J/AG et AG De 1996 à 2019. (FISH PASS)	89
Figure 63 : Taille et Poids des anguilles en dévalaison au stade J/AG et AG de 1996 à 2019 (Fish Pass)	90
Figure 64 : Box plot des coefficients de condition des anguilles dévalantes sur le Frémur de 1996 à 2019 (FISH-PASS)	91
Figure 65 : Etat sanitaire des anguilles en dévalaison. En haut, dévalaison 2018-2019. En bas, dévalaison 2019-2020. (FISH PASS)	92
Figure 66 : Anguille présentant une malformation à la bouche (FISH PASS)	93
Figure 67 : Pathologie externe des anguilles en dévalaison. En haut, dévalaison 2018-2019. En bas, dévalaison 2019-2020 (FISH-PASS)	93
Figure 68 : Bas de la passe de Pont Avet hors d'eau lorsque le siphon du débit réservé est hors service.	95
Figure 69 : Absence de surverse à Pont es Omnes (Fish-Pass)	96

Figure 70 : A gauche position de la cage en décembre 2018 avec bassin temporaire et à droite position de la cage après intervention en janvier 2019 (FISH-PASS)	97
Figure 71 : Grille de dévalaison en mauvais état après les crues hivernales (Fish-Pass)	97
Figure 72 : A gauche, Filtre du système de pompage a bois Joli (Fish Pass). A Droite, principe de fonctionnement du Filtre. (Timex)	102
Figure 73 : A gauche, Anguille échantillonnée après son passage dans le filtre. A droite, Anguille marquée au dermojet (Fish Pass)	102
Figure 74 : Abondance relative des différentes espèces capturées dans le piège du filtre (Fish Pass)	103
Figure 75 : Nombre de pathologies observées sur les anguilles du filtre (Fish Pass)	105
Figure 76 : Types de pathologies observées sur les anguilles du filtre (Fish Pass)	105
Figure 77 : Nombre de jours mis par les anguilles argentées capturées dans le piège du filtre pour traverser la retenue de Pont es Omnès	106

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Modules interannuels (naturels), données calculées sur 30 ans (Banque Hydro)	15
Tableau 2 : Crues (loi de Gumbel - septembre à août) - données calculées sur 28 ans (Banque Hydro)	15
Tableau 3 : Basses eaux (loi de Galton - janvier à décembre) - données calculées sur 30 ans (Banque Hydro)	15
Tableau 4 : Maximum connus (Banque Hydro)	15
Tableau 5 : Débits classés données calculées sur 10359 jours (Banque Hydro)	15
Tableau 6 : Synthèse des résultats concernant l'état physico-chimique sur le Frémur pour l'année 2019 (Données SMPEPCE, Stations : DREAL Trigavou, aval de Bois-Joli et aval bassin-versant).	22
Tableau 7 : Bilan annuel des opérations effectuées depuis le début du programme (FISH-PASS).	25
Tableau 8 : Bilan des marquages et recaptures aux verveux lors de l'étude BJ3D	30
Tableau 9 : Passage sur les pièges de capture, années 1996 à 2019 (FISH-PASS)	34
Tableau 10 : Passages en pêche électrique par station, de l'aval à l'amont, de 1995 à 2019 (FISH-PASS)	48
Tableau 11 : Densités moyennes par espèce obtenues en pêche électrique (1995 à 2019) sur les secteurs de Pont Avet (*non échantillonné en 2014) et Pont es Omnes (Fish-Pass)	51
Tableau 12 : Biomasses moyennes par espèce obtenues en pêches électriques (1995 à 2019) sur les secteurs de Pont Avet (*non échantillonné en 2014) et Pont es Omnes (Fish-Pass)	51
Tableau 13 : Densités moyennes par espèce obtenues par pêches électriques (de 1995 à 2019), secteurs Pont Avet et Pont es Omnes exclus, Villou exclu en 2007 (FISH-PASS)	56
Tableau 14 : Biomasses moyennes par espèce obtenues par pêches électriques (de 1995 à 2019), secteurs Pont Avet et Pont es Omnes exclus, Villou exclu en 2007 (FISH-PASS)	57
Tableau 15 : Pourcentage d'anguilles argentées (nombre d'individus) par secteur sur le Frémur en 2019 (FISH PASS)	75
Tableau 16 : Bilan des recaptures lors des pêches électriques (* années pour lesquelles 2 campagnes de pêches étaient réalisées), En 2017 et 2018 le nombre de marques posées inclues celle de BJ3D et BJ2D (FISH PASS).	77
Tableau 17 : Caractéristiques, croissance et déplacement des individus recapturés durant les pêches électriques de l'automne 2019 (FISH PASS).	78
Tableau 18 : Synthèse des croissances moyennes annuelles des individus marqués et recapturés sur le Frémur en 2019. Les croissances négatives probablement liées à des erreurs de mesure ne sont pas considérées (FISH-PASS)	79
Tableau 19 : Synthèse des croissances moyennes des individus recapturés à chaque campagne (FISH PASS)	79
Tableau 20 : Bilan des recaptures en dévalaison (FISH PASS).	80
Tableau 21 : Classification du degré d'argenteur selon Durif et al. (2009)	88
Tableau 22 : Caractéristiques des anguilles capturées et estimation des mortalités (Fish Pass)	104

1 Introduction

Cette étude a débuté en 1995 dans le cadre d'un programme sur le suivi de la restauration des voies de migration de l'anguille. L'objectif de ce programme était de rétablir les voies de migration de l'anguille sur l'ensemble du bassin versant du Frémur et d'estimer les effets du rétablissement de la migration sur la dynamique de la population d'anguilles.

Aujourd'hui, ce programme s'inscrit dans un cadre plus général sur la problématique de l'anguille à plusieurs échelles géographiques, tout d'abord à l'échelle régionale il est représentatif des petits fleuves côtiers bretons, ensuite à l'échelle nationale le Frémur fait partie des rivières index du Plan de Gestion Anguille, et enfin à l'échelle internationale le programme « Frémur » est reconnu à travers les nombreux travaux scientifiques sur l'ensemble du cycle biologique continental de l'espèce. Le suivi permet de recueillir des données concernant l'ensemble du cycle biologique dans sa partie continentale (de la colonisation du bassin au départ vers la mer en passant par la phase de croissance dans le bassin) de la population d'anguilles du Frémur.

Le suivi sur le Frémur prend une dimension internationale quand on sait qu'il est le seul de ce type sur le littoral de la Manche et qu'il est le seul à intégrer une mesure directe de la dévalaison (paramètre difficile à obtenir sur d'autres bassins). L'anguille est actuellement "en dehors de ses limites biologiques de sécurité" (WGEEL¹) et rien n'indique une amélioration de cette situation et encore à ce jour selon le WGEEL, "L'exploitation durable de l'espèce ne peut donc plus être garantie". Ainsi, de récents projets de règlement européen visent à la mise en place de plans de gestion par bassin ou district hydrographique. Ces plans prévoient une évaluation des résultats, entre autres, par une mesure de l'échappement c'est-à-dire des anguilles dévalant pour se reproduire. A ce titre, le suivi mis en place sur le Frémur depuis 24 ans constitue un outil pertinent pour l'évaluation des plans de gestion. Le Frémur a été inscrit comme rivière « index » dans le cadre du Plan de Gestion national sur l'anguille. Il permet de mesurer les trois grands compartiments du cycle que sont le recrutement, le stock et la dévalaison. Il permet de mettre en relation ces trois compartiments, d'évaluer la production de géniteurs par rapport au recrutement, et donc de mieux appréhender la dynamique de la population d'anguilles. Enfin, la longue série de données acquise et la méthodologie d'inventaire éprouvée, permettent de s'affranchir des incertitudes liées à la variabilité des mesures et de distinguer des événements remarquables sur les longues chroniques d'évolution mesurées. Ces données sont ainsi régulièrement valorisées dans le cadre de publications scientifiques visant à une meilleure compréhension de la dynamique de la population d'anguille européenne.

L'année 2019 a été très particulière compte tenu des mesures mises en place par Eau du Pays de Saint Malo pour la sécurisation du barrage de Pont Avet à partir d'octobre 2018 et qui ont perduré pendant toute l'année 2019. Ainsi, Le niveau d'eau de la retenue de Pont Avet a été maintenu autant que possible à une côte d'environ 2 m en dessous de la surverse par la mise en place de deux siphons (100 mm de diamètre et 300 mm de diamètre). Cette baisse de la retenue de

¹ Groupe scientifique de travail sur l'anguille. Groupe international à partir duquel la Commission européenne prend les avis scientifiques.

- Introduction -

Pont Avet a impacté d'une part la montaison pour les anguilles au niveau du barrage rendant inopérationnelle la passe à anguille par fonctionnement gravitaire et d'autre part le niveau d'eau à l'aval du barrage de Pont es Omnès, exondant ainsi le piège de dévalaison et le bas de la passe à anguille de Pont es Omnès. Pour pallier à cette rupture de la continuité écologique au niveau du barrage de Pont Avet, une passe piège temporaire a été mise en place ainsi qu'un suivi de cette dernière entre mi-mars et mi-novembre 2019. Les anguilles capturées ont ainsi été déplacées dans Bois-Joli pour leur permettre de coloniser le bassin versant. Des modifications ont également été réalisées à Pont es Omnès, la passe de montaison a été rallongée jusqu'à toucher le sédiment. La cage de Pont es Omnès a été abaissée en creusant le sédiment sous la cage, en baissant les rails de fixation et en créant un bassin autour de la cage pour permettre aux poissons d'arriver dans l'eau. Malgré ces aménagements, la passe Pont es Omnès n'a pas été fonctionnelle une partie de l'été, le substrat étant exondé en bas de passe.

Un problème majeur a également eu lieu en décembre 2019 au niveau du piège de dévalaison avec la rupture d'une partie de la grille de filtration après la première crue, ce qui a fortement impacté la dévalaison 2019-2020.



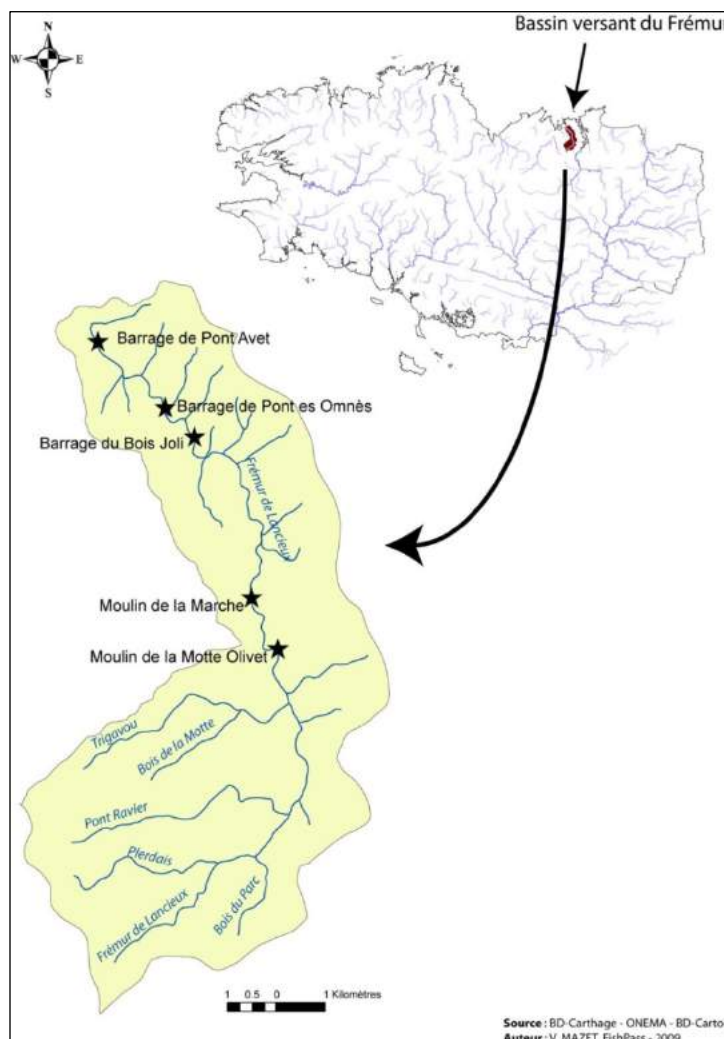
2 Le Bassin Versant du Frémur

2.1 Présentation du site

Le Frémur est un petit fleuve côtier du nord de la Bretagne (Côtes d'Armor) débouchant dans la Manche à Lancieux (10 km à l'Ouest de Saint Malo) (FIGURE 1). La superficie de son bassin versant est d'environ 60 km² pour un linéaire de cours d'eau atteignant près de 45 km, dont 17 km pour le cours principal. La pente n'est jamais très forte, avec des valeurs moyennes comprises entre 1 et 2 ‰ et 6 ‰ en moyenne.

En amont, le socle est essentiellement composé de schistes briovériens. Dans les parties médianes, sur les territoires de Pleslin et de Trémérec, les micaschistes dominent. Puis, en aval et jusqu'à l'embouchure, le socle est composé de roches métamorphiques (granulite feuilletée).

Il prend sa source à une altitude de 100m environ sur le territoire de la commune de Trélat.



Le chevelu des sources est constitué de ruisseaux lotiques de largeur et de profondeur faibles. Le substrat est le plus souvent vaseux ou sablo-vaseux et la vitesse du courant est comprise entre 0,1 et 0,2 m/s. Cette zone amont présentait des marais qui sont aujourd'hui asséchés. Dans sa partie médiane, une rupture de pente (entre Pleslin et Trémérec) provoque une accélération de la vitesse du courant (0,3 – 0,4 m/s), une augmentation de la largeur (2,5 à 4 m) et l'apparition de substrats composés essentiellement de graviers et de galets. Dans la partie aval, le cours se ralentit de nouveau (0 – 0,1 m/s) et la profondeur augmente (0,8 – 1,5 m). La largeur est alors comprise entre 3 et 5 m, sauf en aval du barrage de Pont Avet où elle n'est que de 2,5 m pour des vitesses de 0,4 m/s, en raison d'un profilage artificiel de la rive.

Le cours du Frémur est cloisonné par de nombreux barrages et obstacles de diverses natures. Les aménagements les plus anciens sont les chaussées de moulins créant un chapelet d'étangs entre Pleslin (Moulin de la Motte Olivet) et l'embouchure (Moulin de Roche Good). Aucun ne fonctionne et

- Le Bassin Versant du Frémur -

nombre d'entre eux ont disparu, emportés par une crue extrêmement violente en 1929. Ils figuraient pour la plupart sur la carte de Cassini ce qui indique une origine antérieure à 1780. Il reste aujourd'hui 2 barrages et leurs étangs dont la profondeur est comprise entre 0,8 et 1,5 m : il s'agit des étangs de la Marche et de la Motte Olivet faisant chacun moins de 5 ha de superficie. Plus récemment, le barrage du Pont Avet a été construit au début du siècle pour fournir la ville de Dinard en eau potable. Au cours de la dernière Guerre, les Allemands ont édifié 3 barrages stratégiques pour protéger l'aéroport de Pleurtuit et Saint Malo d'une éventuelle invasion terrestre. L'un d'entre eux existe toujours : le barrage du Pont es Omnès d'une hauteur de 4 m et qui crée un étang de 4 à 5 ha. Les deux autres ont été détruits et/ou noyés par le barrage du Bois Joli mis en eau en 1992. Ce dernier offre une capacité de stockage de 3 millions de m³ sur une surface de près de 59 ha. La retenue ainsi créée présente une profondeur maximale de 14 m ce qui en fait un milieu à part dans le bassin versant du Frémur. La retenue de Bois Joli sert à la production d'eau potable depuis mars 2012 à la place de la retenue de Pont Avet. Ainsi, une station de pompage a été construite sur le site du Bois Joli. Dans la zone des sources, de nombreux petits étangs privatifs sont présents. Sur les 17 km de cours d'eau, près de 7 km sont impactés par les ouvrages soit près de 41 % du linéaire principal. Enfin, il faut mentionner de nombreux obstacles plus ou moins temporaires en fonction des conditions hydrauliques tels que des buses, stations de jaugeage et radiers sous pont.

Depuis 2016, un programme de restauration du Frémur est en cours de réalisation sous maîtrise d'ouvrage de la communauté de communes de la Côte d'Emeraude (Figure 2). Des travaux ont déjà été réalisés sur les secteurs de Trélat et Pleslin. Il s'agit notamment de remise en talweg, de reméandrage, de rétrécissement de lit et de diversification des écoulements avec ponctuellement de la recharge en granulats.



Figure 2 : A et B, travaux de resserrement du lit du Frémur réalisés sur le secteur de Pleslin. C, travaux de reméandrage et de recharge granulométrique réalisés sur le secteur de Trélat. D, remise en talweg du Frémur sur le secteur Trélat Amont.

2.2 Synthèse hydrologique

Les mesures hydrologiques sont réalisées au niveau de la station de jaugeage de Trigavou en amont de la retenue de Bois Joli (FIGURE 3).

LE FREMUR à PLESLIN-TRIGAVOU (Données BanqueHydro)

- Code station : J1004520
- Producteur : DREAL Bretagne
- Bassin versant : 37,5 km²
- Département : Côtes-d'Armor
- Mise en service le : 17/10/1991
- Type : station à une échelle
- Régime influencé : pas ou faiblement
- Altitude : 35 m
- Statut : station avec signification hydrologique
- Coordonnées : (LAMBERT II étendu) X = 274380 m Y = 2403800 m



Figure 3 : station de jaugeage de Pleslin Trigavou (Fish Pass).

Le module du Frémur au niveau de la station de Trigavou est de 231 l/s, la Figure 4 ci-dessous présente les débits moyens mensuels du cours d'eau et repositionne le module.

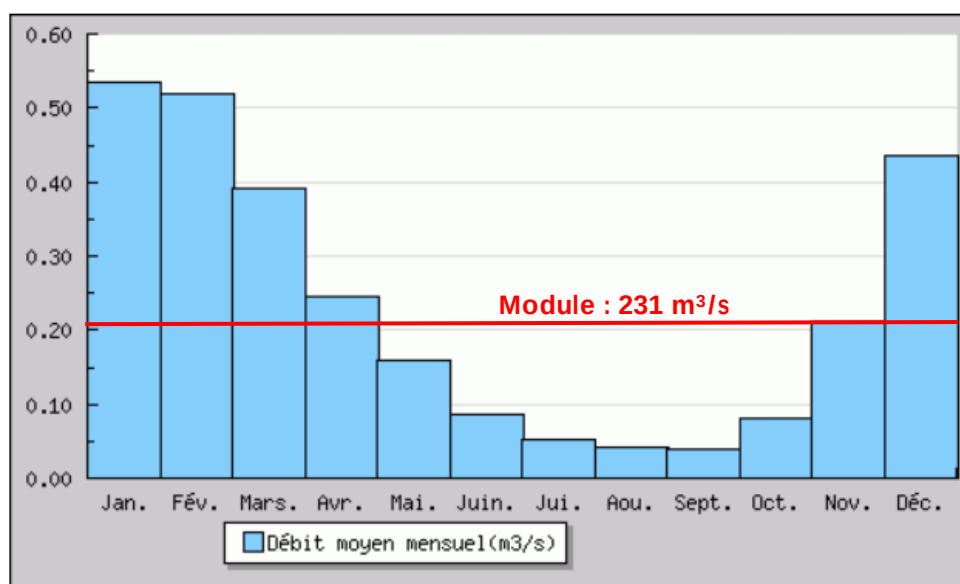


Figure 4 : Débit moyen mensuel du Frémur à la station de Pleslin Trigavou sur la période 1991-2020 (Source Banque Hydro).

- Le Bassin Versant du Frémur -

Les tableaux ci-dessous présentent les principales caractéristiques hydrologiques du Frémur calculées sur la période 1991-2020 soit près de 30 ans de données.

Tableau 1 : Modules interannuels (naturels), données calculées sur 30 ans (Banque Hydro)

Module (moyenne)	Fréquence	Quinquennale sèche	Médiane	Quinquennale humide
0.231 [0.206;0.257]	Débits (m3/s)	0.170 [0.130;0.190]	0.230 [0.180;0.300]	0.300 [0.270;0.330]

Les valeurs entre crochets représentent les bornes de l'intervalle de confiance dans lequel la valeur exacte du paramètre estimé a 95% de chance de se trouver.

Tableau 2 : Crues (loi de Gumbel - septembre à août) - données calculées sur 28 ans (Banque Hydro)

Fréquence	QJ (m3/s)	QIX (m3/s)
Xo	2.210	3.380
Gradex	1.310	2.260
Biennale	2.700 [2.300;3.200]	4.200 [3.600;5.000]
Quinquennale	4.200 [3.700;5.100]	6.800 [5.900;8.400]
Décennale	5.200 [4.500;6.400]	8.500 [7.300;11.00]
Vicennale	6.100 [5.300;7.700]	10.00 [8.600;13.00]
Cinquantennale	7.300 [6.300;9.400]	12.00 [10.00;16.00]
Centennale	Non calculée	Non calculée

Tableau 3 : Basses eaux (loi de Galton - janvier à décembre) - données calculées sur 30 ans (Banque Hydro)

Fréquence	VCN3 (m3/s)	VCN10 (m3/s)	QMNA (m3/s)
Biennale	0.016 [0.014;0.018]	0.019 [0.017;0.022]	0.027 [0.024;0.031]
Quinquennale sèche	0.011 [0.009;0.013]	0.014 [0.012;0.016]	0.020 [0.017;0.023]
Moyenne	0.017	0.021	0.029
Ecart Type	0.007	0.007	0.010

Tableau 4 : Maximum connus (Banque Hydro)

Débit instantané maximal (m3/s)	14.20 #	26/05/2010 00:06
Hauteur maximale instantanée (cm) *	192	26/05/2010 00:06
Débit journalier maximal (m3/s)	7.590 #	28/02/2010

** la synthèse étant effectuée sur la chronique complète de données (station ET stations antérieures comprises s'il en existe), la hauteur maximale connue affichée peut provenir d'une station antérieure*

Tableau 5 : Débits classés données calculées sur 10359 jours (Banque Hydro)

Fréquences	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
Débit (m3/s)	1.820	1.360	0.896	0.589	0.341	0.217	0.142	0.094	0.065	0.044	0.032	0.024	0.019	0.014	0.012

L'automne et hiver 2018- 2019 ont été très secs prolongeant l'étiage jusqu'à décembre 2018. Cette absence de précipitation n'a pas permis de remplissage et la surverse du barrage de Bois-Joli pendant la période de dévalaison des anguilles impactant fortement leur migration et les effectifs capturés.

L'année 2019 a débuté de façon assez sèche avec un début du printemps bien au-dessous de l'hydrologie moyenne entre janvier et mai. L'hydrologie estivale a été très sèche avec des valeurs de débit nettement plus faibles que la moyenne interannuelle. Ces faibles débits ont conduit à une absence de surverse à Pont es Omnès pratiquement continue entre le 29 juillet 2019 et le 11 octobre 2019. A partir de début novembre, d'importantes précipitations ont conduit à une hydrologie

- Le Bassin Versant du Frémur -

nettement supérieure à la moyenne interannuelle. Ces précipitations ont rapidement permis de remplir la retenue à BJ (descendue au plus bas fin octobre) conduisant à un début de surverse dès les premiers jours de décembre 2019.

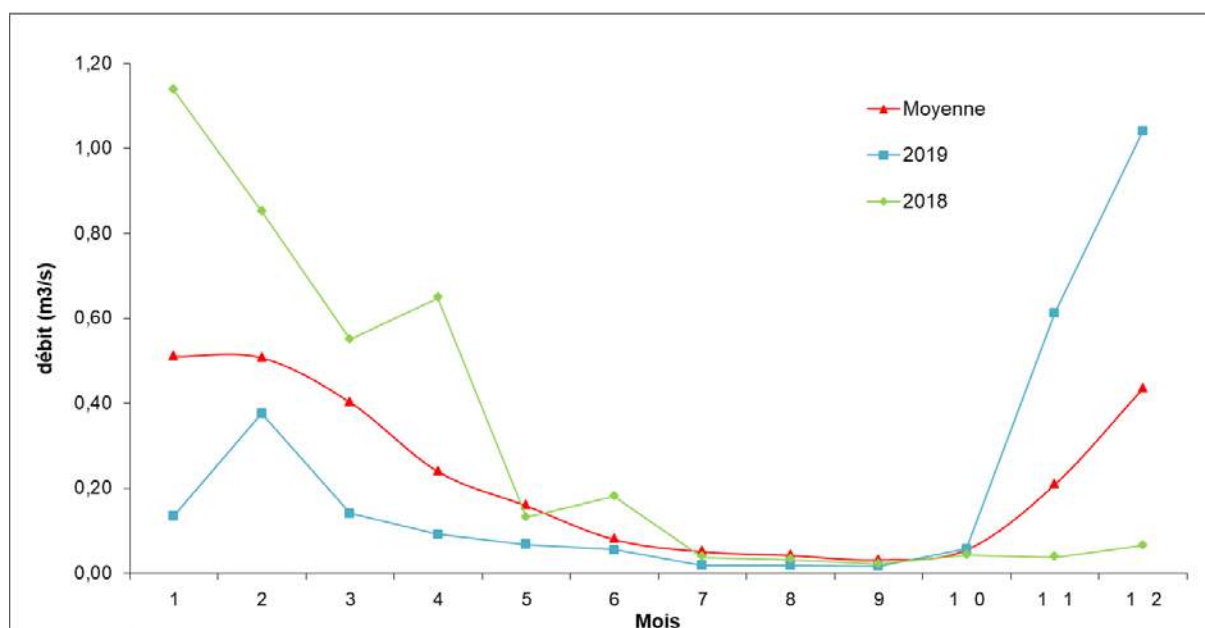


Figure 5: Evolution des débits moyens mensuels du Frémur à Trigavou (Données Dreal, Mise en forme FISH PASS).

2.3 Qualité de l'eau du Frémur

Les paramètres physico-chimiques, facteurs parfois explicatifs des conditions biologiques observées (Nisbet et Verneaux, 1970), sont pris en compte dans le diagnostic global du milieu. Un suivi mensuel et interannuel est mené par les différents acteurs en charge du suivi. Les données sont ensuite échangées et analysées afin de contrôler l'évolution de la qualité des eaux au niveau du complexe de Bois-Joli (les données décrites ci-après ont été transmises par le SMPEPCE).

Les données de qualité d'eau présentées ci-après ont été recueillies sur 2 stations localisées sur le cours principal du Frémur. La première, située à Trigavou en amont de la retenue de Bois-Joli, est suivie par la DREAL [code station : 04166250]. La seconde, située au niveau de la prise d'eau potable à l'aval de la retenue de Bois-Joli, est suivie par le SMPEPCE [code station : 04166287].

Différents paramètres physico-chimiques ont été étudiés de manière régulière depuis 1997 sur la station Trigavou et depuis 2003 sur la station de Bois-Joli. En raison de l'absence de données brutes entre 2013 et 2016, ce rapport présente uniquement l'évolution des concentrations dans l'eau de certains de ces paramètres entre l'année 2016 et 2019. Les paramètres ciblés sont les Orthophosphates (Figure 6), le Phosphore total (Figure 7), les Nitrates (Figure 8), le Carbone Organique Dissous (Figure 9) et les Matières En Suspension (Figure 10). Enfin le cas des pesticides est succinctement abordé ainsi que les résultats issus de l'analyse bactériologique.

2.3.1 Les phosphates (Ortho phosphates)

Ces derniers se retrouvent dans l'eau sous plusieurs formes moléculaires, notamment sous forme d'Orthophosphates facilement assimilables pour la croissance des algues et des plantes aquatiques. De ce fait, Ils peuvent être à la source de l'eutrophisation des milieux.

La concentration moyenne interannuelle observée pour les orthophosphates de 2016 à 2019 est de 0,21 mg/L pour la station Trigavou contre 0,17 mg/L pour la station située en aval de Bois-Joli. La valeur seuil de 0,50 mg/L (limite entre l'indice de qualité bon et moyen) a été atteinte en juin 2016 à Trigavou avec une concentration de 0,50 mg/L. Un autre pic très important a également été observé en août 2018 avec une valeur de 2,6 mg/l correspondant à une qualité d'eau mauvaise pour ce paramètre. Enfin un dernier pic a été observé en 2019 en aval de Bois joli et assez étalé dans le temps (de fin juillet à mi-octobre), avec des valeurs max à 0,91 mg/L en juillet et août. Globalement il est possible d'observer un abattement des concentrations en orthophosphates entre la station amont et la station aval. Ceci s'explique notamment par leur consommation dans les retenues plus en aval par les plantes aquatiques et phytoplancton dès le printemps, mais aussi par leur stockage dans les sédiments des retenues. De plus, le phytoplancton joue probablement ici un rôle majeur sur les concentrations en orthophosphates au niveau de la station aval et des pics estivaux observés ces deux dernières années. En effet, très présent dans les retenues en période estivale comme en témoigne les fortes valeurs en MES mesurées aux mêmes périodes, il est à l'origine de différents processus (photosynthèse, décomposition du phytoplancton mort stimulée par la hausse de la température de l'eau) qui contribuent à rendre disponible dans la colonne d'eau le phosphore stocké dans les sédiments. A ceci s'ajoute les faibles niveaux observés en 2018 et 2019 dans la retenue de Bois Joli en période estivale, facilitant la remise en suspension de sédiment lors de vents importants.

Pour l'ensemble des stations situées sur le bassin versant du Frémur, les concentrations moyennes interannuelles sont inférieures à la valeur seuil de 0,50 mg/L correspondent à un indice de bon état écologique selon le guide technique d'évaluation de l'état des eaux de surfaces continentales (MEDDAT, 2016). Néanmoins, Ces valeurs moyennes annuelles, sont largement dépassées ponctuellement, classant le Frémur en « état passable » au 3^{ème} trimestre 2019.

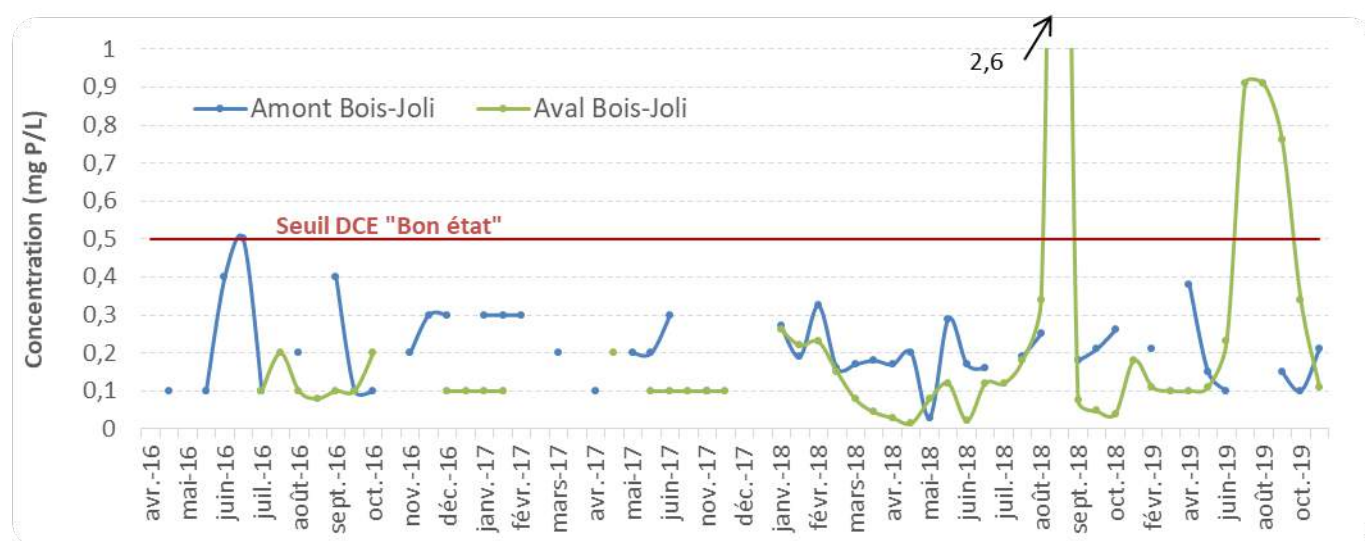


Figure 6 : Evolution temporelle des concentrations en ORTHOPHOSPHATE entre 2016 et 2019 (Données SMPEPCE, Stations : DREAL Trigavou et de Bois-Joli).

2.3.2 Le phosphore total

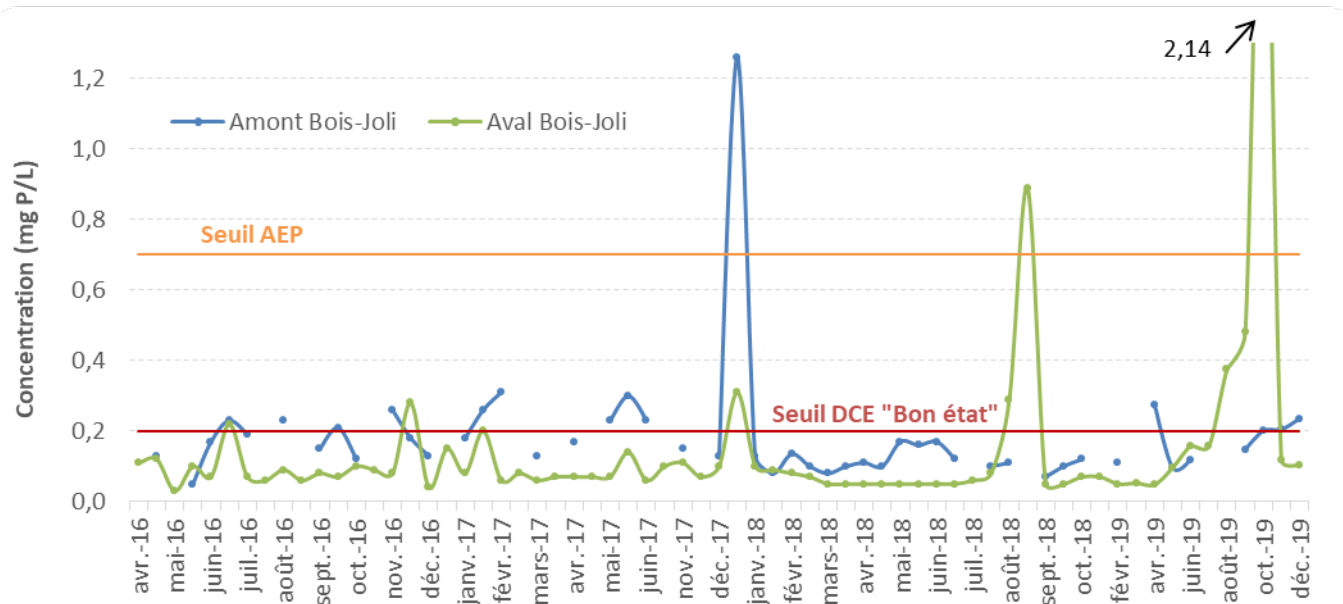


Figure 7 : Evolution temporelle des concentrations en phosphore total entre 2017 et 2019 (Données SMPEPCE, Stations : DREAL Trigavou et de Bois-Joli).

La figure ci-dessus présente l'évolution du phosphore total (dissous + particulaire) sur le Frémur, en amont et en aval de la retenue de Bois-Joli. Sur la période 2016-2019, la concentration moyenne interannuelle est de 0,18 mg/L pour la station de Trigavou contre 0,15 mg/L en aval de Bois-Joli. Concernant l'analyse des données mensuelles récoltées en 2019 en amont de la retenue, la concentration moyenne (0,17 mg/L) est plus faible que la valeur interannuelle mais le centile 90 est plus élevé (0,25 mg/L). Pour la station en aval de Bois Joli la moyenne annuelle et le centile 90 sont nettement plus élevés (respectivement 0,32 mg/L avec la valeur extrême mesurée en octobre et 0,47 mg/L). Ces dernières valeurs correspondent à un indice de qualité « passable » selon le guide technique d'évaluation de l'état des eaux de surfaces continentales (MEDDAT, 2016). Ainsi seule la station amont, Trigavou, respecte cette année la concentration fixée par les objectifs du SAGE, à savoir 0,20 mg/L pour le centile 90.

Plusieurs pics au-dessus de 0,20 mg/L (valeur seuil entre l'indice de qualité bon et moyen) ont été enregistrés au cours des 4 dernières années. Le seuil réglementaire pour la production en eau potable est également largement dépassé en fin d'automne 2017 avec un pic atteignant 1,26 mg/L en amont de la retenue de Bois-Joli et lié à la remise en suspension de sédiment suite à un épisode pluvieux important (processus d'érosion des sols qui contribuent à l'augmentation de la concentration en phosphore). Lors de ce pic, la concentration en phosphore total est quatre fois inférieure en aval de la retenue. Cet abattement met en évidence l'effet tampon de la retenue. Deux pics importants ont également été constatés en août 2018 avec 0,89 mg/L et octobre 2019 (2,14 mg/L) en aval de la retenue (valeur nettement supérieure au seuil AEP), alors que les concentrations étaient nettement plus faibles au niveau de la station amont.

Au regard des résultats concernant les orthophosphates (phosphore dissous), ces pics de phosphore total observés en août 2018 et octobre 2019 semblent donc s'expliquer par une concentration importante en phosphore particulaire liée au fort développement d'algues phytoplanctoniques et cyanobactéries dans les retenues en période estivale.

2.3.3 Les nitrates

Élément essentiel à la croissance des algues et des plantes aquatiques, les nitrates peuvent au même titre que les phosphates, être source de déséquilibre biologique dans les cours d'eau en provoquant des phénomènes d'eutrophisation dans le milieu.

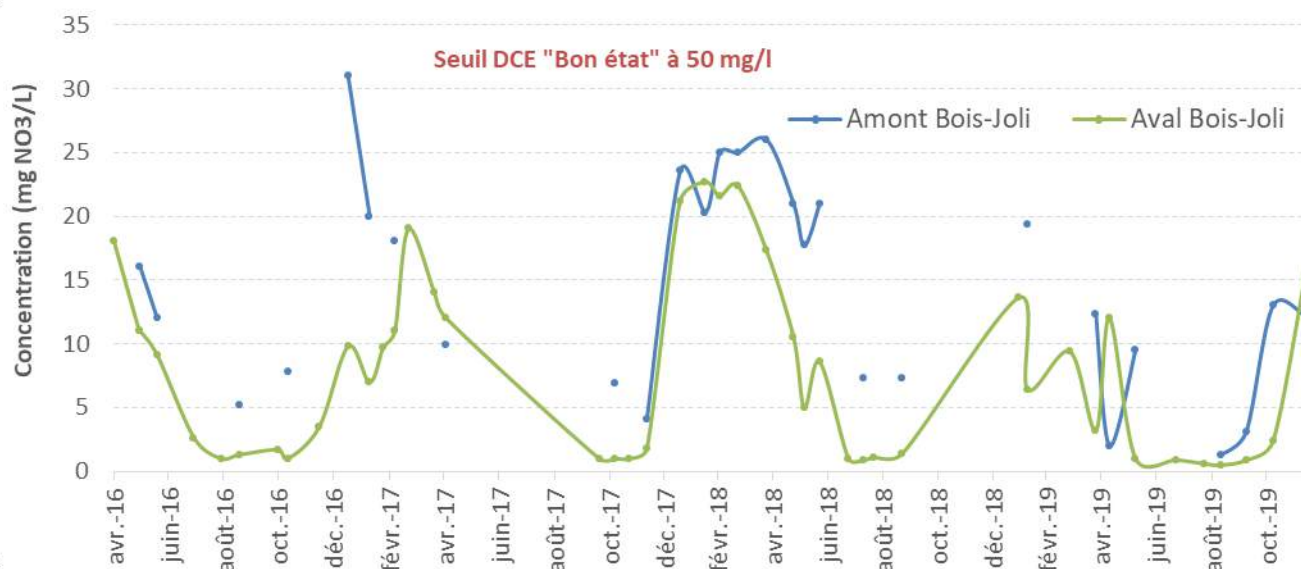


Figure 8 : Evolution temporelle des concentrations en nitrates entre 2017 et 2019 (Données SMPEPCE, Stations : DREAL Trigavou et de Bois-Joli)

La figure 2 présente l'évolution de la concentration en nitrate sur le Frémur entre 2016 et 2019, en amont et en aval de la retenue de Bois-Joli. Sur cette période, la concentration moyenne interannuelle est plus élevée en amont avec 14,2 mg/L pour la station de Trigavou contre 7,76 mg/L en aval de Bois-Joli, pouvant témoigner ainsi d'une consommation des nitrates dans la retenue et/ou d'un stockage dans les sédiments des retenues. L'analyse des données mensuelles de 2019 révèle des valeurs assez proches entre l'amont et l'aval de la retenue d'eau potable. La concentration moyenne en nitrates et le centile 90 sont légèrement plus élevés en amont avec respectivement, 9,07 mg/L et 14,92 mg/L à Trigavou contre 5,66 mg/L et 13,44 mg/L en aval de la retenue. Ces valeurs correspondent à un indice de bon état écologique selon le guide technique d'évaluation de l'état des eaux de surfaces continentales (MEDDAT, 2016), et respectent les objectifs fixés par le SAGE, à savoir, 25 mg/L pour le centile 90.

Pour l'ensemble des stations situées sur le bassin versant du Frémur, la limite du seuil, fixée à 50 mg/L n'ayant jamais été dépassée sur ces 4 dernières années, ce paramètre n'est pas déclassant pour la qualité de l'eau du Frémur.

Concernant l'évolution saisonnière de ce paramètre, il est possible de remarquer une adéquation entre les deux stations étudiées, qui montre des augmentations des concentrations en hiver liées à différentes sources d'apport à l'échelle du bassin versant et de très nette diminution des concentrations au printemps et en été en lien avec la consommation de ce nutriment par les plantes aquatiques et les algues phytoplanctoniques présentes dans les retenues.

2.3.4 Le carbone organique dissous

Le carbone organique dissous (COD) permet de mettre en évidence la pollution organique du milieu aquatique. Des concentrations trop élevées en COD peuvent altérer les réserves d'oxygène des cours d'eau, consommées par les micro-organismes aquatiques lors de la dégradation des molécules organiques.

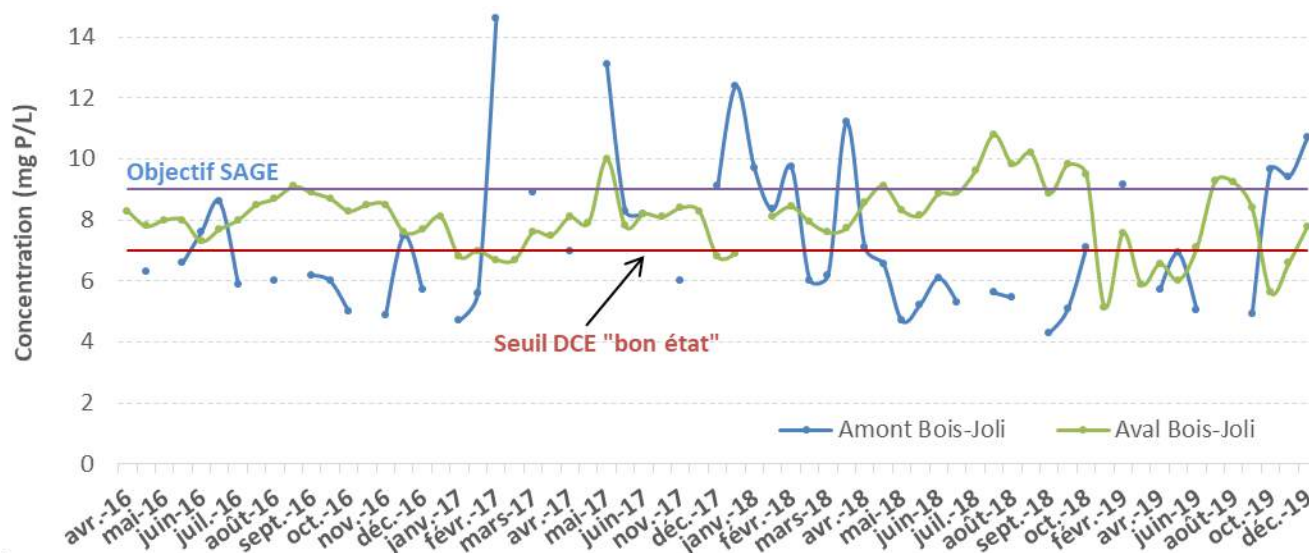


Figure 9 : Evolution temporelle des concentrations en carbone organique dissous entre 2017 et 2019 (Données SMPEPCE, Stations : DREAL Trigavou et de Bois-Joli)

La Figure 9 présente l'évolution de la concentration en carbone organique dissous sur le Frémur entre 2016 et 2019, en amont et en aval de la retenue de Bois-Joli. Il est possible d'observer des fluctuations saisonnières des concentrations en COD, notamment au niveau de la station aval, avec une diminution hivernale et une augmentation fluctuante du printemps à l'automne. Cette évolution est plus difficilement visible au niveau de la station amont avec des concentrations très fluctuantes et le manque de valeurs qui perturbent la lisibilité.

Les concentrations moyennes observées en 2019 sont de 7,7 mg/L à Trigavou et 7,1 mg/L à Bois-Joli, valeurs assez proches et dépassant la limite du bon état écologique (7 mg/L). Ces valeurs correspondent à un indice de qualité « passable » sur les deux stations selon le guide technique d'évaluation de l'état des eaux de surfaces continentales (MEDDAT, 2016). Malgré des concentrations dépassant ponctuellement les 10 mg/L, pouvant être liées aux problèmes de traitements des eaux usées, l'objectif du SAGE Rance Frémur Baie de Beausseis (9 mg/L) semble atteint.

A l'échelle du bassin-versant, sur les affluents du Frémur, le ruisseau du Pont Ravier (station 6F) affiche un indice de qualité « passable » avec une concentration moyenne en carbone organique dissous de 9,81 mg/l en 2019, valeur très proche de la limite du « Mauvais état ». Le second affluent, le ruisseau de la Clémencerie (station 7F), présente également un indice de qualité « passable » avec une concentration en carbone organique légèrement plus faible (8,21 mg/l).

2.3.5 Les matières en suspension (MES)

La concentration en particules fines dans l'eau est étroitement liée aux conditions hydrologiques puisqu'elle varie en fonction du lessivage des sols et de la remobilisation des sédiments. En diminuant la quantité de lumière qui pénètre dans l'eau, les matières en suspension induisent une diminution de la production primaire et par conséquent peuvent influencer sur la chaîne alimentaire du cours d'eau. De plus, dans certains milieux la valeur de MES peut également être liée à la présence plus ou moins forte d'algues planctoniques.

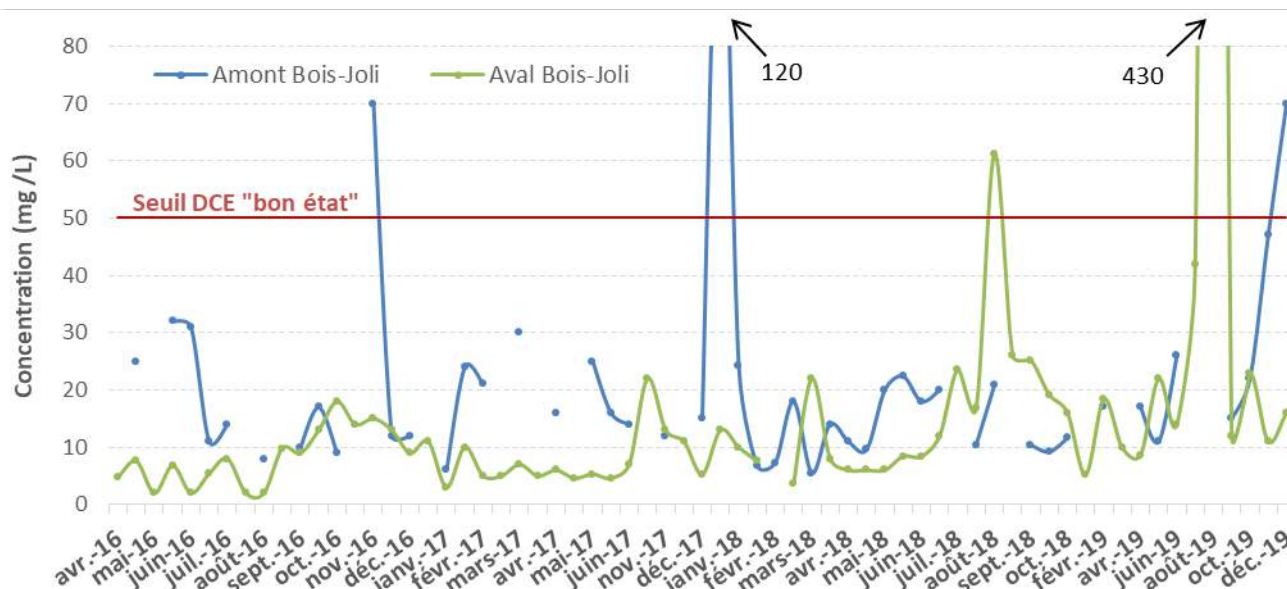


Figure 10 : Evolution temporelle des concentrations de matières en suspension entre 2017 et 2019 (Données SMPEPCE, Stations : DREAL Trigavou et de Bois-Joli)

La Figure 10 ci-dessus, présente l'évolution de la concentration des matières en suspension (MES) sur le Frémur entre 2016 et 2019, en amont et en aval de la retenue de Bois-Joli. Les variations saisonnières importantes observées sur le graphique peuvent être expliquées par différents facteurs dépendamment de la station de mesure. En effet, pour la station amont, localisé en système de type « cours d'eau », les variations des concentrations en MES vont être étroitement liées aux par les épisodes pluviométriques, observés notamment en fin d'automne/début d'hiver. Ces fortes concentrations sont tamponnées en partie (sédimentation) par les retenue plus en aval, d'où l'absence de pic au niveau de la station aval pour les mêmes périodes.

De plus, sur cette station aval des pics importants sont observés en août 2018 et 2019, alors qu'ils ne sont pas constatés sur la station amont (période d'étiage, eau peu turbide en système cours d'eau). Ces pics de concentration en MES sont ici très probablement liés aux blooms phytoplanctoniques souvent observés en période estivale et liés à l'augmentation des températures de l'eau et de la disponibilité des nutriments.

Sur la période 2016-2019, la concentration moyenne interannuelle est de 21,1 mg/l pour la station de Trigavou contre 18,4 mg/L en aval de Bois-Joli. Concernant l'analyse des données récoltées en 2019, la concentration en amont de la retenue est assez élevée avec 28,13 mg/l au même titre que la station aval (51 mg/l). Sur cette dernière station, elle serait de 16,55 mg/l sans la valeur extrême d'août (430 mg/l). Ces valeurs correspondent à un indice de « bon état écologique » pour la station amont et « très mauvais état » pour la station aval (d'après MEDDAT, 2016) en 2019.

2.3.6 L'analyse bactériologique

Cette analyse est centrée sur la bactérie intestinale *Escherichia coli*. Comme pour certains autres paramètres, un gradient longitudinal de concentration est constaté sur le Frémur. En effet, on observe des concentrations en germes *E. coli* nettement plus importantes au niveau de la station amont comparativement à la station aval. Les données récoltées en 2019 révèlent une concentration moyenne de 1625 u/ml à Trigavou contre 353 u/ml en aval de la retenue de Bois-Joli. Là encore, l'effet tampon des retenues est mis en évidence avec un gradient amont-aval du bassin versant.

En effet, à l'amont du bassin-versant, les concentrations moyennes annuelles en *E. coli* des stations situées sur les affluents sont nettement plus importantes que sur l'aval avec 5403 u/mL (station 7F) et 4644 u/mL (station 6F).

2.3.7 Les pesticides

Pour l'année 2019, pour les stations amont (Trigavou) et aval Bois Joli, la somme de tous les pesticides dont la concentration est supérieure au seuil de détection, n'a jamais dépassé l'objectif du SAGE à 0,5 µg/L.

Le deuxième objectif du SAGE, à savoir une concentration <0,1 µg/L par molécule, est dépassé à plusieurs reprises principalement pour les molécules suivantes : AMPA, le glyphosate et le Benzotriazole.

2.3.8 Bilan

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau vise l'atteinte du bon état écologique des masses d'eau. Les résultats récapitulatifs de la qualité de l'eau sur le Frémur pour l'année 2019 sont présentés ci-dessous. Ces derniers concernent seulement le cours principal du Frémur, sans prendre en compte les affluents situés en amont où la qualité de l'eau est généralement plus dégradée

Tableau 6 : Synthèse des résultats concernant l'état physico-chimique sur le Frémur pour l'année 2019 (Données SMPEPCE, Stations : DREAL Trigavou, aval de Bois-Joli et aval bassin-versant).

Paramètres	Bon état écologique	Objectifs SAGE
Orthophosphate		
Phosphore total		
Nitrate		
Carbone organique dissous (COD)		
Matières en suspension (MES)		

Légende :

- Respect
- Non-respect
- Absence de données

Le complexe de Bois-Joli (regroupant une succession de trois retenues dont la plus amont est utilisée pour la production d'eau potable) est une masse d'eau fortement modifiée (MEFM) méso-eutrophe dont l'objectif d'atteinte du bon état écologique est reporté à 2021. Globalement, les paramètres déclassant au titre de la DCE sont les macropolluants (Carbone organique dissous, MES) mais aussi le phosphate total. Dans le cadre du SAGE Rance Frémur Baie de Beausais, les objectifs fixés ne sont pas atteints pour les pesticides avec des dépassements pour certaine molécule du seuil de 0,1 µg/l. Les résultats bactériologiques apparaissent également élevés sur le bassin versant.

3 Rappel des opérations effectuées de 1995 à 2019

3.1 État initial

L'état initial de la population d'anguilles a été réalisé en 1995. Cet état initial a fait l'objet d'un rapport intitulé "**Étude de la restauration de la population d'anguille sur le Frémur : état initial. 1995**" et remis au maître d'ouvrage de l'époque (FDAAPPMA 35). .

3.2 Présentation des ouvrages structurants du Frémur

Sur le cours du Frémur, trois obstacles identifiés "**difficilement franchissables ou infranchissables**" ont été aménagés par la construction de dispositifs de franchissement spécifiques pour l'anguille.

Les obstacles identifiés sur le Frémur sont les barrages suivants (d'aval en amont):

1- Pont Avet (Figure 11): situé à 2 km de la mer, cette retenue était utilisée pour le fonctionnement de l'usine d'eau potable jusqu'en 2012.



Figure 11 : A gauche, vue aval du barrage de Pont Avet et à droite sa passe à anguilles (FISH-PASS).

De plus, une passe piège temporaire a été installée le 14 mars 2019 sur ce site et approvisionnée en eau grâce à l'amorçage d'un siphon. Le suivi des migrations de montaison est ainsi réalisé depuis cette date au niveau de ce barrage (voir l'installation sur la Figure 12 ci-dessous).



Figure 12 : La passe piège de Pont Avet (FISH-PASS)

- Rappel des opérations effectuées de 1995 à 2019 -

2- Pont es Omnès : situé à 4,5 km de la mer, édifié par les allemands lors de la Seconde Guerre Mondiale et utilisé comme retenue et site de pêche très fréquenté (Figure 13).



Figure 13 : Passe et piège sur le barrage de Pont-es-Omnès (FISH-PASS).

3- Bois Joli : situé à 5,5 km de la mer, construit en 1992 (Figure 14).



Figure 14 : Vue de l'ascenseur et de la passe à anguille du barrage de Bois Joli (FISH-PASS)

- Rappel des opérations effectuées de 1995 à 2019 -

3.3 Autres ouvrages aménagés sur le Frémur

La station de Jaugeage de Pleslin-Trigavou, situé à 9,5 km de la mer, a été équipée d'une passe à anguilles dans le courant de l'été 2017. Sans remettre en cause la pertinence de cet équipement, un défaut de calage est présent sur cette passe à anguilles, l'aval de la passe n'étant pas dans l'eau en période d'étiage (voir Figure 15 ci-dessous).



Figure 15 : Passe à anguilles sur la station de jaugeage de Pleslin-Trigavou (FISH-PASS).

3.4 Historique des actions menées sur le Frémur

Depuis 1996, année d'installation des passes pièges, plusieurs opérations permettent de suivre l'évolution des différentes caractéristiques de la population d'anguilles du Frémur (Tableau 7).

Tableau 7: Bilan annuel des opérations effectuées depuis le début du programme (FISH-PASS).

Opérations	Année																							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Paramètres caractérisant la population d'anguille sédentaire (1)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Opérations de marquage individuel (2)	X	X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Opération de recaptures individuelles (3)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Flux d'anguilles et caractéristiques des individus (4)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3.4.1 Opérations réalisées en routine sur le Frémur

1 : Estimation des paramètres caractérisant la population d'anguilles sédentaires (structure de taille, densité, biomasse) : De 1997 à 1999, le suivi du stock a été réalisé à la fois au printemps et à l'automne. Pour toutes les autres années, une seule campagne d'échantillonnage par pêche électrique est réalisée en automne. En 2007, des essais de modifications des moyens de capture dans les milieux lentiques ont été effectués. Depuis 2007, seulement les zones lotiques sont suivies avec un protocole adapté.

2 : Opération de marquage individuel : En vue de l'estimation ultérieure de la dispersion dans le réseau hydrographique des anguilles et de leur croissance voire de leur survie, des marquages individuels sont effectués au cours des pêches électriques d'automne. Ce marquage s'est déroulé de 1996 à 2002 et est renouvelé depuis 2008. En 1996, toutes les anguilles capturées dans les différentes opérations de pêche et présentant une taille supérieure à 20 cm ont été marquées individuellement. Seules, les anguilles de dévalaison capturées sur le piège de Pont es Omnès n'ont pas été marquées en raison de la très faible probabilité de recapture. Entre 2001 et 2003, et depuis 2008, toutes les anguilles jaunes ou argentées de longueur supérieure à 250 mm capturées pendant les pêches électriques d'automne sont marquées individuellement. Depuis 2016, les anguilles de tailles comprises entre 200 et 250 mm sont marquées avec des Pit-Tag de 8mm. De même, depuis 2016, les anguilles des secteurs aval, Pont es Omnès et Pont Avet, sont marquées afin de suivre leur croissance sur ce compartiment aval *a priori* plus productif du Frémur.

3 : Opération de recapture individuelle : Les recaptures d'anguilles marquées s'effectuent lors des relèves du piège de dévalaison de Pont es Omnès qui ont lieu toute l'année, et au cours de l'échantillonnage automnal par pêche électrique. Les opérations de recaptures sont réalisées depuis 1996.

4 : Estimation des flux d'anguilles migrantes en montaison et dévalaison, et caractéristiques biométriques des individus.

3.4.2 Opérations ponctuelles réalisées sur le Frémur

Opération de marquage-recapture de masse sur les anguilles capturées en vue de l'estimation de la diffusion dans le réseau hydraulique, de la croissance et de la validation de l'âge. Le marquage de masse a eu lieu uniquement en 1998 au niveau des pièges de montée de Pont es Omnès et Bois Joli. Les recaptures ont été réalisées entre 1998 et 2003 sur le piège de Bois Joli ainsi qu'au cours des pêches automnales. L'exploitation des échantillons d'anguilles capturées en pêches et en dévalaison de 2001 à 2003, pour la détection des marquées par coloration et la détermination de l'âge, a été réalisée en 2004.

Evaluation de l'incidence du transit des anguilles par la conduite de débit réservé du barrage de Bois Joli : En 1998, en plus des suivis effectués en routine, un piégeage de dévalaison par la conduite de débit réservé de Bois Joli a été mis en place à l'automne en vue de capturer les anguilles dévalantes de l'hiver 1998-1999. Cette opération, non prévue dans le programme d'origine (1995), a été ajoutée au programme Frémur en 1998, suite aux résultats des années précédentes sur les problèmes de dévalaison. Dans ce cadre, les anguilles argentées capturées par pêche électrique en 1998 à l'amont de Bois Joli ont été marquées individuellement par PIT-tag pour caractériser la

- Rappel des opérations effectuées de 1995 à 2019 -

migration des dévalantes. Elles ont été recapturées dans le piège de dévalaison du Bois Joli (conduite de débit réservé exclusivement) et dans celui du Pont es Omnès (toutes les dévalantes). Le piège de dévalaison a été démonté fin février 1999. Il a été remonté dans le cadre de l'étude spécifique de comptage 2000-2001 et les relèves ont été reconduites le temps de l'opération. Ce piège n'a pas été remis en fonctionnement par la suite.

Vidange du Barrage de Bois Joli : En 2006, la vidange décennale de la retenue du Bois Joli a eu lieu. Un volet "anguille" a été intégré à cette opération. Ainsi, les anguilles capturées lors de la vidange ont été décomptées, leurs paramètres biométriques mesurés, puis elles ont été stockées lors de la vidange et remises dans la retenue du Bois Joli lors de sa remise en eau.

Evaluation du transit des anguilles par la conduite de pompage du barrage de Bois Joli : Depuis mars 2012, une nouvelle usine de production d'eau potable a été mise en fonctionnement au niveau du barrage de Bois Joli. Afin de tester l'impact potentiel du pompage sur les anguilles, un système de capture a été mis en place fin mars au niveau du système de rejet des effluents de lavage de la pompe. Ce système de capture permet de quantifier le nombre d'anguilles et qualifier les pathologies (blessures, etc...) des anguilles et de caractériser les périodes de dévalaison par ce système. Depuis le 8 janvier 2014, les anguilles recapturées vivantes à la sortie du filtre font l'objet d'un marquage au dermojet afin d'étudier la mortalité différée.

Thèse : Le suivi réalisé depuis 15 ans sur le Frémur a été également valorisé dans le cadre de la thèse de Clarisse Boulenger : « *Ajustements dynamiques des sous populations d'anguilles européennes et traits d'histoires de vie : apport du marquage individuel par PIT-tag pour la conservation* » réalisée au Muséum National d'Histoire Naturelle. Cette thèse s'est intéressée à trois sites en France : le Frémur, l'Oir (affluent de la Sélune dans la baie du Mont-Saint-Michel) et le marais du Vigueirat en Camargue. Le bureau d'études Fish Pass a été associé à cette thèse et a apporté son soutien à Clarisse Boulanger pour sa réalisation. Une campagne de terrain avec pour objectif la recapture d'individus marqués dans les zones habituellement non échantillonnées a ainsi été réalisée en juillet 2012. Clarisse Boulenger a soutenu sa thèse en janvier 2015. Trois publications issues des travaux de sa thèse sont à ce jour publiées :

Boulenger, C., Crivelli, A. J., Charrier, F., Roussel, J. M., Feunteun, E., & Acou, A. 2016. Difference in factors explaining growth rate variability in European eel subpopulations: The possible role of habitat carrying capacity. *Ecology of Freshwater Fish*, 25: 281–294.

Boulenger, C., Acou, A., Gimenez, O., Charrier, F., Tremblay, J., & Feunteun, E. 2016. Factors determining survival of European eels in two unexploited sub-populations. *Freshwater Biology*, 61: 947–962.

Boulenger, C., Acou, A., Trancart, T., Crivelli, A. J., & Feunteun, E. 2015. Length-weight relationships of the silver European eel, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), across its geographic range. *Journal of Applied Ichthyology*, 31: 427–430.

Etude de la migration des anguilles dans les retenues : Dans le cadre de leurs travaux de recherche, le Muséum National d'Histoire Naturelle et Fish-Pass ont mis en place, sur leurs fonds propres, un suivi acoustique afin d'étudier la migration des anguilles dans les retenues lors de la dévalaison 2012-2013. Cette étude a fait l'objet d'une publication dans une revue internationale :

Besson, M. L., Trancart, T., Acou, A., Charrier, F., Mazel, V., Legault, A., & Feunteun, E. 2016. Disrupted downstream migration behaviour of European silver eels (*Anguilla anguilla*, L.) in an obstructed river. *Environmental Biology of Fishes*, pp. 1–13.

Suivi de la migration anadrome dans la retenue de Pont es Omnès par marquage au VIE. En 2015, afin d'étudier la migration anadrome des anguilles, le piège de Pont es Omnès a été remis en fonctionnement de mars à août 2015. Une partie des anguilles capturées a été marquée au VIE (Visible Implant Elastomere) afin d'étudier la durée de migration dans la retenue, les facteurs influençant cette migration, la perte en ligne. Cette étude a fait l'objet d'un rapport de stage :

Abt C., 2015. Suivi de la migration anadrome de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.) grâce à un marquage sous-cutané fluorescent. Stage de fin d'études Master Environnement Écotoxicologie Écosystèmes spécialité GEMAREC, Université de Lorraine.

Suivi du comportement des anguilles en dévalaison dans les retenues du Frémur, projet « Bois Joli 3D » (2017-2018) et « Bois Joli 2D » (2018-2019).

Dans le cadre de leurs travaux de recherche, le Muséum National d'Histoire Naturelle et Fish-Pass ont mis en place le projet « Bois-Joli 3D » comprenant un suivi acoustique haute-définition afin d'étudier la migration de dévalaison des anguilles dans les retenues de Bois-Joli, Pont es Omnès et Pont Avet jusqu'à la mer. En complément, un dispositif complémentaire d'hydrophones a été mis en place devant le barrage de Bois-Joli afin d'étudier le comportement en 3 dimensions des anguilles devant l'ouvrage de Bois-Joli. Ce projet a fait l'objet d'une présentation lors du colloque du GRISAM (27, 28 et 29 mars 2018). Pour la saison 2018-2019, une deuxième année d'étude a été lancée avec une méthodologie allégée pour confirmer certains résultats de la première année de suivi. En plus des rapports destinés aux financeurs, deux publications scientifiques ont été réalisées :

Trancart, T., Carpentier, A., Acou, A., Danet, V., Elliott, S., & Feunteun, E. (2020). Behaviour of endangered European eels in proximity to a dam during downstream migration: Novel insights using high accuracy 3D acoustic telemetry. *Ecology of Freshwater Fish*, 29(2), 266-279.

Trancart, T., Carpentier, A., Acou, A., Charrier, F., Mazel, V., Danet, V., & Feunteun, E. (2020). When "safe" dams kill: Analyzing combination of impacts of overflow dams on the migration of silver eels. *Ecological Engineering*, 145, 105741.

2019-2020 Suivi de la passe piège de Pont Avet

Depuis octobre 2018, pour la mise en sécurisation du barrage de Pont Avet et la réalisation de travaux, le niveau d'eau de la retenue de Pont Avet a été abaissée rendant inopérante la passe gravitaire située sur ce barrage. Une passe piège temporaire a donc été installée en aval du barrage de Pont Avet afin de maintenir une continuité piscicole. Pour l'année 2019, la passe a été mise en fonctionnement entre le 14 mars et le 26 novembre. Pendant cette période des relèves bi-hebdomadaires ont été réalisées par Fish-Pass et l'association Cœur Emeraude. Un comptage et une biométrie ont été réalisés sur les individus selon le même protocole de suivi que la passe de Bois-Joli. L'ensemble des anguilles capturées ont été relâchées en amont du barrage de Bois-Joli afin qu'elles puissent coloniser le bassin versant.

4 Méthodologie des suivis sur le Frémur

Plusieurs campagnes de suivi ont eu lieu dans l'année. Une campagne correspond à une technique de capture appliquée par période. Chaque engin de piégeage, constitue une campagne étalée sur toute l'année par des relevés périodiques sur des stations fixes.

Pour le suivi de la montaison, les campagnes sont définies du 1^{er} janvier au 31 décembre de chaque année.

Pour la dévalaison, chaque campagne est définie du 1^{er} septembre de l'année N au 31 août de l'année N+1.

La méthodologie utilisée chaque année est restée la même pour les opérations similaires (pêches électriques, marquage individuel, piégeage) de 1995 à 2005. Cette reproductibilité des opérations de pêche permet la comparaison des résultats d'une année sur l'autre. **A partir de 2006, le protocole a été allégé (abandon des pêches aux verveux et nasses dans les retenues, 1 seul passage en pêche électrique, partenariat avec Cœur avec un protocole spécifique pour la relève des pièges) pour tenir compte des modifications intervenues dans la maîtrise d'ouvrage. Cet allègement était prévu pour ne pas remettre en cause la reproductibilité des opérations de pêche et leur comparaison dans l'espace et le temps.**

4.1 Evaluation des stocks

Avant 2006, la capture des poissons pour l'évaluation des stocks se divisait en deux méthodes selon la nature et profondeur du milieu pêché : courant (lotique) ou lent et profond (lentique).

Depuis 2007, pour l'estimation des stocks, les milieux lenticques (retenues) ne sont plus échantillonnés.

4.1.1 Milieu lentique

En 2006, les pêches dans les milieux lenticques ont été suspendues :

- la vidange du Bois Joli ne permettait pas la pose des engins en raison du dénoyage des berges habituellement pêchées ;
- la baisse artificielle du Bois Joli en 2005 avait déjà empêché la pose des verveux ;
- **avant 2006**, les verveux ont permis de capturer des anguilles (et de les marquer individuellement) mais avec une représentativité difficile à évaluer et des résultats annuels très irréguliers qui n'ont pu être validés, a posteriori, par le marquage.

En 2007, pour tenter d'obtenir des captures par une autre méthode, des pêches électriques ont été effectuées sur les retenues de Bois Joli et de Pont es Omnès. Ainsi, à titre d'essai, les retenues ont été explorées sur la totalité de leurs berges en répartissant les points de pêche. Le nombre de points a été de 40 sur la retenue de Bois Joli et de 10 sur la retenue de Pont es Omnès. Les résultats ont montré des faibles niveaux de capture dans les deux retenues : seulement 5 anguilles capturées sur Bois Joli et 6 sur Pont es Omnès.

Entre 2017 et 2019, dans le cadre des projets « Bois-Joli 3D » et « Bois Joli suite », une pêcherie au verveux a été mise en place en queue de retenue à partir de septembre 2017 afin de capturer des anguilles argentées destinées au marquage acoustique. Les anguilles argentées et une partie des anguilles jaunes capturées ont fait l'objet d'un marquage par PIT-Tag. Les données de cette étude ne sont pas intégrées à ce rapport mais sont venues agrémenter la base de données existante. Pour 2017-2018, 461 anguilles ont été capturées avec des verveux (46 argentées, 45 jaunes/argentées, 370 jaunes). Parmi ces anguilles, 233 ont été marquées : 34 argentées, 20 jaunes/argentées et 179 jaunes. Pour 2018-2019, 477 anguilles ont été capturées dont 377 ont été marquées.

Tableau 8 : Bilan des marquages et recaptures aux verveux lors de l'étude BJ3D

Campagne	Capture totale	Marques posées				Recaptures brutes (j/j-ag/ag)			
						2017-2018		2018-2019	
		J	J/Ag	Ag	Total	BJ3D	Autre	BJ suite	Autre
2017-2018	461	179	20	34	233	64 (48/9/7)	5 (1/1/3)	34 (24/8/2)	
2018-2019	477	293	35	35	363			31 (25/5/1)	11 (10/0/1)

4.1.2 Milieu lotique

Il existe une forte différence sur les nombres de passages, stations et secteurs avant et après l'année 2006. Cette différence est liée à la modification de protocole intervenue en 2006 et conservée depuis. Cette modification comporte :

- l'estimation des stocks qui est réalisée maintenant sur un seul passage (**cf. rapport 2006**) ;
- le nombre de stations pêchées a diminué en 2006 en raison de l'arrêt des pêches sur les secteurs aval du Bois Joli (secteur de Pont Avet et de Pont es Omnès). Les pêches ont cependant repris en 2014 à Pont es Omnès et en 2015 à Pont Avet.

Avant 2006, pour chaque station, les pêches étaient menées par passages successifs sans remise (au moins deux passages). Le nombre de passages était fonction des résultats obtenus.

Depuis 2006, la technique de pêche est celle des points de sondage. Un point de pêche de 30 secondes est réalisé tous les 3 mètres sur chaque rive. Des points supplémentaires en milieu de cours d'eau sont réalisés quand la largeur excède ponctuellement 3 mètres. Le temps affecté à un point de pêche peut être allongé en fonction de la difficulté mais ce temps reste constant d'un passage à l'autre : 30 secondes. Ce protocole permet l'application d'un effort de pêche constant pour chaque passage. A partir de 2006, les densités sont évaluées à partir d'un seul passage. La densité totale sur la station est estimée à partir des captures de cet unique passage en appliquant une relation entre le nombre de poissons au premier passage et le nombre total de poissons estimé à partir de la méthode de Carl et Strub sur les années disponibles de 1995 à 2005. Cette relation est différente de celle de la méthode PASE², basée sur les observations entre les captures au premier passage et la densité finale observée. En effet, le nombre de points de pêche par station n'a été pris en compte qu'à partir de 2005. Les relations pour le Frémur ne reposaient donc que sur un nombre

² Laffaille P. et al, 2005. Point sampling the abundance of European eel (*Anguilla anguilla*) in freshwater areas, Archiv für Hydrobiologie, 162, p. 91-98.

d'observations limitées pour la méthode PASE. Par ailleurs, la méthode PASE n'était disponible que pour l'anguille. Pour prendre en compte toutes les espèces et ne pas induire de différence de traitement entre elles, c'est donc une relation basée sur les observations du Frémur et sur le maximum d'années et de stations qui a été privilégiée pour toutes les espèces.

Les poissons sont capturés par pêche électrique (Figure 16). Les stations sont fermées à l'amont et à l'aval par des filets (maille 5 mm) de façon à éviter toute migration de poisson pendant la pêche. Les stations peu profondes sont réalisées à pied. Chaque station présente une longueur approximative de 30 m. Les caractéristiques des stations de pêche sont relevées chaque année (largeur, profondeur, vitesse de courant, substrat, température, ripisylve, hydrophytes, héliophytes, abris).



Figure 16 : Pêche électrique sur le secteur de la Motte Ollivet (à gauche) et de Pleslin (à droite) en 2019 (FISH-PASS)

Les stations sont réparties de façon à représenter tous les secteurs de la rivière et prenant en compte la diversité des environnements sur chaque station. Les stations se répartissent ainsi toutes sur le cours principal du Frémur. Un affluent a été pêché de 1995 à 1999 à Pleslin avec peu de résultats (1 anguille capturée sur 4 campagnes). Les autres affluents n'ont pas été pêchés en raison de leur petite taille et de leur débit faible ou nul en étiage.

Ainsi, pour le Frémur, afin de pouvoir comparer les pêches d'automne de 2019 avec les années précédentes, il convient d'éliminer les données provenant des stations de Pont Avet et de Pont es Omnès pour les années 1998 à 2005. Cependant, pour les stations de Pont es Omnès et Pont Avet, les pêches ont repris respectivement en 2014 et en 2015. Une comparaison avec les données antérieures pourra donc être effectuée pour certaines analyses.

En 2015, suite à plusieurs problèmes de niveau d'eau, les stations du secteur Villou ont été déplacées d'environ 200 m en amont afin de ne plus être sous l'influence de la retenue.

En fin d'année 2016, des travaux de restauration ont été réalisés sur l'amont du Frémur, sur le secteur Trélat amont, avec une remise en talweg du cours du Frémur. Ainsi, de nouvelles stations ont été mises en place en remplacement des anciennes.

Les stations pêchées en 2019 sont les mêmes que celles pêchées en 2018. La comparaison des caractéristiques de la population d'anguilles pourra donc être effectuée entre ces deux années pour l'ensemble des sites étudiés. Toutefois, la baisse de niveau d'eau dans la retenue de Pont Avet a fortement modifié l'habitat des stations en aval du barrage de Pont es Omnès (diminution de la

- Méthodologie des suivis sur le Frémur -

largeur en eau, diminution de la profondeur, création de radier), ce qui a pu influencer les densités en anguille sur ce secteur.



4.2 Quantification des flux migratoires

Les flux sont estimés depuis octobre 1996 grâce à plusieurs pièges.

4.2.1 Présentation des dispositifs de franchissements et de piégeages installés

➤ Sur le barrage de Pont Avet

Le dispositif installé sur le barrage de Pont Avet est une passe par fonctionnement gravitaire constituée d'un substrat de reptation adapté au franchissement par l'anguille (voir Figure 11 présentée précédemment). En 2019, a été débuté le suivi de la passe piège de Pont-Avet. Dans ce cadre la relève est faite manuellement afin de comptabiliser et de passer en biométrie tous les individus capturés. Ces derniers sont ensuite remis à l'amont du barrage du Bois

➤ Sur le Barrage de Pont Es Omnès

Le dispositif installé sur Pont Es Omnès comporte une passe (constituée d'un substrat de reptation adapté au franchissement par l'anguille) à laquelle a été adjoint un piège pour quantifier les flux d'anguilles en montaison nommé ci-après dans ce rapport « la montée ». **Le suivi de montaison sur ce piège a été arrêté en 2012.** Il a cependant été remis en fonctionnement de manière ponctuelle durant l'été 2013 pour pallier aux problèmes de débit et à l'absence de surverse, et en 2015 pour le marquage au VIE.

Un piège de dévalaison a également été installé sur ce dernier (voir Figure 13 présentée précédemment). Le piège est posé sous le déversoir. Il permet de capturer les individus en migration d'avalaison. Il est composé d'une grille de réception placée sous le déversoir et débouchant dans une gouttière déversant les anguilles dans une cage vivier.

➤ Sur le Barrage de Bois Joli

Le dispositif installé au droit du barrage de Bois Joli, est composé d'une passe (constituée d'un substrat de reptation adapté au franchissement par l'anguille) et d'un ascenseur qui peut également servir de piège pour le suivi (voir Figure 14 présentée précédemment). L'ascenseur qui pouvait fonctionner de façon automatique est aujourd'hui hors service. Dans le cadre de l'étude, la relève est faite manuellement afin de comptabiliser et prendre les caractéristiques des anguilles en montée. Après la biométrie, tous les individus capturés sont remis à l'amont du barrage du Bois.

4.2.2 Fréquence de suivi des pièges

Les périodicités varient dans l'année et les poses/relèves de pièges se multiplient lors des pics de migration.

Depuis 2006, les piégeages sont assurés par un protocole légèrement modifié permettant de conserver la précision des données de piégeage. La fréquence de relève est de 2 à 3 fois par semaine en période normale. La fréquence est restée la même depuis cette date. Pour les périodes de pic, un passage est effectué plus régulièrement. Les individus sont remis à l'eau de façon à pouvoir continuer leur migration.

Sur l'ensemble de l'année 2019, 104 relèves ont été réalisées au niveau de la passe de montée de Bois Joli et 105 au niveau du piège de dévalaison de Pont Es Omnès (Tableau 9). La fréquence de passage a été environ d'un passage tous les 3 jours pour la montée (les passages

- Méthodologie des suivis sur le Frémur -

supplémentaires dépendent des conditions hydrauliques générant plus ou moins de relèves que les prévisions). Concernant le piège du filtre de la station de pompage, 76 relèves ont été effectuées.

Tableau 9 : Passage sur les pièges de capture, années 1996 à 2019 (FISH-PASS)

Station	Année																							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ascenseur Bois Joli	20	100	121	68	79	125	130	58	142	134	92	103	111	106	110	105	108	106	105	103	105	104	104	104
Piège montée PeO	37	147	186	143	140	130	155	91	161	145	122	110	111	109	110	105	15	1	0	36	0	0	2	
Piège dévalaison PeO	36	147	186	147	152	128	153	91	165	147	124	111	115	108	112	105	110	106	105	104	106	107	104	105
Piège dévalaison BJ			34	14	5																	22		
Piège filtre pompage																	61	75	75	89	74	72	74	76
Piège Pont Avet																								64

4.3 Biométrie

Malgré les changements de protocole en 2006, les paramètres de base enregistrés sur les anguilles capturées restent inchangés. **La biométrie est réalisée à la fois en montée, lors de l'inventaire annuel du stock et en dévalaison. Depuis septembre 2013, des mesures complémentaires de diamètre oculaire et de longueur de la nageoire pectorale sont réalisées pour déterminer le stade de maturité des anguilles argentées ou en cours d'argenteure selon la méthode de Durif *et al* (2005).**

Toutes les anguilles capturées sont mesurées (longueur totale) (FIGURE 17) et pesées. **Des mesures complémentaires de diamètre oculaire et de longueur de la nageoire pectorale sont réalisées sur les anguilles de taille >250 mm.** Le stade de maturité de l'anguille est estimé sur les critères de coloration externe, diamètre oculaire et présence d'une ligne latérale différenciée selon la méthode de Acou *et al.* (2005)³. La présence de marque individuelle est vérifiée sur toutes les anguilles capturées (taille > 200 mm).



Figure 17 : Biométrie (mesure de la taille et du diamètre de l'œil) prise sur une anguille du Frémur (FISH-PASS).

Les données précédentes permettent d'obtenir cumulativement :

- **pour les peuplements/populations** : la densité, la biomasse, la structure de population, la composition spécifique, les relations longueur-poids... ;

³ Acou, A., Boury, P., Laffaille, P., Crivelli, A. J., & Feunteun, E. (2005). Towards a standardized characterization of the potentially migrating silver European eel (*Anguilla anguilla*, L.). *Archiv Für Hydrobiologie*, 164(2), 237–255. <https://doi.org/10.1127/0003-9136/2005/0164-0237>

- **pour les individus** : les déplacements et la croissance relative (entre la date de pose de la marque et la date de recapture).

4.4 Marquage individuel

Le marquage individuel des anguilles est effectué depuis 1996, l'année 2019 constitue donc la 24^{ème} année de recapture pour les plus anciennes anguilles marquées. En 2019, une campagne de marquage individuel a été réalisée sur les anguilles capturées lors de l'estimation du stock.

Le marquage est effectué à l'aide de petites capsules magnétiques injectées dans la cavité abdominale (système de Pit-tag). Le code unique de chaque marque peut être lu de façon externe par un lecteur spécifique permettant d'identifier individuellement toute recapture (sans limite dans le temps). Auparavant, seulement des Pit-tag de 12 mm de longueur étaient utilisés pour marquer préférentiellement des anguilles de taille supérieures à 250 mm. Depuis 2016, des Pit-tag de 8 mm et 12 mm sont utilisés respectivement pour marquer les anguilles de tailles comprises entre 200 et 250 mm ou de taille supérieure à 250 mm. De même, depuis 2016, les anguilles des secteurs aval, Pont es Omnès et Pont Avet, sont marquées afin de suivre leur croissance sur ce compartiment du Frémur.

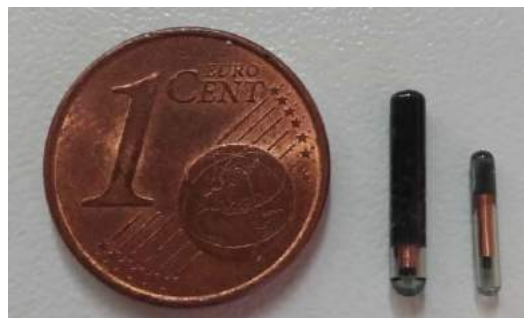


Figure 18 : A gauche, injection d'un " Pit tag " dans la cavité abdominale d'une anguille. A droite, " Pit-tag " de 12 et 8 mm (FISH PASS).

Des tests de mortalité ou perte de marque ont été réalisés en 2009 de façon à pouvoir corriger les résultats de recapture. Ils avaient ainsi permis d'évaluer une mortalité induite par le marquage d'environ 1,8 % et un taux de rétention de la marque de 100 % (N=55) **Ils n'ont pas été renouvelés depuis cette date.**

5 Montées (Suivi annuel)

Depuis 2012, le suivi de la migration anadrome est réalisé uniquement sur le piège de Bois Joli, la passe de Pont es Omnès ayant été remise en fonctionnement gravitaire sans piégeage.

En 2019, le barrage de Pont Avet en aval de Pont es Omnès a été équipé d'une passe piège temporaire dont le suivi a débuté en mars 2019. Les résultats sont présentés dans ce chapitre en complément de ceux de la passe de Bois-Joli.



Figure 19 : A gauche, relève de la passe de Bois Joli. A droite, passe à anguille de Pont Avet avec des anguilles en migration (FISH-PASS).

5.1 Déroulement des montées

Pour la campagne 2019, au niveau de la passe-piège du barrage de Bois Joli, les premières remontées ont été constatées début mars avec des faibles effectifs observés. Il faut attendre le 3 Juin 2019 pour voir un premier pic de migration marquant, à 128 individus capturés. C'est aussi le plus important nombre de captures réalisées à Bois Joli sur l'année 2019 (Figure 20). Les migrations ont ensuite été moins abondantes mais régulières jusqu'à début septembre.

Les recrutements les plus soutenus, s'échelonnent donc de début juin à début septembre en 2019. Cette période coïncide avec des débits d'étiages du cours d'eau. Cette dynamique de migration est très différente de celle observée l'année précédente. En effet, en 2018 les recrutements avaient été très soutenus aux mois de mai et juin et semblaient coïncider avec plusieurs pics de crues printaniers observés en avril, mai et juin, accompagnés de longues périodes de surverse du barrage qui n'ont pas tamponné ces événements hydrologiques. Ces appels d'eau avaient pu contribuer à dynamiser la migration des anguilles en 2018 ce qui n'a pas été le cas en 2019 avec l'absence de surverse du barrage. Le début de la migration anadrome 2019 a aussi été nettement plus tardif que celui de 2018. Ceci peut s'expliquer par la faible hydrologie du début d'année 2019. Les faibles effectifs observés tout au long de l'année peuvent s'expliquer par la mise en place de la passe piège à Pont-Avet qui a court-circuité les montées jusqu'à Bois Joli.

- Montées (Suivi annuel) -

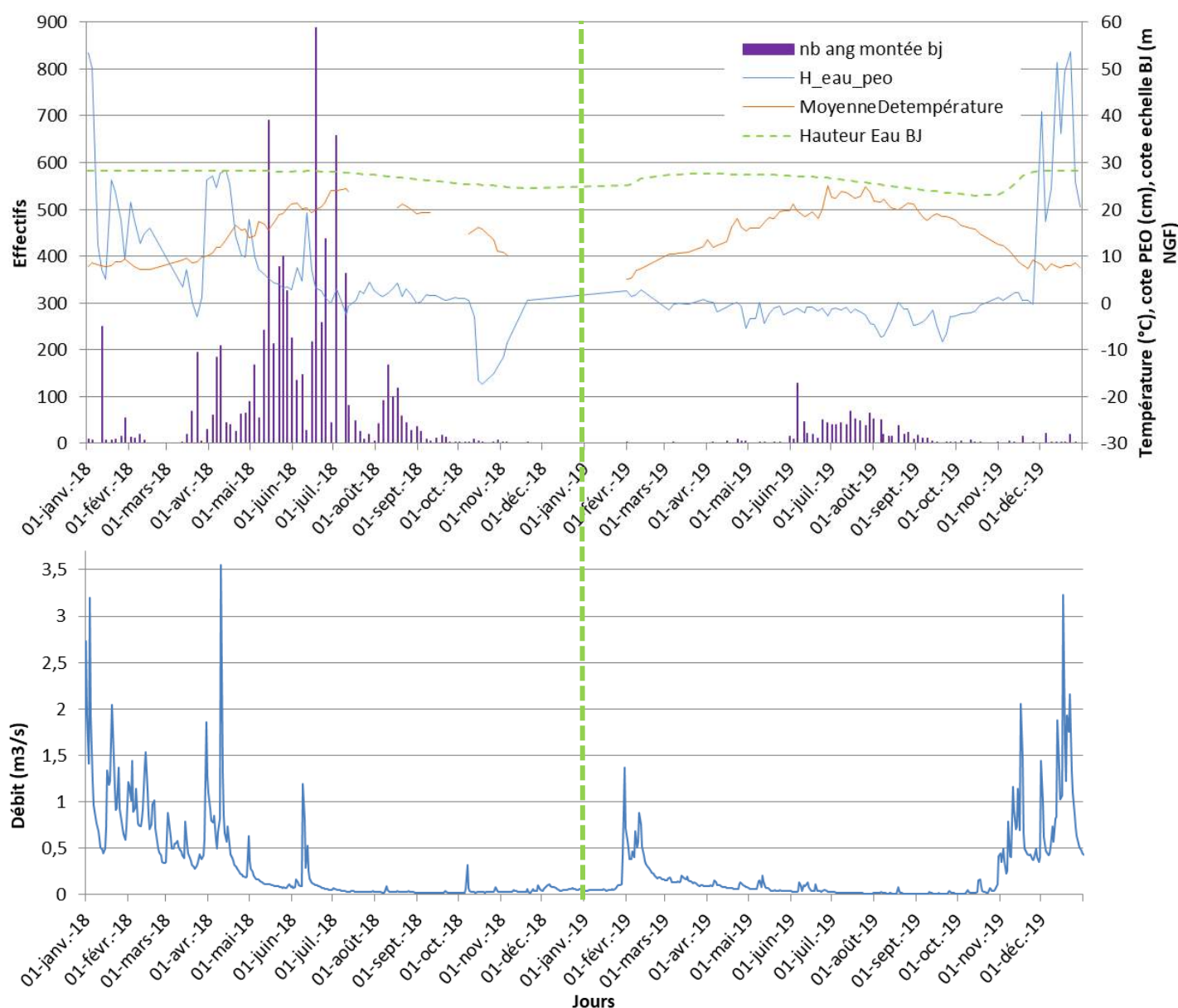


Figure 20 : En Haut, évolution des effectifs d'anguilles à la montée sur le piège de Bois Joli en 2018 et 2019. En Bas, débits journaliers observé sur le Frémur (données hydrologiques : DREAL, FISH-PASS).

La Figure 21 ci-après, présente les recrutements en civelle observés au niveau de la passe piège de Pont Avet. Les migrations ont débuté au 15 avril soit 1,5 mois après celles observées à Bois Joli. Ce retard peut être expliqué en partie par un problème de positionnement du débit d'attrait, localisé trop en amont de l'entrée de la passe, ce qui n'a pas permis un bon fonctionnement de la passe piège pendant près d'un mois, correspondant aux délais de modification du système. Les abondances observées à Pont Avet sont nettement plus importantes qu'au droit de Bois Joli. De plus il est possible d'observer des pics de migration bien marqués et assez espacés dans le temps. En effet, deux pics principaux se dessinent, un premier survenu début juin et un second début août, avec 953 individus capturés le 1^{er} août 2019. Ces pics de migration ne semblent pas en phase avec des épisodes hydrologiques et interviennent lors de très faibles débits dans le Frémur.

- Montées (Suivi annuel) -

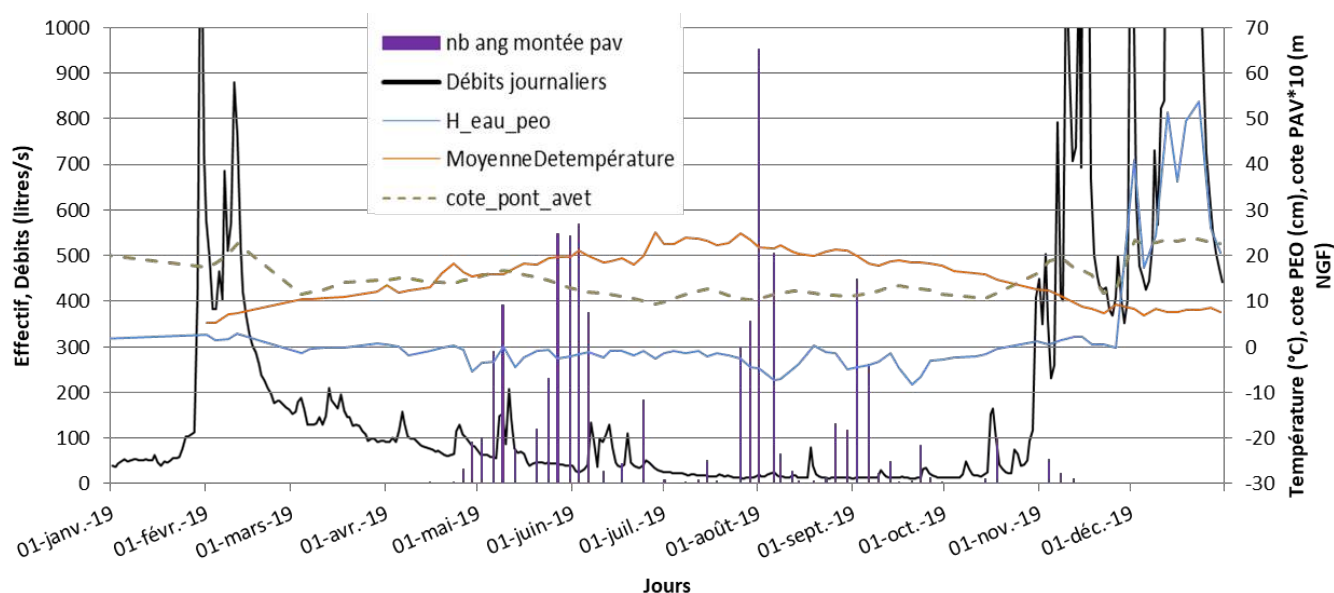


Figure 21 : Evolution des effectifs d'anguilles à la montée sur le piège de Pont-Avet en 2019 (FISH-PASS)

Les montées cumulées relatives pour la campagne 2019 indiquent un début de migration nettement plus tardif que la moyenne interannuelle d'environ 1,5 mois, avec les premières remontées observées début mars 2019. Après une ascension lente pendant 3 mois, un pic de migration est observé début juin. Puis, les montées cumulées relatives ont été régulières et plus rapides que la moyenne interannuelle (Figure 22). En effet, le seuil de 90 % des migrations a été atteint avec 12 jours d'intervalle entre la moyenne interannuelle et l'année 2019, plus tardif pour cette dernière (atteint au 01/09) mais réduisant nettement l'écart observé au début de la période de migration. Les années 2018 et 2019 apparaissent très différentes, situées de part et d'autre de la moyenne interannuelle. L'hydrologie du Frémur peut expliquer cette différence, en lien avec des débits relativement hauts début 2018 qui avaient stimulé un démarrage précoce des migrations. La forme en "escalier" des courbes souligne des migrations par pics.

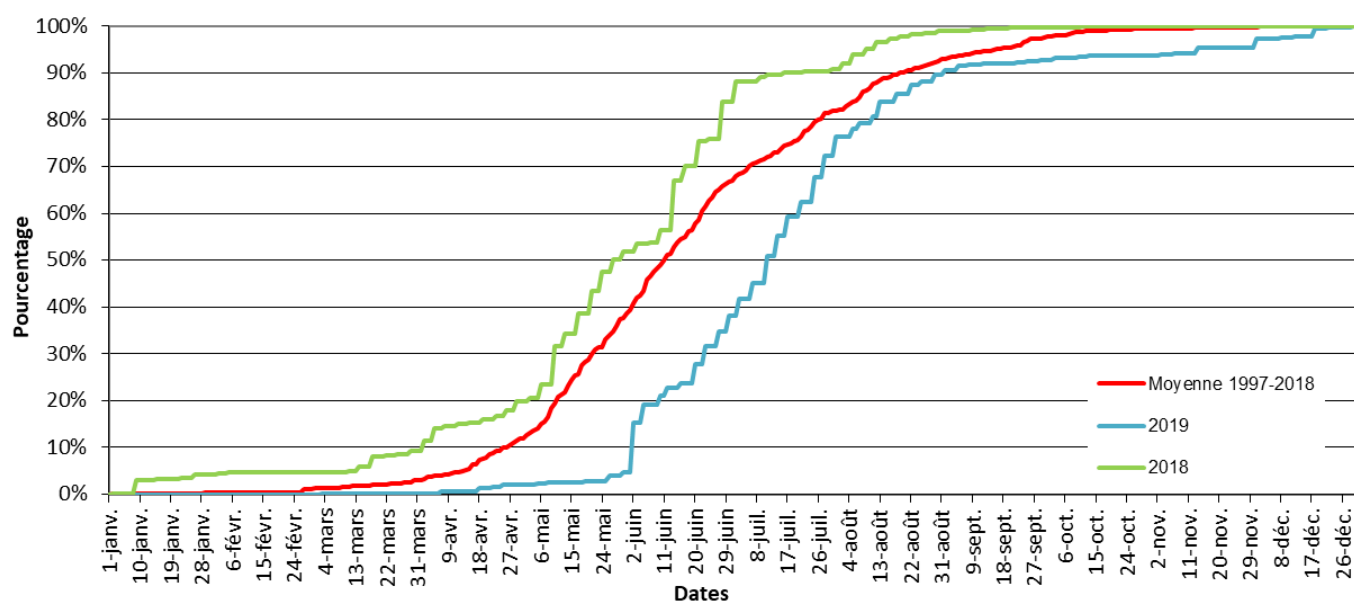


Figure 22 : Comparaison des montées cumulées relatives observées au niveau du piège de Bois Joli, entre 2018, 2019 et la moyenne interannuelle calculée de 1997 à 2019 (FISH-PASS).

- Montées (Suivi annuel) -

Le taux moyen mensuel de recrutement sur le Frémur entre 1997 et 2019 (Figure 23) met en évidence une période de migration s'échelonnant principalement d'avril à septembre au niveau de Bois Joli avec plus de 60% des migrations entre mai et juin. En 2019, la migration est nettement plus tardive, avec près de 40 % des migrations observées en juillet contre 15 % pour la moyenne interannuelle. Un décalage de 1 à 2 mois est aussi bien perceptible entre 2018 (migration concentrée sur avril, mai et juin) et 2019 (migrations centrées sur juin, juillet, août).

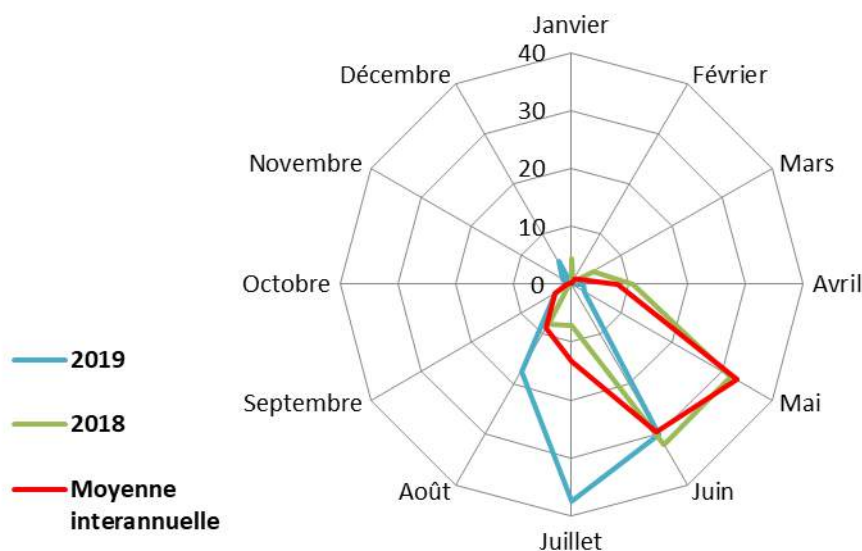


Figure 23 : Taux moyen mensuel de recrutement sur le Frémur à Bois Joli en 2019 (FISH-PASS).

La comparaison entre les deux passes de montaison montre un démarrage des migrations de montaison à Pont Avet de 1,5 mois après les premières observations à Bois Joli (Figure 24). Cependant, une évolution rapide est observée jusqu'à début juillet où les deux courbes finissent par se croiser à 50 % du cumul des montaisons des deux sites. Puis, l'évolution des montaisons apparaît globalement similaire, avec un seuil 90% des montées atteint au même moment début septembre pour les deux sites, même si au droit de Pont Avet des pics de migration sont très clairement identifiables (courbe en escalier) alors qu'elle est plus régulière à Bois Joli. Cependant la fin des migrations à Pont Avet intervient 1,5 mois avant celles du site de Bois Joli.

La Figure 25 illustre les deux principaux pics de migration observés bien distinctement au droit de Pont-Avet en 2019. Un premier survenu au mois de mai avec plus de 30 % des migrations et un second au mois d'août avec près de 25 % des migrations.

- Montées (Suivi annuel) -

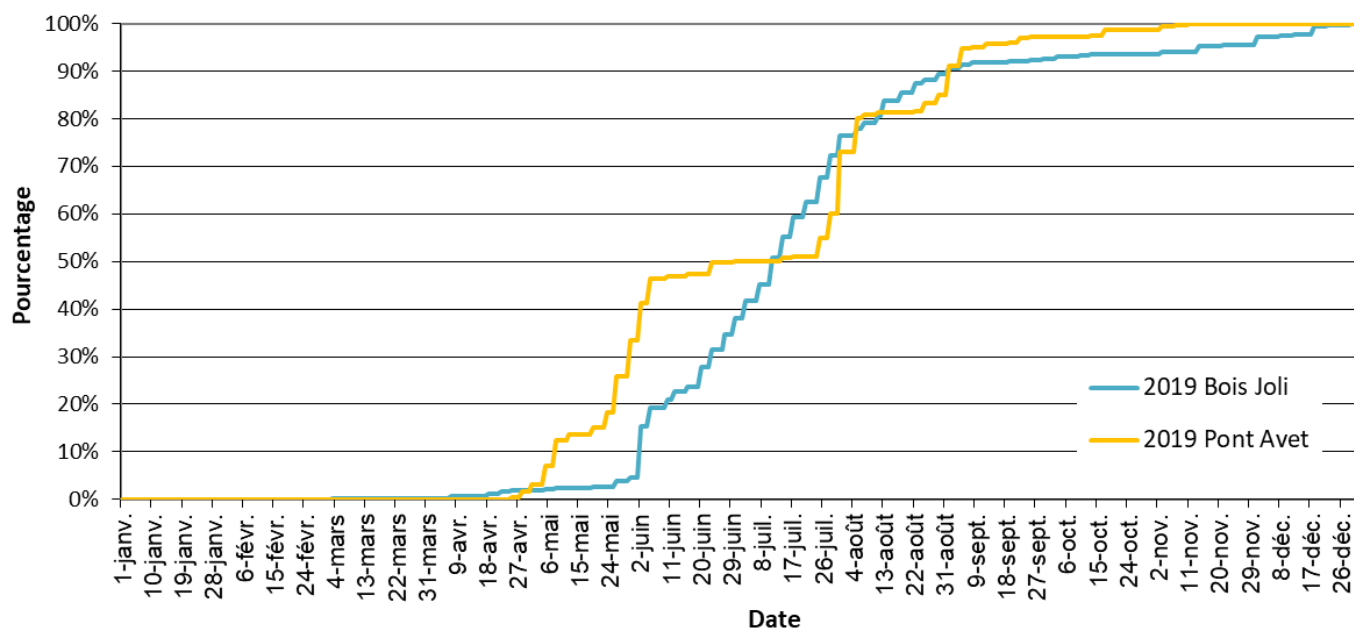


Figure 24 : Comparaison des montées cumulées relatives de Bois Joli et de Pont Avet en 2019 (FISH-PASS).

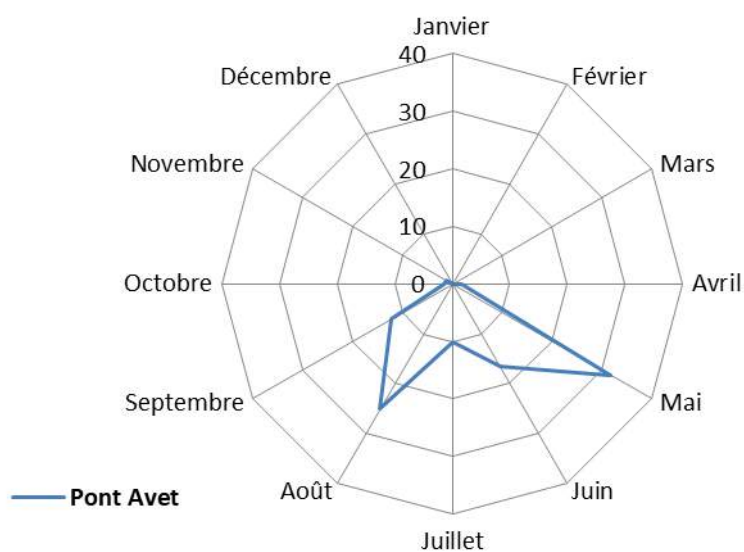


Figure 25 : Taux moyen mensuel de recrutement sur le Frémur à Pont Avet en 2019 (FISH-PASS)

5.2 Effectifs des montées

Les effectifs en montée sont présentés en Figure 26. Afin de garder l'historique des données sur le site de Pont es Omnès, les recrutements sur ce site jusqu'en 2010 sont toujours indiqués. Il avait été montré, les années précédentes, un possible franchissement du barrage par une partie des individus migrants sans passer par le piège de Pont es Omnès. De même, un phénomène d'accumulation puis de reprise de migration était visible dans la retenue de Pont es Omnès.

Les effectifs en montaison sont très variables d'une année à l'autre et d'un piège à l'autre (Figure 26). En effet, les migrations anadromes constituent un des phénomènes les plus variables inter annuellement (Annexe 2). Pour exemple, entre la plus faible montée enregistrée à Bois Joli (381 individus en 2003) et la plus forte (26 765 individus en 1998), il existe un facteur 70.

Au cours de la saison 2019, 8446 anguilles ont été dénombrées en migration anadrome (1199 à Bois Joli + 7247 à Pont Avet). Ce recrutement est ainsi très proche de celui de 2018 (8358 anguilles).

Sur les 23 années de suivi de la montaison à Bois Joli, la migration 2019 est la 9^{ème} en termes d'effectifs. L'évolution interannuelle des effectifs en montée se rapproche de la tendance de l'indice de recrutement européen sur la période 1997-2006 où est observée une diminution du recrutement. De 2012 à 2015, une légère tendance à l'augmentation de l'indice de recrutement a été observée mais sans répercussion nette sur le recrutement du Frémur à Bois Joli puis. Puis une stabilisation de cet indice semble s'installer depuis 2016, en phase avec les recrutements observés en 2018 et 2019.

Une relation significative existe entre le recrutement observé à Bois Joli et l'indice de recrutement européen décalé d'une année ($IE = 0.00098 BJ + 3.16$, $R^2 = 0.43$, $a \neq 0$, $a : p < 0.01$) (voir annexe 2)

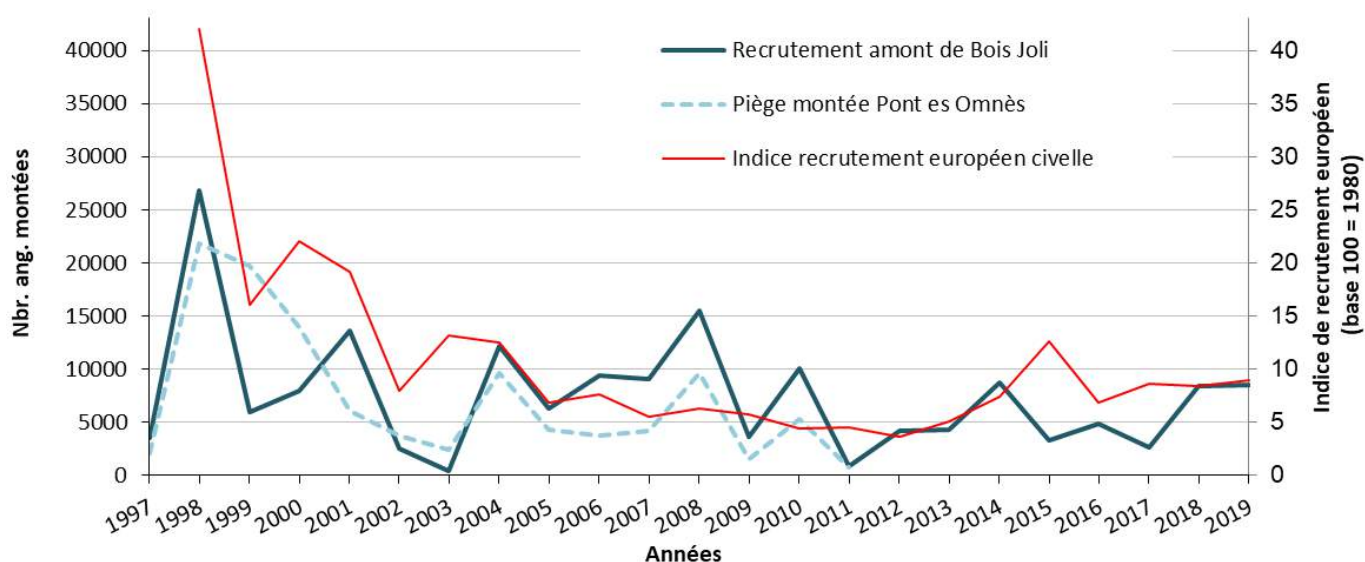


Figure 26 : Bilan des montées brutes sur le Frémur de 1997 à 2019 et indice de recrutement européen (WGEEL, 2019). L'indice de recrutement étant pour les civelles, il a été décalé d'une année afin de correspondre au recrutement en anguillettes, pour exemple, l'indice de recrutement de 1997 apparaît en 1998 sur ce graphique (FISH PASS).

Le suivi de la passe piège de Pont Avet à été mis en œuvre au cours de l'année 2019, les anguilles capturées et dénombrées ont été systématiquement relâchées dans la retenue à l'amont du barrage.

- Montées (Suivi annuel) -

Il est important de rappeler ici qu'en 2017 et 2018 (de juillet à mi-octobre), la passe de montaison de Pont Avet n'était pas fonctionnelle. La présence de fuites au niveau des bastinges du barrage, ne permettaient pas de maintenir un niveau d'eau suffisant dans la retenue pour assurer son fonctionnement, puis un abaissement de la retenue réalisé en novembre 2018 l'ont rendu inopérante. Cette rupture de continuité a donc pu impacter au moins temporairement (en été) la migration anadrome des anguilles à Pont Avet et donc les résultats observés à Bois Joli.

5.3 Caractéristiques des individus en montée

Pour l'année 2019, la taille moyenne des anguilles en montée à Bois Joli était de 103,9 mm pour un minimum de 62 mm et un maximum de 190 mm (Figure 27). La taille moyenne est relativement stable depuis 2009 (hormis 2013). Cependant, l'année 2019 montre une diminution de taille moyenne, dont la tendance semble se profiler depuis 2017. De plus, c'est la première année qu'aucune anguille de plus de 200 mm n'est observée dans le piège de montée. En effet, les années précédentes ont montré qu'une fraction de la population de taille supérieure à 250 mm, considérée comme sédentaire en phase de croissance (voir rapport annuel 2003, "Sédentarité des anguilles") reprend sa migration anadrome.

Depuis le début du suivi, au niveau de la passe de Bois Joli, l'évolution de la taille moyenne des individus montre quelques légères augmentations ponctuelles (2007 et 2013) et semble en légère diminution depuis 2017, cependant elle apparaît globalement stable. A l'inverse, la taille maximum est en nette diminution depuis 2011 avec la plus faible valeur observée en 2019 (190 mm).

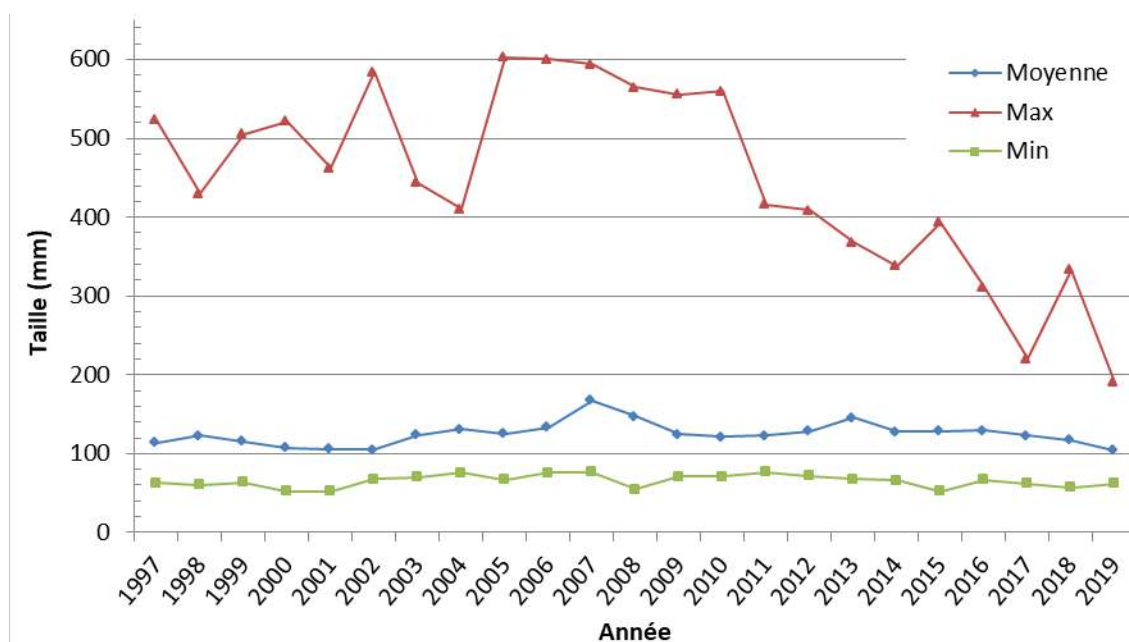


Figure 27 : Evolution interannuelle de la taille des anguilles en montaison à Bois-Joli (FISH-PASS)

Pour la campagne 2019, 69,8 % des individus en migration ont une taille inférieure à 110 mm. La distribution en classe de taille à Bois Joli est centrée autour de 90 mm.

Par rapport à 2018, cette distribution présente une abondance relative nettement plus importante pour les classes de tailles de 70 à 100 mm (Figure 28). Pour les classes de taille

- Montées (Suivi annuel) -

supérieures à 100 mm, les abondances relatives sont cependant nettement plus faibles. La migration 2019 semble donc présenter une proportion plus importante d'individus plus jeune qu'en 2018.

En 2019, la majorité des anguilles en migration ont donc une taille comprise entre 80 et 100 mm. Ceci laisse supposer une migration composée principalement d'individus d'1 an.

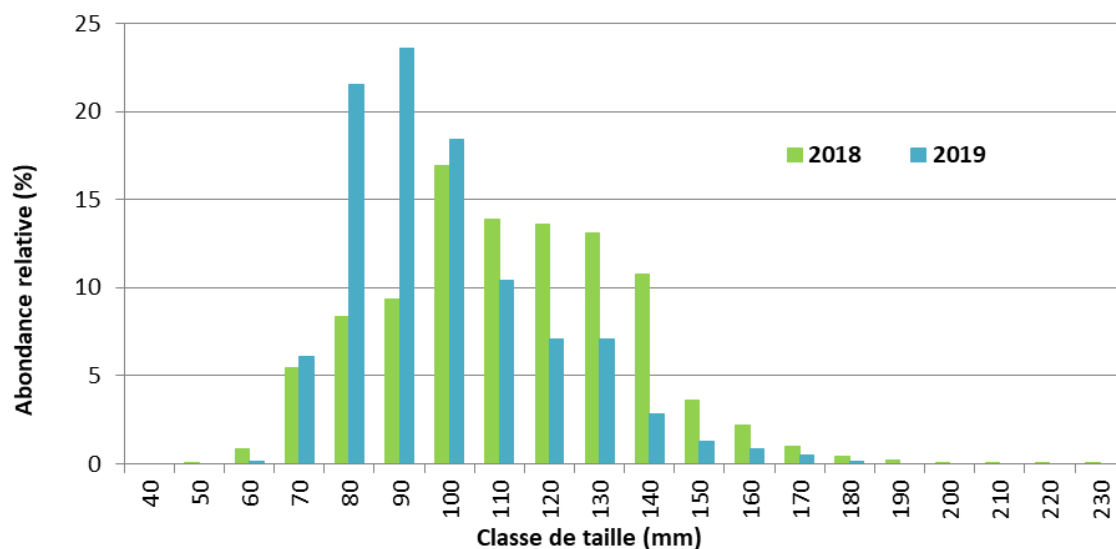


Figure 28 : Distributions de la taille des anguilles capturées en 2018 et 2019 dans le piège de montaison de Bois Joli (Tailles <=250 mm) (FISH-PASS).

La Figure 29 et la Figure 30 ci-après permettent de comparer les répartitions en classe de taille des anguilles capturées au niveau des passes piège de Bois Joli et de Pont Avet, selon leurs abondances relatives et abondances brutes. Au-delà de l'abondance globale des captures qui a été nettement supérieure à Pont Avet, en lien probable avec la position plus en aval sur le bassin versant de l'ouvrage, il est possible de remarquer également deux différences importantes.

La première correspond au décalage observé d'un site à l'autre, entre les classes de taille les plus abondantes. Elles sont centrées sur 90 mm à Bois Joli et 70 mm à Pont Avet. Il est important ici de rappeler que toutes les anguilles capturées à Pont-Avet ont été relâchées en amont de Bois Joli. De plus, en raison des faibles niveaux d'eau dans la retenue de Pont Avet, la passe de montaison de Pont es Omnes n'était pas vraiment fonctionnelle. Ceci nous renseigne sur le fait que les anguilles capturées à Bois Joli pourraient provenir majoritairement de la retenue de Pont es Omnes. La différence de classe de taille entre les deux sites peut venir appuyer ce constat avec des individus plus âgés (1 à 2 ans) capturés à Bois Joli, lié à des passes fonctionnelles les années précédentes.

La deuxième différence marquante entre les deux sites est la capture, en nombre assez conséquent, d'individus de grandes tailles au niveau de la passe piège de Pont-Avet (3 ind. > 600 mm, 47 ind. > 500 mm, 190 ind. > à 400 mm et 197 ind. > à 300 mm), alors qu'aucun individu de taille supérieure à 200 mm n'a été capturé à Bois Joli en 2019. Ceci est à relier à la forte densité d'anguille en aval de Pont Avet, pouvant s'expliquer par une faible fonctionnalité de la passe ces dernières années. Le bon attrait de la passe piège, couplé aux fortes densités, a donc pu dynamiser le comportement migratoire des anguilles même de grandes tailles.

- Montées (Suivi annuel) -

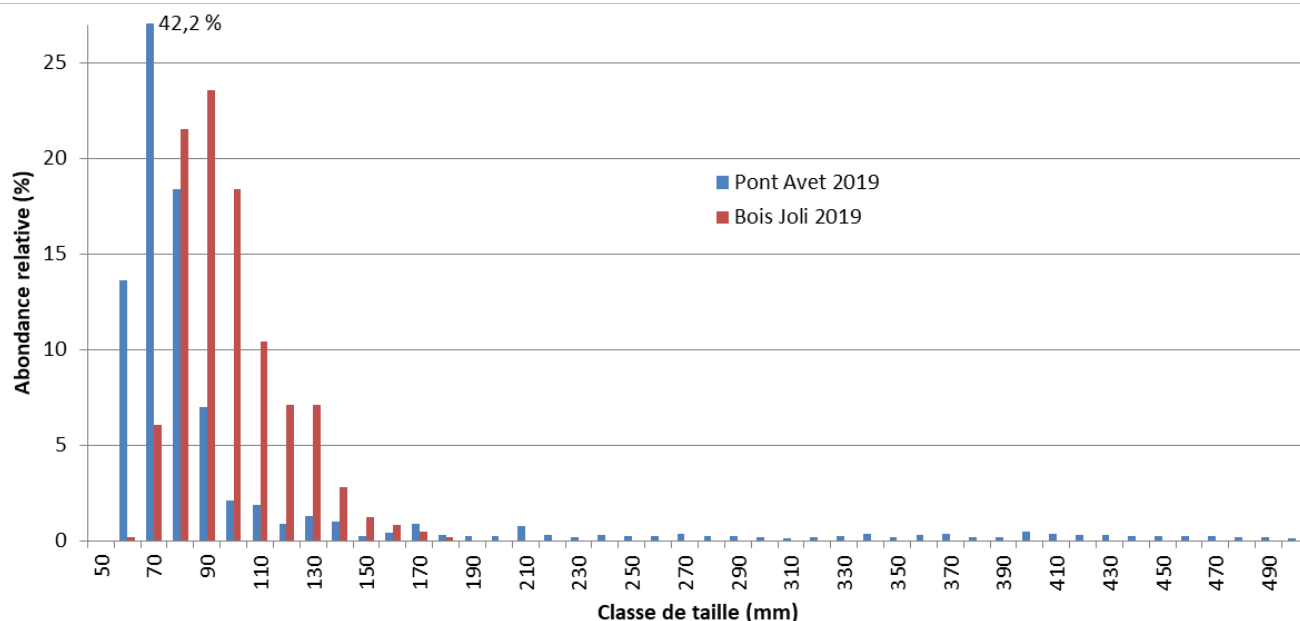


Figure 29 : Comparaison des classes de taille cumulée relatives des anguilles capturée à Bois joli et Pont Avet. Attention pour de raisons de lisibilité 50 anguilles de taille supérieures à 500 mm (taille max : 650 mm) et capturées à Pont Avet, ne sont pas représentées dans cette figure (FISH-PASS).

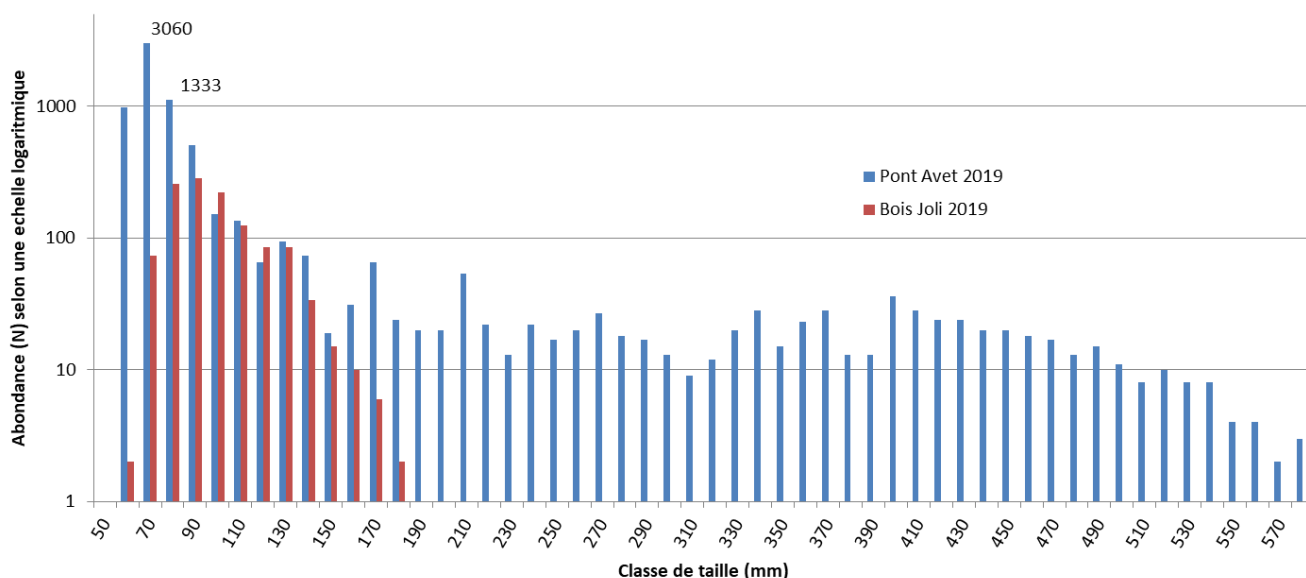


Figure 30 : Comparaison du nombre d'anguilles capturée à Bois joli et Pont Avet selon leur classe de taille. Attention pour des raisons de lisibilité 3 anguilles de tailles supérieures à 580 mm (taille max : 650 mm) et capturées à Pont Avet, ne sont pas représentées dans cette figure. L'axe des ordonnées est en échelle logarithmique. (FISH-PASS).

La Figure 31 et la Figure 32 page suivante, présentent la répartition des classes de tailles moyennes par mois, au cours de la saison 2019, à Bois Joli et Pont Avet. Concernant Bois Joli, la taille des anguilles en migration a été légèrement plus importante en début de saison. Puis elle s'est stabilisée autour de 100 mm de mai à septembre (période des pics de migration), avant d'augmenter à nouveau sur la fin de l'année (moyenne autour de 130 mm en novembre décembre). Cette diminution s'explique par une proportion plus importante de petits individus en montée lors des pics de migration. En début et fin d'année, ce sont principalement des individus d'assez grande taille (110-140 mm) qui sont en migration. A partir de mai, une arrivée progressive d'anguilles de plus petite taille (70-90 mm) est observée. Ainsi, d'après les tailles, en début et fin d'année ce sont principalement des individus plus âgés (2 à 3 ans) qui migrent alors qu'en milieu d'année, il y a un

- Montées (Suivi annuel) -

mélange de petits individus (1 ans) et de plus vieux (2-3 ans). Il apparaît donc des périodes de migration pouvant être différentes entre les cohortes et conditionnées par l'accessibilité du bassin (barrage) et des facteurs environnementaux (hydrologie, température).

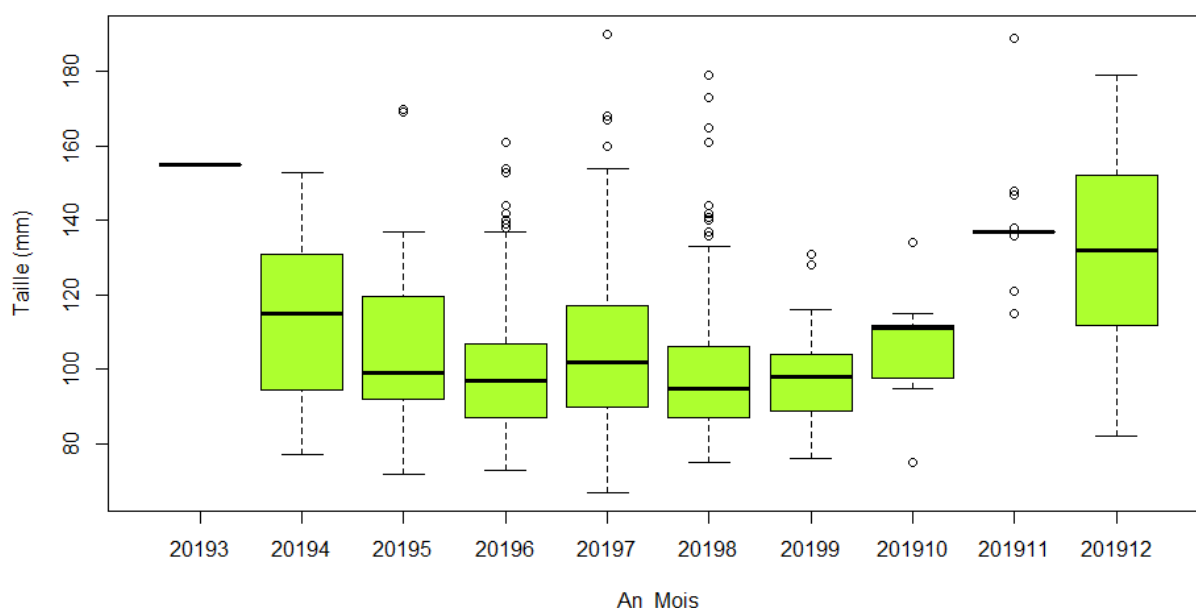


Figure 31 : Boxplot de la taille des anguilles en montée à Bois Joli en fonction du mois de l'année (FISH-PASS)

Au niveau du site de Pont Avet, les tailles des anguilles en migration apparaissent plus élevées en début et fin d'année. Une diminution des tailles est observée de mai à octobre, en lien avec l'arrivée massive de jeunes individus. Cependant, la présence d'individus de grande taille est observée pendant toute la période de migration de montaison.

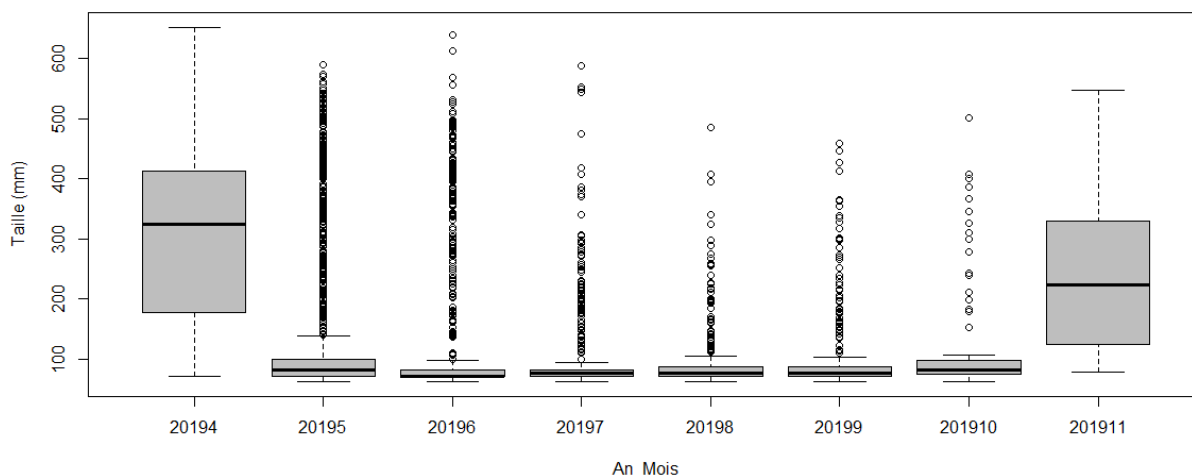


Figure 32 : Boxplot de la taille des anguilles en montée à Pont Avet en fonction du mois de l'année (FISH-PASS)

En 2019, la migration anadrome a commencé au début du mois de mars au niveau du piège de Bois Joli. Après un démarrage tardif et peu de mouvements pendant 3 mois, un pic de migration est observé début juin, suivi d'arrivées régulières dont l'essentiel s'est concentré sur 3 mois de juin à fin août.

En termes d'effectif, le recrutement 2019 est assez bon avec 8446 individus (incluant 1199 individus capturés à Bois Joli et 7247 capturés à Pont Avet), soit le 9^{ème} rang sur 23 valeurs depuis le début du suivi.

- Montées (Suivi annuel) -

Les anguilles en migration présentaient une taille moyenne de 103,9 mm à Bois Joli et 109 mm à Pont Avet. Le nombre important d'anguilles de grande taille échantillonnées à Pont Avet influence fortement cette taille moyenne.

Au cours de la saison 2019, la taille moyenne des anguilles à tendance à diminuer soulignant une forte migration des anguilles les plus petites en milieu d'année (juin à septembre)

6 Evaluation du stock (Suivi annuel)

6.1 Stations de pêche électriques

Pour la campagne 2019, sur le Frémur, les stations de pêche électrique sont réparties sur 8 secteurs (d'aval en amont) : Pont Avet, Pont es Omnès, Villou, Trigavou, Motte Olivet, Pleslin, Ruffier et Trélat (Figure 33).

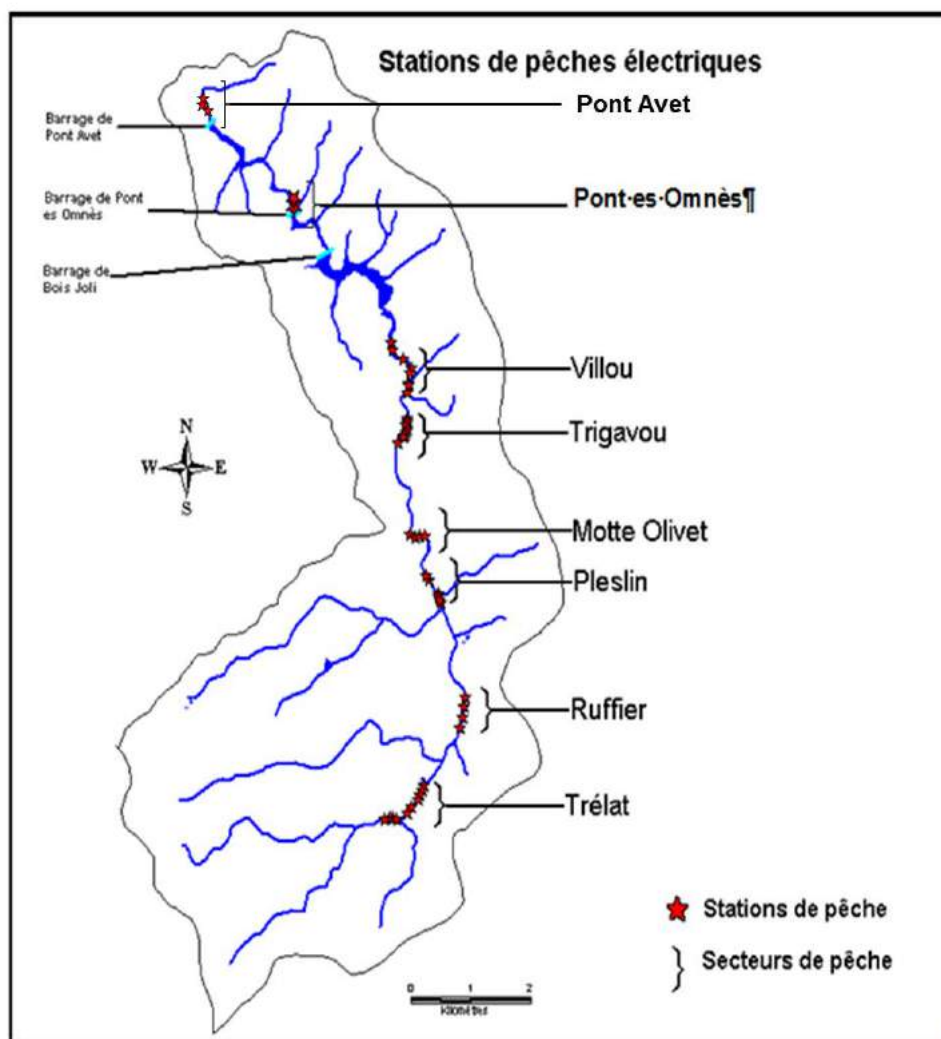


Figure 33 : Bassin versant du Frémur : Localisation des passes à anguilles, des pièges de contrôle et des stations de pêche échantillonnées en 2015 (source : BD-Carthage, réalisation V. MAZEL, Fish-Pass).

- Evaluation du stock (Suivi annuel) -

Le tableau suivant (Tableau 10) récapitule toutes les stations pêchées depuis 1995 ainsi que le nombre de passages effectués dans chacune d'entre elles (passages successifs dans le cas des pêches électriques par épuisement). En raison de leur déroulement particulier, les passages effectués en vidange (2006) ne sont pas répertoriés ici.

Tableau 10 : Passages en pêche électrique par station, de l'aval à l'amont, de 1995 à 2019 (FISH-PASS)

Secteur	Station	Année																										
		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Pont Aet aval	Pont Aet 3		3	2	2		3	2	2	2	2	3												1	1	1	1	1
	Pont Aet 4					2																		1	1	1	1	1
	Pont Aet 2	2		3	2	2	2	2	2	2	2	2												1	1	1	1	1
	Pont Aet 1	2	2	2	2	2																						
Pontes Omnes aval	Pontes Omnes 3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2																
	Pontes Omnes 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2												1	1	1	1	1
	Pontes Omnes 1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2												1	1	1	1	1
Villou	Villou 4	3	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1				
	Villou 1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1				
	Villou 2	3	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1				
	Villou 3				2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1				
	Villou 5				3													1	1	1	1	1	1	1				
	Villou 6																								1	1	1	1
	Villou 7																								1	1	1	1
	Villou 8																								1	1	1	1
	Villou 9																								1	1	1	1
	Villou 10																								1	1	1	1
Trigavou aval	Trigavou aval 1	4	4	2	5	6	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Trigavou aval 2	2	2	6	2	4	2	3	2														1	1	1	1	1	1
	Trigavou aval 3	2	3	7	2	4		2	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Trigavou aval 4									2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Trigavou amont	Trigavou amont 1	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Trigavou amont 2	2			2	2	2	2		2							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Trigavou amont 3	2	3														1											
	Trigavou amont 4	2	2	3	2	2											1											
	Trigavou amont 5	2	2	4													2											
Motte Olivet	Motte Olivet 3		3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Motte Olivet 1	2	3	4	3	2	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Motte Olivet 2	2		3	2	3	2	2	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Motte Olivet 4					2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pleslin	Pleslin lagunage 5			3	4	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Pleslin lagunage 1	2	2	7	4	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Pleslin lagunage 2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Pleslin lagunage 3	1	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Affluent Pleslin	Pleslin affluent	1		1	1	1																						
Ruffier	Ruffier 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Ruffier 1	2	4	2	2	4	2	2	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Ruffier 3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Ruffier 4	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3					3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Trélat	Trélat 8		2		2																							
	Trélat 7		2		2																							
	Trélat 1	3	2	6	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Trélat 2	2	3	4	2	2	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Trélat 3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Trélat amont	Trélat 4	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Trélat 5	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Trélat 11					2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Trélat 6		2		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Trélat 12					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Trélat 13																									1	1	1
	Trélat 14																									1	1	1
	Trélat 15																									1	1	1
	Trélat 16																									1	1	1
Nbr. de passages		69	79	97	86	91	72	72	71	72	68	73	31	31	31	31	34	31	31	31	31	31	32	34	37	37	37	37
Nbr. de stations		32	33	33	38	38	34	35	34	34	33	34	28	28	28	28	29	31	31	31	31	31	32	34	37	37	37	37
Nbr. de secteurs		11	10	11	11	11	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	7	8	8	8	8	8	8	9	10	10	10	10

6.2 Conditions de pêche

La campagne automnale 2019 de pêche électrique pour le suivi du stock s'est déroulée du 16 au 20 septembre.

Le débit moyen du cours d'eau au mois de septembre au moment des pêches était nettement plus faible que la moyenne interannuelle. De plus, la baisse du niveau d'eau de la retenue de Pont Avet a fortement modifié l'habitat des stations situées en aval de Pont es Omnes, diminuant la largeur en eau et la profondeur et créant une alternance de faciès d'écoulement.

Des secteurs : Trigavou, Pleslin, Ruffier et Trélat présentent également des stations qui ont tendance à se fermer (envahissement par la végétation rivulaire).

6.3 Peuplement piscicole du Frémur

Depuis 2006, le protocole de pêches électriques a été allégé. Il reprend toutes les caractéristiques de celui utilisé avant 2006 mais comporte désormais un seul passage par station ou secteur pêché, on peut donc comparer les résultats directement d'une année à l'autre, en considérant les résultats comme un indicateur interannuel. Toutefois, pour certaines comparaisons aux années précédentes, il faut éliminer les secteurs aval (Pont es Omnes et Pont Avet) des résultats qui n'ont pas été échantillonnés toutes les années.

6.3.1 Peuplement de Pont es Omnes et Pont Avet

Sur les secteurs de Pont es Omnes et Pont Avet, une quinzaine d'espèces différentes ont été observées depuis le début du suivi. En 2019, seulement 6 espèces ont été échantillonnées : l'anguille, la brème bordelière, le gardon, le sandre, la perche et la perche-soleil.

En termes de densité, le peuplement interannuel est dominé par l'anguille (45,6 %), le gardon (33,8 %), la perche (13,2 %). En 2019, ce sont les trois mêmes espèces qui dominent le peuplement, dans le même ordre mais avec des proportions différentes, l'anguille est la première espèce avec 63 %, suivi du gardon (33 %) puis dans une moindre mesure par la perche (2,6 %).

La densité moyenne d'anguilles sur les deux secteurs en 2019 a été de 1,06 ind/m², avec une densité de 0,88 ind/m² à l'aval de Pont Avet et une densité de 1,33 ind./m² à l'aval de Pont es Omnes. La forte densité en anguille observée en 2019 en aval de Pont es Omnes est liée aux faibles niveaux d'eau dans la retenue de Pont Avet qui d'une part ont considérablement diminué les surfaces en eau sur les stations de pêche et ont pu concentrer les poissons, et d'autre part, ont créé des zones d'habitats lotiques, favorables aux petites anguilles, qui ont pu dynamiser et orienter la migration des anguillettes présentes dans la retenue de Pont Avet. Cette densité est donc plus importante que la moyenne interannuelle de 0,68 ind/m².

Pour le gardon, la densité observée en 2019 (0,55 ind/m²) est très proche de la moyenne interannuelle (0,51 ind/m²). Pour la perche, la densité en 2019 (0,04 ind/m²) a été très inférieure à la moyenne interannuelle (0,2 ind/m²).

Pour les biomasses, sur l'ensemble du suivi interannuel, l'anguille et le gardon dominent la biomasse représentant respectivement 55,8 % et 29,6% de la biomasse du peuplement. Pour la saison 2019, ces deux mêmes espèces représentent l'essentiel de la biomasse (respectivement

- *Evaluation du stock (Suivi annuel)* -

50,2 % et 40,4 %). De plus, les biomasses d'anguilles ($39,2 \text{ g/m}^2$) et de gardon ($26,8 \text{ g/m}^2$) sont nettement supérieures à la moyenne interannuelle, respectivement $24,2 \text{ g/m}^2$ et $12,8 \text{ g/m}^2$.



Figure 34 : Une station de pêche du secteur Pont Avet, prise de vue 2019 (FISH-PASS)

- Evaluation du stock (Suivi annuel) -

Tableau 11 : Densités moyennes par espèce obtenues en pêche électrique (1995 à 2019) sur les secteurs de Pont Avet (*non échantillonné en 2014) et Pont es Omnes (Fish-Pass)

Densité (ind./m ²)	Espèce																											Densité relative ANG	Occurrence relative ANG
Année	ABH	ABL	ALV	ANG	BRB	BRE	BRO	CAR	CCO	EPI	EPT	FLE	GAR	GOU	GRE	LIR	LOF	PER	PES	ROT	SAN	TAC	TAN	TRF	CHE	VAI	BRX		
1995	0,000	0,000	0,000	0,151	0,005	0,031	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,118	0,000	0,000	0,000	0,000	0,093	0,078	0,001	0,000	0,000	0,013	0,003	0,000	0,000	0,000	30%	11%
1996	0,000	0,000	0,000	3,435	0,010	0,001	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,052	0,023	0,020	0,000	0,000	0,006	0,049	0,000	0,000	0,000	95%	10%
1997	0,015	0,000	0,000	0,572	0,002	0,006	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,331	0,072	0,002	0,000	0,000	0,004	0,084	0,000	0,000	0,000	49%	10%
1998	0,000	0,000	0,003	0,535	0,029	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,045	0,245	0,000	0,003	0,000	0,000	0,110	0,023	0,010	0,001	0,002	0,002	0,056	0,000	0,000	0,000	50%	8%
1999	0,000	0,000	0,002	0,434	0,004	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,077	0,000	0,000	0,000	0,000	0,055	0,003	0,006	0,000	0,000	0,009	0,010	0,000	0,000	0,000	71%	9%
2000	0,000	0,000	0,000	0,665	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,099	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	80%	14%
2001	0,000	0,000	0,000	0,699	0,007	0,003	0,005	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,460	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,015	0,000	0,000	0,000	54%	11%
2002	0,000	0,000	0,000	0,304	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000	0,035	0,000	0,015	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000	66%	13%
2003	0,000	0,000	0,000	0,608	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,203	0,000	0,000	0,003	0,000	0,085	0,001	0,000	0,001	0,000	0,007	0,008	0,000	0,000	0,000	66%	11%
2004	0,000	0,000	0,000	0,367	0,017	0,000	0,008	0,000	0,000	0,002	0,000	0,003	0,258	0,000	0,002	0,002	0,000	0,123	0,009	0,005	0,000	0,000	0,019	0,002	0,000	0,000	0,000	45%	8%
2005	0,000	0,000	0,000	0,090	0,039	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,007	0,145	0,000	0,000	0,006	0,000	0,490	0,026	0,055	0,000	0,000	0,001	0,004	0,000	0,000	0,000	10%	8%
2014*	0,000	0,000	0,000	0,301	0,004	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,188	0,000	0,002	0,000	0,000	0,280	0,000	0,000	0,000	0,000	0,038	0,000	0,000	0,000	0,000	37%	14%
2015	0,000	0,000	0,000	0,615	0,002	0,086	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,797	0,000	0,002	0,000	0,000	0,360	0,073	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	32%	11%
2016	0,000	0,000	0,000	0,583	0,077	0,000	0,002	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	2,809	0,000	0,001	0,000	0,000	0,324	0,086	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15%	13%
2017	0,000	0,000	0,000	0,458	0,004	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,109	0,000	0,003	0,000	0,000	0,120	0,237	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,036	23%	13%
2018	0,000	0,000	0,000	0,754	0,000	0,078	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,811	0,000	0,001	0,000	0,000	0,312	0,082	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	25%	17%
2019	0,000	0,000	0,000	1,060	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,555	0,000	0,000	0,000	0,000	0,044	0,020	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	63%	20%
Moyenne	0,001	0,000	0,000	0,684	0,012	0,012	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,005	0,507	0,000	0,001	0,001	0,000	0,198	0,043	0,007	0,000	0,000	0,006	0,014	0,000	0,000	0,002	46%	5%
% interannuel	0,1%	0,0%	0,0%	45,6%	0,8%	0,8%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	33,8%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	13,2%	2,9%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,1%		
% peuplement 2019	0,0%	0,0%	0,0%	63,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	33,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,6%	1,2%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		

Tableau 12 : Biomasses moyennes par espèce obtenues en pêches électriques (1995 à 2019) sur les secteurs de Pont Avet (*non échantillonné en 2014) et Pont es Omnes (Fish-Pass)

Biomasse [g/m ²]	Espèce																											Biomasse	Occurrence	
Année	ABH	ABL	ALV	ANG	BRB	BRE	BRO	CAR	CCO	EPI	EPT	FLE	GAR	GOU	GRE	LIR	LOF	PER	PES	ROT	SAN	TAC	TAN	TRF	CHE	VAI	BRX	relative ANG	relative ANG	
1995	0,000	0,000	0,000	6,238	0,119	0,599	1,393	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,867	0,000	0,000	0,000	0,000	0,694	1,040	0,059	0,000	0,000	0,646	0,764	0,000	0,000	0,000	43%	11%	
1996	0,000	0,000	0,000	40,261	0,011	0,030	1,549	0,000	0,000	0,000	0,000	0,113	0,427	0,000	0,000	0,000	0,000	0,728	0,460	1,029	0,000	0,000	0,215	1,157	0,000	0,000	0,000	88%	10%	
1997	0,013	0,000	0,000	38,104	0,044	0,820	1,252	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,611	0,000	0,000	0,000	0,000	3,663	1,025	0,001	0,000	0,000	0,199	3,588	0,000	0,000	0,000	71%	10%	
1998	0,000	0,000	0,024	6,866	1,009	0,000	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,544	7,807	0,000	0,014	0,000	0,000	3,422	0,238	0,208	0,002	0,537	0,093	1,406	0,000	0,000	0,000	31%	8%	
1999	0,000	0,000	0,000	20,081	0,401	0,046	0,148	0,000	0,000	0,000	0,000	0,213	3,901	0,000	0,000	0,000	0,000	1,917	0,002	0,023	0,000	0,000	0,009	1,613	0,000	0,000	0,000	71%	9%	
2000	0,000	0,000	0,000	12,819	0,000	0,000	0,263	0,000	0,000	0,000	0,000	0,117	1,676	0,000	0,000	0,000	0,000	2,070	0,048	0,000	0,000	0,000	0,001	0,028	0,000	0,000	0,000	75%	14%	
2001	0,000	0,000	0,000	23,646	0,015	0,007	0,157	0,058	0,000	0,000	0,000	0,012	5,409	0,000	0,000	0,000	0,000	4,793	0,000	0,000	0,000	0,000	0,134	1,272	0,000	0,000	0,000	67%	11%	
2002	0,000	0,000	0,000	15,779	0,001	0,000	0,197	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	6,445	0,000	0,000	0,000	0,000	0,556	0,000	0,552	0,000	0,000	0,000	3,058	0,000	0,000	0,000	59%	13%	
2003	0,000	0,000	0,000	12,726	0,016	0,000	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,508	0,000	0,000	0,036	0,000	0,755	0,000	0,000	0,002	0,000	0,011	1,353	0,000	0,000	0,000	69%	11%	
2004	0,000	0,000	0,000	8,490	0,111	0,000	0,344	0,000	0,000	0,001	0,000	0,171	8,186	0,000	0,006	0,006	0,000	2,502	0,114	0,012	0,000	0,000	0,024	0,758	0,000	0,000	0,000	41%	8%	
2005	0,000	0,000	0,000	4,174	0,081	0,011	0,110	0,003	0,000	0,000	0,000	0,049	2,673	0,000	0,000	0,065	0,000	3,747	0,023	0,040	0,000	0,000	0,038	0,060	0,000	0,000	0,000	38%	8%	
2014*	0,000	0,000	0,000	18,569	0,025	0,015	0,000	0,000	0,162	0,000	0,000	0,000	3,081	0,000	0,012	0,000	0,000	4,468	0,000	0,000	0,000	0,000	1,062	0,000	0,000	0,000	0,000	68%	14%	
2015	0,000	0,000	0,000	52,301	0,050	5,529	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,223	36,114	0,000	0,038	0,000	0,000	8,717	0,732	0,046	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	50%	11%	
2016	0,000	0,000	0,000	30,345	0,895	0,000	0,287	0,528	0,000	0,000	0,000	0,000	41,454	0,000	0,008	0,000	0,000	8,329	1,488	0,249	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	36%	13%	
2017	0,000	0,000	0,000	41,031	0,184	0,000	0,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	30,152	0,000	0,039	0,000	0,000	3,810	3,117	0,034	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,073	52%	13%	
2018	0,000	0,000	0,000	40,917	0,000	0,866	1,209	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	32,962	0,000	0,005	0,000	0,000	5,134	0,464	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	50%	17%	
2019	0,000	0,000	0,000	39,195	0,168	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	26,811	0,000	0,000	0,000	0,000	2,197	0,462	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	57%	20%	
Moyenne	0,001	0,000	0,001	24,208	0,184	0,466	0,425	0,035	0,010	0,000	0,000	0,085	12,828	0,000	0,007	0,006	0,000	3,382	0,542	0,133	0,001	0,032	0,143	0,886	0,000	0,000	0,004	56%	5%	
% interannuel	0,0%	0,0%	0,0%	55,8%	0,4%	1,1%	1,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	29,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	7,8%	1,2%	0,3%	0,0%	0,1%	0,3%	2,0%	0,0%	0,0%	0,0%			
% peuplement 2019	0,0%	0,0%	0,0%	50,2%	0,0%	1,1%	1,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	40,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,3%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			

6.3.2 Peuplement à l'amont de Bois Joli

Pour la campagne 2019, sur les secteurs à l'amont de Bois Joli, 13 espèces ont été échantillonnées sur les 21 espèces recensées sur les secteurs lotiques (entre Villou et Trélat). Pour rappel, 25 espèces ont été identifiées sur le Frémur depuis 1995 en incluant l'ensemble des pêches (lotiques et lentiques) et des secteurs (Pont Avet à Trélat).

En plus des 4 espèces jamais capturées à l'amont de la retenue de Bois Joli (**flet, grémille, mulet porc et sandre**), 8 espèces n'ont pas été échantillonnées en 2019 : L'able de Heckel, l'ablette, le carassin, la carpe, l'épinochette, le goujon, la truite arc en ciel et le vairon.

Les espèces absentes en 2019 sont présentes généralement en très faible densité.

Depuis 2007, les modifications de protocole ont abouti à diminuer le nombre d'espèces pêchées. La plupart des espèces absentes sont plutôt celles inféodées aux eaux calmes caractéristiques des étangs de l'aval du Frémur et en provenance de l'estuaire. Elles sont donc peu représentées au niveau des milieux courants prospectés par pêches électriques, lors des années antérieures.

Sur l'ensemble du suivi (1995-2019) (Figure 35, Figure 36, Figure 37, Tableau 13 et Tableau 14), quatre espèces dominent le peuplement en termes d'effectif, la loche franche représentant 40,3 % du peuplement, le gardon 25,5 % et l'anguille 13,1 % et la perche 9,1 %. Ces 4 espèces représentent près de 88% des effectifs du peuplement interannuel.

Depuis 2016, l'anguille n'est plus parmi les trois espèces majoritaires du peuplement. Mais en 2019, l'abondance relative est en augmentation redevenant la 4^{ème} espèce du peuplement avec 8,3 % (5^{ème} en 2018 avec 5,8%). Elle est également très proche derrière la perche qui représente 8,7 % du peuplement. Les trois espèces qui dominent le peuplement en 2019 sont : la loche franche, première espèce en densité qui représente 55,7 % du peuplement, le gardon, deuxième espèce qui représente 17,2 % du peuplement, suivi de la perche représentant 8,7 %. Ces trois espèces représentent 81,7 % du peuplement du Frémur en 2019.

Concernant les biomasses, sur l'ensemble du suivi, l'anguille représente la plus grande part de la biomasse avec 36,7 %, suivi du gardon (32,3 %) et de la loche franche (8 %). Pour l'année 2019, le gardon est l'espèce représentant la plus forte biomasse (39,9 % du peuplement), suivi de l'anguille (20,9 %) et de la brème (13,5 %).

Concernant l'évolution des densités et des biomasses des espèces principales :

- L'anguille présente une densité moyenne de 0,13 ind/m² en 2019 sur le bassin versant en amont de la retenue de Bois Joli. Cette densité est nettement plus faible que la densité moyenne interannuelle (0,285 ind/m²) et est la 5^{ème} plus faible depuis le début du suivi. Elle est cependant en légère augmentation par rapport à l'année 2018 (0,09 ind/m²). L'année 2012 a montré la plus faible densité avec 0,088 ind/m². C'est aussi depuis 2012 que les densités en anguille sont passées sous les 0,2 ind/m² alors qu'elles ont toujours été nettement supérieures au cours des années antérieures. Concernant la biomasse en anguille, la campagne 2019 est la seconde valeur la plus faible depuis le début du suivi (4,77 g/m²). Cette valeur est deux fois plus faible que la biomasse moyenne interannuelle (10,25 g/m²).

- Evaluation du stock (Suivi annuel) -

L'année 2018 avait montré la plus faible biomasse ($4,52 \text{ g/m}^2$) depuis le début du suivi. En 2019, la légère augmentation de densités couplées à une des plus faibles valeurs de biomasse semble mettre en évidence une augmentation du recrutement d'anguillettes sur l'amont du bassin versant.

- Pour le gardon, la densité observée en 2019 est de $0,27 \text{ ind/m}^2$ ce qui est nettement inférieur à la densité moyenne interannuelle ($0,56 \text{ ind/m}^2$) mais comparable à 2018 ($0,25 \text{ ind/m}^2$). La biomasse en 2019 ($9,1 \text{ g/m}^2$) est légèrement plus élevée que la moyenne interannuelle ($8,8 \text{ g/m}^2$) et plus importante que la biomasse observée en 2018 ($7,55 \text{ g/m}^2$).
- La densité en loches franches pour la campagne 2019 a été de $0,86 \text{ ind/m}^2$. Cette densité est relativement proche de la densité moyenne interannuelle ($0,88 \text{ ind/m}^2$) et relativement stable par rapport à 2018 ($0,83 \text{ ind/m}^2$). En 2019, la biomasse en loches franche a été de $2,45 \text{ g/m}^2$ ce qui est légèrement supérieure à la moyenne interannuelle ($2,25 \text{ g/m}^2$).

Pour la saison 2019 l'anguille est la quatrième espèce du peuplement en densité (cinquième en 2018 et 2017) et la deuxième en biomasse (comme en 2018 et 2017) sur les secteurs lotiques du Frémur en amont de la retenue de Bois Joli. Les densités en anguille restent faibles en cohérence avec les faibles recrutements observés entre 2015 et 2017, mais semble augmenter en lien probable avec le bon recrutement observé en 2018. Pour 2020, la poursuite de cette augmentation des densités est à espérer compte tenu du bon recrutement observé également en 2019.

Le peuplement du Frémur est très fortement dominé par des espèces tolérantes (gardon, loche franche, épioche, perche). De plus, les densités des principales espèces : anguille, gardon, loche franche présentent une tendance à la diminution de leurs densités depuis 2003, soulignant la dégradation du peuplement piscicole sur le Frémur. Cependant depuis 2016, une augmentation des densités de loches franches est constatée accompagnée d'une stabilisation des densités de perches, épioches et gardons. Les densités d'anguilles restent faibles mais semblent se stabiliser depuis 2017.

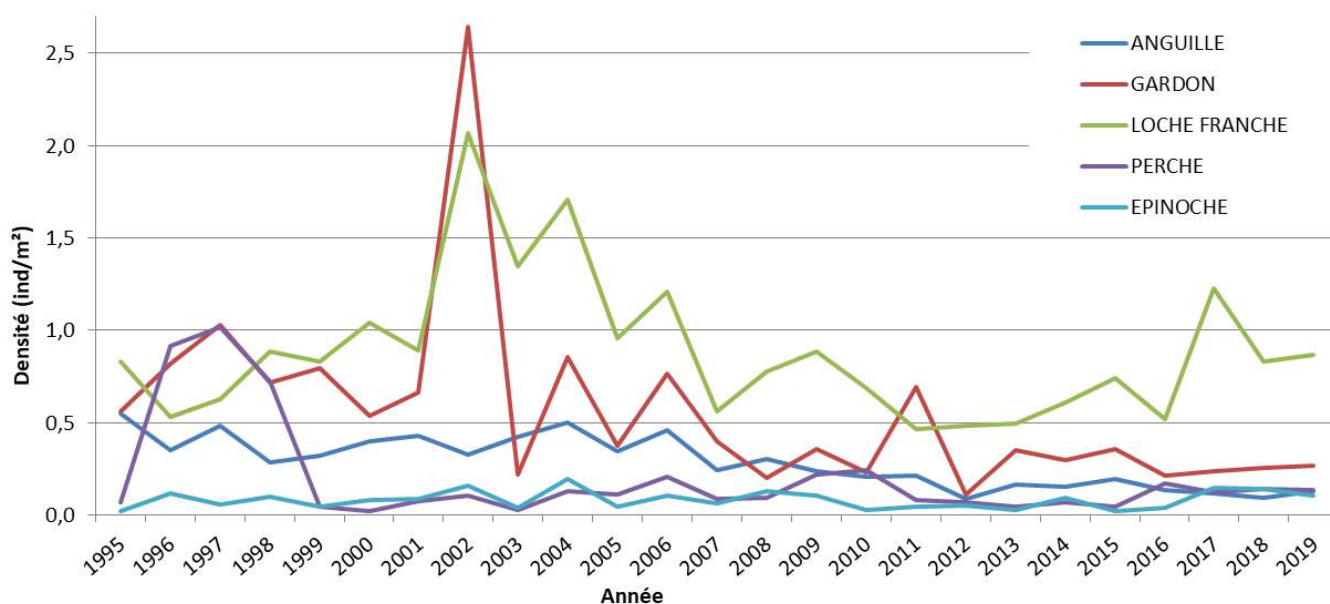


Figure 35 : Evolution des densités des principales espèces sur le Frémur depuis de 1995 à 2019 (FISH-PASS)

- Evaluation du stock (Suivi annuel) -

Le peuplement piscicole du Frémur met en évidence un milieu qui se dégrade depuis le début du suivi avec une diminution des densités des principales espèces. Une amélioration semble toutefois visible ces dernières années pour la loche franche et le gardon. Concernant la population d'anguilles, elle montre toujours un déclin progressif avec des densités toujours basses.

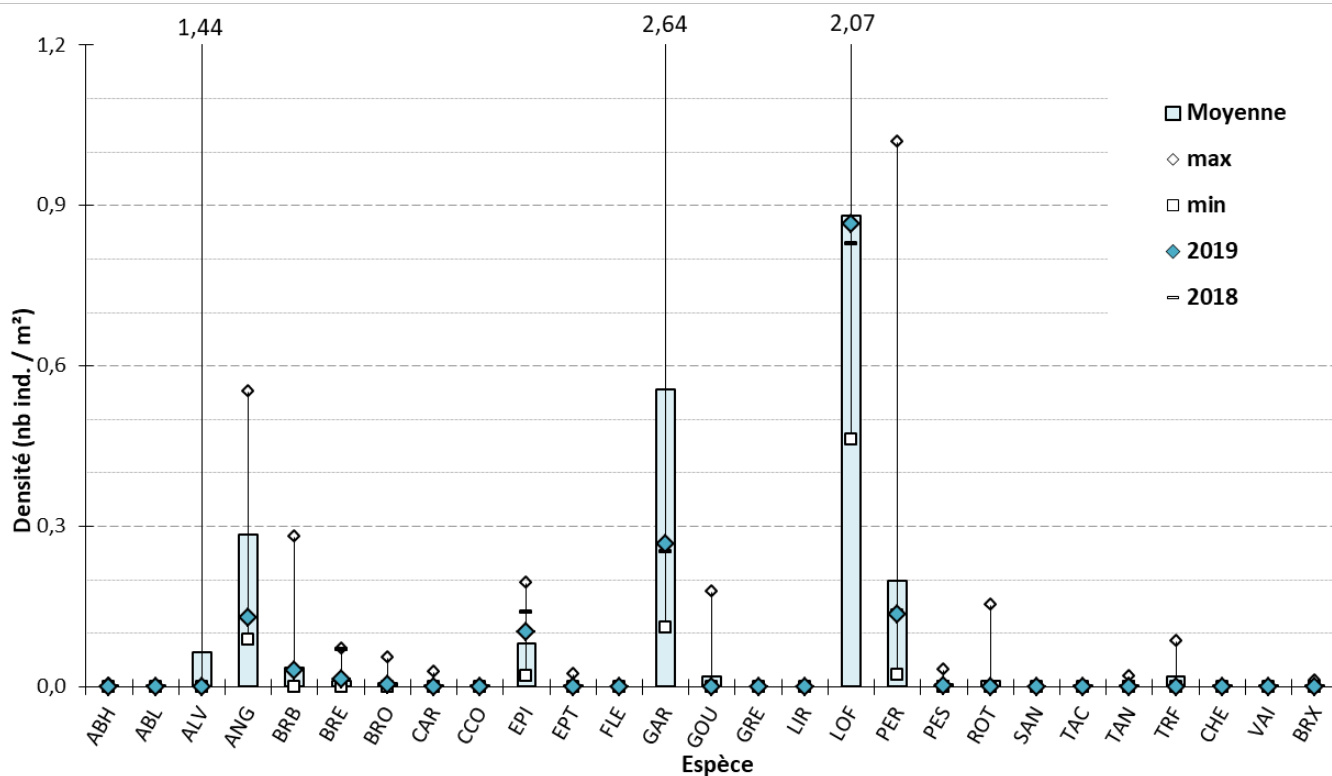
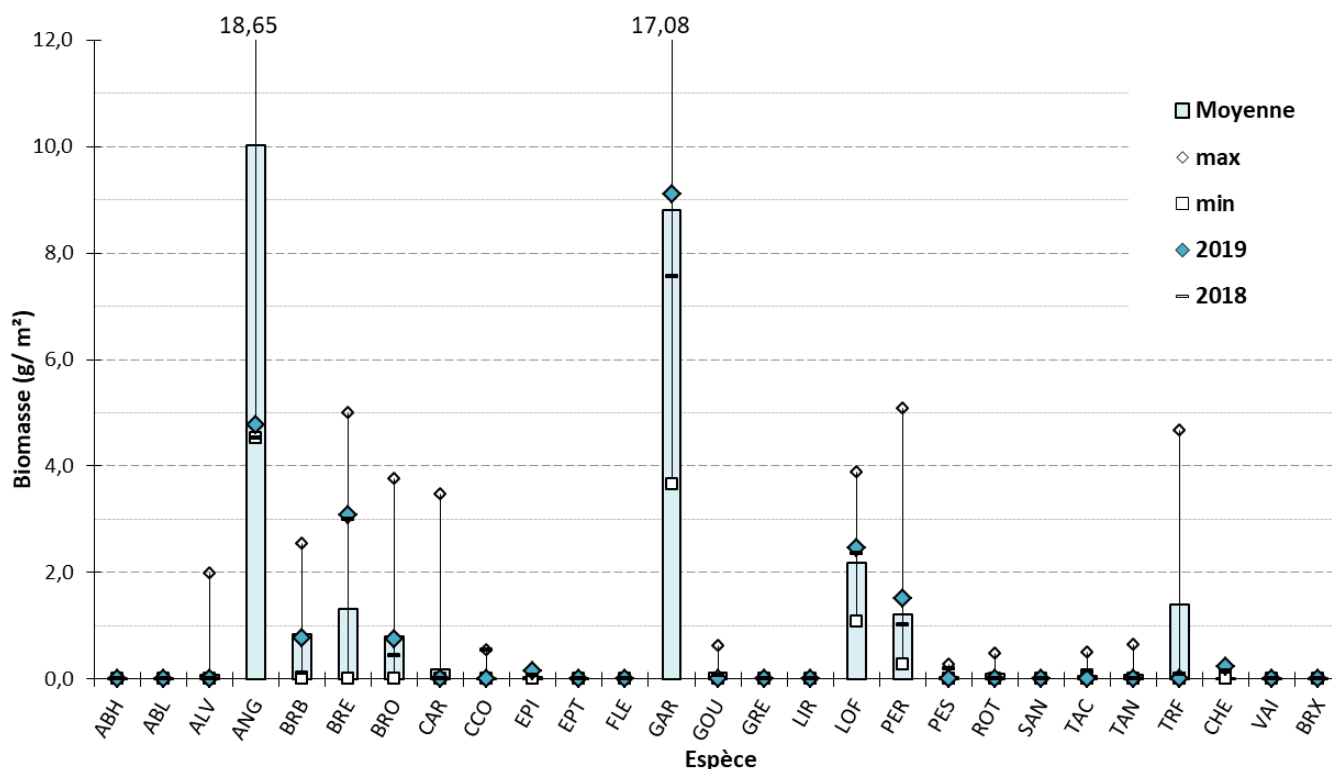


Figure 36 : Evolution des densités moyennes 2018 et 2019 des espèces capturées par pêches électriques de 1995 à 2019, Secteurs Pont Avet et Pont es Omnès non intégrés et secteur du Villou non pêché en 2007 (FISH-PASS)



- Evaluation du stock (Suivi annuel) -

Figure 37 : Evolution des biomasses moyennes 2018 et 2019 des espèces capturées par pêches électriques de 1995 à 2019, Secteurs Pont Avet et Pont es Omnès exclus et Villou non pêché en 2007 (FISH PASS)

- Evaluation du stock (Suivi annuel) -

Tableau 13 : Densités moyennes par espèce obtenues par pêches électriques (de 1995 à 2019), secteurs Pont Avet et Pont es Omnès exclus, Villou exclu en 2007 (FISH-PASS)

Densité (ind./m²)	Espèce																											Densité relative ANG	Occurrence relative ANG
Année	ABH	ABL	ALV	ANG	BRB	BRE	BRO	CAR	CCO	EPI	EPT	FLE	GAR	GOU	GRE	LIR	LOF	PER	PES	ROT	SAN	TAC	TAN	TRF	CHE	VAI	BRX		
1995	0,000	0,000	0,153	0,551	0,000	0,019	0,004	0,001	0,000	0,020	0,000	0,000	0,563	0,009	0,000	0,000	0,828	0,071	0,012	0,151	0,000	0,000	0,013	0,003	0,000	0,000	0,000	23%	7%
1996	0,000	0,000	0,002	0,348	0,009	0,023	0,013	0,000	0,000	0,114	0,000	0,000	0,819	0,006	0,000	0,000	0,533	0,917	0,025	0,005	0,000	0,000	0,006	0,049	0,000	0,000	0,000	12%	8%
1997	0,002	0,000	1,442	0,485	0,052	0,000	0,013	0,000	0,002	0,053	0,000	0,000	1,030	0,003	0,000	0,000	0,625	1,019	0,008	0,016	0,000	0,000	0,004	0,084	0,000	0,000	0,000	10%	7%
1998	0,000	0,000	0,001	0,286	0,012	0,000	0,054	0,001	0,000	0,100	0,000	0,000	0,715	0,007	0,000	0,000	0,882	0,721	0,001	0,018	0,000	0,000	0,002	0,056	0,000	0,000	0,000	10%	8%
1999	0,000	0,000	0,000	0,321	0,019	0,004	0,011	0,000	0,000	0,043	0,000	0,000	0,796	0,071	0,000	0,000	0,827	0,044	0,000	0,002	0,000	0,000	0,009	0,010	0,000	0,000	0,000	15%	8%
2000	0,003	0,000	0,000	0,397	0,033	0,000	0,006	0,001	0,000	0,077	0,000	0,000	0,536	0,176	0,000	0,000	1,040	0,022	0,000	0,065	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	17%	8%
2001	0,000	0,000	0,000	0,431	0,006	0,000	0,000	0,001	0,000	0,084	0,000	0,000	0,663	0,030	0,000	0,000	0,889	0,075	0,000	0,003	0,000	0,000	0,001	0,015	0,000	0,000	0,000	20%	9%
2002	0,000	0,000	0,000	0,328	0,023	0,001	0,008	0,000	0,000	0,157	0,000	0,000	2,644	0,023	0,000	0,000	2,069	0,105	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000	6%	8%
2003	0,000	0,000	0,000	0,422	0,014	0,014	0,005	0,001	0,000	0,040	0,000	0,000	0,217	0,094	0,000	0,000	1,346	0,028	0,002	0,002	0,000	0,001	0,007	0,008	0,000	0,000	0,000	19%	7%
2004	0,000	0,000	0,000	0,498	0,252	0,009	0,006	0,005	0,000	0,194	0,000	0,000	0,854	0,039	0,000	0,000	1,705	0,131	0,031	0,000	0,000	0,001	0,019	0,002	0,000	0,000	0,000	13%	7%
2005	0,000	0,000	0,000	0,347	0,002	0,042	0,001	0,007	0,000	0,043	0,000	0,000	0,377	0,012	0,000	0,000	0,957	0,107	0,004	0,001	0,000	0,000	0,001	0,004	0,000	0,000	0,000	18%	8%
2006	0,000	0,000	0,000	0,458	0,018	0,017	0,003	0,027	0,000	0,103	0,000	0,000	0,762	0,016	0,000	0,000	1,208	0,208	0,004	0,001	0,000	0,001	0,002	0,012	0,000	0,000	0,000	16%	7%
2007	0,001	0,000	0,000	0,241	0,011	0,008	0,003	0,000	0,000	0,063	0,000	0,000	0,397	0,004	0,000	0,000	0,558	0,089	0,004	0,002	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000	17%	8%
2008	0,000	0,000	0,000	0,302	0,003	0,000	0,001	0,003	0,000	0,126	0,000	0,000	0,198	0,007	0,000	0,000	0,774	0,089	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	20%	8%
2009	0,000	0,000	0,000	0,234	0,018	0,000	0,004	0,000	0,000	0,107	0,000	0,000	0,356	0,003	0,000	0,000	0,884	0,215	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	13%	8%
2010	0,000	0,002	0,000	0,205	0,016	0,000	0,001	0,002	0,000	0,028	0,022	0,000	0,227	0,003	0,000	0,000	0,686	0,241	0,002	0,003	0,000	0,000	0,000	0,038	0,000	0,000	0,000	14%	7%
2011	0,000	0,000	0,000	0,211	0,004	0,013	0,001	0,000	0,000	0,045	0,000	0,000	0,694	0,002	0,000	0,000	0,463	0,078	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,026	0,000	0,000	0,000	14%	10%
2012	0,000	0,000	0,000	0,088	0,021	0,008	0,008	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,111	0,002	0,000	0,000	0,485	0,067	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,009	0,000	0,000	0,000	10%	10%
2013	0,000	0,000	0,000	0,166	0,280	0,004	0,004	0,004	0,000	0,029	0,000	0,000	0,347	0,001	0,000	0,000	0,496	0,047	0,004	0,002	0,000	0,000	0,006	0,037	0,000	0,000	0,000	12%	8%
2014	0,000	0,000	0,000	0,151	0,000	0,022	0,004	0,000	0,000	0,089	0,000	0,000	0,293	0,000	0,000	0,000	0,607	0,070	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,013	0,000	0,000	0,000	12%	8%
2015	0,000	0,000	0,000	0,197	0,005	0,031	0,001	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,355	0,000	0,000	0,000	0,740	0,045	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,060	0,000	0,000	0,000	13%	9%
2016	0,000	0,000	0,000	0,136	0,030	0,000	0,007	0,000	0,000	0,036	0,000	0,000	0,211	0,000	0,000	0,000	0,519	0,172	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002	0,005	0,000	0,000	0,000	12%	10%
2017	0,001	0,001	0,000	0,114	0,018	0,009	0,006	0,000	0,000	0,148	0,000	0,000	0,236	0,002	0,000	0,000	1,225	0,120	0,000	0,004	0,000	0,000	0,006	0,002	0,000	0,000	0,010	6%	7%
2018	0,003	0,000	0,000	0,090	0,006	0,070	0,003	0,000	0,001	0,139	0,000	0,000	0,253	0,002	0,000	0,000	0,828	0,142	0,007	0,002	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,004	6%	6%
2019	0,000	0,000	0,000	0,129	0,031	0,014	0,004	0,000	0,000	0,103	0,000	0,000	0,268	0,000	0,000	0,000	0,865	0,136	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8%	8%
Moyenne	0,000	0,000	0,064	0,285	0,035	0,012	0,007	0,002	0,000	0,080	0,001	0,000	0,557	0,020	0,000	0,000	0,882	0,198	0,004	0,012	0,000	0,000	0,004	0,020	0,000	0,000	0,001	13%	5%
% interannuel	0,0%	0,0%	2,9%	13,1%	1,6%	0,6%	0,3%	0,1%	0,0%	3,7%	0,0%	0,0%	25,5%	0,9%	0,0%	0,0%	40,3%	9,1%	0,2%	0,5%	0,0%	0,0%	0,2%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%		
% peuplement 2019	0,0%	0,0%	0,0%	8,3%	2,0%	0,9%	0,3%	0,0%	0,0%	6,6%	0,0%	0,0%	17,2%	0,0%	0,0%	0,0%	55,7%	8,7%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		

- Evaluation du stock (Suivi annuel) -

Tableau 14 : Biomasses moyennes par espèce obtenues par pêches électriques (de 1995 à 2019), secteurs Pont Avet et Pont es Omnès exclus, Villou exclu en 2007 (FISH-PASS)

Biomasse (g/m²)	Espèce																											Biomasse relative ANG	Occurrence relative ANG
Année	ABH	ABL	ALV	ANG	BRB	BRE	BRO	CAR	CCO	EPI	EPT	FLE	GAR	GOU	GRE	LIR	LOF	PER	PES	ROT	SAN	TAC	TAN	TRF	CHE	VAI	BRX		
1995	0,000	0,000	0,115	18,647	0,003	0,131	0,199	0,080	0,001	0,014	0,000	0,000	10,407	0,128	0,000	0,000	1,694	1,467	0,035	0,410	0,000	0,000	0,646	0,764	0,000	0,000	0,000	54%	7%
1996	0,000	0,000	0,001	14,588	0,191	0,059	1,357	0,000	0,000	0,061	0,000	0,000	7,034	0,025	0,000	0,000	1,469	5,079	0,276	0,278	0,000	0,000	0,215	1,157	0,000	0,000	0,000	46%	8%
1997	0,001	0,000	1,978	17,693	1,355	0,000	3,311	0,030	0,040	0,026	0,000	0,000	16,846	0,017	0,000	0,000	1,761	2,737	0,230	0,485	0,000	0,000	0,199	3,588	0,000	0,000	0,000	35%	7%
1998	0,000	0,000	0,001	7,660	0,564	0,000	3,756	0,006	0,000	0,062	0,000	0,000	9,917	0,076	0,000	0,000	2,000	2,159	0,022	0,256	0,000	0,000	0,093	1,406	0,000	0,000	0,000	27%	8%
1999	0,000	0,000	0,000	12,178	0,963	1,222	0,764	0,000	0,000	0,026	0,000	0,000	3,660	0,181	0,000	0,000	2,143	0,271	0,012	0,074	0,000	0,000	0,009	1,613	0,000	0,000	0,000	53%	8%
2000	0,004	0,000	0,000	17,518	2,009	0,000	0,492	0,027	0,000	0,051	0,000	0,000	6,636	0,625	0,000	0,000	1,729	0,533	0,002	0,098	0,000	0,000	0,001	0,028	0,000	0,000	0,000	59%	8%
2001	0,000	0,000	0,000	10,883	0,152	0,000	0,000	0,007	0,000	0,058	0,000	0,000	4,418	0,251	0,000	0,000	2,548	0,317	0,009	0,047	0,000	0,000	0,134	1,272	0,000	0,000	0,000	54%	9%
2002	0,000	0,000	0,000	11,800	1,976	0,382	0,968	0,002	0,000	0,083	0,000	0,000	11,518	0,103	0,000	0,000	3,367	0,491	0,010	0,002	0,000	0,000	0,000	3,058	0,000	0,000	0,000	35%	8%
2003	0,000	0,000	0,000	12,675	1,791	5,000	0,546	0,059	0,000	0,023	0,000	0,000	7,227	0,145	0,000	0,000	1,834	0,553	0,031	0,029	0,000	0,020	0,011	1,353	0,000	0,000	0,000	40%	7%
2004	0,000	0,000	0,000	12,836	2,544	3,141	0,567	0,020	0,000	0,101	0,000	0,000	4,962	0,275	0,000	0,000	3,877	1,093	0,042	0,004	0,000	0,506	0,024	0,758	0,000	0,000	0,000	42%	7%
2005	0,000	0,000	0,000	7,079	0,009	3,336	0,109	0,152	0,000	0,022	0,000	0,000	6,624	0,125	0,000	0,000	2,384	0,442	0,064	0,031	0,000	0,000	0,038	0,060	0,000	0,000	0,000	35%	8%
2006	0,000	0,000	0,000	11,733	1,008	3,500	0,288	3,463	0,032	0,050	0,000	0,000	10,022	0,240	0,000	0,000	3,081	0,586	0,032	0,030	0,000	0,164	0,125	0,285	0,000	0,000	0,000	34%	7%
2007	0,001	0,000	0,000	9,672	0,870	0,775	0,747	0,089	0,000	0,031	0,000	0,000	11,088	0,078	0,000	0,000	1,892	1,217	0,059	0,074	0,000	0,000	0,000	1,291	0,000	0,000	0,000	35%	8%
2008	0,000	0,000	0,000	10,239	0,192	0,000	0,281	0,096	0,000	0,071	0,000	0,000	7,611	0,145	0,000	0,000	2,415	1,243	0,004	0,273	0,000	0,144	0,000	0,047	0,000	0,000	0,000	45%	8%
2009	0,000	0,000	0,000	9,483	1,552	0,001	0,435	0,000	0,004	0,054	0,000	0,000	13,308	0,076	0,000	0,000	1,902	2,071	0,000	0,000	0,000	0,142	0,000	1,558	0,000	0,000	0,000	31%	8%
2010	0,000	0,003	0,000	8,520	1,121	0,000	1,658	0,307	0,004	0,013	0,007	0,000	11,845	0,054	0,000	0,000	2,055	1,440	0,066	0,049	0,000	0,000	0,000	4,455	0,000	0,000	0,000	27%	7%
2011	0,000	0,000	0,000	6,229	0,069	0,518	0,062	0,000	0,000	0,028	0,000	0,000	5,065	0,016	0,000	0,000	1,084	0,999	0,000	0,026	0,000	0,000	0,000	0,785	0,000	0,000	0,000	42%	10%
2012	0,000	0,000	0,000	5,081	1,019	1,046	0,830	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	5,743	0,027	0,000	0,000	1,953	0,728	0,000	0,000	0,000	0,000	0,087	4,679	0,000	0,000	0,000	24%	10%
2013	0,000	0,000	0,000	9,527	0,332	0,264	0,176	0,378	0,000	0,013	0,000	0,000	7,971	0,023	0,000	0,000	1,484	0,519	0,023	0,011	0,000	0,000	0,016	0,868	0,000	0,000	0,000	44%	8%
2014	0,000	0,000	0,000	6,356	0,006	2,396	0,753	0,000	0,000	0,041	0,000	0,000	17,080	0,000	0,000	0,000	1,863	1,219	0,023	0,101	0,000	0,000	0,147	2,370	0,100	0,000	0,000	20%	8%
2015	0,000	0,000	0,000	7,979	0,353	2,368	0,093	0,000	0,006	0,006	0,000	0,000	10,877	0,000	0,000	0,000	2,677	0,360	0,000	0,002	0,000	0,000	0,002	1,136	0,000	0,000	0,000	31%	9%
2016	0,000	0,000	0,000	7,240	1,519	0,000	0,843	0,000	0,000	0,015	0,000	0,000	7,377	0,000	0,000	0,000	1,419	0,856	0,008	0,000	0,000	0,263	0,003	1,408	0,000	0,000	0,000	35%	10%
2017	0,002	0,001	0,000	5,492	0,755	2,643	0,450	0,000	0,000	0,081	0,000	0,000	6,358	0,064	0,000	0,000	3,351	1,176	0,000	0,004	0,000	0,000	0,009	0,768	0,000	0,005	0,005	26%	7%
2018	0,004	0,000	0,000	4,519	0,115	2,993	0,437	0,000	0,553	0,062	0,000	0,000	7,552	0,075	0,000	0,000	2,353	1,025	0,187	0,003	0,000	0,156	0,015	0,094	0,155	0,000	0,003	22%	6%
2019	0,000	0,000	0,000	4,773	0,762	3,087	0,756	0,000	0,000	0,141	0,000	0,000	9,115	0,000	0,000	0,000	2,452	1,521	0,010	0,002	0,000	0,000	0,004	0,003	0,230	0,000	0,000	21%	8%
Moyenne	0,000	0,000	0,084	10,25	0,849	1,314	0,795	0,189	0,026	0,049	0,000	0,000	8,810	0,110	0,000	0,000	2,251	1,230	0,045	0,090	0,000	0,076	0,071	1,392	0,019	0,000	0,000	37%	5%
% interannuel	0,0%	0,0%	0,3%	36,7%	3,1%	4,8%	2,9%	0,7%	0,1%	0,2%	0,0%	0,0%	32,3%	0,4%	0,0%	0,0%	8,0%	4,4%	0,2%	0,3%	0,0%	0,2%	0,3%	5,1%	0,1%	0,0%	0,0%		
% peuplement	0,0%	0,0%	0,0%	20,9%	3,3%	13,5%	3,3%	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	39,9%	0,0%	0,0%	0,0%	10,7%	6,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%		

- Evaluation du stock (Suivi annuel) -

La densité du peuplement (hors anguille) présente une tendance à la diminution depuis le début du suivi, malgré une relative stabilisation entre 2007 et 2016, et un léger regain depuis 2017 (Figure 38). La biomasse globale du peuplement (hors anguille) est très variable suivant les années. En 2019, cette biomasse est moyenne avec 18,1 g/m², ce qui est légèrement supérieur à la moyenne interannuelle à 17,3 g/m².

Concernant l'anguille, la densité relative en 2019 est de 8,3 %. Cette valeur est plus élevée que celles de 2017 et 2018 (respectivement 5,8 % et 6 %) mais reste plus faible que celles observées sur la période 2009-2016, qui présentait des densités relatives comprises entre 10 et 14%.

La biomasse relative est de 21 % ce qui est très en deçà de la moyenne interannuelle (37 %). Elle est beaucoup plus fluctuante selon les années et présente une tendance générale à la baisse.

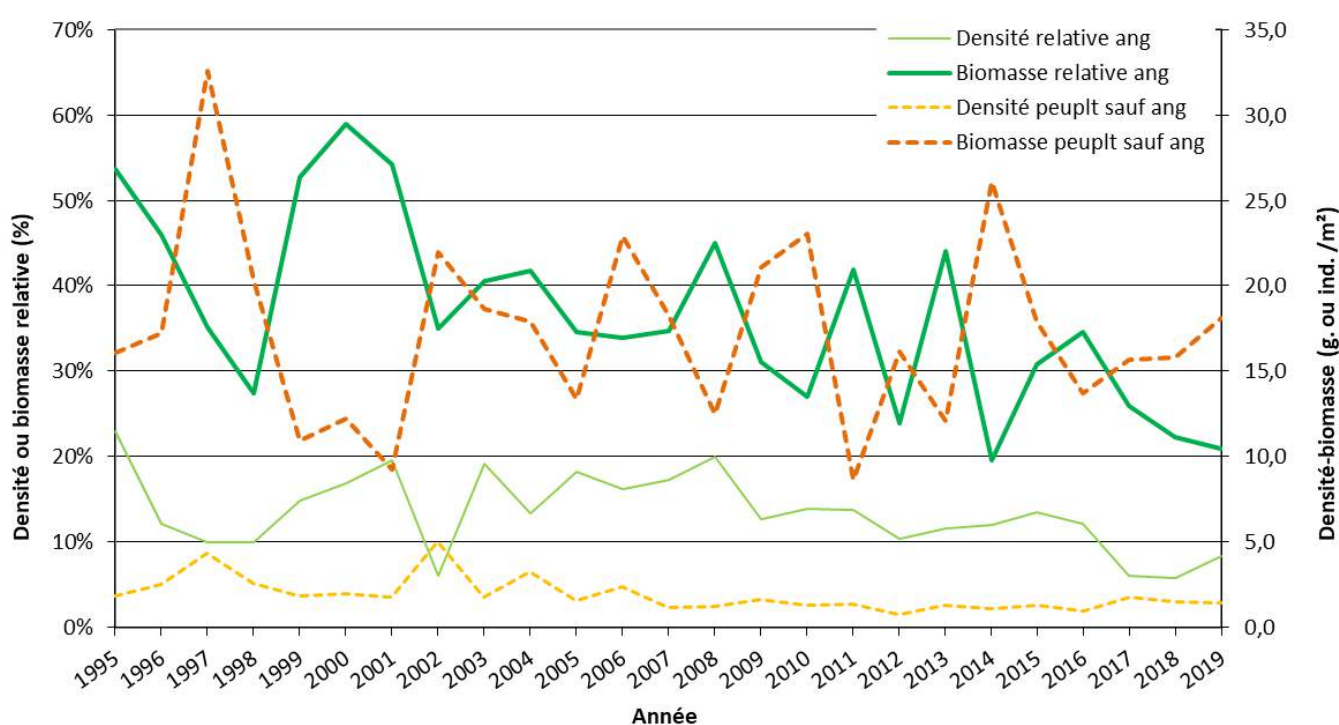


Figure 38 : Evolution annuelle de 1995 à 2019 des paramètres de l'anguille rapportés à ceux du peuplement du Frémur (secteurs Pont Avet, Pont es Omnes et Villou en 2007 exclus) (FISH PASS).

La densité relative de l'anguille présente une nette baisse depuis 2017 avec une légère amélioration en 2019. Concernant la biomasse relative, une tendance à la baisse s'observe depuis le début du suivi.

6.4 Paramètres de la population d'anguille

6.4.1 Densité, biomasse

La densité moyenne en anguilles sur le bassin versant du Frémur à l'amont de la retenue Bois Joli est de 0,129 ind/m² en 2019. C'est la 5^{ème} plus faible depuis le début du suivi en 1995 (moyenne interannuelle : 0,285 ind./m², valeur min 2012 : 0,088 ind./m²). Cette faible densité peut s'expliquer par l'assez faible recrutement observé entre 2015 et 2017 (entre 2572 et 4819 anguilles dans le piège de montaison de Bois Joli). Elle est cependant en légère augmentation par rapport à l'année 2018 (0,09 ind/m²), qui a connu un bon recrutement (8358 anguilles dans le piège de montaison de Bois Joli). En effet, comme le montre la Figure 39, il apparaît que depuis 2008 une relation positive significative existe entre le recrutement observé et la densité sur la station Villou l'année suivante. Avant 2008, aucune relation n'était visible ce qui laissait penser une saturation du milieu avant cette date (Thèse de Clarisse Boulenger, 2015).

La biomasse moyenne sur le bassin versant est de 4,77 g/m² en 2019. C'est la deuxième valeur la plus faible depuis le début du suivi après celle de 2018 (4,52 g/m²) mais une stabilisation semble s'amorcer. Elle est aussi nettement plus faible que la biomasse moyenne interannuelle (10,02 g/m²), voir Figure 40, page suivante.

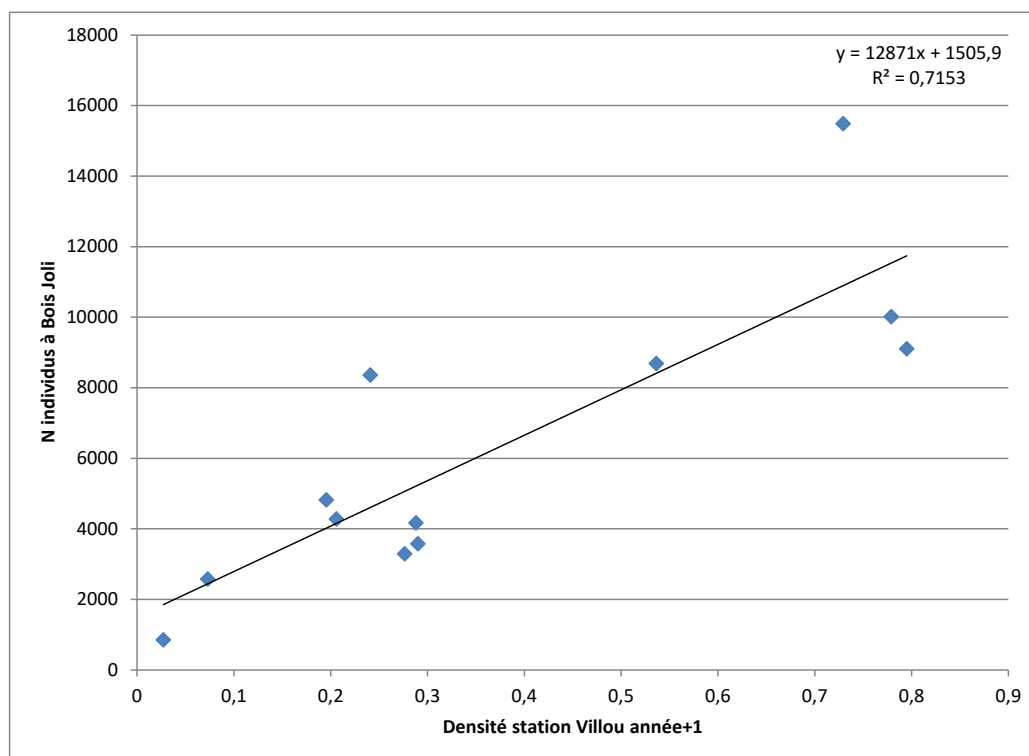


Figure 39 : Relation entre le recrutement observé à Bois Joli et la densité observée sur le secteur Villou à N+1 entre 2008 et 2019.

Une chute importante de la densité s'observe depuis 2006 en lien probable avec la vidange de Bois Joli la même année. De plus, sur la période 1995-2019, une **tendance significative à la baisse des densités est observée** (coefficient de corrélation de Kendall tau=-0.67, p<0.01). La **baisse de la biomasse est également significative sur cette même période** (coefficient de corrélation de Kendall tau=-0.68, p<0.01).

- Evaluation du stock (Suivi annuel) -

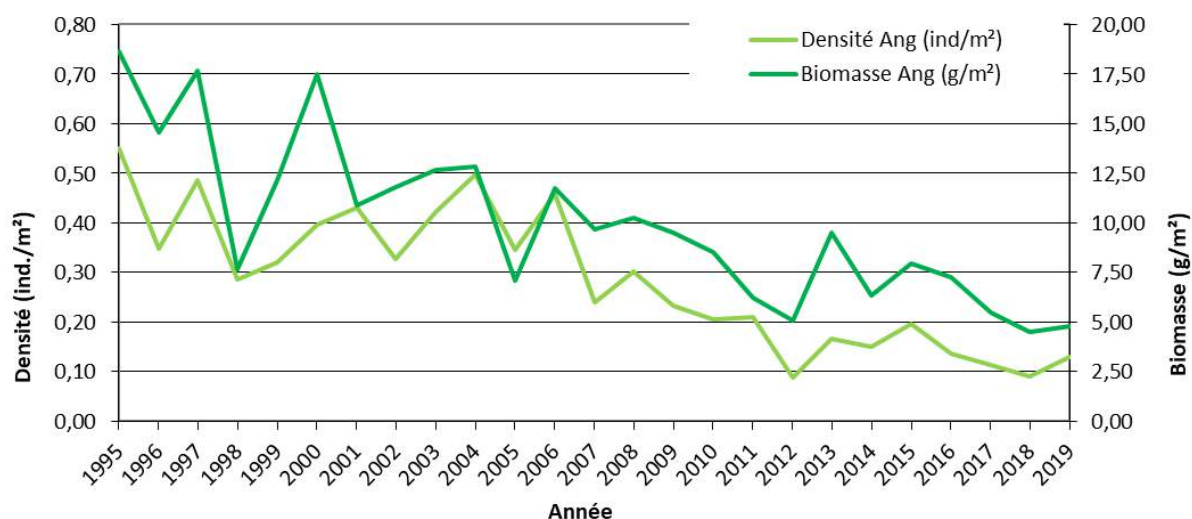


Figure 40 : Evolution annuelle de la densité et de la biomasse d'anguille sur le Frémur de 1995 à 2019 (secteurs Pont Avet, Pont es Omnes et Villou en 2007 exclus) (FISH PASS).

Le poids moyen des anguilles était relativement stable depuis 2016 (entre 48 et 53 g) mais nettement supérieur au poids moyen interannuel de 38 g. Lors de la campagne 2019 il était de 37 g (Figure 41), donc en baisse mais très proche de la moyenne interannuelle. Cette baisse observée en 2019 peut s'expliquer par le bon recrutement de 2018, permettant l'arrivée de jeunes individus sur les secteurs en amont de Bois Joli. En effet, les résultats des années précédentes peuvent s'expliquer par les faibles recrutements sur l'amont du bassin versant avant 2018. Depuis 2005, le poids moyen des anguilles sur le bassin versant présente une tendance à l'augmentation mettant en évidence un déficit de jeunes anguilles.

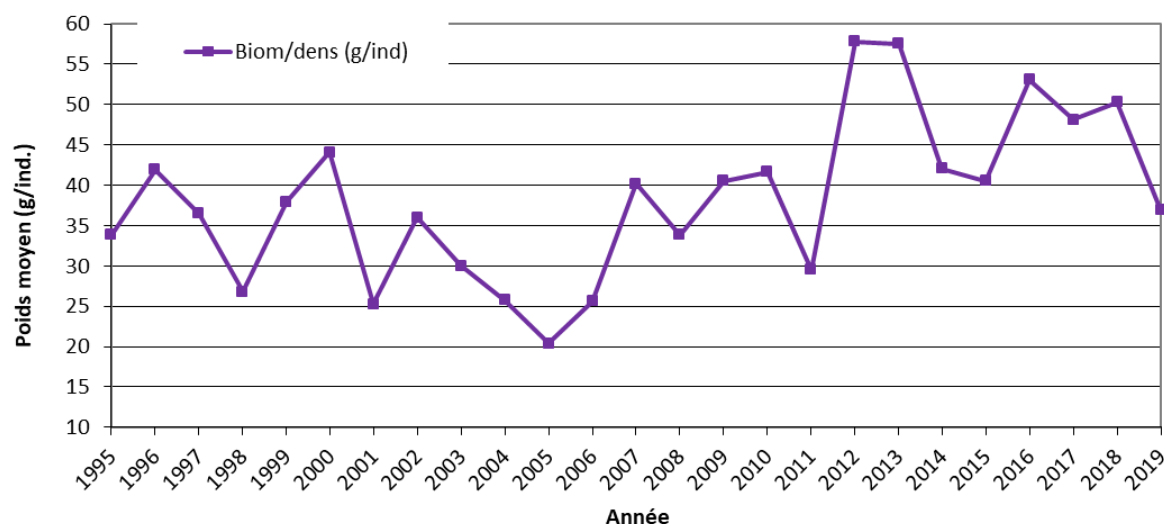


Figure 41 : Evolution annuelle du "poids moyen" des anguilles sur le Frémur de 1995 à 2019 (secteurs Pont Avet, Pont es Omnes et Villou en 2007 exclus). Poids moyen calculé par le rapport de la biomasse sur la densité (FISH-PASS)

La densité et la biomasse en anguilles dans le bassin versant observées en 2019 restent faibles mais une légère amélioration semble s'amorcer. Le poids moyen présente globalement une tendance à l'augmentation particulièrement depuis 2005 soulignant un vieillissement de population. La nette baisse constatée en 2019 confirme un rajeunissement de la population avec une colonisation en anguillettes en augmentation

6.4.2 Répartition

6.4.2.1 Densités observées sur les différents secteurs en 2019

Entre 2006 et 2013, la description de la répartition des densités et biomasses de l'anguille sur l'axe Frémur ne comprenait plus les secteurs aval de Pont es Omnès et Pont Avet. Ces secteurs sont de nouveau échantillonnés respectivement depuis 2014 et 2015. Les données relatives à ces stations, sont présentées dans quelques figures mais ne sont pas utilisées dans certaines comparaisons interannuelles. Les densités et biomasses d'anguilles sur chacun des secteurs pour chaque année sont présentées en annexe 1.

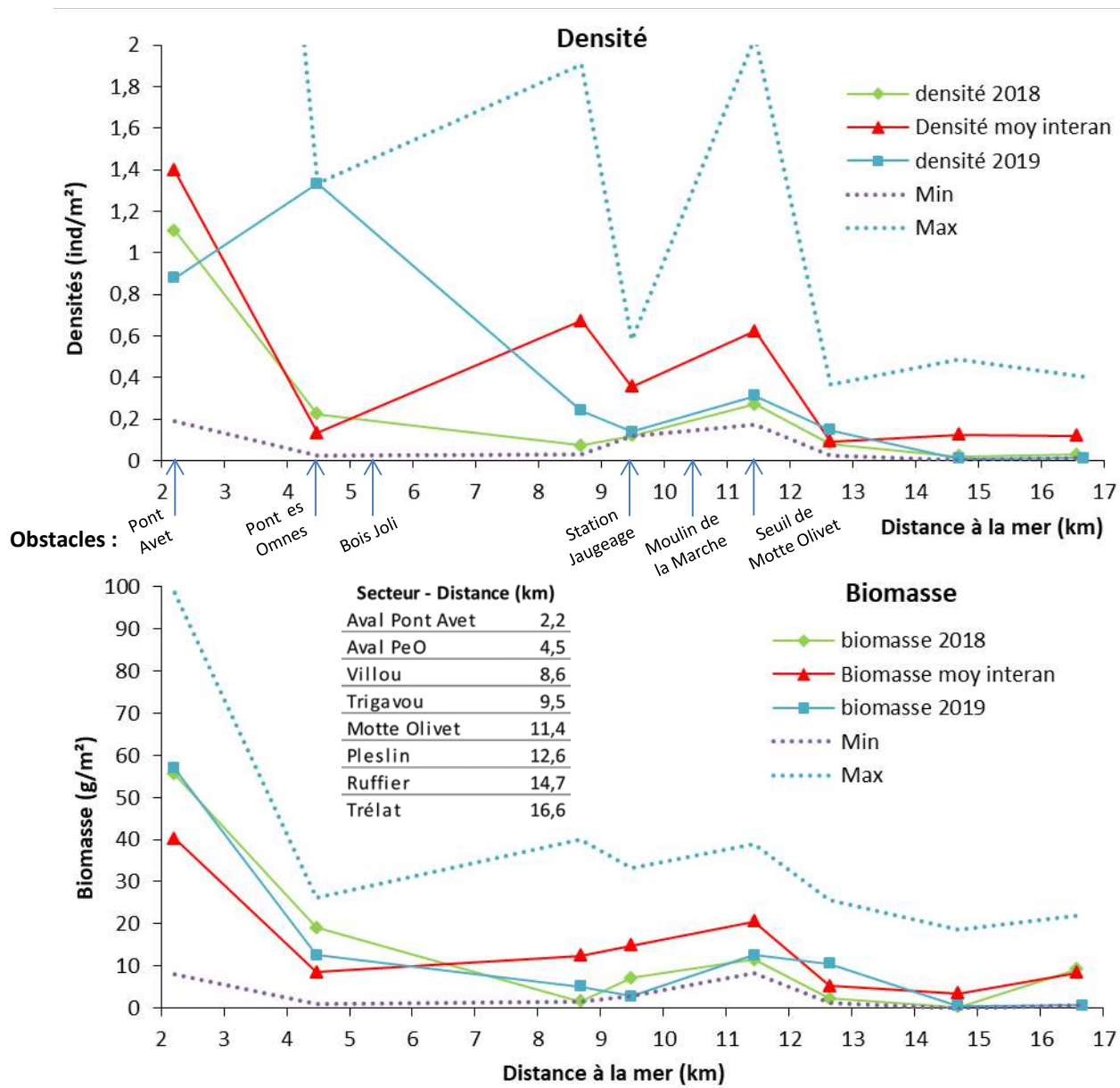


Figure 42 : Evolution des paramètres densités et biomasses d'anguille en fonction de la distance à la mer sur le Frémur en 2018, 2019 et moyenne depuis 1995 (FISH PASS)

D'après la moyenne interannuelle, une tendance à la diminution des densités et biomasses est observée entre l'aval et l'amont du bassin versant.

Le secteur aval de Pont Avet est le plus proche de la mer et bénéficie donc en premier du recrutement en anguilles. C'est donc le secteur où les plus fortes densités sont observées sur le bassin. Ces fortes densités sont probablement amplifiées par des problèmes de franchissement du barrage de Pont Avet qui peut bloquer une partie des individus migrants et créer un phénomène d'accumulation en aval.

Le secteur du Pont es Omnès présente en moyenne d'assez faibles densités en anguilles malgré la présence de l'ouvrage de Pont es Omnès laissant supposer un milieu peu propice aux petites anguilles, une capturabilité plus faible en pêche électrique ou un bon fonctionnement de la passe à anguille limitant ainsi une accumulation au pied du barrage. Cependant, une forte densité d'anguilles a été observée sur ce secteur en 2019 (valeur maximale observée depuis le début du suivi). Différents facteurs exceptionnels peuvent expliquer ce résultat, notamment la baisse importante des niveaux d'eau dans la retenue de Pont Avet (travaux de réparation de la structure de l'ouvrage). Ceci s'est soldé par une diminution importante des surfaces en eau au niveau des stations habituellement pêchées en créant des zones lotiques propices aux anguillettes et a également perturbé le fonctionnement de la passe de montaison à Pont es Omnes menant à une probable accumulation d'anguilles en aval de ce dernier.

Le secteur Villou présente généralement des densités importantes, par rapport aux autres secteurs amont (hormis 2007, 2012 et 2018), qui ne s'accompagnent cependant pas d'une biomasse élevée (Figure 42). Cette observation s'explique par le rôle important du Villou comme secteur de recrutement où s'accumulent de petites anguilles. Depuis 2008, les densités observées sont corrélées au recrutement observé (n-1) au piège de Bois Joli.

Le secteur intermédiaire de Trigavou présente une densité moyenne plus faible soulignant un recrutement plus faible qu'à Villou. Cependant, la biomasse moyenne interannuelle est plus importante ce qui caractérise la présence d'anguilles de plus grandes tailles (poids plus importants). Ceci peut s'expliquer notamment par la présence d'une zone d'habitat propice aux grosses anguilles, constituée de blocs et pierre en aval de la station de jaugeage. Cependant en 2019, il apparaît que la biomasse est plus faible à Trigavou qu'à Villou.

Le secteur intermédiaire de Motte Olivet présente des densités moyennes à faibles et une biomasse moyenne. Le recrutement sur ce secteur est impacté par l'ouvrage du Moulin de la Marche non équipé en aval mais aussi par le seuil de Motte-Olivet directement en amont qui peut également provoquer des problèmes de franchissement et d'accumulation sur ce secteur d'étude. En effet, une zone d'habitats propice aux grosses anguilles, composée d'une fosse et d'un radier de gros blocs, est directement présente à l'aval de l'ouvrage.

Les secteurs amont (Pleslin, Ruffier et Trélat) présentent des densités et biomasses très faibles comparativement aux autres secteurs, suggérant un faible recrutement. Ces faibles densités et biomasses peuvent être en partie expliquées par deux seuils successifs à l'aval et à l'amont de Motte Olivet (non équipés de système de franchissement pour les anguilles), qui peuvent entraver la migration de montaison (Figure 43).



Figure 43 : A gauche, ouvrage du moulin de la marche (R. Debroise). A droite, Amont du secteur de Motte Olivet au niveau du pont de la D28 (FISH PASS).

Pour l'année 2019, le secteur aval de Pont Avet présente une assez forte densité d'anguilles avec $0,88 \text{ ind/m}^2$. La densité la plus forte est observée à Pont es Omnès ($1,33 \text{ ind/m}^2$) alors qu'elle est habituellement bien plus faible (seulement $0,22 \text{ ind/m}^2$ en 2018), ceci en lien avec l'abaissement des niveaux d'eau dans la retenue de Pont Avet, comme expliqué précédemment. Sur les secteurs en amont de Bois Joli, les densités sont très faibles à moyennes entre $0,01 \text{ ind/m}^2$ (à Ruffier et Trélat) et $0,31 \text{ ind/m}^2$ (à Motte Olivet). Les densités apparaissent globalement plus faibles que la moyenne interannuelle, hormis sur les secteurs de Pont es Omnès et de Pleslin où elles sont nettement supérieures. Pour les biomasses, une diminution est bien visible d'aval en amont. Les biomasses sur les deux secteurs avals sont plus importantes que la moyenne interannuelle pouvant mettre en évidence une accumulation d'anguilles sur ces secteurs, associée à un vieillissement de la population. Pour les autres secteurs, hormis Pleslin, les biomasses sont nettement plus faibles que la moyenne interannuelle.

Sur le secteur de Pont Avet, la densité observée a été de $0,88 \text{ ind/m}^2$ en 2019, soit une diminution par rapport à 2018 ($1,11 \text{ ind/m}^2$). Ces valeurs sont plus faibles que la moyenne interannuelle calculée sur 1996-2019 (densité : $1,36 \text{ ind/m}^2$). La biomasse observée en 2019 est de 57 g/m^2 . Elle est nettement supérieure à la moyenne interannuelle ($41,3 \text{ g/m}^2$). C'est le secteur qui présente la plus forte biomasse en 2019. Les fortes densités observées en 2018 et 2019 peuvent en partie s'expliquer par une perte de fonctionnalité périodique de la passe ces dernières années (trop faible niveau d'eau de la retenue) qui provoquent des accumulations d'anguilles en aval de l'obstacle.

En 2019, le secteur de Pont es Omnès présente une densité de $1,33 \text{ ind/m}^2$ pour une biomasse de $12,5 \text{ g/m}^2$. Comme indiqué précédemment, cette densité est nettement plus forte que l'année précédente ($0,22 \text{ ind/m}^2$ en 2018) et est nettement supérieure à la densité moyenne interannuelle ($0,2 \text{ ind/m}^2$). Concernant la biomasse, elle apparaît plus faible que les années précédentes ($26,2$ et 19 g/m^2 en 2017 et 2018), ceci s'explique notamment par le changement d'habitat qui était plus favorable aux grosses anguilles avant l'abaissement de la retenue de Pont Avet. La biomasse de 2019 reste cependant supérieure à la moyenne interannuelle ($8,7 \text{ g/m}^2$). Ainsi, l'évolution de l'habitat de la station de Pont es Omnès a transformé la population d'anguille entre 2018 et 2019, celle-ci passant d'une densité moyenne de grosses anguilles avec une forte biomasse à une densité importante de petites anguilles représentant une faible biomasse.

Pour le secteur Villou, il faut rappeler que ce secteur de pêche a été déplacé à partir de 2015, les stations de suivi ne sont donc plus les mêmes, ce qui peut biaiser quelque peu les comparaisons

interannuelles. Les densités observées en 2019 sur ce secteur sont moyennes avec 0,24 ind/m² pour une biomasse de 5,2 g/m². Ces valeurs sont un peu plus de deux fois plus faibles que les moyennes interannuelles respectivement de 0,65 ind/m² et 12,2 g/m². Cependant, les bons recrutements de 2018 ont pu contribuer à l'augmentation de ces indices en 2019, comparativement aux très faibles valeurs de 2018 probablement liées aux faibles recrutements en civelles observés de 2015 à 2017.

Sur le secteur de Trigavou, la densité observée en 2019 est la deuxième plus faible depuis le début du suivi en 1995 avec seulement 0,14 ind/m² ce qui est nettement plus faible que la moyenne interannuelle (0,35 ind/m²). La biomasse est également faible avec de 2,8 g/m² et cinq fois plus faible que la moyenne interannuelle (14,4 g/m²). La légère augmentation des densités par rapport à 2018 (0,12 ind/m²) et la nette diminution des biomasses pourrait être lié, mais dans une moindre mesure par rapport à Villou, au bon recrutement de 2018. Cependant, les indicateurs restent très faibles sur ce secteur qui semble toujours affecté par les faibles recrutements en civelles de 2015 à 2017.

Sur le secteur Motte Olivet, la densité et la biomasse en 2019 est respectivement de 0,31 ind/m² et 12,6 g/m². Ces valeurs sont près de deux fois plus faibles que les moyennes interannuelles respectivement de 0,61 ind/m² et 20,2 g/m². Ce secteur historiquement propice aux petites anguilles montre un assez faible renouvellement de la population d'anguilles soulignant de possibles difficultés de franchissement au niveau du barrage du Moulin de la Marche situé entre ces deux secteurs.

Sur le secteur Pleslin, la densité de 2019 est relativement faible avec 0,15 ind/m² mais plus importante que la moyenne interannuelle de 0,094 ind/m². La biomasse (10,5 g/m²) est également plus forte que la biomasse interannuelle : 5,5 g/m². 2019 est la meilleure année enregistrée depuis le début du suivi en termes de biomasse et la meilleure depuis 2005 en termes de densité. Il est probable que les aménagements effectués en 2016 sur ce secteur aient influencé les densités observées en 2017 et 2018, notamment en diminuant la surface en eau et en créant de l'habitat.

Pour les secteurs plus amont, Ruffier et Trélat, les valeurs de densité sont très faibles et égales à 0,01 ind/m². Ces valeurs sont très inférieures à la moyenne interannuelle de 0,12 ind/m² pour ces deux secteurs. Les biomasses à Ruffier sont très faibles (0,51 g/m²) comme au niveau de Trélat (0,64 g/m²), ceci au regard des moyennes interannuelles respectivement de 3,4 g/m² et 8 g/m².

En conclusion, la population d'anguilles sur le Frémur en 2019 présente globalement une diminution progressive en termes de densité et de biomasse selon un gradient aval amont. Sur les secteurs aval de Pont Avet et Pont es Omnes, les densités et biomasses sont nettement plus importantes par rapport aux stations plus amont. Ceci souligne un meilleur recrutement mais aussi de potentielles accumulations et difficultés de franchissement du premier obstacle du bassin versant (Pont Avet) mais également du second (Pont es Omnes) qui présentait en 2019 une perte de fonctionnalité de sa passe de montaison suite à une baisse importante des niveaux d'eau dans la retenue de Pont Avet.

Les densités sont en hausses par rapport à 2018 sur les secteurs de Villou, Trigavou, Motte Olivet et Pleslin. Cela peut s'expliquer en partie par le bon recrutement observé en 2018 sur le Frémur. La portion amont du Frémur présente un problème alarmant de renouvellement des populations notamment par des problèmes de continuité piscicole avec des ouvrages non équipés

(la Marche, Motte Olivet) ou parfois difficilement franchissables malgré leur équipement (Pont Avet).

6.4.2.2 Evolution interannuelle des densités sur les différents secteurs

L'évolution des densités d'anguilles sur les différents secteurs entre 1995 et 2019 est présentée en Figure 44. Les stations Pont Avet, Pont es Omnes, Villou et Motte Olivet présentent des variations très importantes selon les années. Pour le secteur Pont Avet et Villou, ceci peut s'expliquer par la position aval de ces secteurs où les densités observées peuvent être directement influencées par le recrutement annuel lui-même très variable. En outre, le secteur Villou, dans son ancien positionnement (avant 2015), était influencé par le niveau d'eau de la retenue ce qui modifiait l'habitat et l'efficacité de la pêche électrique. Pour la campagne 2019, les densités sont faibles mais en augmentation par rapport à 2017 et 2018, ce qui peut être relié au bon recrutement observé en 2018 à Bois Jolis. Pour le secteur aval de Pont es Omnes, les densités sont assez variables selon les années. Toutefois, les densités observées depuis 2014 sont plus importantes que celles sur la période 1995-2005. De plus un maximum est observé en 2019 lié aux bas niveaux d'eau dans la retenue de Pont Avet. Sur le secteur Motte Olivet, après une nette baisse en 2006, les densités sont en légère baisse, ce qui pourrait s'expliquer par les travaux de réfection de l'ouvrage de l'étang de la marche et l'absence d'équipement de système de franchissement pour les anguilles.

Le secteur Trigavou, qui était relativement stable en termes de densités, présente une diminution continue depuis 2015 mais qui semble se stabiliser en 2019 avec une légère remontée. Le secteur Pleslin présente une tendance à la diminution depuis 1995. Cependant, une légère augmentation des densités est visible depuis 2017. Des travaux de restauration menés sur une bonne partie du secteur en 2016, ont contribué à réduire la largeur du cours d'eau, ce qui a pu influencer à la hausse les densités en anguilles (réduction des surfaces en eau pour un même nombre d'individus). Les secteurs Ruffier et Trélat suivent une évolution relativement semblable. Les densités ont une tendance à la baisse depuis le début du suivi en 1995. Les densités apparaissent beaucoup plus faibles que sur les secteurs plus aval. La présence de seuils difficilement franchissables (étang de la Marche, Motte Olivet), non équipés, et des plus faibles recrutements peuvent expliquer les faibles densités observées et le faible renouvellement de la population d'anguilles.

- Evaluation du stock (Suivi annuel) -

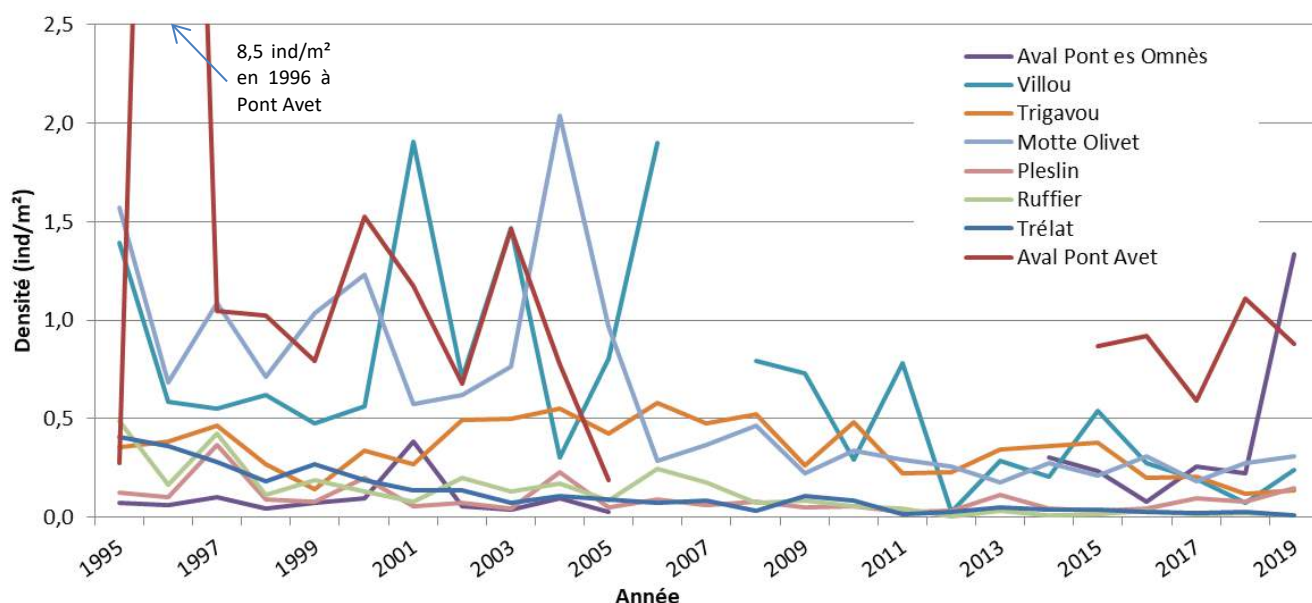


Figure 44 : Evolution des densités (ind/m²) par secteur entre 1995 et 2019 (FISH PASS)

La Figure 45 illustre l'évolution des valeurs de poids moyen (calculé ici par le rapport de la biomasse sur la densité). Le poids moyen interannuel suit théoriquement une tendance à l'augmentation avec l'éloignement de la mer, ce qui reflète les phénomènes de migration et de croissance. Les baisses ponctuelles au niveau des secteurs Villou et Bois Ruffier s'expliquent notamment par les caractéristiques morphologiques des stations qui présentent une faible hauteur d'eau, de nombreux radiers qui sont plus favorables aux petites anguilles.

Le rapport biomasse/densité de 2019 apparaît assez proche de la moyenne inter-annuelle hormis pour les deux stations aval, Pont avet et Pont es Omnès. A Pont Avet, le rapport biomasse /densité est ainsi plus important que la moyenne, ce qui peut s'expliquer par la plus faible capture de petites anguilles en rapport avec l'installation de la passe piège. A pont es Omnès, ce rapport biomasse densité est nettement plus faible que la moyenne interannuelle, s'expliquant par les fortes captures de petites anguilles et la faible capture de grosses anguilles à l'inverse des autres campagnes.

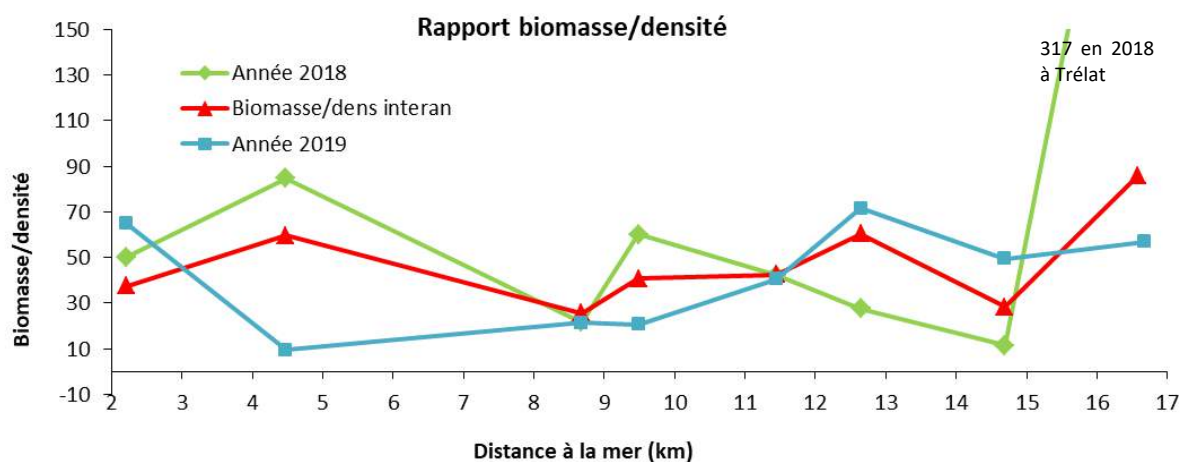


Figure 45 : Evolution du paramètre poids moyen (calculé par le rapport biomasse sur densité) par secteur pour 2018, 2019 et moyenne interannuelle depuis 1995 (FISH PASS)

6.4.3 Les tailles

6.4.3.1 Sur le bassin versant

Lors de la campagne 2019, les anguilles ont présenté une taille comprise entre 69 et 688 mm (Figure 46). Les anguilles capturées sur le secteur de Pont Avet, station la plus aval du suivi, présentent un large éventail de classes de tailles. On remarque notamment de nombreux individus de grandes tailles, supérieures à 200 mm. Les anguilles de taille inférieure à 200 mm sont très peu représentées ce qui diffère nettement des années précédentes, lors desquelles la grande majorité des individus inférieurs à 100 mm était capturée sur cette station (problème récurrent d'alimentation en eau de la passe du fait d'un niveau trop bas de la retenue). La mise en place en 2019 d'une nouvelle passe piège à Pont Avet peut expliquer ces résultats avec le nombre important d'anguillettes capturées dans le piège. En 2019, la grande majorité des petites anguilles, comprises en 90 et 160 mm, a été capturée à Pont es Omnes. Ceci peut s'expliquer par la perte de fonctionnalité de la passe de montaison sur cet ouvrage (accumulation), en lien avec les diminutions des niveaux d'eau dans la retenue de Pont Avet, ainsi que la diminution importante des surfaces en eau au niveau des stations de pêche, qui a créé des habitats lotiques très favorables aux petites anguilles, concentré et amélioré la capturabilité des petits individus.

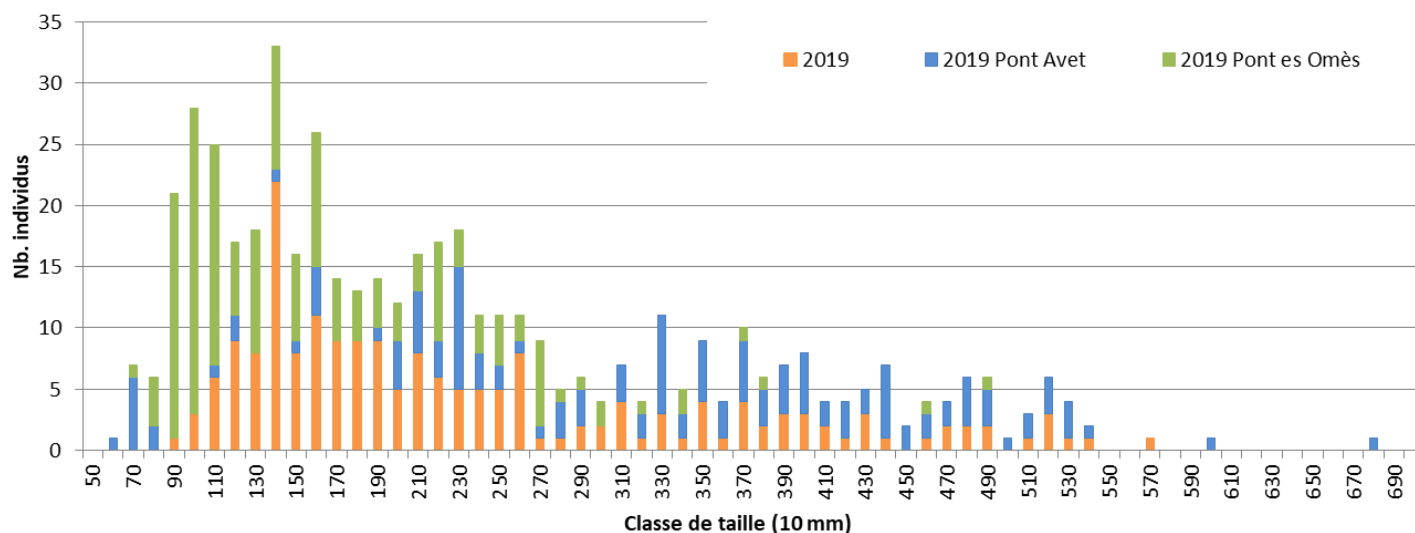


Figure 46 : Structure en classe de taille de la population d'anguille du Frémur en 2019 (Fish Pass)

La Figure 47 présente la moyenne des tailles des anguilles à l'échelle de la totalité des stations pêchées sur le bassin versant du Frémur, à l'exception des secteurs de Pont Avet et Pont es Omès, afin de rendre les comparaisons interannuelles possibles. La taille moyenne présente une tendance à l'augmentation depuis le début du suivi soulignant un phénomène de vieillissement de la population malgré une légère baisse continue depuis 2017.

En 2019, la taille moyenne des anguilles échantillonnées sur le bassin versant amont est de 241 mm, ce qui est légèrement inférieur à la taille moyenne interannuelle (253 mm).

Concernant les tailles minimums, elles apparaissent assez stables depuis 2003. Pour les tailles maximums, celles-ci sont relativement variables au cours du temps et dépendent des captures ponctuelles. Cependant une nette diminution des tailles maximales de capture semble se profiler.

- Evaluation du stock (Suivi annuel) -

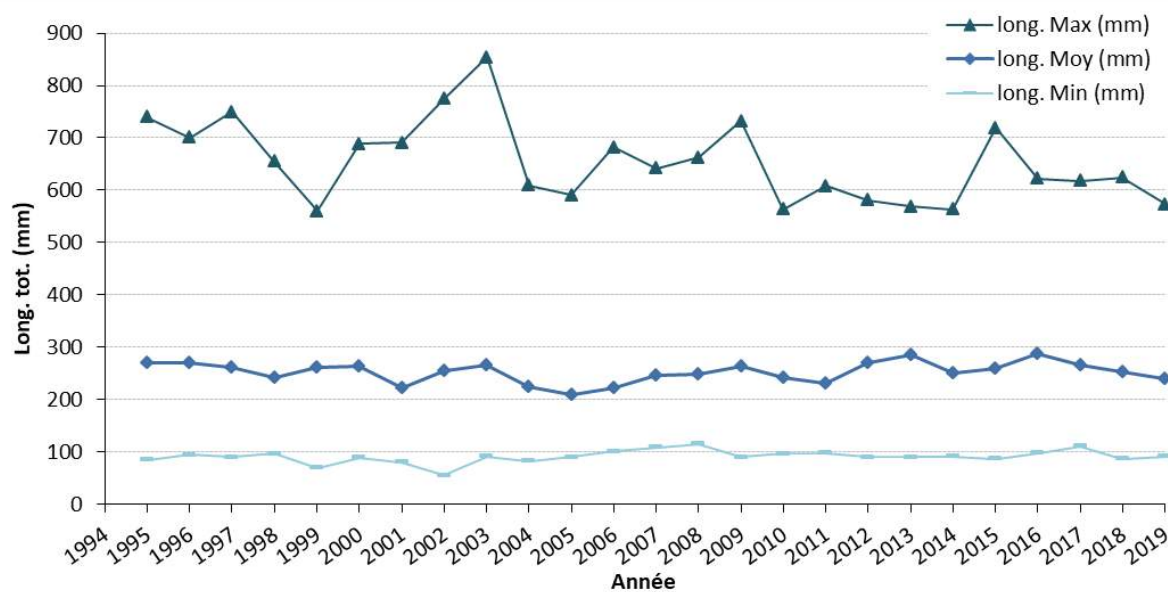


Figure 47 : Evolution interannuelle des longueurs totales de l'anguille sur le Frémur de 1995 à 2019 (secteur de Pont Avet, Pont es Omnes et Villou 2007 exclus), (FISH PASS)

- Evaluation du stock (Suivi annuel) -

La distribution en taille de 2019 met en évidence un premier mode, comme les autres années, correspondant aux anguilles de petites tailles (Figure 48). La cassure visible approximativement à 300 mm soulignant une forte diminution des individus âgés et donc un dépeuplement de cette classe d'âge.

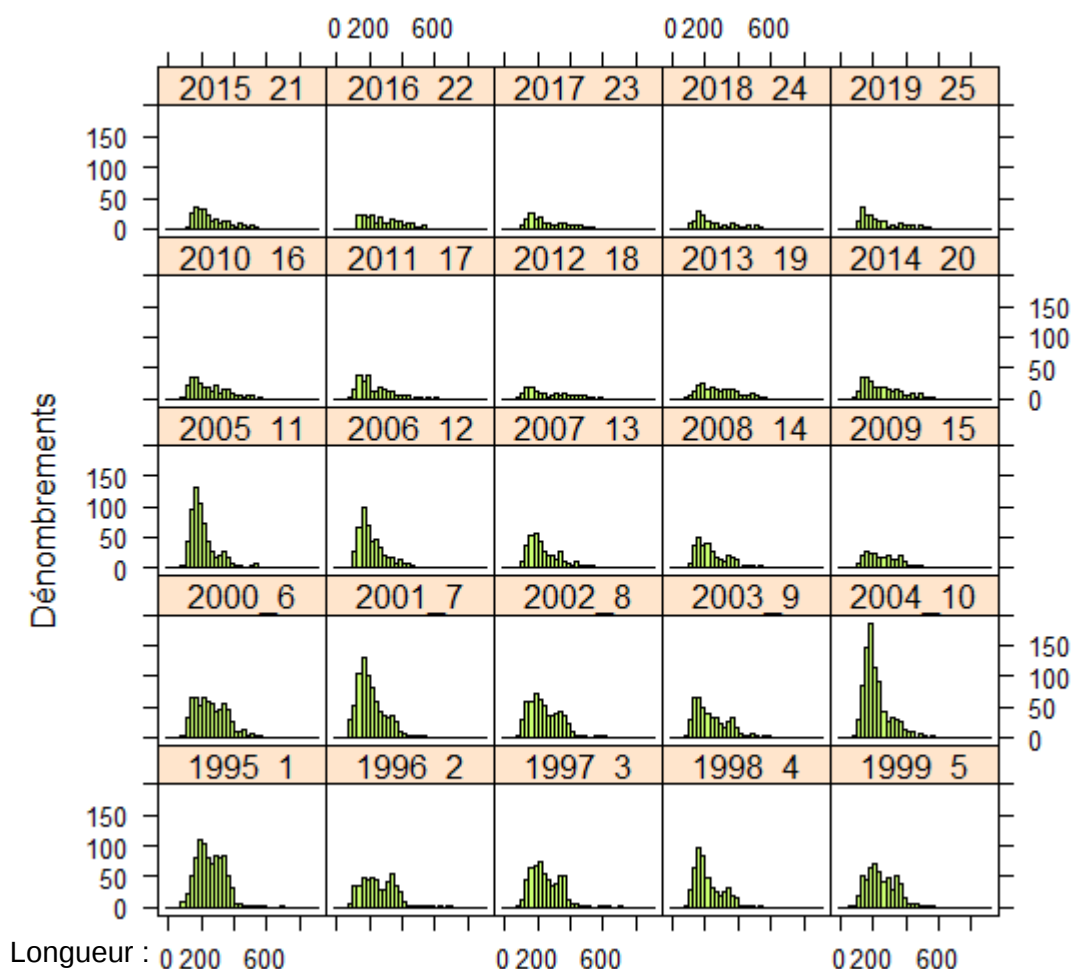


Figure 48 : Distribution des longueurs d'anguille sur le Frémur de 1995 à 2019 en pas de 2,5 mm (secteur de Pont Avet, Pont es Omnes et Villou 2007 exclus), (FISH PASS).

6.4.3.2 Sur les différents secteurs

En 2019, la distribution en taille sur les différents secteurs montre un gradient amont-aval avec une diminution de l'abondance des individus de petite taille à mesure que la distance à la mer augmente (Figure 49). Cependant, il apparaît qu'un nombre conséquent de jeunes individus aient été capturés sur les 5 stations les plus en aval. De plus, la chute nette des abondances des premières classes de taille habituellement visible entre Pont Avet et Pont es Omnes est décalée d'un ouvrage en 2019, avec un pic observé à Pont es Omnes en lien avec la perte de franchissabilité sur cet ouvrage. Puis une diminution nette s'observe entre Motte Olivet et Pleslin. Ceci met en évidence des difficultés de franchissement et des accumulations en aval des ouvrages **de Pont es Omnes et de Motte Olivet en 2019**.

- Evaluation du stock (Suivi annuel) -

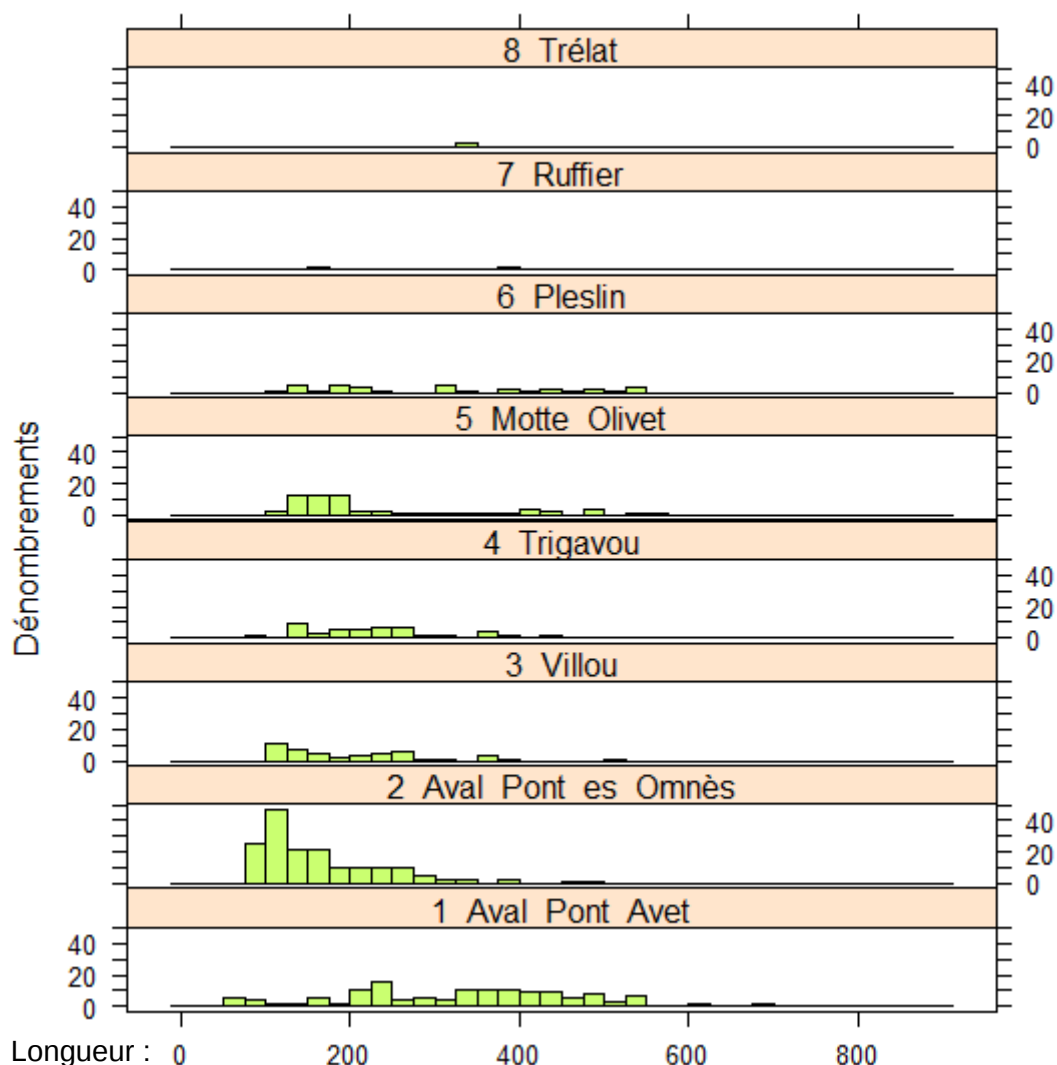


Figure 49 : Distribution des tailles d'anguilles par secteur sur le Frémur en 2019, pas de 25 mm (FISH PASS).

Le secteur de Pont Avet montre une structure en classe de taille très étendue, avec un large éventail de classe de taille sans dominance marquée. Les très petits individus de taille inférieure à 100 mm sont peu représentés contrairement aux années précédentes. Ceci est en lien avec le bon fonctionnement de la passe piège installée en 2019 sur cet ouvrage. Une présence importante d'individus de grande taille (supérieurs à 300 mm et jusqu'à 680 mm) est également visible contrairement aux autres stations du bassin. Les fortes abondances sur cette station peuvent s'expliquer par des difficultés de franchissement par les anguillettes et civelles de l'ouvrage de Pont Avet avant 2019, la passe à anguille étant parfois non fonctionnelle.

Contrairement aux années précédentes la majorité des anguilles capturées sur le secteur de Pont es Omnès sont de taille inférieure à 150 mm. La forte présence d'individus de petite taille (<150 mm) rappelle le changement d'habitat sur cette station et le problème de franchissabilité probable de l'ouvrage de Pont es Omnes en 2019 suite à l'abaissement de la retenue de Pont Avet. Le faible nombre d'individus de petite taille capturé à Pont es Omnes les années précédentes indiquait cependant une bonne fonctionnalité de la passe en lien avec l'entretien régulier effectué lors des relèves deux fois par semaine.

- *Evaluation du stock (Suivi annuel)* -

Le secteur Villou présente essentiellement des petits individus entre 100 et 250 mm. Ceci peut notamment s'expliquer par la typologie de l'habitat constituée de zones peu profondes et de radiers. Ce secteur bénéficie de la majorité du recrutement en jeunes anguilles d'1 ou 2 ans dans le bassin versant à l'amont de Bois Joli. Depuis 2008, la densité observée sur cette station semble corrélée au recrutement de Bois-Joli. La densité moyenne observée cette année peut s'expliquer par le recrutement en augmentation en 2018 par rapport aux années précédentes.

Pour le secteur de Trigavou, les anguilles présentent des tailles de 100 à 500mm mais en relative faible abondance. Pour les premières classes de tailles, cela peut s'expliquer par les faibles recrutements observés ces dernières années. L'augmentation du recrutement en 2018, n'est pas visible sur la station. Sur la partie aval et amont, les habitats sont très colmatés et donc peu favorable aux anguillettes. Pour les classes de tailles supérieures, les abondances sont assez faibles malgré des habitats favorables (zone de gros bloc à l'aval du seuil de jaugeage et une zone plus lenticule et profonde à l'amont du seuil de jaugeage).

Pour le secteur Motte Olivet, les anguilles de taille inférieures à 250 mm sont bien présentes. Cela s'explique d'une part par un habitat favorable et d'autre part par une accumulation devant l'ouvrage de Motte Olivet. Peu d'individus des classes de tailles supérieures sont observés depuis 2017 contrairement aux années précédentes. Ceci peut s'expliquer par une émigration de ces individus au stade argenté et un faible renouvellement de la population dans cette zone.

Sur le secteur de Pleslin, une forte baisse des individus entre 100 et 200 mm est constatée, en lien probable avec l'ouvrage de Motte Olivet situé plus en aval.

Pour les secteurs de Ruffier et Trélat, aucune structuration en classes de taille n'est visible. La distribution des anguilles est assez éparse avec très peu ou pas d'anguille dans les classes de taille confirmant les très faibles recrutements et les difficultés de colonisation de certains secteurs.

D'après la moyenne interannuelle, une tendance à l'augmentation de la taille des anguilles est visible le long du gradient aval-amont (Figure 50). Pour la campagne 2019, la tendance globalement similaire. Toutefois, à Pont Avet, la taille moyenne en 2019 est nettement plus importante que la moyenne interannuelle. En effet, peu de petits individus ont été capturés cette année, probablement par l'efficacité de la passe piège temporaire installée en 2019. A l'inverse, beaucoup de grands individus ont été capturés comme les années passées, résultat probable d'une sédentarisation forcée d'une partie des individus par des difficultés de franchissement du barrage de Pont Avet. A Pont es Omnes, la taille moyenne de capture est très basse en 2019, en lien probable avec l'accumulation de petits individus en aval compte tenu de la création d'habitats favorables aux petites anguilles du fait des faibles niveaux d'eau à Pont Avet et le mauvais fonctionnement de passe de Pont es Omnes. De même, les stations Villou, Trigavou et Motte Olivet présentent des tailles moyennes plus faibles que la moyenne interannuelle mettant en évidence un rajeunissement des populations sur ces secteurs.

- Evaluation du stock (Suivi annuel) -

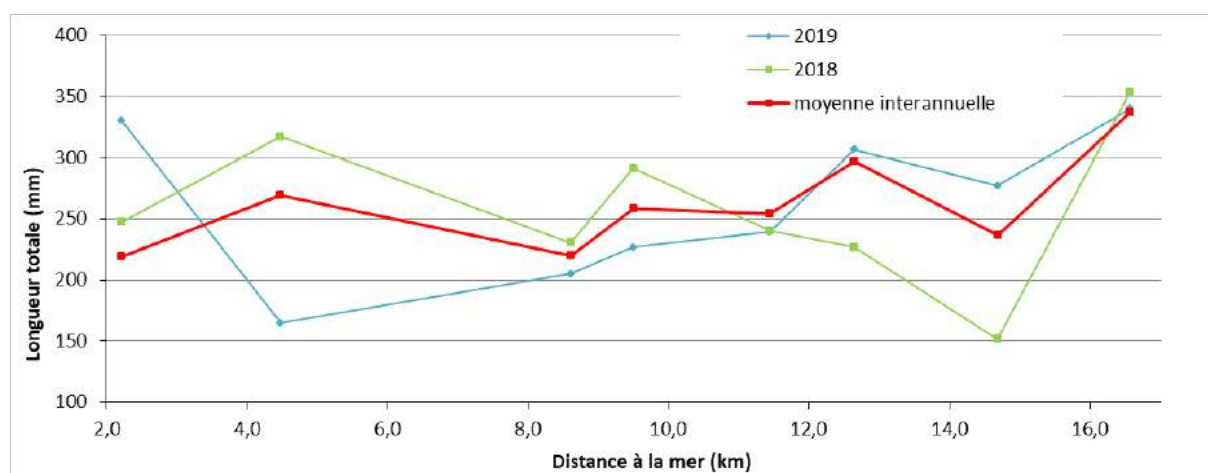


Figure 50 : Tailles moyennes des anguilles par année et par secteur sur le Frémur de 1995 à 2019 (FISH PASS).

6.4.4 Coefficient de condition

Le coefficient de condition a été calculé selon la formule suivante :

$$KC=10^6 \times (PDS/LG^3)$$

Avec **KC** : coefficient de condition ;

PDS : Poids individuel en grammes

LG: Longueur totale en mm.

Pour la plupart des campagnes, hors secteurs Pont Avet et Pont es Omnès, les coefficients de condition ont plutôt tendance à augmenter avec la distance à la mer.

Pour la campagne 2019, le coefficient de condition moyen sur chaque secteur varie de 1,28 à Pont Avet à 1,48 sur le secteur de Pleslin avec une moyenne tout secteur confondu de 1,39.

La station Pont Avet présente le coefficient de condition le plus faible alors que peu de petites anguilles ont été échantillonnées sur la station. Les fortes densités observées sur cette station associées à ce faible coefficient de condition laissent supposer une forte compétition intraspécifique. Les stations Pont es Omnès, Villou et Trigavou présentent un coefficient de condition moyen comparable à la moyenne. La station Motte Olivet présente un coefficient de condition moyen (1,31) plus faible que la moyenne pouvant s'expliquer par une forte compétition intraspécifique à relier probablement à des accumulations en aval du seuil. Les stations amont Pleslin, Ruffier et Trélat, présentent les plus forts coefficient de condition qui s'explique par les faibles densités et la présence de grosses anguilles. Les autres stations : Villou, Trigavou, Motte Olivet et Pleslin présente un coefficient de condition centré autour de 1,4 (Figure 51).

- Evaluation du stock (Suivi annuel) -

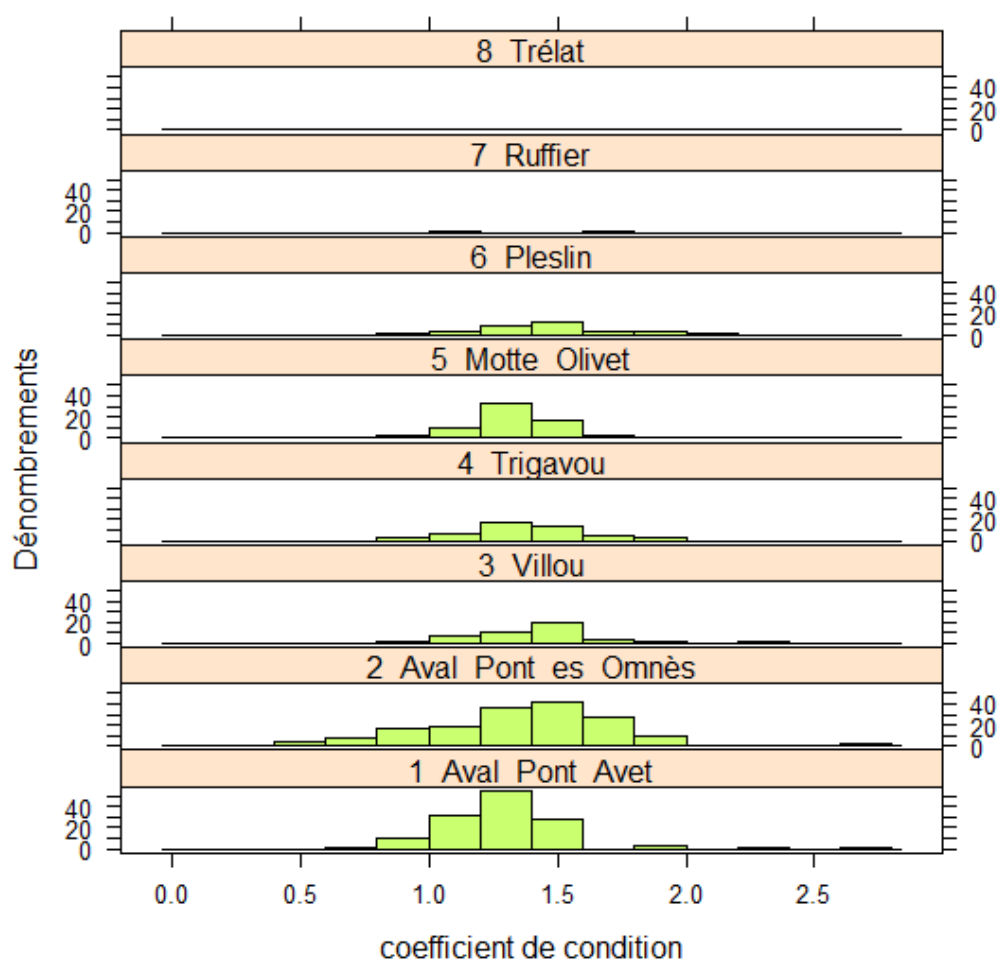


Figure 51 : Distribution des coefficients de condition de l'anguille sur le Frémur en 2019 (FISH PASS)

- Evaluation du stock (Suivi annuel) -

6.4.5 Argenture

Depuis le début du suivi, les anguilles échantillonnées sont majoritairement au stade anguille jaune (85 à 98 %). Lors de la campagne 2019, les anguilles argentées ont représenté moins de 1% des captures (1 ind.). De même, seulement 4 individus étaient au stade jaune argenté (2,1 %) signifiant qu'elles n'ont pas terminé leur métamorphose (Figure 52). Le pourcentage cumulé d'anguilles argentées et d'anguilles jaunes argentées observé en 2019 compte parmi les plus faibles (2,6 %) de ceux obtenus depuis le début du suivi.

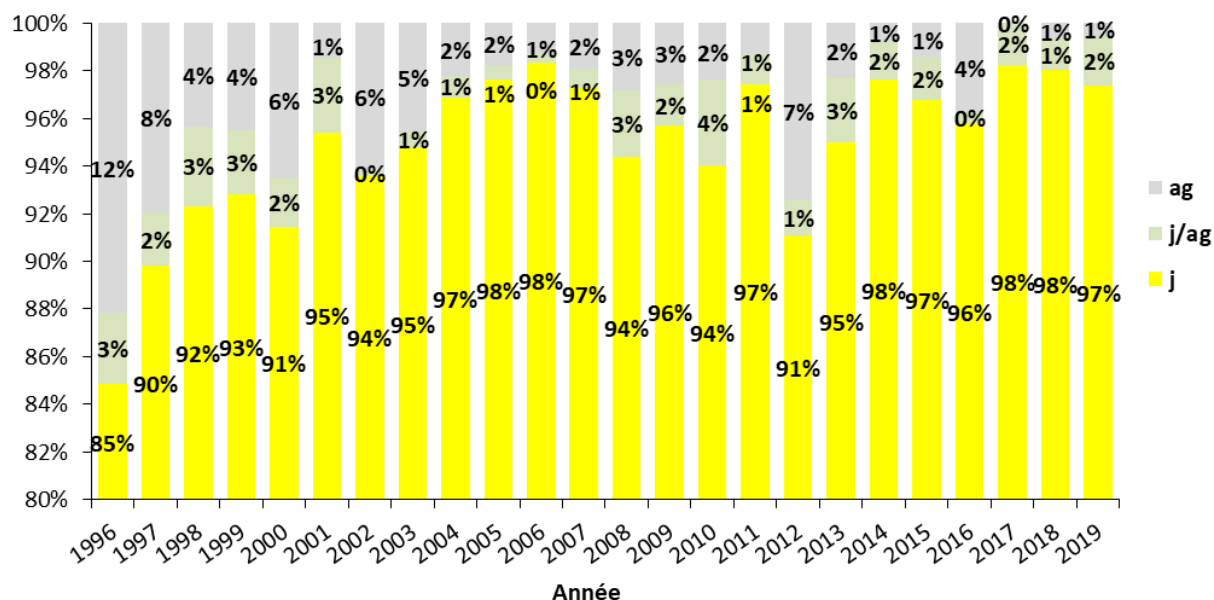


Figure 52 : Evolution interannuelle de 1996 à 2019 des proportions d'anguilles selon leur stade (ag : argentées ; j/ag : jaune/argentées et J : jaune), secteur de Pont Avet, Pont es Omnes et Villou 2007 exclus (FISH-PASS)

En intégrant, les stations Pont Avet et Pont es Omnes, il apparaît que les anguilles argentées et jaunes/argentées sont actuellement aussi bien produites aval qu'en amont du bassin versant. En effet, 5 anguilles jaunes/argentées ont été capturées sur le secteur le plus aval (Pont Avet). De plus, 4 autres anguilles jaunes/argentées et une anguille argentée ont été capturées, mais de manière plus éparse au niveau de 4 stations localisées sur les parties médiane et amont du bassin versant.

Tableau 15 : Pourcentage d'anguilles argentées (nombre d'individus) par secteur sur le Frémur en 2019 (FISH PASS)

Stade	Secteur							
	Pont Avet	PeO	Villou	Trigavou	Motte Olivet	Pleslin	Ruffier	Trélat
j	96% (126)	100 % (169)	100% (44)	96% (45)	98% (62)	97% (31)	50% (1)	100% (2)
j/ag	4% (5)	0% (0)	0%	2% (1)	2% (1)	3% (1)	50% (1)	0%
ag	0% (0)	0% (0)	0%	2% (1)	0%	0%	0%	0%

6.4.6 Etat sanitaire

L'état sanitaire des anguilles a été estimé selon la codification de l'Onema (Beaulaton et Pénil, 2009, voir annexe 4). Il est déterminé pour toutes les anguilles échantillonnées en pêche électrique.

Pour la campagne de 2019, seulement 41 % des anguilles capturées ne présentent pas de pathologies externes visibles et sont donc considérées comme saines. Ainsi, 59 % présentent une ou plusieurs pathologies externes (Figure 53). Parmi elles, la majorité a une seule pathologie (41 %), 15 % ont deux pathologies, 3 % trois pathologies et 1 seul individu en présentait 4. Cette proportion d'anguilles saines est proche des campagnes précédentes (entre 38 et 60 % entre 2014 et 2018).

Les principales pathologies observées sont des érosions cutanées (ER) représentant 52 % des pathologies observées, la présence de parasites autres (15 %), la maigreur (11 %) et des hémorragies (10 %).

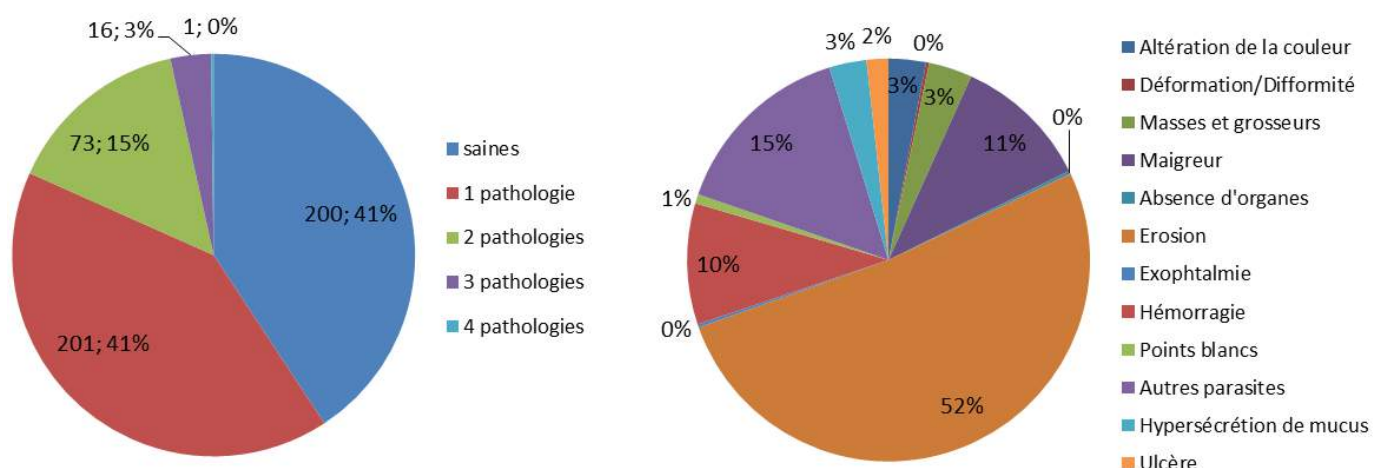


Figure 53 : Pathologie des anguilles échantillonnées en pêche électrique sur le Frémur en 2019 (FISH-PASS)

7 Marquage individuel (Suivi annuel)

7.1 Test de mortalité et de perte de marque PIT-tags

Les tests de mortalité et de perte de marque n'ont pas été réitérés en 2019, le matériel et les opérateurs de terrain qui réalisent le marquage étant les mêmes. Les tests réalisés en 2009 avaient ainsi permis d'évaluer une mortalité induite par le marquage d'environ 1,8% et un taux de rétention de la marque de 100% (N=55), ce qui confirme l'efficacité de ce type de marquage. Cependant, une mortalité à long terme est possible mais reste difficile à évaluer.

7.2 Etudes du stock d'anguilles : recapture, croissance et déplacement.

Depuis la première opération de marquage, en 1997, le taux de recapture brut lors des pêches électriques est en moyenne de 23 % (Tableau 16). Les pêches réalisées avec le MNHN durant l'été 2012 ont montré de faibles recaptures sur les zones non échantillonnées annuellement. Ce faible taux de recapture sur les différents sites de pêches électriques pourrait s'expliquer par le déplacement et la dispersion des individus vers des zones lenticules difficilement échantillonnables ou alors la mort des individus.

Au cours de la campagne 2019, 215 anguilles ont été marquées lors des pêches d'automne tous secteurs confondus.

Concernant les recaptures, 33 anguilles marquées ont été recapturées. Ce nombre assez important s'explique par les importantes opérations de marquage qui ont eu lieu depuis 2008 après un arrêt du marquage entre 2003 et 2008. Toutes les anguilles marquées recapturées en 2019 ont été marquées entre 2011 et 2018.

Tableau 16 : Bilan des recaptures lors des pêches électriques (* années pour lesquelles 2 campagnes de pêches étaient réalisées), En 2017 et 2018 le nombre de marques posées inclues celle de BJ3D et BJ2D (FISH PASS).

Année pose	1997*	1998*	1999*	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016*	2017	2018	2019	nb de marques posées	pourcentage recapturées
1996	51	14	6	14	4	5	1	5		1	1													399	26%
1997	14	7	7	11	4	7	2	3			1													317	18%
1998		1	6	7	2	1	2	1	1															174	12%
1999																								8	0%
2000					6	12	5	3	1															180	15%
2001					1	8	7	3	2		1							1	1					106	23%
2002							8	3	1															79	15%
2003								5	1		1													79	9%
2008												23	11	10	5	5	4	3	2	3	1			103	65%
2009													8	4	3	2	1	2	3	1				69	35%
2010														9	6	10	6	5	2	2	2			80	53%
2011															5	3	1	4	1		1	1		47	34%
2012																1	10	5	6	2	4		2	81	37%
2013																	10	5	7	6	1			88	33%
2014																		4	6	1	4	2		79	22%
2015																		1	9	7	4	1		72	31%
2016																				9	6	7		194	11%
2017																					11	7		361	5%
2018																						13		515	3%
2019																								215	0%
Total	65	22	19	32	17	33	25	23	6	1	4	0	23	19	23	20	30	27	31	33	33	30	33	3246	23%

- Marquage individuel (Suivi annuel) -

Sur les 33 anguilles recapturées, une était au stade argentée et une autre au stade jaune/argenté au moment de leur recapture (Tableau 17). Ces deux individus ont changé de stade entre le moment de leur capture et marquage et le moment de leur recapture en 2019. Toutes les autres étaient au stade jaune et n'ont pas changé de stade entre la capture et la recapture.

Le déplacement des anguilles a pu être étudié en comparant les localisations des stations de marquage et de recapture. 32 anguilles ont été recapturées dans le secteur où elles ont été marquées et 1 seule anguille, marquée à Bois Joli a été recapturée à Trigavou, 1,2 km plus en amont et au stade argenté. Parmi les 32 anguilles, 16 ont été recapturées exactement sur la même station et 16 se sont déplacées entre 10 et 190 mètres en amont ou en aval de leur lieu de capture. Les anguilles marquées semblent donc relativement sédentaires (peu de déplacement entre le marquage et leur recapture) alors que plusieurs années (jusqu'à 9 ans) peuvent les en séparer et même si des déplacements entre 2 événements de recapture ne sont pas à exclure. Il apparaît également que la majorité des anguilles sont recapturées sur les secteurs de Pont Avet et de Motte Olivet, secteur en aval d'ouvrages qui peuvent contraindre la colonisation vers l'amont des individus marqués.

Tableau 17 : Caractéristiques, croissance et déplacement des individus recapturés durant les pêches électriques de l'automne 2019 (FISH PASS).

Marque	Recapture (2019)					Marquage					croissance moyenne annuelle (mm)	déplacement
	taille	stade	lieu	station	distance	taille	stade	lieu	station	distance		
Marquage 2011												
6CA2389	489	j	Motte Olivet	56	11,586	282	j	Motte Olivet	29	11,399	25,9	0,187
Marquage 2012												
6CA48E4	550	j/ag	Motte Olivet	56	11,586	435	j	Motte Olivet	56	11,586	16,4	0
6CA2601	407	j	Motte Olivet	56	11,586	288	j	Motte Olivet	56	11,586	17,0	0
Marquage 2014												
62B18E4	410	j	Motte Olivet	30	11,489	340	j	Motte Olivet	30	11,489	14,0	0
74DA21E	395	j	Villou	23	8,593	327	j	Villou	22	8,511	13,6	0,082
Marquage 2015												
955000003364376	385	j	Motte Olivet	30	11,489	300	j	Motte Olivet	56	11,586	21,3	-0,097
Marquage 2016												
955000003364658	362	j	Motte Olivet	56	11,586	339	j	Motte Olivet	56	11,586	7,7	0
955000003364656	573	j	Motte Olivet	56	11,586	519	j	Motte Olivet	56	11,586	18,0	0
955000003364427	499	j	Motte Olivet	30	11,489	458	j	Motte Olivet	56	11,586	13,7	-0,097
955000003364515	498	j	Aval Pont Avet	42	2,143	445	j	Aval Pont Avet	55	2,172	17,7	-0,029
955000004211329	269	j	Villou	23	8,593	202	j	Villou	89	8,75	22,3	-0,157
955000004209740	259	j	Trigavou	4	9,447	242	j	Trigavou	4	9,447	5,7	0
955000003364160	397	j	Trigavou	4	9,447	312	j	Trigavou	4	9,447	28,3	0
Marquage 2017												
955000004245409	337	j	Aval Pont Avet	42	2,143	310	j	Aval Pont Avet	42	2,143	13,5	0
955000004245488	458	j	Aval Pont Avet	42	2,143	440	j	Aval Pont Avet	42	2,143	9,0	0
955000004214554	323	j	Pleslin	27	12,709	260	j	Pleslin	26	12,64	31,5	0,069
955000004210027	388	j	Pleslin	27	12,709	329	j	Pleslin	28	12,807	29,5	-0,098
955000004211259	320	j	Villou	53	8,809	225	j	Villou	91	8,8	47,5	0,009
955000004209649	298	j	Villou	53	8,809	234	j	Villou	90	8,775	32,0	0,034
955000004245504	373	j	Villou	22	8,511	296	j	Villou	87	8,7	38,5	-0,189
Marquage 2018												
955000004244563	332	j	Trélat	57	16,9	327	j	Trélat	111	16,836	5,0	0,064
955000004557547	254	j	Motte Olivet	56	11,586	220	j	Motte Olivet	56	11,586	34,0	0
955000004244738	395	j	Aval Pont Avet	21	2,23	394	j	Aval Pont Avet	21	2,23	1,0	0
955000004244723	375	j	Aval Pont Avet	21	2,23	356	j	Aval Pont Avet	21	2,23	19,0	0
955000004557502	237	j	Aval Pont Avet	21	2,23	228	j	Aval Pont Avet	21	2,23	9,0	0
955000004557824	251	j	Aval Pont Avet	55	2,172	248	j	Aval Pont Avet	55	2,172	3,0	0
955000004244704	392	j	Aval Pont Avet	55	2,172	395	j	Aval Pont Avet	55	2,172	-3,0	0
955000004557548	230	j	Aval Pont Avet	42	2,143	218	j	Aval Pont Avet	55	2,172	12,0	-0,029
955000004557833	237	j	Aval Pont Avet	42	2,143	230	j	Aval Pont Avet	42	2,143	7,0	0
955000004244592	266	j	Villou	53	8,809	247	j	Villou	91	8,8	19,0	0,009
955000004557459	245	j	Trigavou	3	9,363	247	j	Trigavou	36	9,393	-2,0	-0,03
955000004557451	267	j	Trigavou	2	9,326	239	j	Trigavou	1	9,292	28,0	0,034
982126054651393	354	ag	Trigavou	36	9,393	360	j	Bois Joli	115	8,2	-6,0	1,193

Un chiffre négatif sur le déplacement constitue un déplacement vers l'aval (par rapport à la distance à la mer)

- Marquage individuel (Suivi annuel) -

La croissance des individus recapturés marqués en 2019 a pu être estimée (Tableau 17 et Tableau 18). La croissance moyenne annuelle de 2011 et 2015 ne repose que sur un individu, elle est donc peu extrapolable. Pour les autres années de marquage, la croissance moyenne annuelle varie entre 13,7 mm pour les individus marqués en 2018 et 28,8 mm pour les individus marqués en 2017. Au niveau individuel, la croissance des anguilles peut toutefois être très différente avec pour certaines anguilles une croissance pratiquement nulle (0-1 mm/an) et pour d'autre une croissance de 47,5 mm. Ces différences peuvent en partie s'expliquer par le marquage d'individus de classe d'âge différente avec probablement des taux de croissance différents.

Tableau 18 : Synthèse des croissances moyennes annuelles des individus marqués et recapturés sur le Frémur en 2019. Les croissances négatives probablement liées à des erreurs de mesure ne sont pas considérées (FISH-PASS)

Année de marquage	N	Croissance moy. annuelle (mm)	Ecart-type
2011	1	25,9	
2012	2	16,7	0,4
2014	2	13,8	0,3
2015	1	21,3	
2016	7	16,2	8,0
2017	7	28,8	13,5
2018	10	13,7	11,0
Moyenne		19,5	

Sur l'ensemble des anguilles recapturées en 2019, la croissance moyenne annuelle est de 19,5 mm. Cette valeur est relativement proche de celle des campagnes précédentes. Depuis 2009, la croissance moyenne calculée à chaque campagne apparaît donc relativement stable, autour de 21 mm/an (Tableau 19).

Tableau 19 : Synthèse des croissances moyennes des individus recapturés à chaque campagne (FISH PASS)

Campagne	Croissance moyenne (mm)
2009	19,8
2010	11,6
2011	23
2012	25,7
2013	21,8
2014	20,5
2015	20,2
2016	21,6
2017	19
2018	23,8
2019	19,5

Ces croissances moyennes annuelles sont plus faibles que celle de 61,7 mm/an estimée sur la population d'anguilles du Frémur par otolithométrie entre 1998 et 2004 (Guillouët et al., 1998 à 2004 ; Mazel et al., 2012). Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cette différence : un effet du Pit Tag sur la croissance comme supposée par Mazel et al. (2012), une diminution globale des croissances sur le Frémur ces dernières années, une surestimation des croissances par la technique d'otolithométrie utilisée entre 1998 et 2004. Sur ce dernier point, Acou et al. 2013 ont développé une méthode d'otolithométrie donnant des résultats proches de ceux observés par Pit-Tag.

7.3 Recapture des individus marqués en dévalaison

Les taux de recaptures annuels observés dans le piège de dévalaison sont en moyenne depuis le début du suivi de 10 % (Tableau 20). Ce taux de dévalaison dépasse généralement 70% dans des systèmes comparables non anthropisés comme par exemple le bassin versant de l'Oir (Acou et al., 2006). Ce faible taux de dévalaison peut être lié à une forte mortalité des anguilles d'une cohorte par an (environ 20-25%, Mazel V., 2009 ; Boulenger et al., 2016) et par un échappement faible en raison de la présence du barrage du Bois Joli qui perturbe et limite significativement les fenêtres temporelles de dévalaison.

Pour la dévalaison 2018/2019, le barrage de Bois Joli n'a pas surversé de la saison hivernale. La dévalaison a donc été très faible avec seulement 28 anguilles argentées et 2 anguilles marquées recapturées dans le piège de dévalaison.

Pour la dévalaison 2019/2020, au 02/03/2020, 6 anguilles marquées ont été capturées dans le piège de dévalaison. Ce nombre est assez faible au regard de l'absence de surverse à Bois Joli la saison précédente, et du nombre important de marques posées en amont de Bois Joli les années précédentes. Il s'explique, cependant, par l'échappement important estimé cette année du fait de la rupture d'une partie de la grille de dévalaison.

Les individus marqués depuis 2008 étaient pour la plupart de taille moyenne (200-300 mm) et au stade jaune ce qui peut expliquer les faibles taux de recapture observés.

Tableau 20 : Bilan des recaptures en dévalaison (FISH PASS).

Année pose	Dévalaison																				nb marques posées en amont PeO j / j-ag / ag	nb marques posées en amont PeO total	% marquées recapturées en dévalaison				
	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016				2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020
1996	15	7	11	11	5	1	3	6	5		1		1				1								335 / 17 /	420	16%
1997		10	5	6	5	2	1		2	1	2	2	1												317 / 25 /	369	10%
1998		2	12	5	1		1			1	2	1				1									73 / 37 / 65	175	15%
1999				2	2																				6 / 1 / 1	8	50%
2000					25	5	6	3	4	2			2		1										103 / 14 /	180	27%
2001							1	2		2	2	3													69 / 27 /	106	9%
2002							4	3	2	3	1					1									59 / 0 / 20	79	18%
2003								6	2		3				1		1		1						66 / 3 / 10	79	18%
2008												2	3	1	1	4			1						85 / 9 / 9	103	12%
2009													1	1	1	2				2					62 / 3 / 4	69	10%
2010														1	2	4					1				70 / 6 / 4	80	10%
2011																1									45 / 1 / 2	48	2%
2012																12					1				54 / 12 /	81	16%
2013																	1	1			1				83 / 2 / 4	89	3%
2014																									72 / 3 / 4	79	0%
2015																			1		1	1	1		66 / 3 / 3	72	4%
2016																				4	1				120 / 1 / 5	126	4%
2017																					15		1		245 / 21 /	305	5%
2018																						3	1		349 / 37 /	422	1%
2019																							3		69/3/0	72	4%
Total	15	19	28	24	38	8	16	20	15	9	11	6	6	4	5	4	26	2	2	2	0	28	2	6	2962	2962	10%

8 Dévalaison (Suivi annuel)

Les années de dévalaison sont définies avec des limites allant du 1^{er} septembre de l'année X au 31 août de l'année X+1 (par exemple, l'année 1996 décrit la dévalaison ayant eu lieu entre le 1^{er} septembre 1996 et le 31 août 1997).

Depuis fin mars 2012, une usine de production d'eau potable a été mise en fonctionnement au niveau du barrage de Bois Joli. Afin de tester l'impact potentiel du pompage sur les anguilles, un système de capture a été mis en place fin mars 2012 au niveau du système de rejet des effluents de lavage du filtre de la pompe (voir chapitre 12.1).

8.1 Déroulement de la dévalaison

Lors la dévalaison 2018-2019, le barrage n'a pas surversé à Bois Joli, en raison d'un hiver exceptionnellement sec, ce qui a donc fortement perturbé la dévalaison des anguilles avec seulement 51 anguilles capturées dans la passe de dévalaison de Pont es Omnes. Le premier pic de crue, et le plus important de la saison avec une moyenne journalière de 1,37 m³/s, n'a été observé que le 30 janvier 2019 et n'a pas permis de surverse à Bois Joli. Aucune réelle dévalaison n'a donc été observée, on peut simplement noter un premier pic d'anguilles en migration d'avalaison le 1 février 2019, après l'événement pluvieux, avec 8 individus capturés dans le piège. Sans la surverse à Bois Joli, ces premiers individus et les autres qui ont suivi de manière plus éparse proviennent ainsi probablement de la retenue de Pont es Omnes. Un deuxième pic est observé le 26 avril (13 individus capturés) sans concordance avec un épisode pluvieux marquant. Puis, jusqu'au 31 août, quelques petits individus isolés seront régulièrement capturés dans la cage. Près de la moitié des individus capturés était au stade argenté.

Lors la dévalaison 2019-2020, les niveaux d'eau dans Bois joli sont descendus très bas atteignant jusqu'à 22,97 mNGF le 14 Octobre 2019. Mais un premier pic de crue (2,06 m³/s de moyenne journalière) est survenu le 16 novembre 2019 suite à une succession de plus petits événements à partir de début novembre qui ont déclenché les premières migrations marquées, avec 14 individus capturés le 4 novembre 2019 (provenant probablement de la retenue de Pont es Omnes, sans surverse à Bois Joli). Ces premiers événements pluvieux ont permis un remplissage rapide de la retenue de Bois Joli, qui a pu surverser dès l'avènement le 1 décembre 2019 d'une seconde onde de crue (1,44 m³/s). Cette première surverse coïncide également avec le plus gros pic de migration enregistré de la saison, avec 104 anguilles capturées au piège le 2 décembre 2019. Cette crue a impacté la grille de filtration de la dévalaison, engendrant la rupture d'une partie de la grille, et donc un échappement possible d'une partie des anguilles après cette date. Après, l'efficacité du piège a été évaluée à 50%. Ainsi, pour pallier en partie à cette perte d'efficacité, un verveux a été installé en aval du piège de dévalaison.



Figure 54 : Grille de dévalaison après la rupture d'un pan de grille après le premier pic de crue (Fish-Pass)

Du 13 au 22 décembre plusieurs pics de crue vont se succéder avec un maximum à $3,23 \text{ m}^3/\text{s}$ le 17 décembre. Un deuxième pic de migration est constaté suite à ces événements hydrologiques avec 26 anguilles capturées le 23 décembre 2019. A cette relève, il a été constaté, un nouveau morceau de grille en mauvais état. A partir de cette date et jusqu'à début février, l'efficacité du piège a pu être testé par CMR. Sur 29 anguilles marquées, seulement 3 ont été recapturées, soit un taux d'échappement de 89,7%.

Par la suite de plus petits événements pluvieux vont se succéder notamment un plus important le 1^{er} février 2020 ($1,63 \text{ m}^3/\text{s}$) mais sans effet marquant sur le nombre de captures. Au 21 février 2020, 220 anguilles étaient dénombrées dans le piège de Pont es Omnes couplées au verveux, dont près de 77 % était au stade argenté.

Suite au problème de grille au niveau du piège dès janvier, il est probable qu'un nombre important d'anguilles dévalantes aient pu échapper au piège. Une estimation du nombre d'anguilles qui a pu dévaler a été calculée en tenant compte du taux d'échappement possible. **Ainsi, le nombre d'anguilles ayant dévalé sur 2019-2020 pourrait avoisiner les 586 individus en estimation basse et aller jusqu'à 952 individus en estimation haute. Dans tous les cas, l'intensité de la dévalaison observée cette saison est parmi la plus importante des années récentes.**

- Dévalaison (Suivi annuel) -

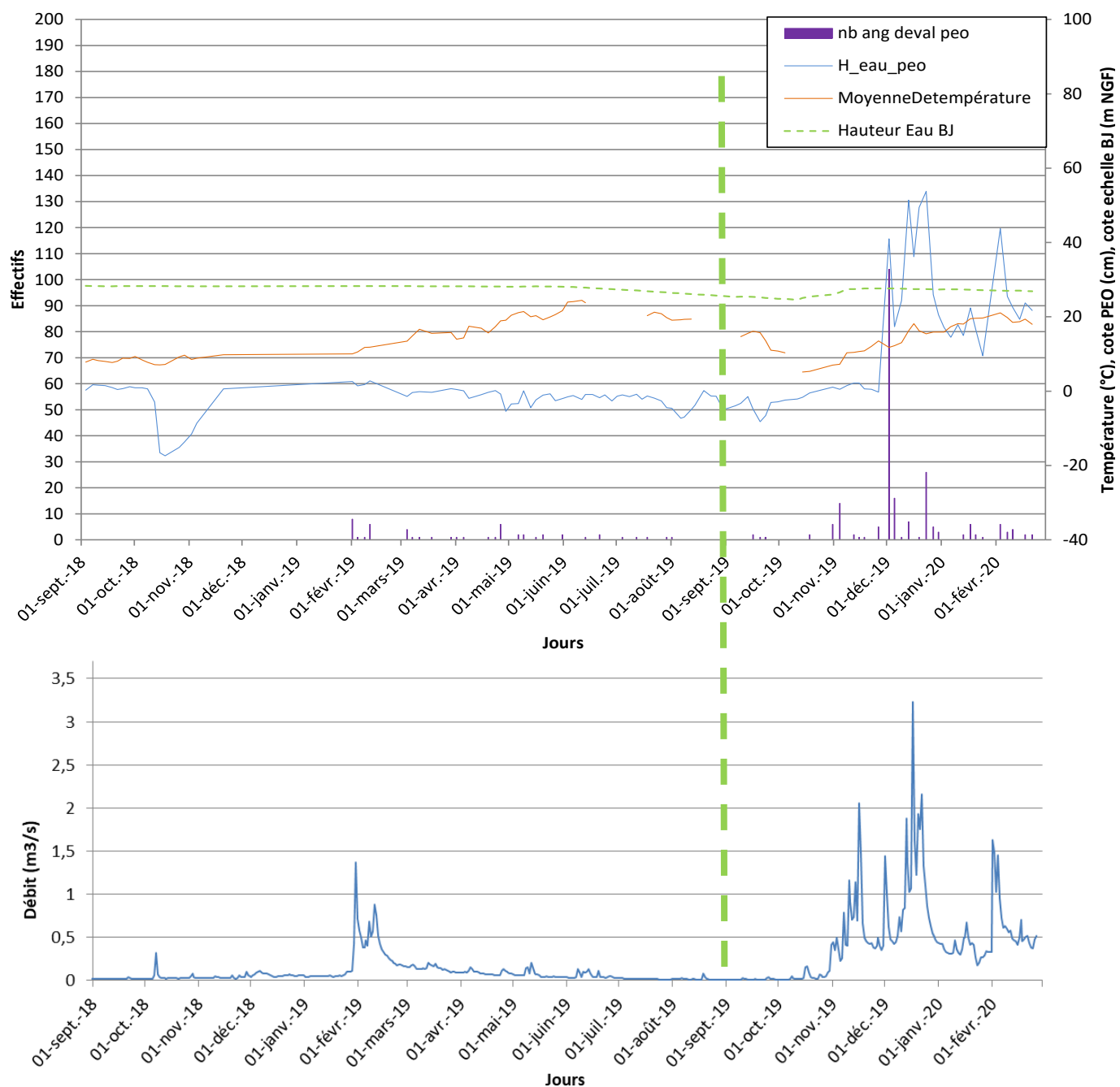


Figure 55 : Haut : Evolution des effectifs (corrigés) d'anguilles tout stade sur le piège de Pont es Omnes pour les dévalaisons 2018/2019 et 2019/2020 et paramètres sur le piège. Bas : évolution des débits journaliers sur la station de Trigavou pour 2018-2020 (données DREAL, Réalisation FISH-PASS).

8.2 Effectifs et biomasse

Les dévalaisons suivent les pêches électriques de la même année. Elles commencent avec les premières augmentations de débit liées aux pluies d'automne. Sur le Frémur, en raison de l'effet tampon créé par la retenue du Bois Joli, qui retient les anguilles dévalantes en provenance de l'amont du bassin jusqu'à ce que le barrage surverse, la dévalaison est retardée parfois de plusieurs mois (début de la surverse entre novembre et avril de l'année suivante). Les données de dévalaison 2019/2020 sont arrêtées pour ce rapport au 21/02/2020. Cette dévalaison est donc encore incomplète. Ainsi, l'ensemble des données de dévalaison pour l'année 2019/2020 sera présenté et interprété dans le prochain rapport.

La dévalaison 2018-2019 a permis la capture de 51 individus dans le piège de Pont es Omnès. De plus, compte tenu de l'hydrologie exceptionnellement basse au cours de saison hivernale, sans surverse au niveau de Bois Joli, cette dévalaison apparaît-être la plus faible en termes d'effectif depuis le début du suivi. Seulement 28 anguilles argentées ont été capturées lors de cette campagne de dévalaison, et probablement provenant en grande partie de la retenue de Pont es Omnes en raison de l'absence de surverse à Bois Joli.

La dévalaison 2019-2020, n'est pas encore terminée au moment de la rédaction de ce rapport. Cependant, au 2 mars 2020, 220 individus capturés. Suite à l'absence de surverse à Bois Joli lors de la saison précédente, aux conditions hydrologiques favorables lors de cette campagne et à un premier pic prometteur à plus de 100 anguilles capturées début décembre 2019, il était possible d'envisager de bons effectifs à la dévalaison sur 2019-2020. Cependant, à la rupture d'une partie de la grille de dévalaison de Pont es Omnes, permettant de guider les anguilles en dévalaison dans la cage piège, il est probable que de nombreux individus aient pu échapper au système de piégeage dès janvier 2020. Grâce à une estimation, (surface de la grille de filtration impactée, et CMR sur 29 individus avec 3 recaptures), le nombre d'anguilles ayant dévalé sur 2019-2020 a été estimé à 586 individus en estimation basse. Soit la 9^{ème} meilleure saison de dévalaison depuis le début du suivi. L'estimation haute de 952 dévalantes représenterait la potentielle 3^{ème} meilleure dévalaison.

Le nombre d'anguilles dévalantes par année et par stade est présenté en Figure 56 et Annexe 3. Ce nombre d'anguilles dévalantes est corrigé pour l'échappement lorsque des tests d'échappement sont réalisables (échappement possible lors de fortes crues). Les anguilles dévalantes sont majoritairement des anguilles argentées (Figure 56). Le nombre d'anguilles jaunes dévalantes est très variable selon les années. Pour quelques anguilles capturées mortes à Pont es Omnes en dévalaison, le stade n'a pas pu être déterminé avec certitude d'où leur dénomination indéterminée dans la figure ci-dessous, mais ce sont probablement des anguilles argentées.

Pour la dévalaison 2018/2019, parmi les 51 anguilles dévalantes, seulement 55 % était au stade argenté (28 ind.). Les anguilles au stade jaune, avec 22 individus, représentent 43 % des anguilles dévalantes. La dévalaison de ces anguilles jaunes a principalement été observée entre avril et juillet. Le stade jaune/argenté concerne seulement 1 individu (2 %).

Pour la dévalaison 2019/2020, 220 anguilles dévalantes ont été effectivement capturées, avec une estimation du flux de dévalaison redressée à 586 individus en raison de l'échappement observé. Considérant ce dernier effectif, 59 % des anguilles étaient au stade argenté, ce qui est assez

- Dévalaison (Suivi annuel) -

faible comparativement aux années précédentes. Pour 4 anguilles retrouvées mortes, le stade n'a pas pu être déterminé.

Concernant les biomasses, la dévalaison 2018-2019 (argenté + jaune argenté) représente une biomasse de 7 334 g d'anguilles capturées dans le piège de dévalaison ce qui représente la plus faible biomasse depuis le début du suivi pour l'effectif également le plus faible. Pour la dévalaison 2019-2020, avec 220 individus capturés, la biomasse est de 64 026 g, mais celle-ci n'intègre pas les anguilles qui ont échappé au dispositif du fait de la rupture d'une partie de la grille.

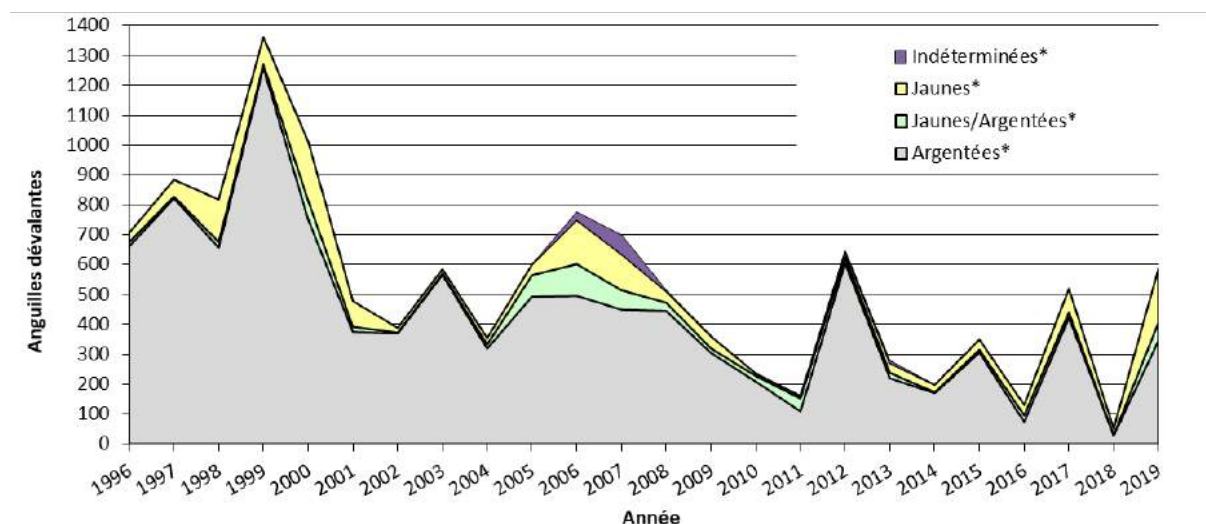


Figure 56: Stade et effectif cumulé par années des anguilles capturées au piège de Pont es Omnes de 1996 à 2019, *effectifs corrigés (FISH-PASS).

Depuis le début du suivi en dévalaison, un certain nombre d'individus ont été retrouvés morts en dévalaison. Cette mortalité peut être en partie due à plusieurs facteurs :

- passage des anguilles par les vannes de fond du Barrage de Bois Joli
- passage des anguilles par la vanne de débit réservé
- passage des anguilles par le réseau de pompage et le réseau du système de rejet des effluents de lavage du premier filtre
- passage par surverse et chute d'environ 12 m de hauteur
- passage à forte vitesse dans le piège de dévalaison lors des crues
- mauvaise qualité de l'eau

Pour la dévalaison 2018-2019, parmi les 51 anguilles capturées dans le piège de Pont es Omnès, aucune mortalité n'a été constatée.

Pour la dévalaison 2018-2019, parmi les 223 anguilles capturées dans le piège de Pont es Omnès, seulement 4 individus morts ont été constatés, soit une mortalité de 1,7 %. Cette proportion a été extrapolée au nombre total d'individus estimé en dévalaison.

- Dévalaison (Suivi annuel) -

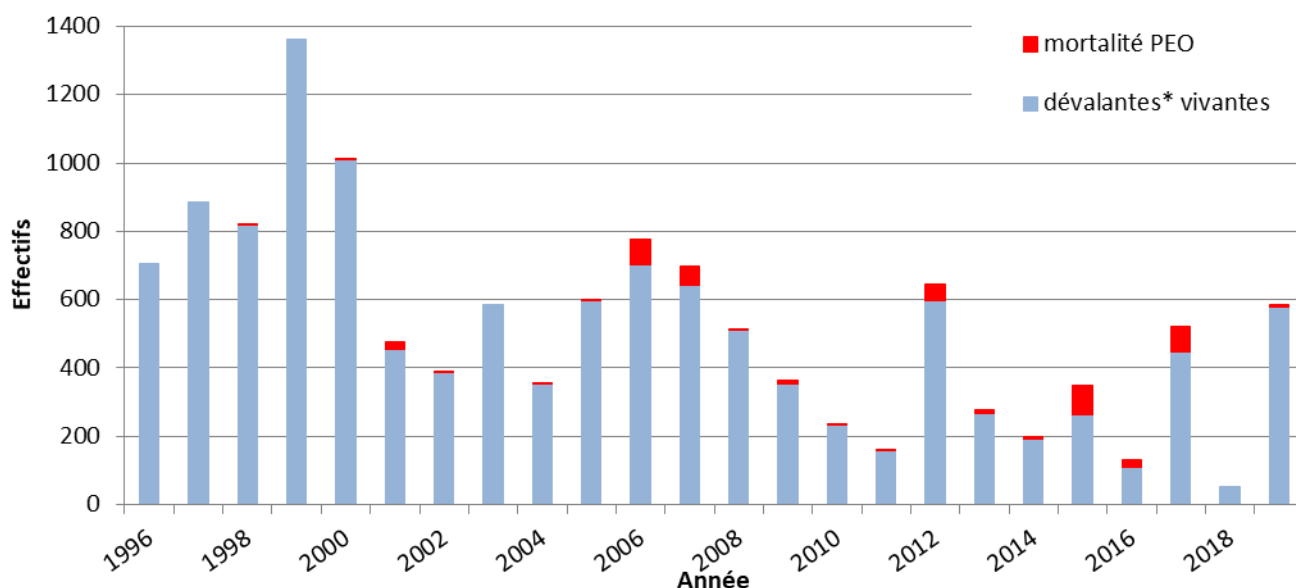


Figure 57 : Nombre d'anguilles dévalantes vivantes et mortes par année, capturées au piège de Pont es Omnès de 1996 à 2019 (FISH PASS).

8.3 Caractéristiques des dévalantes

8.3.1 Structure en classe de taille

Pour l'ensemble des dévalaisons, la structure en classes de taille des dévalantes suit une répartition bimodale : un premier mode est centré autour de 370 mm et un deuxième mode centré autour de 600 mm. Au stade argenté, le premier mode est composé essentiellement de mâles (90%) et le deuxième exclusivement de femelles (Laffaille et al., 2006).

Depuis 1996, la structure en taille des individus dévalant a considérablement évolué. Le premier mode correspondant aux mâles a nettement diminué alors que le second mode correspondant aux femelles s'est relativement maintenu. Ce changement peut être dû à l'installation des passes (la dévalaison de 2001 pouvant correspondre aux premières montées des anguilles en 1996 par les dispositifs de franchissement) qui ont pu permettre une meilleure colonisation du bassin versant amont par les anguilles favorisant ainsi un sex-ratio en faveur des femelles, la diminution de la production d'individus de petite taille en aval et l'augmentation de la production d'individus de grande taille en amont. Ce phénomène a pu être accentué par la diminution de densité en anguilles sur le bassin versant qui a tendance à favoriser la production de femelles.

Pour la dévalaison 2018/2019, du fait du faible nombre d'individus, les modes sont peu visibles et aucune interprétation n'est possible. Pour la dévalaison 2019/2020, les deux modes de part et d'autre de la limite de 450 mm sont bien visibles (Figure 58). Le deuxième mode correspondant aux femelles est plus important et plus étalé que celui correspondant aux mâles.

- Dévalaison (Suivi annuel) -

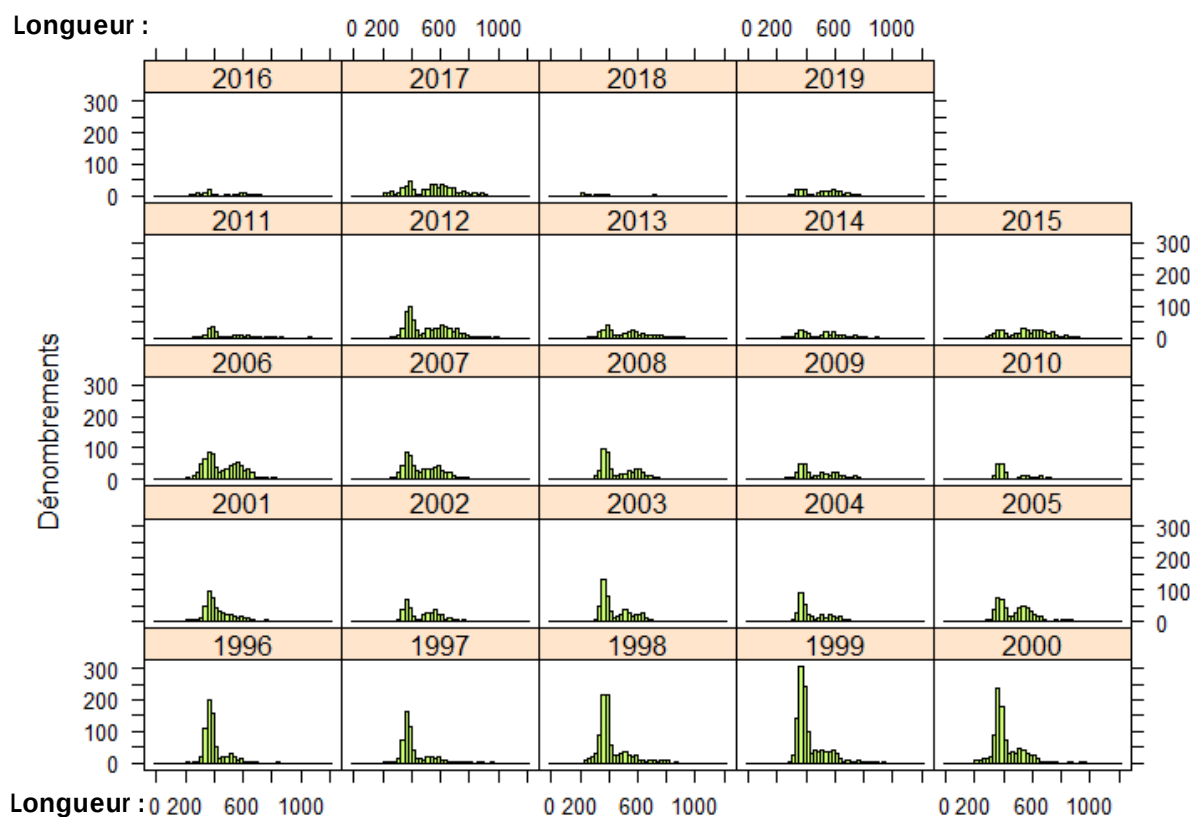


Figure 58 : Distribution des tailles des anguilles dévalantes piégées à Pont Es Omnes de 1996 à 2019 (FP)

8.3.2 Stade de maturité

Sur l'ensemble du suivi, la majorité des anguilles échantillonnées en dévalaison sont argentées ou en cours d'argenture (Figure 59). La majeure partie des anguilles en dévalaison entame donc sa migration vers les Sargasses pour leur reproduction. Cependant, entre 1996 et 2019, 0 à 43 % d'anguilles non mures (jaunes) entreprennent un déplacement de dévalaison. Au cours de la campagne 2018/2019, 55 % des anguilles étaient au stade argenté. La proportion d'anguilles jaunes est assez importante et représente 43 % des individus (22 ind.). Pour la saison 2019-2020, au 28/02, 59 % des anguilles en dévalaison étaient au stade argenté.

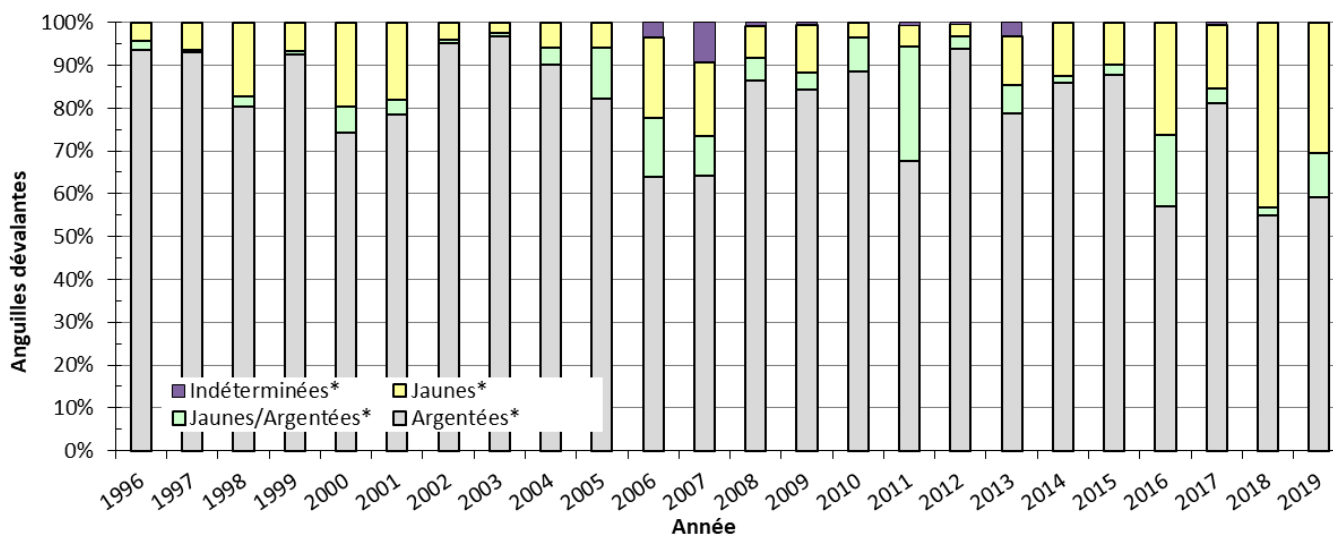


Figure 59 : Proportions relatives des anguilles par stade de maturité dans les dévalaisons annuelles du Frémur de 1996 à 2019 (taille > 250 mm), (FISH-PASS)

8.3.3 Classification du degré d'argenture

Durif et al. (2009) ont établi une classification des anguilles à partir de la taille, des diamètres oculaires et de la longueur des nageoires pectorales (Tableau 21). Toutes ces mesures ayant été effectuées sur une grande partie des anguilles en dévalaison (29 pour la dévalaison 2018-2019, 185 pour la dévalaison 2019-2020), les proportions de chaque stade ont été calculées.

Tableau 21 : Classification du degré d'argenture selon Durif et al. (2009)

Classification	Caractéristique
ind	mâle ou femelle indifférencié résident
FII	femelle résidente
FIII	femelle pré-migrante
FIV	femelle migrante
FV	femelle migrante
MII	mâle migrant

Pour la dévalaison 2018-2019, la classification repose sur seulement 20 individus. Les anguilles migrantes (FIV, MII) représentent 97 % des anguilles dévalantes. Enfin, Les anguilles mâles ou femelles indifférenciées résidentes représentent 3 % des individus.

Pour la dévalaison 2019-2020, la classification repose sur 185 individus. Les anguilles migrantes (FV, FIV, MII) représentent 85 % des anguilles dévalantes. 11 % des individus sont des femelles pré-migrantes (FIII), 2 % sont des anguilles mâles ou femelles indifférenciées résidentes et enfin 2 % des femelles résidentes.

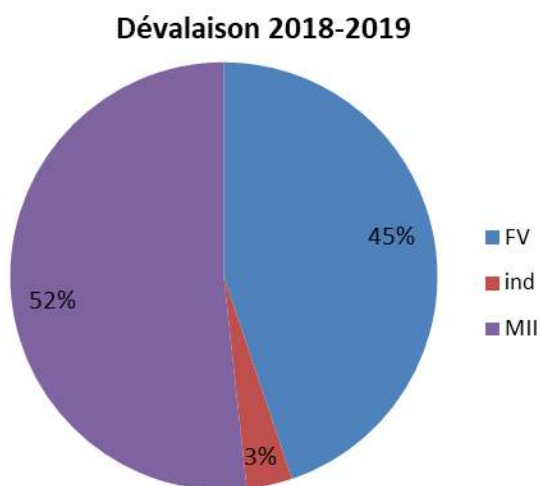


Figure 60 : Stade d'argenture selon la classification de Durif et al. (2009) pour la dévalaison 2018-2019 (N=20)

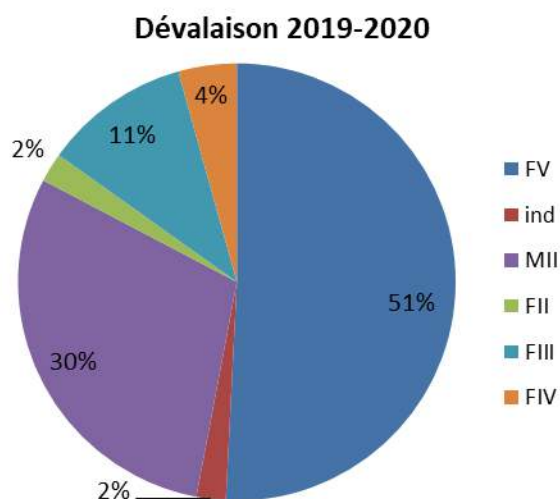


Figure 61 : Stade d'argenture selon la classification de Durif et al. (2009) pour la dévalaison 2019-2020 (N=185).

8.3.4 Sex-ratio

Le sex-ratio a été étudié pour les anguilles dévalantes de stade argenté et jaune/argenté. **Les données de l'année 2018 sont à relativiser par le fait qu'aucune véritable dévalaison n'ait eu lieu compte tenu de l'absence de surverse à Bois Joli sur 2018-2019.** La Figure 62 montre une proportion d'anguilles dévalantes < 450 mm en baisse de 1996 à 2002. En 1996, la proportion de mâles était très importante (81%), elle a diminué de plus de 30% en 6 ans pour atteindre 46% en 2002. Entre 2002 et 2012, la proportion de mâles a été relativement stable avec une fluctuation entre 42 et 60%. Depuis 2012, une nette augmentation de la proportion de femelles est observée. **Le sex-ratio s'est ainsi pratiquement inversé en 24 ans.** Ceci pourrait s'expliquer notamment par la baisse des recrutements et densités dans le bassin versant et donc une production proportionnellement plus importante de femelles. En termes d'effectifs, le nombre de mâles apparaît en très nette diminution sur la période de suivi contrairement au nombre de femelles qui reste relativement plus stable.

Pour la dévalaison 2018/2019, 45 % des anguilles en dévalaison sont des femelles (13 ind.) et 55 % de mâle (16). Pour la dévalaison 2019/2020, 69 % des anguilles en dévalaison sont des femelles (125) et 31 % des mâles (57).



Figure 62 : Haut : Sex-ratio anguilles dévalantes de stade J/AG et AG DE 1996 à 2019. Bas : effectifs des anguilles dévalantes de part et d'autre de la taille de 450 mm de stade J/AG et AG De 1996 à 2019. (FISH PASS)

8.3.5 Taille et Poids

Depuis le début du suivi, la taille moyenne et le poids moyen des femelles au stade jaune/argenté et argenté présentent une nette augmentation. La moyenne interannuelle sur les 12 premières années de suivi (1996 à 2007) était de 582 mm et la moyenne interannuelle des 12 dernières années de suivi (de 2008 à 2019) est de 622 mm, soit une différence de 40 mm. Si l'on regarde les extrêmes, la taille moyenne annuelle passe de 550 mm en 1996 (la première année de suivi) à 644 mm en 2017 (une des dernières années de suivi), soit une augmentation de plus de 17 % (94 mm) (Figure 63). Pour le poids moyen, celui-ci a également beaucoup augmenté passant en moyenne de 312g en 1996 à un maximum de 531 g pour la dévalaison 2017-2018, soit une augmentation de plus de 70 %. Pour les mâles, la taille moyenne (entre 357 et 386 mm) et le poids moyen (entre 79 et 103 g) sont par contre restés relativement stables au cours du temps.

Pour la dévalaison 2018-2019, les femelles ont présenté une taille moyenne de 641 mm pour un poids moyen de 462 g. Pour les mâles, la taille et le poids ont été assez faibles mais comparables aux campagnes précédentes, avec une taille moyenne de 357 mm (la plus faible depuis le début du suivi) et un poids moyen de 83 g.

Pour la dévalaison 2019/2020, la taille moyenne et le poids moyen des mâles sont assez semblables à la campagne précédente (respectivement 367 mm et 83 g). Pour les femelles, la taille moyenne des individus (618 mm) est en diminution par rapport à la dévalaison 2018-2019 contrairement au poids moyen qui reste stable (463 g).

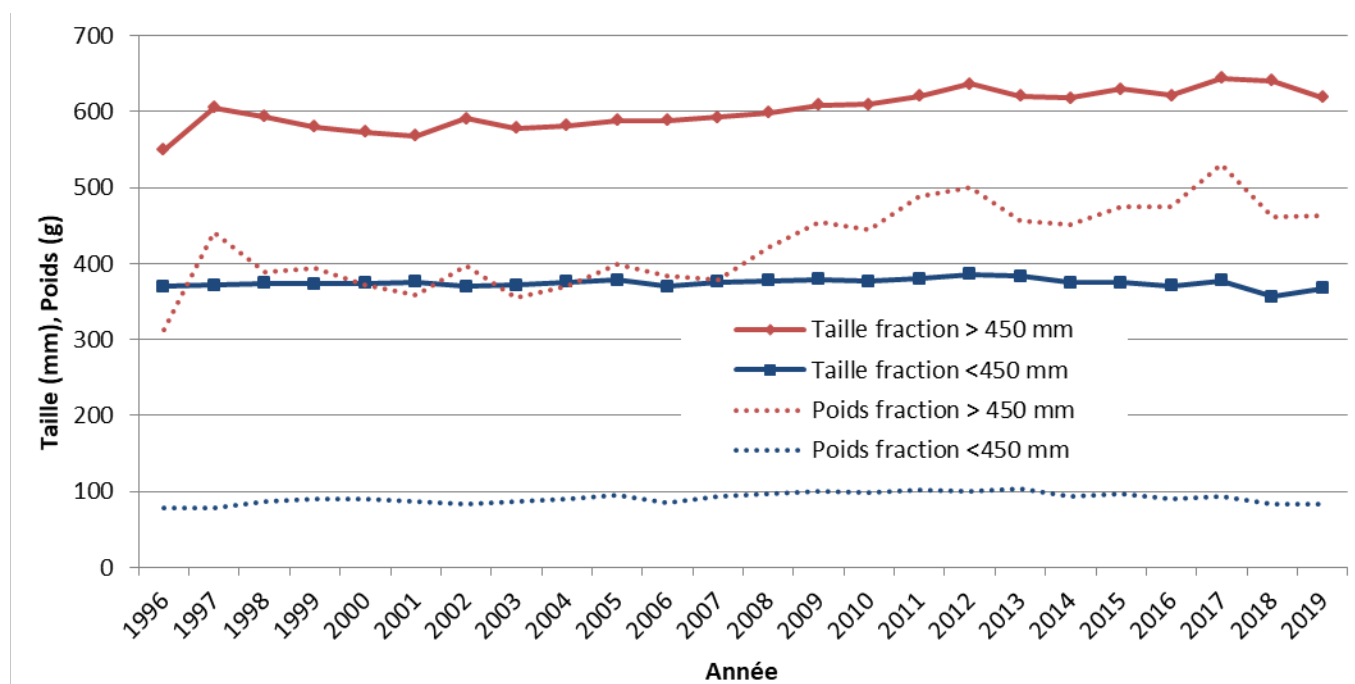


Figure 63 : Taille et Poids des anguilles en dévalaison au stade J/AG et AG de 1996 à 2019 (Fish Pass)

8.3.6 Coefficient de condition

Pour la campagne 2019/2020, le coefficient de condition présentait une valeur moyenne de 1,75 (Figure 64). Pour la campagne 2018/2019, le coefficient de condition était nettement plus faible relativement comparable avec une valeur moyenne de 1,56.

Sur l'ensemble du suivi, il apparaît une tendance à l'augmentation du coefficient de condition médian. Cette observation rejoint celles déjà effectuées sur l'augmentation de la taille moyenne et du poids moyen du fait de la modification de sex-ratio (proportion de plus en plus importante de femelles) et d'une probable diminution de la compétition intraspécifique (baisse des densités sur le bassin versant).

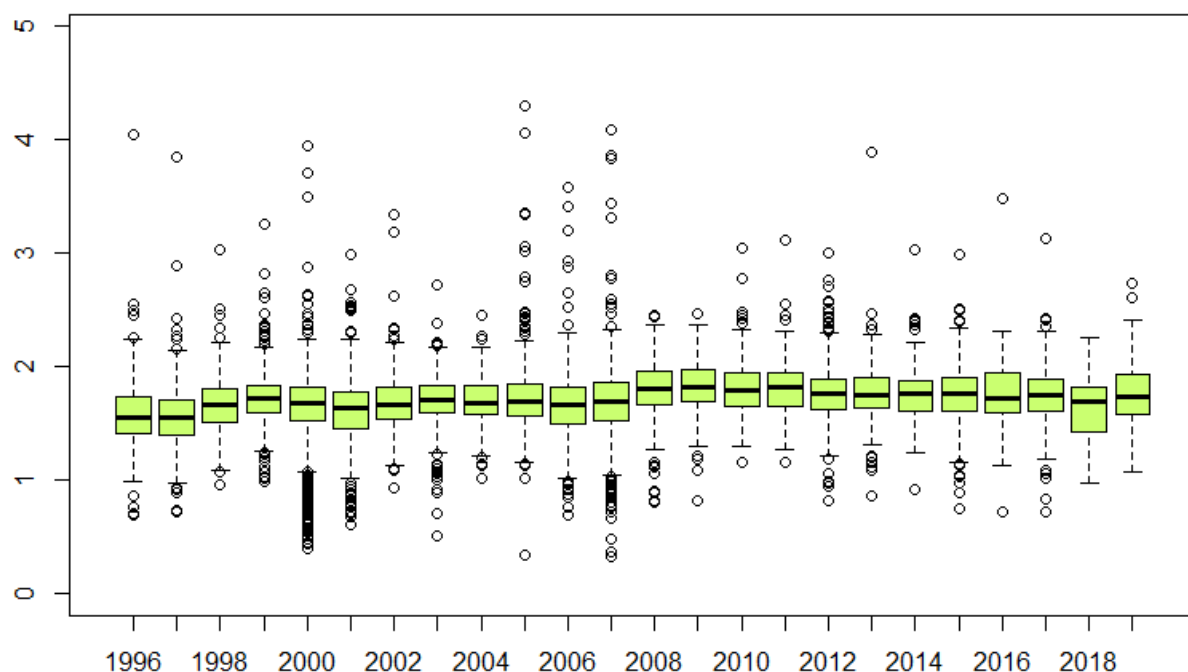


Figure 64 : Box plot des coefficients de condition des anguilles dévalantes sur le Frémur de 1996 à 2019 (FISH-PASS)

8.3.7 Etat sanitaire

L'état sanitaire des anguilles en dévalaison est présenté ci-dessous (Figure 65).

Pour la dévalaison 2018-2019, seulement 7 % des anguilles étaient saines. Au total, 93 % des anguilles présentaient une ou plusieurs pathologies : 48 % avec 1 pathologie, 36 % avec 2 pathologies, 9 % avec 3 pathologies. Aucune mortalité n'a été constatée.

Pour la dévalaison 2019-2020, 4 mortalités ont été observées sur les 223 anguilles capturées. 13 % des anguilles étaient saines, 45 % présentaient une pathologie, 31 % des 2 pathologies et 8 % avaient 3 pathologies et 1 % 4 pathologies.

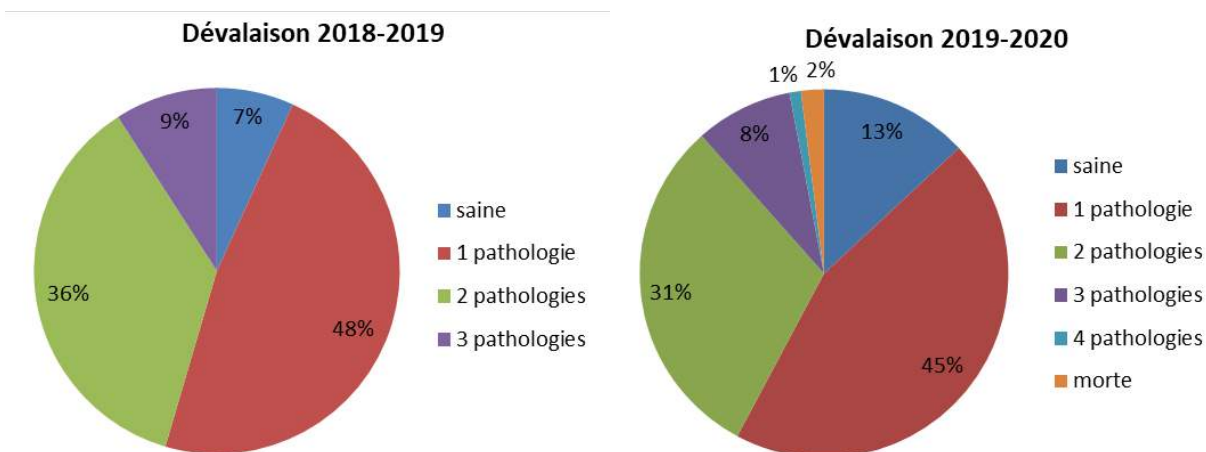


Figure 65 : Etat sanitaire des anguilles en dévalaison. En haut, dévalaison 2018-2019. En bas, dévalaison 2019-2020. (FISH PASS)

Concernant la dévalaison 2018-2019, la principale pathologie observée a été des érosions cutanées pour 51 % des anguilles avec des pathologies. Des hémorragies ont également été constatées sur 17 % des anguilles. Des masses et grosseurs ont également été observées sur 15 % des individus avec des pathologies externes ainsi que des ulcères sur 5 % des individus. Les pathologies d'altération de la couleur, maigreur et hypersécrétion de mucus représentent chacune 3 % des individus. Enfin les autres pathologies concernent moins de 3 % des anguilles en dévalaison.

Pour la dévalaison 2019-2020, les érosions cutanées ont été les plus récurrentes et représentent 54 % des pathologies observées, suivies des masses et grosseurs 11 % et des hémorragies 11 % ainsi que des cas de maigreur (9 %) et d'altération de la couleur (6 %).

Les différentes pathologies externes peuvent être expliquées d'une part par des pressions sur le bassin versant comme la qualité de l'eau ou la prédation et d'autre part par les obstacles rencontrés par les anguilles lors de leur dévalaison comme la chute du barrage de Bois Joli (12 m), par le passage par la conduite de débit réservé, par la vanne de fond ou par le filtre du barrage de Bois Joli, ou par les fortes vitesses et débits au niveau de Pont es Omnès. Toutes ces voies de passage peuvent blesser les anguilles d'autant plus s'il y a des vannages, réductions de section ou coudes.

- Dévalaison (Suivi annuel) -



Figure 66 : Anguille présentant une malformation à la bouche (FISH PASS)

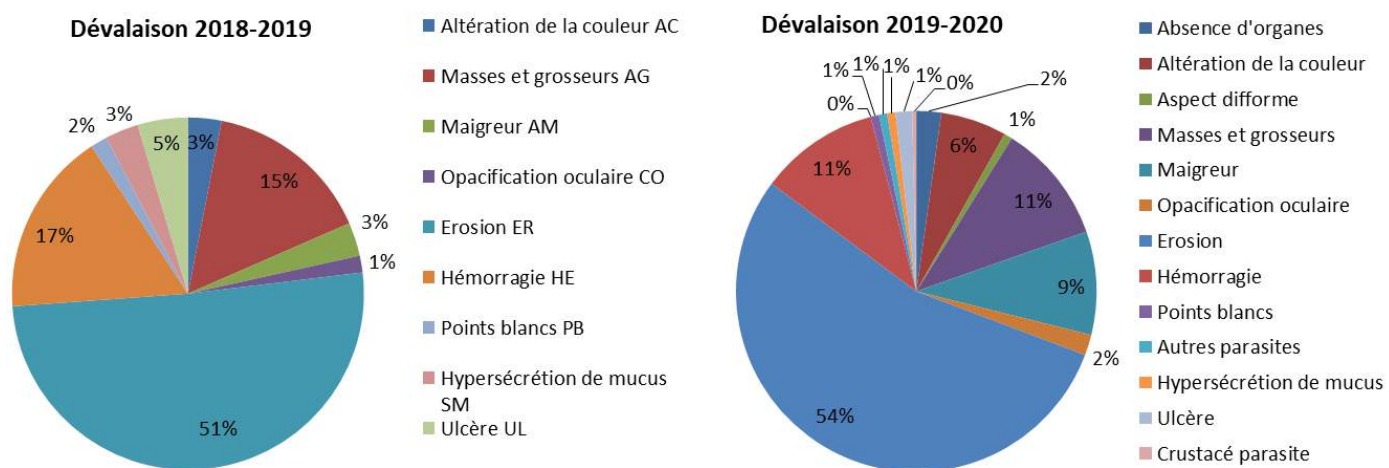
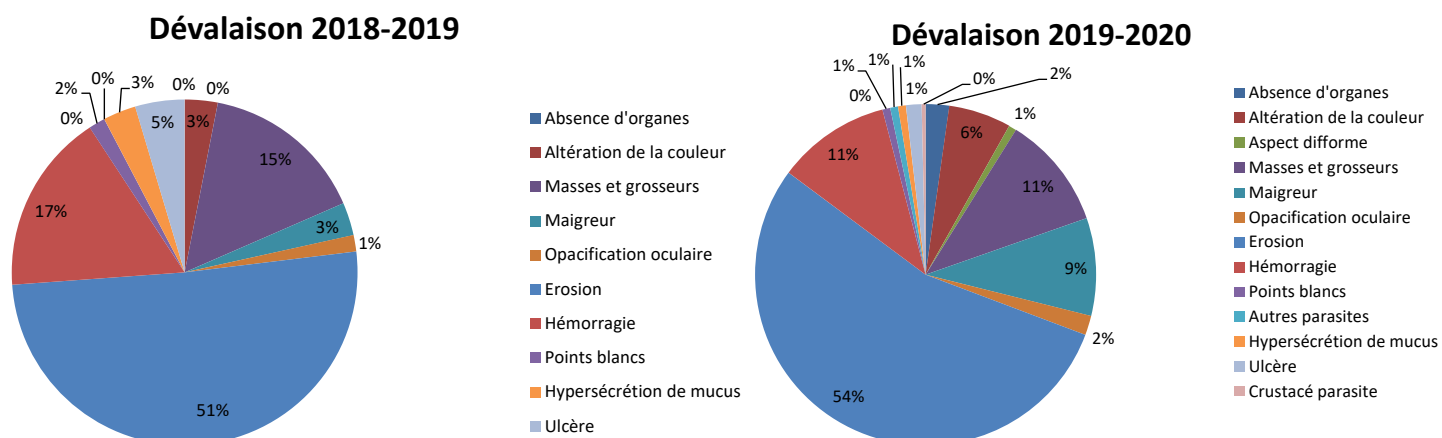


Figure 67 : Pathologie externe des anguilles en dévalaison. En haut, dévalaison 2018-2019. En bas, dévalaison 2019-2020 (FISH-PASS)



La dévalaison 2018-2019 a été la plus faible depuis le début du suivi avec le 24^{ème} effectif (51 anguilles). Cela s'explique notamment par l'hydrologie relativement faible et l'absence de surverse du barrage de Bois Joli sur toute la saison de dévalaison.

La dévalaison 2019-2020, n'est pas encore terminée au moment de la rédaction de ce rapport. Le nombre d'anguilles ayant dévalé sur 2019-2020 a été estimé à 586 individus (220 capturés), soit la 9^{ème} meilleure saison de dévalaison depuis le début du suivi. Cette dévalaison intéressante est à relier à une hydrologie très favorable début décembre après un étiage sévère à l'automne et probablement à un report d'une part des anguilles qui n'ont pas pu dévaler lors de la campagne précédente.

Le sex-ratio pour la dévalaison 2018/2019, compte tenu de la faible dévalaison (51 individus), est assez équilibré avec 55% de mâles et 45 % de femelles. Pour la dévalaison 2019-2020, pour les individus argentés et jaune/argentés, est largement en faveur des femelles (69 %) pour seulement 31% de mâles. Sur la durée du suivi, le sex ratio s'est complètement inversé sur le frémur passant d'une majorité de mâles sur la période 1996-2001 à une majorité de femelles depuis 2012 (hors saison 2018/2019 sans surverse).

Parmi les anguilles dévalantes, très peu étaient exemptes de pathologies externes, seulement 7 % pour la dévalaison 2018-2019 et 13% pour la dévalaison 2019-2020. Les principales pathologies observées étaient des érosions, des hémorragies et des masses/grosseurs sur les deux saisons.

9 Réparations et problèmes rencontrés en 2019

Au cours de l'année 2019 et du début d'année 2020, un certain nombre de problèmes ont été observés.

- Positionnement et désamorçage des siphons de Pont Avet

A Pont Avet, le débit réservé est restitué via 2 siphons (300 et 100 mm de diamètre) suivant les débits. La passe-piège fonctionne également par un système de siphon avec un tuyau souple d'environ 40 mm de diamètre.

Au début du suivi de la passe piège, le débit réservé était restitué environ 10 m en amont de celle-ci. Il a ensuite été rallongé pour déboucher au pied de la passe. Ainsi, pendant toute la période où celui-ci était positionné 10 m en amont (environ 1,5 mois), seulement 3 anguilles ont été capturées dans la passe piège. Dès que celui-ci a été rallongé, 32 anguilles ont été capturées à la première relève. Ce résultat souligne donc l'importance du positionnement du débit réservé pour l'efficacité des passes de montées.

Le siphon du débit réservé du barrage a été constaté comme désamorcé à plusieurs reprises. Ceci a pour conséquence de diminuer l'attrait au niveau de la passe à anguilles et d'abaisser le niveau d'eau en aval du barrage rendant la passe inopérante.



Figure 68 : Bas de la passe de Pont Avet hors d'eau lorsque le siphon du débit réservé est hors service.

Le siphon de la passe piège s'est également désamorcé à 4 reprises entre avril et juin diminuant ainsi la fonctionnalité de la passe à anguille. Des modifications du système ont été apportées en juin qui ont permis de résoudre ce problème.

- Réparations et problèmes rencontrés en 2019 -

- Bonde cassée à Bois-Joli

Lors d'une relève, la bonde de Bois Joli a été en partie cassée. Elle a été réparée à la relève suivante.

- Mortalité d'anguillettes à Bois Joli

A Bois Joli, des anguillettes mortes ont été retrouvées à plusieurs reprises sur le parement béton à côté de la passe ou dans la passe. Il s'agit probablement d'acte de prédation d'oiseau ou de petits mammifères.

- Absence de surverse à Pont es Omnès et fonctionnalité de la passe de montée et du piège de dévalaison

Tout au long de l'année 2019, le niveau d'eau du barrage de Pont Avet a été maintenu bas compte tenu de la mise en sécurisation du barrage. Ceci a notamment affecté la fonctionnalité de la passe à anguilles de Pont es Omnès, avec une absence d'eau en pied de passe une partie de l'année. De même, au niveau de la cage de Pont es Omnès, la baisse du niveau d'eau avait nécessité la création d'un bassin temporaire à la fin 2018 pour la maintenir en eau. Le syndicat Eau de St Malo a ensuite financé une modification plus pérenne pour palier à cette baisse du niveau d'eau. Ainsi, une partie des sédiments présents sous la cage ont été dérochés et les rails de guidage de la cage déplacés afin de pouvoir descendre la cage plus basse, dans le but de la maintenir en eau en permanence



Figure 69 : Absence de surverse à Pont es Omnès (Fish-Pass)

Pendant, l'été une absence de surverse et des très faibles débits ont été également constatés à Pont es Omnès ce qui a pu amplifier la baisse du niveau de la retenue de Pont Avet et les problèmes de fonctionnalité des installations.



Figure 70 : A gauche position de la cage en décembre 2018 avec bassin temporaire et à droite position de la cage après intervention en janvier 2019 (FISH-PASS)

- Grille de dévalaison du piège de Pont es Omnès

La surverse du barrage de Bois Joli a eu lieu début décembre 2019 en concordance avec un pic de crue. Suite à cet épisode hydrologique, la grille de filtration du piège de Pont es Omnès a été endommagée avec la rupture d'un pan de grille. Autour du 23 décembre, suite au pic de crue le plus important, un nouveau pan de grille a cassé diminuant encore l'efficacité du piégeage. Ainsi, pour la campagne 2019-2020, un échappement important d'anguilles en dévalaison a eu lieu.

La grille de dévalaison était d'origine et avait donc été installée en 1996, soit près de 24 ans. C'est le seul élément majeur du système de dévalaison qui n'a pas encore été changé. Des travaux doivent donc être réalisés rapidement pour ne pas impacter de manière plus importante la série de données en cours.

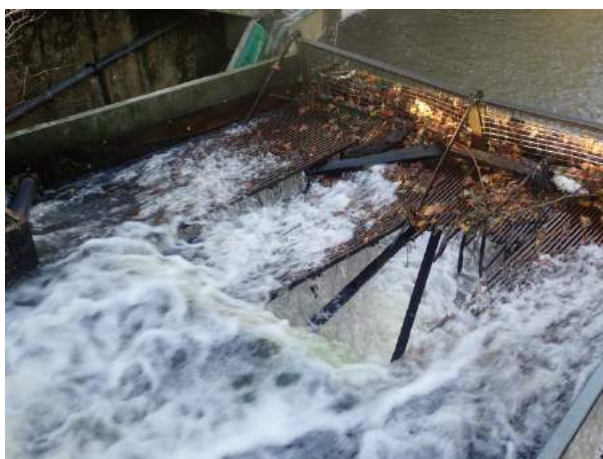


Figure 71 : Grille de dévalaison en mauvais état après les crues hivernales (Fish-Pass)

- Confinement Covid 19

Etant donné le confinement lié à l'épidémie du Covid 19, l'association Cœur a souhaité se mettre en retrait du suivi. Fish-Pass a donc réalisée l'ensemble des relèves pendant cette période en respectant les préconisations gouvernementales et les gestes barrières.

10 Bilan des travaux de l'année 2019 et Discussion

L'année 2019 aura été très particulière que ce soit pour la montaison, avec l'installation d'une passe-piège temporaire à Pont Avet, que pour la dévalaison avec la rupture de la grille de filtration.

Recrutement

Le recrutement 2019 est assez bon avec 8446 individus (incluant 1199 individus capturés à Bois Joli et 7247 capturés à Pont Avet), soit le 9^{ème} rang sur 23 valeurs depuis le début du suivi.

A Bois Joli, la migration anadrome a commencé au début du mois de mars. Après un démarrage tardif et peu de mouvements pendant 3 mois, un pic de migration est observé début juin, suivi d'arrivées régulières dont l'essentiel s'est concentré sur 3 mois de juin à fin août. A Pont Avet, les migrations ont débuté au 15 avril soit 1,5 mois après celles observées à Bois Joli. Ce retard peut être expliqué en partie par le problème de positionnement du débit d'attrait, localisé trop en amont. Les abondances observées à Pont Avet sont nettement plus importantes qu'au droit de Bois Joli. Deux pics principaux ont été observés, un premier survenu début juin et un second début août, avec notamment 953 individus capturés le 1^{er} août 2019.

Les anguilles en migration présentaient une taille moyenne de 103,9 mm à Bois Joli et 109 mm à Pont Avet. De nombreuses anguilles de grandes tailles ont été capturées en montaison à Pont Avet. En effet, près de 10% des effectifs avaient une taille supérieure à 250 mm mettant en évidence un blocage d'une partie des anguilles les années précédentes.

Au cours de la saison 2019, la taille moyenne des anguilles a tendance à diminuer soulignant une forte migration des anguilles les plus petites en milieu d'année (juin à septembre)

- **Stock**

Le peuplement du Frémur est très fortement dominé par des espèces tolérantes (gardon, loche franche, épinouche, perche). De plus, les densités des principales espèces : anguille, gardon, loche franche présentent une tendance à la diminution de leurs densités depuis 2003, soulignant la dégradation du peuplement piscicole sur le Frémur. Une amélioration semble toutefois visible ces dernières années pour la loche franche et le gardon.

La densité et la biomasse en anguilles dans le bassin versant observées en 2019 restent faibles mais une légère amélioration semble s'amorcer. Le poids moyen présente globalement une tendance à l'augmentation particulièrement depuis 2005 soulignant un vieillissement de population. La nette baisse constatée en 2019 confirme un rajeunissement de la population avec une colonisation en anguillettes en augmentation. Toutefois, sur la période 1995-2019, une **tendance significative à la baisse des densités et des biomasses est observée.**

La densité moyenne en anguille sur le bassin versant du Frémur à l'amont de la retenue Bois Joli est de 0,129 ind/m² en 2019. C'est la 5^{ème} plus faible depuis le début du suivi en 1995 (moyenne interannuelle : 0,285 ind./m², valeur min 2012 : 0,088 ind./m² Elle est cependant en légère augmentation par rapport à l'année 2018 (0,09 ind/m²), suite à un bon recrutement (8358 anguilles dans le piège de montaison de Bois Joli en 2018).

La biomasse moyenne sur le bassin versant est de 4,77 g/m² en 2019. C'est la deuxième valeur la plus faible depuis le début du suivi après celle de 2018 (4,52 g/m²).

Pour l'année 2019, le secteur aval de Pont Avet présente une assez forte densité d'anguilles avec 0,88 ind/m². La densité la plus forte est observée à Pont es Omnès (1,33 ind/m²) alors qu'elle est habituellement bien plus faible (seulement 0,22 ind/m² en 2018), ceci en lien avec l'abaissement des niveaux d'eau dans la retenue de Pont Avet. En amont de Bois Joli, les secteurs médians (Villou, Trigavou, Motte Olivet, Pleslin) les densités sont moyennes oscillant entre 0,14 et 0,31 ind/m². Sur l'amont du bassin versant (Ruffier, Trélat), la population est en très net déclin avec des densités extrêmement faibles autour de 0,01 ind/m². Par rapport à la moyenne interannuelle, les densités apparaissent globalement plus faibles, hormis sur les secteurs de Pont es Omnès et de Pleslin où elles sont nettement supérieures. Pour les biomasses, une diminution est bien visible d'aval en amont.

- **Marquage-recapture**

Depuis la première opération de marquage, en 1997, le taux de recapture brut lors des pêches électriques est en moyenne de 24 %.

Au cours de la campagne 2019, 215 anguilles ont été marquées lors des pêches d'automne tous secteurs confondus. Concernant les recaptures, **33 anguilles marquées ont été recapturées**. Ce nombre assez important s'explique par les importantes opérations de marquage qui ont eu lieu depuis 2008 après un arrêt du marquage entre 2003 et 2008. Toutes les anguilles marquées recapturées en 2019 ont été marquées entre 2011 et 2018. Sur les 33 anguilles recapturées, une était au stade argenté et une autre au stade jaune/argenté au moment de leur recapture. Ces deux individus ont changé de stade entre le moment de leur capture et marquage et le moment de leur recapture en 2019. Toutes les autres étaient au stade jaune et n'ont pas changé de stade entre la capture et la recapture.

Le déplacement des anguilles a pu être étudié en comparant les stations de marquage et de recapture. 32 anguilles ont été recapturées dans le secteur où elles ont été marquées et 1 seule anguille s'est notablement déplacée, marquée à Bois Joli elle a été recapturée à Trigavou, 1,2 km plus en amont tout en changeant de stade (jaune à argenté).

Sur l'ensemble des anguilles recapturées en 2019, la croissance moyenne annuelle est de 19,5 mm. Cette valeur est relativement proche de celle des campagnes précédentes. Depuis 2009, la croissance moyenne calculée à chaque campagne apparaît donc relativement stable, autour de 21 mm/an.

En dévalaison, les taux de recaptures annuels observés dans le piège de dévalaison sont en moyenne depuis le début du suivi de 10 %. Pour la dévalaison 2018/2019, le barrage de Bois Joli n'a pas surversé de la saison hivernale. La dévalaison a donc été très faible avec seulement 28 anguilles argentées et 2 anguilles marquées recapturées dans le piège de dévalaison. Pour la dévalaison 2019/2020, arrêtée au 02/03/2020, 6 anguilles marquées ont été capturées dans le piège de dévalaison. Ce nombre est assez faible au regard de l'absence de surverse à Bois Joli la saison précédente, et du nombre important de marque posées en amont de Bois Joli les années

précédentes. Il s'explique, cependant, par l'échappement important estimée cette année du fait de la rupture d'une partie de la grille de dévalaison.

- **Dévalaison**

La dévalaison 2018-2019 a été la plus faible depuis le début du suivi avec le 24^{ème} effectif (51 anguilles). Cela s'explique notamment par l'hydrologie relativement faible et l'absence de surverse du barrage de Bois Joli sur toute la saison de dévalaison.

La dévalaison 2019-2020, n'est pas encore terminée au moment de la rédaction de ce rapport. Le nombre d'anguilles ayant dévalé sur 2019-2020 a été estimé à 586 individus (220 capturés), soit la 9^{ème} meilleure saison de dévalaison depuis le début du suivi. Cette dévalaison intéressante est à relier à une hydrologie très favorable début décembre après un étiage sévère à l'automne.

Le sex-ratio pour la dévalaison 2018/2019, compte tenu de la faible dévalaison (51 individus) et de l'absence de surverse, est assez équilibré avec 55% de mâles et 45 % de femelles. Pour la dévalaison 2019-2020, pour les individus argentés et jaune/argentés, est largement en faveur des femelles (69 %) pour seulement 31% de mâle. Sur la durée du suivi, le sex ratio s'est complètement inversé sur le Frémur passant d'une majorité de mâles sur la période 1996-2001 à une majorité de femelle depuis 2012 (hors saison 2018/2019 sans surverse).

Parmi les anguilles dévalantes, très peu étaient exemptes de pathologies externes, seulement 7 % pour la dévalaison 2018-2019 et 13% pour la dévalaison 2019-2020. Les principales pathologies observées étaient des érosions, des hémorragies et des masses/grosseurs sur les deux saisons.

Le Frémur est une rivière index du plan de gestion anguille avec une forte antériorité de données. Cette série remarquable est toutefois dépendante du bon fonctionnement des systèmes de piégeage dont le renouvellement doit être planifié. Des problématiques de continuité piscicole sur plusieurs ouvrages du bassin persistent depuis longtemps avec des ouvrages qui n'ont toujours pas été équipés ou réaménagés pour améliorer la franchissabilité piscicole à la montaison ou la dévalaison. Une problématique importante de gestion de l'eau est également présente sur le bassin. Toutefois, des travaux sont programmés sur les barrages de Pont Avet et Bois Joli qui devraient permettre d'améliorer la situation actuelle. Les problématiques rencontrées sont d'autant plus alarmantes pour les autres bassins versant qui ne bénéficient pas des mêmes considérations que le Frémur.

11 Perspectives

Le site du Frémur étant un site idéal pour étudier la population d'anguilles, plusieurs actions pourraient être envisagées afin d'actualiser certaines données ou d'en recueillir de nouvelles :

- Marquage Pit Tag anguillettes en montée
- Mise en place d'antenne RFID sur le bassin versant pour mieux connaître la dynamique de colonisation et les effets de la retenue de Bois Joli.
- Echantillonnage en plan d'eau pour connaître la production de ces milieux qui représentent plus de 40% du linéaire principal de ce cours d'eau
- Etude de la relation habitat/poisson sur l'ensemble de la partie lotique du bassin versant.

Des travaux sont également en planification par le syndicat Eau du pays de Saint Malo sur le barrage de Pont Avet, notamment sur la thématique de continuité écologique.

12 Autres études en cours sur le Frémur

12.1 Etude de la dévalaison par système de rejet des effluents de lavage du filtre de la pompe

Depuis fin mars 2012, une usine de production d'eau potable a été mise en fonctionnement au niveau du barrage de Bois Joli. Un système de pompage avec filtre a été mis en place au niveau du barrage de Bois Joli (FIGURE 72). Dans le cadre de ses travaux de recherche et développement, Fish-Pass, en accord avec le SMPEPCE, a mis en place un système de capture au niveau du système de rejet des effluents de lavage afin de tester l'impact potentiel du pompage (FIGURE 72). Plusieurs voies de passages sont possibles en fonction des conditions hydrologiques ou la gestion du barrage : la surverse (lorsque la retenue est pleine), la vanne de fonds (ponctuellement si elle est manœuvrée), le débit réservé et la conduite de pompage qui disposent de la même entrée dans la tour de prise d'eau.



Figure 72 : A gauche, Filtre du système de pompage a bois Joli (Fish Pass). A Droite, principe de fonctionnement du Filtre. (Timex)



Figure 73 : A gauche, Anguille échantillonnée après son passage dans le filtre. A droite, Anguille marquée au dermojet (Fish Pass)

12.1.1 Diversité

Dans le filtre, 10 espèces différentes ont été identifiées, 9 de poissons et 1 d'écrevisse. Parmi les espèces de poissons, deux espèces patrimoniales sont présentes : l'anguille et le brochet. L'espèce majoritaire est le sandre (43%, 1985 individus), suivi de la perche (42%, 1970 individus) et de l'anguille (12% ; 561 individus). Sur l'ensemble des poissons capturés dans le piège du filtre, une mortalité de 88,4 % a été constatée.

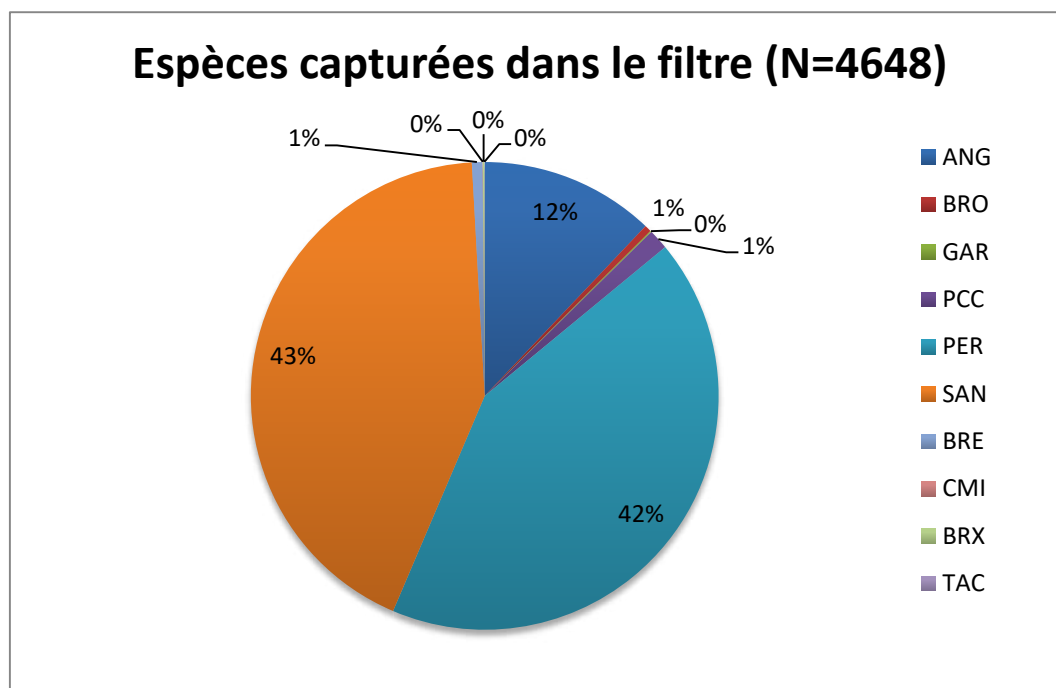


Figure 74 : Abondance relative des différentes espèces capturées dans le piège du filtre (Fish Pass)

12.1.2 Caractéristique des anguilles et estimation de la mortalité

Depuis la mise en place du piège du filtre, 9 campagnes de dévalaison ont pu être suivies. Cependant, les campagnes 2011-2012 et 2019-2020 sont incomplètes, le suivi de la première ayant débuté en cours d'une saison au moment de la mise en fonctionnement de la station de pompage, l'autre n'étant pas encore terminée.

La taille moyenne des anguilles capturées dans le piège du filtre a été de 453,4 mm avec un minimum de 107 mm et un maximum de 918 mm. La majorité des anguilles étaient au stade argenté (389 individus, 69,3 %) suivi par le stade jaune (131 individus, 23,4 %). Environ 4,3 % étaient en cours d'argenture et pour 3 % le stade n'a pu être déterminé du fait de l'état de décomposition des anguilles.

Pour les anguilles, sur l'ensemble des campagnes, 144 individus ont été retrouvés morts dans le piège suite à leur passage dans le filtre, soit une mortalité directe de 25,7 %. Suivant les campagnes, la mortalité directe a oscillé entre 2% et 100%.

- Autres études en cours sur le Frémur -

Depuis la campagne de dévalaison 2013-2014, les anguilles argentées capturées vivantes dans le piège du filtre sont marquées de manière externe avec un code unique au dermojet, ainsi que quelques-unes au Pit-Tag. Le dermojet permet d'injecter de l'encre en sous cutané, et le code est obtenu en utilisant un nombre de points (1 à 5) placés à des endroits prédéterminés sur la face ventrale de l'anguille (9 localisations possibles). Ainsi, 212 anguilles argentées ont été marquées à la sortie du filtre, parmi elles seulement 74 ont été recapturées (69 vivantes et 5 mortes) dans le piège de dévalaison de Pont es Omnès (environ 1km en aval du point de relâche).

Sans inclure la campagne 2019-2020, compte tenu de la rupture d'une partie de la grille, le nombre d'individus recapturés vivants est de 71 pour 185 anguilles marquées. La mortalité indirecte calculée sur les individus relâchés vivant après leur passage dans le filtre, est ainsi estimée à 61,6 %. En ramenant ce pourcentage à l'ensemble des anguilles capturées dans le filtre (vivantes + mortes), la mortalité indirecte est donc de 43,9%.

La mortalité totale (directe + indirecte) liée au passage dans le filtre peut ainsi être estimée à 69,6 % (25,7 % + 43,9%).

Tableau 22 : Caractéristiques des anguilles capturées et estimation des mortalités (Fish Pass)

Dévalaison	N	Taille				Stade				Mortalité directe		Mortalité indirecte		
		Moyenne	Min	Max	sd	Argenté	Jaune/ Argenté	Jaune	Ind.	N morte	Mortalité	N anguille Ag marquées	N anguille Ag recapturées	Mortalité indirecte
2011-2012	7	453,9	246	695	152,8	1	1	3	2	7	100,0	-	-	-
2012-2013	89	405,9	150	786	127,5	63	-	24	2	26	29,2	-	-	-
2013-2014	49	449,4	133	790	153,3	36	5	8	-	1	2,0	20	4	80,0
2014-2015	43	463,8	186	787	133,0	36	-	4	3	4	9,3	36	15	58,3
2015-2016	65	479,3	188	781	142,0	43	3	17	2	18	27,7	36	22	38,9
2016-2017	72	433,3	152	745	136,1	41	8	22	1	26	36,1	20	7	65,0
2017-2018	99	454,0	107	918	152,0	65	3	25	6	31	31,3	49	16	67,3
2018-2019	81	468,8	239	827	144,8	58	2	20	1	26	32,1	24	7	70,8
2019-2020	56	498,0	225	794	139,7	46	2	8	-	5	8,9	27	3	
Total	561	445,2	107	918	139,7	389	24	131	17	144	25,7	212	74	

12.1.3 Etat sanitaire des anguilles

Parmi les anguilles piégées dans le filtre, seulement 14 % apparaissent saines d'après leur état externe. Plus de 25 % ont été retrouvées mortes dans le piège. Ainsi, 61 % des anguilles présentent 1 ou plusieurs pathologies externes.

Les pathologies les plus récurrentes sont les érosions cutanées (58 %), les hémorragies (12 %), les masses et grosseurs (9%), puis les altérations de la couleur (8 %).

Nombre de pathologies observées par anguille

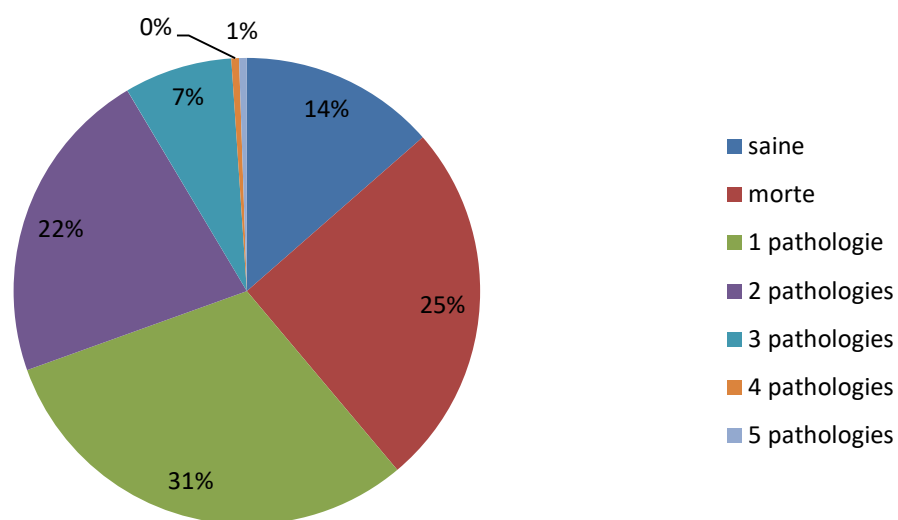


Figure 75 : Nombre de pathologies observées sur les anguilles du filtre (Fish Pass)

Types de pathologie observées

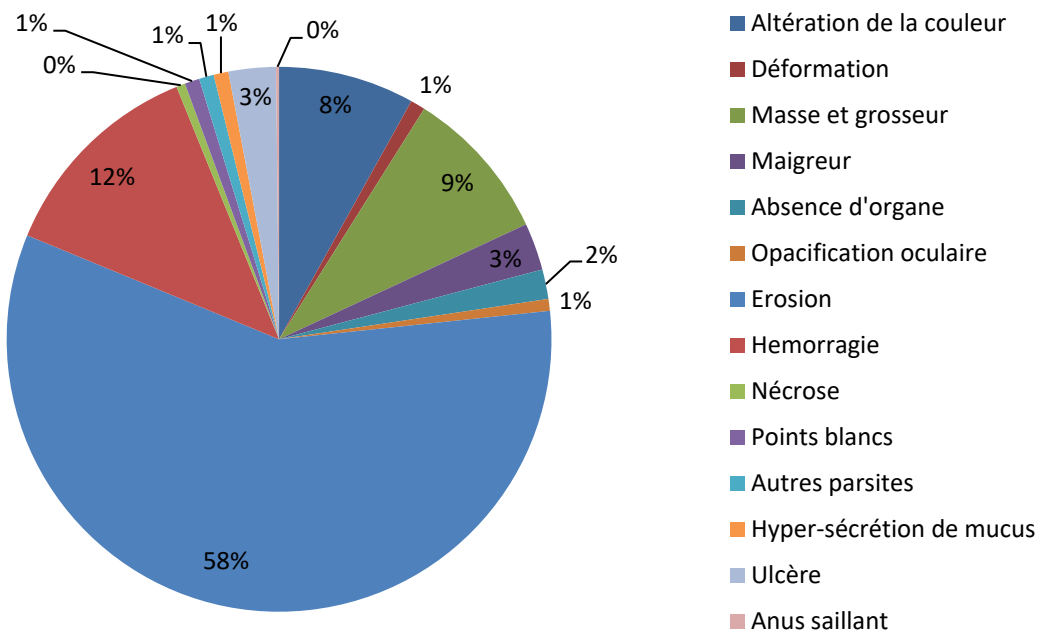


Figure 76 : Types de pathologies observées sur les anguilles du filtre (Fish Pass)

12.1.4 Temps nécessaire pour traverser la retenue de Pont es Omnès

Après leur passage dans le filtre, les anguilles argentées ont été recapturées entre 1 et 893 jours en dévalaison au niveau du piège de Pont es Omnès. La durée médiane a été de 28 jours mais 10 individus ont mis plus de 350 jours soit plus de 1 an pour dévaler. Ainsi, outre une mortalité importante créée par le filtre, il s'avère que le passage par le filtre perturbe la migration de dévalaison des anguilles en retardant la migration des individus encore vivants voire en stoppant la migration d'une partie d'entre elles.

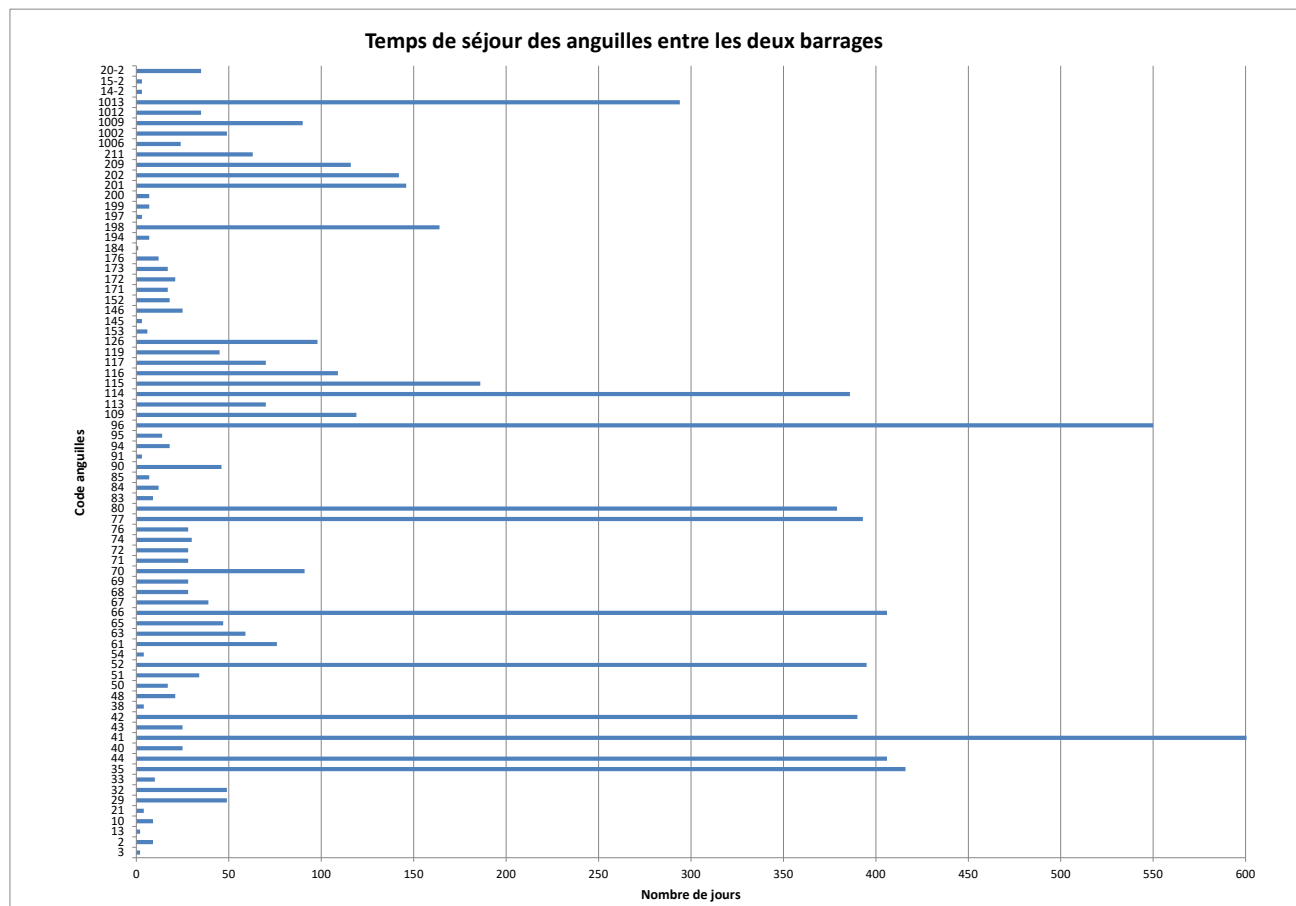


Figure 77 : Nombre de jours mis par les anguilles argentées capturées dans le piège du filtre pour traverser la retenue de Pont es Omnès

Le système de filtre de la station de pompage apparaît donc avoir un impact important sur les anguilles utilisant cette voie de migration, celui-ci engendrant des lésions sur les anguilles, des fortes mortalités et un retard de migration pour les anguilles survivantes.

13 Bibliographie

- ACOU, A., GABRIEL, G., LAFFAILLE, P. ET FEUNTEUN, E. (2009).** "Differential production and condition indices of premigrant eels (*Anguilla anguilla*) in two small Atlantic coastal catchments of France." In *Eels at the Edge: Science, Status, and Conservation Concerns*, American Fishery Society Symposium 58, 449p.
- DURIF, C., GUIBERT, A., ELIE, P. (2009).** Morphological discrimination of the silvering stages of the European eel. In *Eels at the edge: science, status, and conservation concerns* (Casselman, J. M. & Cairns, D. K., eds.), pp. 103-111. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society Symposium 58.
- JIGOREL, A., BOUEDO, A., NICOLAS, R., MORIN, J.P. (2005).** Stockage du phosphore dans les sédiments d'un réservoir eutrophe (Gouet, BRETAGNE, FRANCE). The Fourth inter-Celtic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources, 15pp.
- LAFFAILLE, P., ACOU, A., GUILLOUËT, J. ET LEGAULT, A. (2005).** "Temporal changes in European eel, *Anguilla anguilla*, stocks in a small catchment after installation of fish passes." *Fisheries Management and Ecology* 12. 123-129.
- LAFFAILLE, P., ACOU, A., GUILLOUËT, J., MOUNAIX, B. ET LEGAULT, A. (2006).** "Patterns of silver eel (*Anguilla anguilla* L.) sex ratio in a catchment." *Ecology of Freshwater Fish* 15. 583-588.
- LEGAULT, A., ACOU, A., GUILLOUËT, J. ET FEUNTEUN, E. (2003).** "Suivi de la migration d'avalaison des anguilles par une conduite de débit réservé." *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture*. 368. 43-54.
- LEGAULT, A., LAFFAILLE, P., GUILLOUËT, J. ACOU, A. (2004).** Importance of specific fish passes for European eel (*Anguilla anguilla* L.) recruitment. Fifth International Symposium on Ecohydraulics. Aquatic Habitats: Analysis & Restoration. Madrid. Fishes passes and migration facilities 2. 937-941.
- MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE (2012).** Guide technique Évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau), décembre 2012. Edition Mars 2013, 84 pp.
- NISBET, M., & VERNEAUX, J. (1970, JANUARY).** Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 6, No. 2, pp. 161-190). EDP Sciences.
- SIMON, J. (2007).** Evaluation of marking European silver eels with visible implant elastomer tags and alcian blue. *Journal of Fish Biology*, 70: 303-309.
- SYNDICAT MIXTE DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE LA COTE D'ÉMERAUDE (2013).** Contrat de Bassin versant Frémur-baie de Beaussais 2008-2012, Bilan 2012, Bilan technique pluriannuel sur 5 ans (2008-2012), Version 2. Rédaction SMPEPCE, septembre 2013, 56 pp. sans les annexes.

14 Annexes

14.1 Annexe 1 : Densité et biomasse de l'anguille de 1995 à 2019

- Annexes -

Densité moyenne de l'anguille (ind./m²) obtenue par pêche électrique sur le Frémur de 1995 à 2019 aux différents secteurs de pêche

Secteur	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Aval Pont Avet	0,27	8,49	1,04	1,03	0,79	1,52	1,17	0,68	1,46	0,78	0,19										0,87	0,92	0,59	1,11	0,88
Aval Pont es Omnès	0,07	0,06	0,10	0,04	0,07	0,09	0,38	0,06	0,04	0,09	0,03									0,30	0,23	0,08	0,26	0,22	1,33
Villou	1,39	0,59	0,55	0,62	0,48	0,56	1,91	0,71	1,47	0,30	0,80	1,90		0,80	0,73	0,29	0,78	0,03	0,29	0,21	0,54	0,28	0,20	0,07	0,24
Trigavou	0,35	0,38	0,46	0,27	0,14	0,34	0,27	0,49	0,50	0,55	0,42	0,58	0,48	0,52	0,26	0,48	0,22	0,23	0,35	0,36	0,38	0,20	0,20	0,12	0,14
Motte Olivet	1,57	0,68	1,09	0,71	1,04	1,23	0,57	0,62	0,77	2,04	0,97	0,29	0,37	0,47	0,22	0,34	0,29	0,26	0,17	0,27	0,21	0,31	0,18	0,27	0,31
Pleslin	0,12	0,10	0,37	0,09	0,08	0,20	0,05	0,07	0,04	0,23	0,05	0,09	0,06	0,08	0,05	0,05	0,02	0,03	0,11	0,04	0,03	0,04	0,10	0,08	0,15
Ruffier	0,49	0,17	0,42	0,11	0,19	0,13	0,08	0,20	0,13	0,17	0,09	0,24	0,18	0,08	0,08	0,05	0,04	0,00	0,03	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01
Trélat	0,40	0,36	0,28	0,18	0,27	0,18	0,14	0,13	0,07	0,11	0,09	0,07	0,09	0,03	0,11	0,08	0,01	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,01
Moyenne Total	0,58	1,35	0,54	0,38	0,38	0,53	0,57	0,37	0,56	0,53	0,33	0,53	0,23	0,33	0,24	0,22	0,23	0,10	0,17	0,18	0,29	0,24	0,20	0,24	0,38
Moyenne (sans PA et PEO)	0,70	0,52	0,53	0,34	0,37	0,45	0,51	0,37	0,51	0,56	0,39	0,53	0,23	0,33	0,24	0,22	0,23	0,10	0,17	0,16	0,21	0,16	0,13	0,12	0,18

Biomasse moyenne de l'anguille (g./m²) obtenue par pêche électrique sur le Frémur de 1995 à 2019 aux différents secteurs de pêche

Secteur	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Aval Pont Avet	8,20	98,62	73,19	12,69	37,99	21,52	47,06	34,05	23,05	15,16	8,10										72,1	46,2	50,9	55,5	57,0
Aval Pont es Omnès	4,93	1,35	3,02	1,04	2,17	7,02	8,04	3,60	5,84	4,04	1,56									18,6	22,6	6,5	26,2	19,0	12,5
Villou	40,04	8,04	7,28	8,70	11,77	18,23	30,95	12,84	14,54	14,21	6,47	21,85		13,70	15,46	9,05	11,7	2,9	9,3	8,0	11,4	4,9	4,2	1,6	5,2
Trigavou	11,78	17,18	17,47	7,49	4,48	26,66	10,05	24,87	17,62	16,40	13,67	33,23	19,71	25,22	11,02	11,29	7,1	7,9	19,6	11,1	13,3	11,0	11,5	7,1	2,8
Motte Olivet	36,19	25,58	28,59	11,55	36,21	38,88	13,78	22,00	33,34	36,04	17,40	8,34	12,16	20,04	15,24	20,48	17,6	12,4	12,9	11,7	18,1	24,3	8,7	11,5	12,6
Pleslin	8,51	7,80	25,59	3,99	3,97	10,40	2,92	3,85	1,94	8,09	1,15	3,60	3,39	3,58	4,52	2,39	1,2	4,1	9,2	3,5	2,0	2,6	6,0	2,2	10,5
Ruffier	18,50	5,09	10,83	4,29	6,69	3,57	1,43	4,23	5,15	2,77	1,84	4,94	3,34	1,95	2,05	1,01	1,4	0,0	1,8	0,3	0,3	2,0	0,4	0,2	0,5
Trélat	20,39	22,03	15,27	11,10	15,04	13,33	9,63	8,40	9,41	6,93	5,25	5,25	5,48	2,12	8,73	8,07	2,2	4,2	4,4	4,0	4,4	2,9	2,4	9,1	0,6
Moyenne Total	18,57	23,21	22,65	7,61	14,79	17,45	15,48	14,23	13,86	12,96	6,93	12,87	8,82	11,10	9,50	8,71	6,85	5,24	9,56	8,15	18,01	12,56	13,80	13,29	12,72
Moyenne (sans PA et PEO)	22,57	14,29	17,50	7,85	13,03	18,51	11,46	12,70	13,67	14,07	7,63	12,87	8,82	11,10	9,50	8,71	6,85	5,24	9,56	6,41	8,23	7,95	5,54	5,29	5,37

14.2 Annexe 2 : Effectif des montées

Année	piège montée Bois Joli	piège montée Pont es Omnès	piège montée Pont Avet	recrutement amont de Bois Joli	indice recrutement européen
1997	3 454	2 049		3454	42
1998	26 765	21 825		26765	16
1999	5 995	19 697		5995	22
2000	7 965	13 876		7965	19,1
2001	13 578	6 037		13578	7,9
2002	2 457	3 689		2457	13,1
2003	381	2 371		381	12,5
2004	12 124	9 616		12124	6,8
2005	6 223	4 277		6223	7,6
2006	9 351	3 696		9351	5,5
2007	9 103	4 149		9103	6,3
2008	15 482	9 572		15482	5,7
2009	3 578	1 496		3578	4,4
2010	10 009	5 265		10009	4,5
2011	849	711		849	3,6
2012	4 166			4166	5,1
2013	4 279			4279	7,4
2014	8 683			8683	12,6
2015	3 288			3288	6,8
2016	4 819			4819	8,6
2017	2 572			2572	8,4
2018	8 358			8358	8,9
2019	1 199		7 247	8446	6
moyenne	7 160	7 222	6 872	7 475	

lm(formula = IE ~ BJ, data = comp_bj_ir)

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max
-12.045 -3.476 -1.674 2.841 12.591

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 3.1637361 2.2974760 1.377 0.183716
BJ 0.0009806 0.0002404 4.078 0.000586 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 6.445 on 20 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.454, Adjusted R-squared: 0.4267
F-statistic: 16.63 on 1 and 20 DF, p-value: 0.000586

14.3 Annexe 3 : Effectif des dévalaisons (à Pont es Omnès)

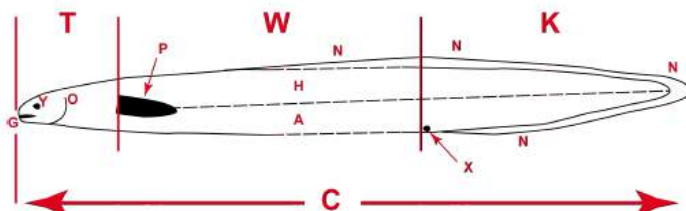
Les données de dévalaison 2018-2019 sont, à ce jour, incomplètes. Elles s'arrêtent début mars 2020. Pour l'année 2019, suite à l'échappement pour cause de rupture de la grille de dévalaison, les estimations basses et hautes sont indiquées. Entre () est notée les captures réelles.

Année	Argentées*	Jaunes/Argentées*	Jaunes*	Indéterminées*	Total dévalantes*
1996	661	14	31	0	706
1997	822	6	56	0	884
1998	657	19	142	0	818
1999	1261	10	91	0	1362
2000	752	63	198	0	1012
2001	375	17	86	0	478
2002	369	3	16	0	388
2003	567	4	14	0	585
2004	319	14	21	0	354
2005	493	72	35	0	600
2006	496	106	147	27	776
2007	450	65	120	65	700
2008	445	28	38	4	515
2009	305	15	40	2	362
2010	209	19	8	0	236
2011	109	43	8	1	161
2012	606	19	18	3	646
2013	220	18	32	9	279
2014	170	3	25	0	198
2015	306	9	34	0	349
2016	74	22	34	0	130
2017	423	18	78	3	522
2018	28	1	22	0	51
2019	346-603 (168)	61-65 (14)	179-284 (38)	0	586-952 (220)

*Effectifs pouvant être corrigés pour l'échappement

14.4 Annexe 4 : Codification des pathologies de l'anguille (Beaulaton et Pénil, 2009)

Code pathologique ⁽⁰⁾ Tab. 1 Code lésion et parasitisme ⁽¹⁾ Absence de lésion ou de parasite Lésions anatomo-morphologiques Absence d'organe ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ Altération de la couleur Anus rouge ou saillant Bulle de gaz Déformation difformité Hypersécrétion de mucus Exophtalmie Opacification oculaire Maigreur Érosion Hémorragie Ulcère (dont hémorragique) ⁽⁶⁾ Nécrose Masses et grosseurs (dont kyste) ⁽⁶⁾ Parasitisme externe Point blanc Mycose (« mousse ») Crustacés ⁽⁷⁾ Hirudinés Autres parasites que les 4 précédents ⁽⁷⁾ Parasites (une des 5 catégories au-dessus) ⁽⁷⁾		Tab. 2 Code localisation anatomique ⁽²⁾ Localisation Corps Colonne vertébrale Tête Bouche Œil Opercule / Branchies Tronc Abdomen Dos Nageoire pectorale Nageoire principale Pédoncule caudal Orifice anal		Code C V T G Y O W A H P N K X
C_imp S S S S D S D S D S S N/S S N/S S S N/S N N/S N/S	OO AO AC US BG AD SM EX CO AM ER HE UL NE AG	C_imp S S N/S N N/S N/S	Code PB PC CR HH PX PT	(0) Un code pathologique doit être attribué à toutes les anguilles observées. En l'absence de lésion ou de parasite il sera OOC0. (1) Par anguille, un type de lésion ou de parasite n'est codé qu'une fois (2) Lorsqu'un type de lésion ou de parasite se manifeste par plusieurs lésions sur différentes parties du corps, la localisation codée sera celle du niveau supérieur (ex : G+Y=T) (3) L'importance s'apprécie sur la base de la localisation codée (ex : N sur la tête) (4) Convention de notation pour absence d'yeux: AOY2 il manque un œil, AOY4, il manque les deux yeux. (5) Chaque type d'absence d'organe est codé individuellement (ex : AOY2 et AOP4 pour absence d'un œil et de tout ou partie des pectorales - plus de 20 %) (6) Pour les lésions lorsque deux méthodes de codification de l'importance sont possibles, on codera la plus déclassante. (7) Pour les parasites les plus gros, types hirudinés ou Argulus, la codification de l'importance utilisera le nombre (N). Pour les parasites les plus petits, types point blanc ou Paragnathia, la codification de l'importance utilisera la surface atteinte (S).
Code importance (C_imp) ⁽³⁾ Nombre (N) N= 0 N= < 3 N= 4 à 6 N= 7 à 10 N > 10 Surface atteinte (S) S = 0% S < 5% S = 5 à 10% S = 10 à 20% S > 20% Degré d'altération (D) Nul Faible Moyen Fort Très fort		Code 0 1 2 3 4 Code 0 1 2 3 4 Code 0 1 2 3 4		



14.5 Annexe 5 : Mise en valeur du programme Frémur

Publications et présentations à caractère scientifique à partir du programme Frémur ou utilisant des données du programme depuis 1996 :

1996 (2)

Feunteun, E., Guillouët, J. et Legault, A. (1996). Distribution spatiale d'une population d'anguilles (*Anguilla anguilla* L.) à l'échelle d'un bassin versant côtier de Bretagne (France). Effets d'aménagements hydrauliques et de passes migratoires. EIFAC EICES Working group on eel. Ijmuiden, octobre 1995.

Guillouët, J., Feunteun, E. et Legault, A. (1996). Etude de la restauration de la population d'anguilles dans le bassin versant du Frémur : état initial. Rapport Fish Pass. Pour la FDPPMA d'Ille-et-Vilaine. 32 pp. + annexes.

1997 (2)

Acou, A. (1997). La migration catadrome des anguilles argentées. Rapport Bibliographique. 24 pp.

Fish-Pass (1997). Etude de la restauration de la population d'anguilles dans le bassin versant du Frémur : suivi post-aménagement, année 1996. Rapport Fish Pass. Pour la FDPPMA d'Ille-et-Vilaine. 23 pp.

1998 (6)

Acou, A., Feunteun, E., Laffaille, P. et Legault, A. (1998). Catadromous migration dynamics of european eel (*Anguilla anguilla*, L.) in anthropic catchments. SIL XXVII congress, August 8-14 1998. Dublin.

Acou, A., Feunteun, E. et Legault, A. (1998). Dynamique de la migration catadrome de l'anguille européenne, *Anguilla anguilla* (L.) dans un bassin versant anthropisé. Réunion du Groupe National Anguille/GRISAM du 23 au 25 septembre 1998. Paimpont.

Feunteun, E., Acou, A., Guillouët, J., Laffaille, P. et Legault, A. (1998). "Spatial distribution of an eel population (*Anguilla anguilla*, L.) in a small catchment of northern Brittany (France). Consequences of hydraulic works." Bull. Fr. Pêche Piscic. 349. 129-193.

Feunteun, E., Acou, A., Laffaille, P. et Legault, A. (1998). European Eel, (*Anguilla anguilla* L.), population parameters and prediction of spawner escapement from continental hydrosystems to sea. CIEM 'Anacat' congress, September 1998. Cascais, Portugal.

Fish-Pass (1998). Etude de la restauration de la population d'anguilles dans le bassin versant du Frémur : suivi post-aménagement, année 1997. Rapport Fish Pass. Pour la FDPPMA d'Ille-et-Vilaine. 35 pp. + annexes.

Luchesi, M. (1998). "Le Frémur, rivière pilote pour les anguilles." Le pêcheur de France 179. 94-95.

1999 (8)

Acou, A. (1999). L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*, L. 1758) : dynamique et déterminisme de la migration catadrome dans un bassin versant anthropisé de Bretagne (Frémur). UMR 6553 Ecobio. Université de Rennes 1. 167 pp. + ann.

Acou, A., Guillouët, J., Laffaille, P., Legault, A. et Feunteun, E. (1999). Recrue fluviales et structure de la population d'anguille à l'échelle d'un bassin versant du nord de la Bretagne le Frémur. Congrès Association Française d'Halieumétrie. Septembre 1999. Rennes.

Acou, A., Lambert, P. et Feunteun, E. (1999). Recueil de références bibliographiques européennes concernant l'anguille (*Anguilla anguilla* L.) sur la période 1994-1998. Rapport du Groupe National Anguilla/GRISAM. 75 pp. + annexes.

Acou, A., Legault, A., Feunteun, E. et Guillouët, J. (1999). Seaward migration delays of silver eels in a small catchment of Brittany, the Frémur. EIFAC/ICES Working Group on Eel, 20-24 September 1999. Silkeborg, Denmark.

Acou, A., Mounaix, B., Guillouët, J., Legault, A. et Feunteun, E. (1999). Dynamique de la migration anadrome des anguilles du Frémur : résultats préliminaires. Poster. Congrès Association Française d'Halieumétrie. Septembre 1999. Rennes.

Guillouët, J., Acou, A., Mounaix, B., Legault, A. et Feunteun, E. (1999). Etude de la restauration de la population d'anguilles dans le bassin versant du Frémur : suivi post-aménagement, année 1998. Rapport Fish Pass. Pour la FDPPMA d'Ille-et-Vilaine. 53 pp. + annexes.

Legault, A., Acou, A., Feunteun, E., Laffaille, P. et Guillouët, J. (1999). Délais de migration des anguilles argentées (*Anguilla anguilla*, L.) dans un bassin versant anthropisé de Bretagne, le Frémur. 4ème congrès international limnologie-océanologie "Variabilités temporelles au sein des hydrosystèmes", 7-10 septembre 1999. Bordeaux, France. 117 pp.

Legault, A., Acou, A., Guillouët, J. et Feunteun, E. (1999). Study on by-pass system for downstream migration of eels. EIFAC/ICES Working Group on Eel. 20-24 September 1999. Silkeborg, Denmark.

2000 (6)

Acou, A., Feunteun, E., Guillouët, J. et Legault, A. (2000). Quantifications des flux migratoires anadromes et catadromes de la sous-population d'anguilles (*Anguilla anguilla* L.) du bassin versant du Frémur, et influences sur le stock en place. Colloque "Premières Rencontres de l'Ichtyologie en France, Paris 2000". Paris.

Acou, A., Feunteun, E., Laffaille, P. et Legault, A. (2000). "Catadromous migration of European eel (*Anguilla anguilla*, L.) in a dammed catchment." *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27. 3117-3120.

Biarne, S. (2000). Migration catadrome de l'anguille (*Anguilla anguilla*) et gestion des débits réservés de grandes retenues d'eau bretonnes. Spécialité "Gestion des espaces naturels". 32 pp.

Feunteun, E., Acou, A., Laffaille, P. et Legault, A. (2000). "European eel, (*Anguilla anguilla* L.): prediction of spawner escapement from continental populations parameters." *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57. 1627-1635.

Guillouët, J., Acou, A., Mounaix, B., Legault, A. et Feunteun, E. (2000). Etude de la restauration de la population d'anguilles dans le bassin versant du Frémur : synthèse du suivi de 1995 à 1999. Rapport Fish Pass. Pour la FDPPMA d'Ille-et-Vilaine. 123 pp. + annexes.

Laffaille, P., Feunteun, E., Acou, A. et Lefeuvre, J.-C. (2000). "Role of European eel (*Anguilla anguilla* L.) in the transfer of organic matter between marine and freshwater system." Verh. Int. Ver. Limnol. 27. 616-619.

2001 (7)

Feunteun, E., Acou, A., Laffaille, P., Robinet, T., Carpentier, A., Mounaix, B., et al. (2001). Du recrutement fluvial à la dévalaison : bilan de 5 années d'études sur la dynamique de la population d'anguilles du Frémur. Colloque Journées anguille du GRISAM, 26-29 mars 2001. Tour du Valat, France.

Feunteun, E., Laffaille, P., Briand, C., Acou, A., Robinet, T., Carpentier, A., et al. (2001). Modalités et déterminismes de la structuration spatiale de fractions de populations d'anguilles en hydrosystèmes fluviaux. Colloque Journées anguilles GRISAM, 26-29 mars 2001. Tour du Valat, France.

Fontenelle, G., Briand, C. et Feunteun, E. (2001). "Eel management in France : How are we to face the dilemma of a european wide species." J. Taiwan Fish. Res. 9. (1&2): 237-250.

Guillouët, J., Mounaix, B., Legault, A., Feunteun, E., Sauvaget, B. et Dumaine, M. (2001). Etude de la restauration de la population d'anguilles dans le bassin versant du Frémur : suivi post-aménagement, année 2000. Pour la FDPPMA d'Ille-et-Vilaine. Rapport Fish Pass. 53 pp. + ann.

Kappès-Grangé, A. (2001). "Mieux connaître l'anguille. Le programme Frémur permettra d'en restaurer la population." Ouest-France.

Mounaix, B., Briand, C., Fatin, D. et Feunteun, E. (2001). Croissance différentielle des anguilles. Analyse comparée dans deux bassins versants bretons : la Vilaine et le Frémur. Colloque Journées anguilles GRISAM, 26-29 mars 2001. Tour du Valat, France.

Sauvaget, B. (2001). L'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.) : Analyse de la migration catadrome 2000 sur le bassin versant du Frémur (Bretagne). UMR Ecobio. Université de Rennes 1. 41.

2002 (5)

Feunteun, E., Boury, P., Mounaix, B. et Robinet, T. (2002). Etude comparative des relations stocks dévalaison de sous-populations d'anguilles : le Frémur un bassin versant fortement aménagé, et l'Oir un cours d'eau faiblement anthropisé. Rapport Mate - Grisam - Diren Basse-Normandie. 44 pp.

Feunteun, E., Castelnaud, G., Briand, C., Prouzet, P., Menella, J.Y. et De Roton, G. (2002). Monitoring of glass eel recruitment in France. IJmuiden Dekker W. (ed.) Monitoring of glass eel recruitment. Netherlands Institute of Fisheries Research, the Netherlands, report C007/02-WD, volume 2B. 179-217.

Guillouët, J., Mounaix, B., Legault, A. et Feunteun, E. (2002). Etude de la restauration de la population d'anguilles dans le bassin versant du Frémur : suivi post-aménagement, année 2001. Rapport Fish Pass. Pour la FDPPMA d'Ille-et-Vilaine. 65 pp. + ann.

Miche, G. (2002). L'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.) : Exemple de gestion de l'espèce avec le "programme anguille" sur le Frémur et discrimination des stades de maturité à l'aide de critères objectifs. UMR Ecobio. Université de Rennes 1. 38.

Weisse, M. (2002). Etude de la dévalaison de la faune piscicole au droit du barrage de la retenue de Pont-es-Omnès. Rivière Frémur. Formation IMACOF. Centre Universitaire de Chinon. Université de Tours. 56 pp. + ann.

2003 (12)

Acou, A., Boury, P., Guillouët, J., Poizat, G., Crivelli, A. et Feunteun, E. (2003). Vers une caractérisation standard des stades dévalants d'anguilles. Communication. Secondes rencontres scientifiques "L'anguille en Loire", Angers 2003.

Acou, A., Gabriel, G., Boury, P., Robinet, T., Mounaix, B., Guillouët, J., et al. (2003). Etude comparative des relations stocks dévalaison de sous-populations d'anguilles : le Frémur un bassin versant fortement aménagé, et l'Oir un cours d'eau faiblement anthropisé. Rapport Mate-Grisam-Diren Basse Normandie. 65 pp.

Acou, A., Lefeuvre, J.-C., Contournet, P., Poizat, G., Panfili, J. et Crivelli, A.J (2003). "L'argenteure chez des anguilles femelles (*Anguilla anguilla*) de deux sous-populations du delta du Rhône." Bull. Fr. Pêche Piscic. 368. 55-68.

Acou, A., Legault, A. et Feunteun, E. (2003). Typologie de la production d'anguilles argentées (*Anguilla anguilla*, L.) dans des bassins versants côtiers de petite taille : d'une réflexion méthodologique à une approche théorique. Poster. Les journées anguille du GIS GRISAM.Station hydrobiologie INRA, Saint Pée sur Nivelle. 9-10 septembre 2003.

Acou, A., Robinet, T., Guillouët, J. et Feunteun, E. (2003). Spatio temporal variations in the distribution of eels (*Anguilla anguilla*) in a small dammed catchment. Communication. International Eel Symposium 2003. American Fisheries Society Annual Meeting, Quebec City, August 2003.

Feunteun, E., Laffaille, P., Robinet, T., Briand, C., Baisez, A., Olivier, J.-M., et al. (2003). A review of upstream migration and movements in inland waters by anguillid eels. Towards a general theory. Advances in eel biology Tokyo. Aida, K. Tsukamoto, K. Yamauchi, K. (eds). Springer-Verlag. 191-213.

Guillouët, J., Acou, A., Legault, A., Feunteun, E. et Laffaille, P. (2003). Synthèse des travaux du programme sur la population d'anguilles du Frémur (1995-2002). Poster. Les journées anguille du GIS GRISAM.Station hydrobiologie INRA, Saint Pée sur Nivelle. 9-10 septembre 2003.

Guillouët, J., Mounaix, B., Acou, A., Legault, A., Feunteun, E. et Miche, G. (2003). Etude de la restauration de la population d'anguille sur le Frémur : suivi post-aménagement, année 2002. Pour la FDPPMA d'Ille-et-Vilaine. 70 pp + ann.

Laffaille, P., Feunteun, E., Baisez, A., Robinet, T., Acou, A. et Lek, S. (2003). "Spatial organisation of European eel (*Anguilla anguilla* L.) in a small catchment." Ecology of Freshwater Fish 12. 254-264.

Laffaille, P. et Guillouët, J. (2003). Evolution de la population d'anguille en 8 ans de suivi sur le Frémur, petit fleuve côtier de Bretagne nord. Les poissons migrateurs : un patrimoine régional.

Colloques du 16 octobre 2003. Organisme de coordination des actions pour les poissons migrateurs en Bretagne. Rennes. 39.

Legault, A. (2003). Suivi de la migration anadrome de l'anguille. Barrage de Rophémel. 2002. 20 pp.

Legault, A., Acou, A., Guillouët, J. et Feunteun, E. (2003). "Suivi de la migration d'avalaison des anguilles par une conduite de débit réservé." Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture. 368. 43-54.

2004 (5)

Guillouët, J., Acou, A., Laffaille, P., Mounaix, B., Legault, A. et Feunteun, E. (2004). Etude de la restauration de la population d'anguille sur le Frémur : suivi post-aménagement, année 2003.: Pour la FDPPMA d'Ille-et-Vilaine. 74 pp + ann.

Legault, A., Laffaille, P., Guillouët, J. et Acou, A. (2004). Importance of specific fish passes for European eel (*Anguilla anguilla* L.) recruitment. Fifth International Symposium on Ecohydraulics. Aquatic Habitats: Analysis & Restoration. Madrid. Fishes passes and migration facilities 2. 937-941.

Robinet, T. (2004). Mécanismes de persistance des assemblages piscicoles en eau douce : des îles océaniques aux bassins côtiers continentaux. Laboratoire de Biologie et Environnement marins (FRE 2727 CNRS). Thèse de doctorat, discipline : Ecologie. Université de la Rochelle. La Rochelle.

Solomon, D.-J. et Beach, M.-H. (2004). Fish pass design for eel and elver (*Anguilla anguilla*). Environment Agency.R&D Technical Report W2-070/TR1. R&D Technical Report W2-070/TR1. 92 pp.

Solomon, D.-J. et Beach, M.-H. (2004). Manual for provision of upstream migration facilities for eel and elver. Science Report SCO20075/SR2. Environnement agency. 35-36.

2005 (7)

Acou, A., Boury, P., Laffaille, P., Crivelli, A. et Feunteun, E. (2005). "Towards a standardized characterization of the potentially migrating silver European eel (*Anguilla anguilla*, L.)." Arch. Hydrobiol. 164. (2): 237-255.

Boury, P., Feunteun, E., Acou, A. et Gabriel, G. (2005). Relation between continental hydrosystems and silver eels fractions : a typological analysis needed for eel stock management. Poster. Les poissons migrateurs amphialins d'Europe. Ecologie, gestion et conservation. 29 mars - 1er avril 2005. Bordeaux, CEMAGREF, DIADFISH, INRA;.

Guillouët, J., Acou, A., Laffaille, P., Mounaix, B., Legault, A. et Feunteun, E. (2005). Etude de la restauration de la population d'anguille sur le Frémur : suivi post-aménagement, année 2004.: Pour la FDPPMA d'Ille-et-Vilaine. 83 pp + ann.

Laffaille, P., Acou, A. et Guillouët, J. (2005). "The yellow European eel (*Anguilla anguilla* L.) may adopt a sedentary lifestyle in inland freshwaters." Ecology of Freshwater Fish.

Laffaille, P., Acou, A., Guillouët, J. et Legault, A. (2005). The number of male silver eels (*Anguilla anguilla*) is decreasing. Poster. Les poissons migrateurs amphihalins d'Europe. Ecologie, gestion et

conservation. 29 mars - 1er avril 2005. FDAPPMA35 FISH-PASS, Université de Rennes 1. Bordeaux, CEMAGREF, DIADFISH, INRA.

Laffaille, P., Acou, A., Guillouët, J. et Legault, A. (2005). "Temporal changes in European eel, *Anguilla anguilla*, stocks in a small catchment after installation of fish passes." *Fisheries Management and Ecology* 12. 123-129.

Laffaille, P., Rigaud, C., Bories, J. et Sicot, S. (2005). "Le coin de l'anguille." *Le pêcheur professionnel continental et estuarien* 50. 8-11.

2006 (3)

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. E.R.T. 52 Biodiversité fonctionnelle et Gestion des territoires. U.F.R. Sciences de la Vie et de l'Environnement. Docteur de l'Université de Rennes 1. Mention Biologie. Rennes. 316.

Laffaille, P., Acou, A., Guillouët, J., Mounaix, B. et Legault, A. (2006). "Patterns of silver eel (*Anguilla anguilla* L.) sex ratio in a catchment." *Ecology of Freshwater Fish* 15. 583-588.

Guillouët, J., Acou, A., Laffaille, P., Mounaix, B., Legault, A. et Feunteun, E. (2006). Etude de la restauration de la population d'anguille sur le Frémur : suivi post-aménagement, année 2005.: Pour la FDPPMA d'Ille-et-Vilaine. 63 p + ann.

2007 (1)

Guillouët, J., Acou, A., Laffaille, P., Legault, A. et Feunteun, E. (2007). Etude de la restauration de la population d'anguille sur le Frémur : suivi post-aménagement, année 2006.: Pour l'Association Frémur Baie de Beausais et le Comité Opérationnel des Elus et Usagers de la Rance. 63 p.

2008 (2)

Acou, A., Laffaille, P., Legault, A., et Feunteun, E. (2008). Migration patterns of silver eels (*Anguilla anguilla*, L.) in an obstructed river system. *Ecology of freshwater fish*. doi : 10.1111/j.1600-0633.2008.00295.x

Legault, A. et Blanck, A. (2008). Vidange de retenues et d'étangs et mesures de protection de stock d'anguille. Journées anguilles du GRISAM à Rennes 17-19 juin 2008. Agrocampus Rennes ; Groupe Anguilles GRISAM ; Université Rennes 1. Rennes. p 41.

Guillouët, J., Blanck A., Acou, A., Laffaille, P., Legault, A. et Feunteun, E. (2008). Etude de la restauration de la population d'anguille sur le Frémur : suivi post-aménagement, année 2007.: Pour l'Association Frémur Baie de Beausais et le Comité Opérationnel des Elus et Usagers de la Rance. 61 p + ann.

2009 (4)

Acou, A., Legault, A., Laffaille, P., et Feunteun, E. (2009). Environmental determinism of year-to-year recruitment variability of European eel in a small coastal catchment, the Fremur River, northwest France. *Journal of Fish Biology*, 74, 9.

Acou, A., Gabriel, G., Laffaille, P. et Feunteun, E. (2009). "Differential production and condition indices of premigrant eels (*Anguilla anguilla*) in two small Atlantic coastal catchments of France." In *Eels at the Edge: Science, Status, and Conservation Concerns*, American Fishery Society Symposium 58, 449p.

Blanck, A., Legault, A., Acou, A., Laffaille, P., et Feunteun, E. (2009). Etude de la restauration de la population d'anguille sur le Frémur : suivi post-aménagement, année 2008. Pour Bretagne Grand Migrateurs. 47 p + ann.

Mazel V., 2009. Amélioration de la connaissance de la dynamique de la population d'anguilles à l'échelle du bassin versant du Frémur, rapport de master 2 IMACOF, Université François Rabelais de Tours, Fish-Pass, Pour Bretagne Grands Migrateurs. 75 p.

2011 (1)

Acou A., Rivot E., Van Gils J., Legault A. & Feunteun E, 2010.. Habitat carrying capacity is reached for European eel in a small coastal catchment: ecological evidence and implications for eel stock management, *Freshwater Biology*.

2012 (1)

Mazel V., Charrier F., Robinet T., Laffaille P., 2012. Using length-frequency analysis to determine the age of *Anguilla anguilla* (L.), *J. Appl. Ichtyol*.

2013 (2)

Acou A., Virag L., Boulenger C., Meunier F., Charrier F., Reveillac E., Feunteun E., (2013). Comment, à partir d'un seul otolithe, âger une anguille sans exclure d'autres analyses ? Colloque National de Sclerochronologie, Rennes, 2 au 4 juillet 2013.

Mazel, V., Charrier, F., Legault, A. and Laffaille, P. 2013. Long-term effects of passive integrated transponder tagging (PIT tags) on the growth of the yellow European eel (*Anguilla anguilla*). *Journal of Applied Ichthyology*

2014 (1)

Acou A., Boulenger C., Gimenez O., Tremblay J., Charrier F., Feunteun E., 2014. Contrasted Demographic Parameters (growth and survival) of Eel Populations in Two Small Coastal Rivers of Western France: The Role of Habitat and Management Implications. 144th Annual Meeting of the American Fisheries Society.

2015 (3)

Legault A, Charrier F, Mazel V, Feunteun E., 2015. Impact of Water Intake for Drinking Water Supply, on Downstream Eel Migration in the Fremur River. International Conference on Engineering and Ecohydrology for Fish Passage, Groningen.

Boulenger, C., Acou, A., Trancart, T., Crivelli, A. J., Feunteun, E. 2015. Length-weight relationships of the silver European eel, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), across its geographic range. *Journal of Applied Ichthyology*, 31: 427–430.

Charrier F., Mazel V., Legault A., Feunteun E., 2015. Étude de l'impact de l'utilisation comme exutoire de dévalaison, par les anguilles, d'une conduite de pompage sur un ouvrage destiné à la

production d'eau potable sur le Frémur. Journée anguilles du groupement d'intérêt scientifique sur les migrateurs amphihalins - Grisam 2015, Boulogne sur Mer.

2016 (3)

Boulenger, C., Crivelli, A. J., Charrier, F., Roussel, J.-M., Feunteun, E. and Acou, A., 2016. Difference in factors explaining growth rate variability in European eel subpopulations: the possible role of habitat carrying capacity. *Ecol Freshw Fish*, 25: 281–294. doi:10.1111/eff.12209.

Boulenger, C., Acou, A., Gimenez, O., Charrier, F., Tremblay, J. and Feunteun, E. (2016), Factors determining survival of European eels in two unexploited sub-populations. *Freshw Biol*, 61: 947–962. doi:10.1111/fwb.12759.

Besson, M. L., Trancart, T., Acou, A., Charrier, F., Mazel, V., Legault, A., Feunteun, E., 2016. Disrupted downstream migration behaviour of European silver eels (*Anguilla anguilla*, L.) in an obstructed river. *Environmental Biology of Fishes*, 99(10), 779-791.

2018 (6)

Acou A., Feunteun E., Trancart T., Bourillon B., Danet V. et coll. (2018). Continuité écologique et l'anguille européenne *Anguilla anguilla*. Groupe de Travail de la Commission Nationale sur l'Eau sur la continuité écologique, Paris la Défense, 11 avril 2018.

Bourillon B., Trancart T., Acou A., Boulenger C., Amilhat E., Faliex E., Simon G., Aarestrup K., Belpaire C., Covaci A., Gargan P., Poole R., Lobon-Cervia J., Wickstrom H., Walker A., Righton D. & Feunteun E. Variation bio-géographique du potentiel reproducteur de l'anguille argentée en Europe. Communication orale aux Rencontres Anguilles du GRISAM, Rouen, du 27 au 30 mars 2018.

Charrier F., Danet V., Mazel V., Trancart T., Acou A. & Feunteun E. (2018). Etude des anguilles argentées du lac de Grand Lieu et leur exploitation par télémétrie RFID et Acoustique. Rencontres Télémétrie, 10 et 11 Octobre 2018, Bordeaux (France).

Charrier F., Acou A., Mazel V., Boulenger C., Legault A., Feunteun E., 2018. Bilan de 22 années de suivi sur le Frémur. Journée anguilles du groupement d'intérêt scientifique sur les migrateurs amphihalins - Grisam 2018, Rouen.

Danet V., Trancart T., Acou A. & Feunteun E. Migrations et déplacements des anguilles argentées au sein du lac de Grand Lieu – la télémétrie : un outil pour comprendre. Communication orale aux Rencontres Anguilles du GRISAM, Rouen, du 27 au 30 mars 2018.

Trancart T., Danet V., Feunteun E., Mazel V., Charrier F., Acou A., 2018. Quand les seuils « tuent » plus que les TURBINES ... Effet des barrages non-turbinaux sur la dévalaison des anguilles argentées. Journée anguilles du groupement d'intérêt scientifique sur les migrateurs amphihalins - Grisam 2018, Rouen.