



Master 2 Gestion de l'Environnement

Parcours Ingénierie Écologique et Gestion de la Biodiversité (IEGB)

2022 - 2023

RAPPORT D'ÉTUDE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Suivi de la montaison des Anguilles européennes dans le Marais Poitevin

Mars à Août 2023

Latreille de Lavarde Jeanne

Parc Naturel Régional du Marais Poitevin - Antenne de Ferrière :

Tuteur de stage : M. Aurélien Ruaud

Tuteur pédagogique IEGB : M. Arnaud Martin



REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier M. Aurélien Ruaud et le Parc Naturel Régional (PNR) de m'avoir donné l'opportunité de réaliser ce stage, pour leur disponibilité, leur confiance et leur aide précieuse tout au long du stage.

Je remercie également mon tuteur pour m'avoir partagé son savoir sur la faune et la flore des milieux aquatiques, pour les relectures, et pour avoir répondu à mes questions tout au long du stage.

Je remercie M. Humberto Borges et l'ensemble de l'équipe de l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise (IISBSN), ainsi que M. François Grelaud du Syndicat Mixte de Vendée Sèvre Niortaise (SMVSA) de m'avoir partagé leurs savoirs de gestionnaire, donné de leur disponibilité, ainsi que pour leur aide technique.

Je remercie les chargés de mission du PNR, M. Xavier Baron et Mme Delphine Decoene, pour leurs disponibilités et la maîtrise des inventaires.

Enfin, je remercie tous mes collègues de travail pour la bonne ambiance et le partage de leurs savoirs et les échanges sur leurs stages respectifs.

PARTIE I : MISSIONS ET CONTEXTE

MISSIONS

Ce stage a été réalisé au sein du Parc Naturel Régional (PNR) du Marais Poitevin. Son objectif est de suivre la montaison de l'Anguille européenne en dénombrant le nombre d'entrées des anguilles au sein du Marais Poitevin, en les enregistrant dans une base de données et ainsi d'en étudier leur migration.

Les missions et activités de stage déclinées :

Missions	Activités
Comptage des civelles et des anguillettes sur deux barrages	Dénombrement des tailles, poids et stade de vie des civelles
	Suivi de l'état de santé des civelles et anguillettes : présence/absence de parasites et de maladies
Traitement de données	Traitement des données terrain de l'année en cours 2023 et comparaison avec les années antérieures
Rédaction d'un rapport final	Synthèse des données par écrit et rédaction d'un rapport de stage
Rédaction d'une note de synthèse	Étude expérimentale d'un barrage : première étude qualitative pour le PNR et le SMVSA
Participation à d'autres missions du PNR	Réalisation d'inventaires de la faune et de la flore présents dans le marais : comptage de ponte de grenouilles agiles et des héronnières, suivi de poissons migrateurs et arrachage de Jussie.

CONTEXTE

Les différentes missions du stage s'inscrivent dans le Plan Gestion de l'Anguille (PGA) national. C'est le Parc Naturel Régional (PNR) qui est garant des suivis de l'anguille sur le territoire du Marais Poitevin.

La structure PNR du Marais Poitevin est un Syndicat mixte, étendu sur 204 822 hectares, qui met en valeur, restaure et protège le patrimoine culturel et naturel d'un territoire. Il est composé d'un ensemble de structures qui adhèrent à une charte : deux régions (Pays de la Loire et Nouvelle Aquitaine), trois départements (La Charente-Maritime, la Vendée et les Deux Sèvres), des communes, des EPCI (Établissement Public de Coopération Intercommunale) et trois chambres d'agriculture (figure 1). La charte est signée par l'ensemble des acteurs concernés, pour 15 ans (soit de 2014-2026), permettant de mettre en place des projets de développement durable à élaborer sur le territoire. Le PNR MP étant un organisme public, il reçoit des subventions, des fonds de concours et des dotations de l'État. Il reçoit aussi des contributions des collectivités territoriales, des membres de la charte, de l'Agence de l'eau, de l'Europe et des mécènes. Cet argent permet de développer les différentes missions du parc : le développement économique, la protection du patrimoine naturel, l'aménagement du territoire, l'énergie, le climat et l'éducation à l'environnement et au développement durable.

Le personnel est réparti dans 10 équipes et le stage se déroule dans l'équipe environnement, encadré par M. Aurélien Ruaud, chargé de mission environnement-milieux aquatiques. Ce stage entre dans les missions de préservation, de gestion et de suivi des milieux aquatiques. Il est réalisé à l'aide des gestionnaires de l'Institution Interdépartemental du Bassin de la Sèvre Niortaise (IISBSN) et du Syndicat Mixte Vendée Sèvre Autizes (SMVSA), qui œuvrent dans le suivi des masses d'eau de l'ensemble du Marais Poitevin.

Ce stage permet d'apporter des informations sur la population de l'anguille dans le Marais Poitevin et aide à la décision des différents moyens de gestion et de restauration à mettre en place pour assurer la conservation de l'espèce.

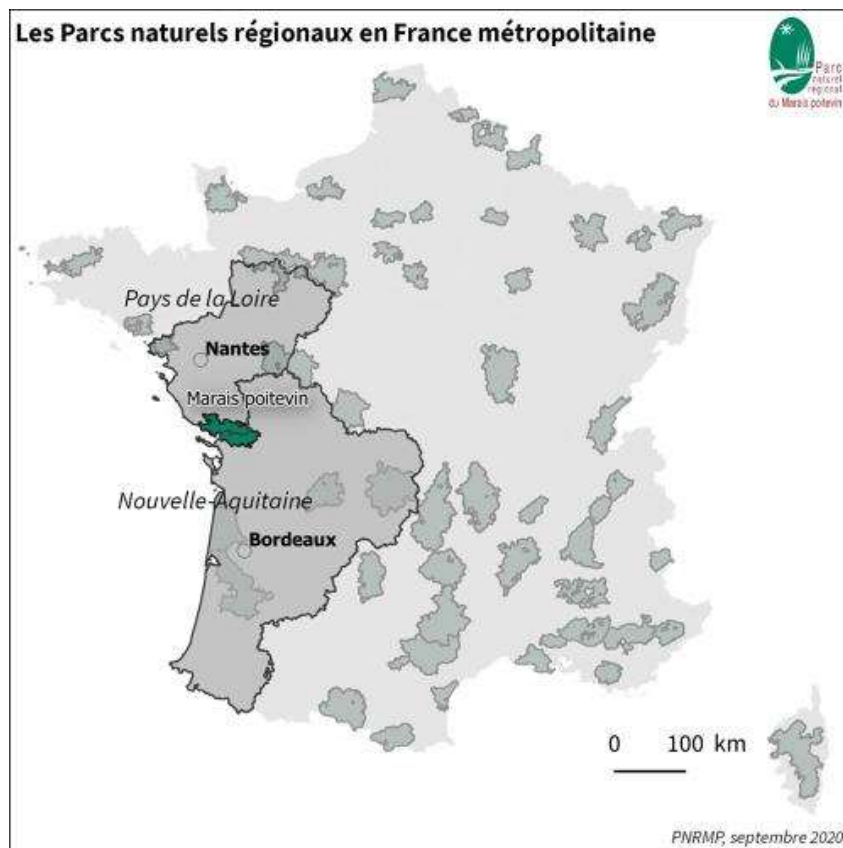


Figure 1. Carte de localisation du PNR Marais Poitevin en France, précisé en vert sur la carte (source : PNR Marais Poitevin, 2020)



Figure X. Cartographie de la délimitation des communes au sein du PNR du Marais Poitevin (PNRMP, 2022) <https://pnr.parc-marais-poitevin.fr/pnr-presentation>

PARTIE II : ETUDE

REMERCIEMENTS	2
PARTIE I : MISSIONS ET CONTEXTE.....	3
MISSIONS	3
CONTEXTE.....	4
PARTIE II : ETUDE	6
INTRODUCTION.....	8
1.1. État de l’art	8
1.1.1. Importance des zone humides	8
1.1.1.1. Description et intérêt	8
1.1.1.2. Conservation et protection des zones humides.....	9
1.1.2. Contexte territorial du Marais Poitevin	10
1.1.2.1. Localisation et climat	10
1.1.2.2. Histoire structurale et géologique	10
1.1.2.3. Anthropisation des terres.....	10
1.1.2.4. Fort potentiel de biodiversité (cahier OPN)	11
1.1.3. Biologie et écologie de l’Anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>)	11
1.1.3.1. Cycle de vie de l’espèce	11
1.1.3.2. Menaces de l’espèce	14
1.1.3.3. Moyen de protection et méthode de suivi	14
1.2. Mise en contexte de l’étude.....	16
MATÉRIELS ET MÉTHODES	17
2.1. Zone d'étude	17
2.2. Principe de la démarche	20
2.2.1. Passe à anguille	20
2.2.2. Protocoles d’échantillonnages.....	20
2.3. Description des données.....	24
2.3.1. Sélection de données comparables	24
2.3.2. Traitement des données sous le logiciel Rstudio et Excel	24
RÉSULTATS	26
3.1. Evolution des effectifs entre 2001 et 2023.....	26
3.2. Migration des anguilles en 2023	28
3.2.1. Site des Enfreneaux	28

3.2.2. Site des Cinq Abbés (impact des facteurs abiotiques)	32
3.3. Structure de la population d'anguille en 2023	34
3.3.1. Evolution des tailles des civelles au cours de l'année 2023	34
DISCUSSION	36
4.1. Dynamique des effectifs de la population de civelle entre 2001 et 2023.....	36
4.2. Impact des facteurs abiotiques sur la période et intensité de la migration	37
4.3. Orientation de gestions Perspectives : préconisation de gestion	38
BIBLIOGRAPHIE	40
Webographie	40
ANNEXE	42

INTRODUCTION

1.1. État de l'art

1.1.1. Importance des zone humides

1.1.1.1. Description et intérêt

Les zones humides sont des écosystèmes complexes dont certains sont à l'interface des habitats terre et mer (Lefeuvre, 2003). On peut les qualifier d'écotones ou encore de corridors écologiques, car ce sont des zones de transition. Les zones humides sont gérées par différents acteurs scientifiques, gestionnaires ou encore juristes et ont donc une multitude de définitions. Selon le code civil, les zones humides sont “ des terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, ou dont la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ”(Art. L .211-1 du code de l'environnement). La superficie de ces zones excéderait les $12,1 \times 10^6 \text{ km}^2$ dans le monde (Davidson, 2018). En 2022, d'après la Convention Ramsar¹, plus de 254 millions km^2 sont reconnus d'importance internationale à travers le monde. En France, plus de 3,7 millions km^2 sont inscrits en zone d'importance internationale.

L'appellation “zone humide” regroupe un grand nombre d'écosystèmes notamment les marais, tourbières, prairies humides, lagunes, mangroves, etc...

Cependant, les marais ont longtemps été considérés comme des territoires sans valeur (Lefeuvre, 2003), pourtant ils présentent d'importants rôles écologiques, sociologiques et économiques, et représentent un patrimoine paysager essentiel dans notre société (Kneib, 1997 ; Lefeuvre, 2003 ; Lechêne, 2017). En effet, ce sont des zones comportant une mosaïque d'habitats, à fort intérêt écologique de par leur importante productivité primaire (Mitsch, 2000) et de par le grand réservoir de biodiversité qu'elles constituent. L'on peut citer par exemple les zones de nurseries et de reproductions essentielles au développement de diverses espèces végétales et animales pour la constitution des futures ressources marines (Charpy, 1991 ; Cattrijsse, 2006 ; Escalas, 2014, Bourillon, 2020). En France, d'après le rapport de la Convention Ramsar en 2018, on estime que 50% des espèces d'oiseaux dépendent des milieux humides et que 14% de la population humaine dépend de ces zones pour y vivre.

Cependant, les zones humides tendent à disparaître. En effet, près de 64% de leur surface mondiale a disparu depuis 1900 (Davidson, 2014 ; d'après la Convention Ramsar en

¹ Convention d'importance internationale sur les zones humides, en faveur de leur conservation et de leur utilisation rationnelle, elle est signée en 1971.

2015). Cette disparition est due à la pression anthropique, entraînant la poldérisation² des marais. La poldérisation est une action de transformation du paysage ou d'un territoire marin, due à un assèchement des zones humides afin d'augmenter l'espace disponible pour et par l'Homme (Lechêne, 2017). Ceci entraîne la perte de ces écosystèmes et des différents services écosystémiques associés (Hennemann & Petrucio, 2010 ; Pérez-Ruzafa, 2011). Par ailleurs, ils sont très sensibles aux changements climatiques qui peuvent impacter négativement la biodiversité : l'augmentation de température peut, par exemple, modifier la répartition de différentes espèces (Hennemann & Petrucio, 2010 ; Pérez-Ruzafa, 2011).

Enfin, il faut souligner que ces zones humides sont devenues relativement rares puisqu'elles représentent moins de 5% du territoire national, d'où la nécessité de les préserver (ref).

1.1.1.2. Conservation et protection des zones humides

Dans les années 70-90, les États ont pris conscience de la nécessité de restaurer, de conserver et de protéger les zones humides (convention Ramsar, du 2 février 1971 ; Goeldner-Gianella, 2007 ; Reading, 2008). Ainsi, il y a eu un premier élan national en France, en 2007, avec la mise en place de la stratégie de création et de gestion d'aires marines protégées (SCGAMP). Plus récemment, en 2021, la Stratégie National des Aires Protégées (SNAP) est mise en place, afin de mener des actions plus territoriales et ainsi plus ciblées. Cette stratégie a pour objectif de protéger 30% du territoire national et des eaux maritimes d'ici 2030, en plaçant 10% de ces zones en protection forte au moyen de différentes structures (PN, APPB, RNN, RNR...). Grâce à cette volonté de protection, plusieurs structures, notamment les PNR, ont été créées et œuvrent dans des enjeux territoriaux pour ainsi valoriser le patrimoine, développer les activités économiques et sociales locales, tout en conservant les habitats et les espèces remarquables.

Dans cette étude, on travaille sur le territoire du Marais Poitevin et son bassin versant, et c'est le Parc Naturel Régional qui en est le maître d'œuvre et ainsi réalise sa sauvegarde, sa valorisation et sa restauration (Charte PNRMP, 2014-2026).

² Action de transformation du paysage ou d'un territoire marin, due à un assèchement des zones humides afin d'augmenter l'espace disponible pour et par l'Homme (Lechêne, 2017).

1.1.2. Contexte territorial du Marais Poitevin

1.1.2.1. Localisation et climat

Le Marais Poitevin est la deuxième plus grosse zone humide en France (après la Camargue) avec 107 536 hectares, il est aussi le premier marais littoral de l'Ouest. De plus, certains sites sont reconnus dans le document d'objectif Natura 2000, ce qui lui donne une forte importance à l'échelle de l'Europe (ref). Enfin, l'objectif futur du PNR est d'obtenir le label Ramsar en 2025 sur une majorité de la surface de la zone humide du Marais poitevin.

Situé entre trois départements, la Vendée, la Charente-Maritime et les Deux-Sèvres, il se retrouve dans une zone tempérée océanique. Ainsi, à l'interface entre la terre et l'océan, il est influencé par le climat marin notamment le Gulf Stream (ref). La température moyenne annuelle étant 12,5°C, et une pluviométrie annuelle moyenne de 800 mm, il présente ainsi un climat tempéré et favorable au développement d'espèces (IGN, 2013).

1.1.2.2. Histoire structurale et géologique

La configuration actuelle du bassin versant de la Sèvre Niortaise résulte de trois grandes étapes. La première est l'élaboration d'un socle primaire précambrien et sa tectonisation. Lors de la seconde phase, il y a eu plusieurs transgressions marines³ qui sont à l'origine de la formation de "couverture" de nature calcaire. Puis, une phase de tectonique active a permis de façonner le relief en creusant des vallées. Enfin, un golfe marin a été créé avec les oscillations du niveau de la mer pendant la période du Quaternaire. Celui-ci s'est peu à peu comblé avec l'apport des sédiments (d'origine marine et fluviatile) pour former un marécage : le Marais Poitevin. Il en devient l'exutoire hydraulique du bassin versant de la Sèvre Niortaise.

1.1.2.3. Anthropisation des terres

Depuis le Moyen-Âge, le paysage a été façonné et modifié par l'Homme de par ses activités, permettant ainsi de maîtriser le complexe hydraulique (8 200 km d'eau créé par l'homme) et les espaces agricoles. Il est devenu un agro-écosystème⁴, à travers les espaces artificialisés. Deux types de gestion sont mis en œuvre sur le territoire ; une sur les marais desséchés dédiés principalement à l'agriculture, et l'autre sur les marais mouillés à vocation touristique et d'élevage. Aujourd'hui, c'est un territoire rural très peuplé avec plus de 200 000

³ Désigne l'avancée du trait de côte sur le continent, à cause d'une élévation relative du niveau de la mer (Géoconfluence ENS-Lyon, 2021).

⁴ Écosystème cultivé, généralement une exploitation agricole dont les fonctions écosystémiques sont valorisées par l'Homme sous forme de biens agricoles et de services (DicoAgroécologie ; Sophie Neyton *et al.*, 2018).

habitants, et avec une péri-urbanisation en constante augmentation. C'est aussi un territoire très touristique avec plus de 850 000 visiteurs par an.

1.1.2.4. Fort potentiel de biodiversité (cahier OPN)

Le Marais Poitevin regroupe une grande richesse écologique à cause de sa localisation géographique et de sa mosaïque d'habitats artificialisés. En effet, c'est un milieu favorable pour le développement de plus de 2 241 espèces faunistiques et floristiques. De plus, il comporte 150 habitats différents, dont 35 habitats sont d'intérêt européen. C'est aussi une zone importante aux espèces migratrices car elle représente une étape essentielle pour leur alimentation, leur développement ou encore leur reproduction.

Ainsi, le Marais Poitevin est un paysage favorable et constitue un fort attrait pour les poissons et oiseaux migrateurs. C'est le cas de l'Anguille européenne, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), qui possède un intérêt majeur au niveau patrimonial, écologique et économique sur le territoire dont le PNR et le réseau Natura 2000 en sont le garant. Historiquement, l'anguille est très présente sur le territoire mais. Depuis 2008, elle est devenue une espèce protégée et menacée d'où sa classification "en danger critique d'extinction" en France et dans le monde (UICN, 2014 ; INPN, 2018 ; Bourillon, 2020). Les adhérents de la Charte du PNR ont donc naturellement porté un intérêt économique et patrimonial majeur à cette espèce en participant à sa conservation et à son suivi.

1.1.3. Biologie et écologie de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*)

1.1.3.1. Cycle de vie de l'espèce

L'Anguille européenne est une espèce amphihaline, catadrome et ainsi effectue deux principales migrations : 1) la montaison : les jeunes anguilles partent de la mer des Sargasse vers les eaux continentales de l'Europe et réalisent leur phase de croissance en eau douce ; 2) la dévalaison : les anguilles matures quittent les eaux continentales vers la mer des Sargasse et exécutent leur phase de reproduction (figure X). Elles passent donc par différents stades de croissance au cours de leur vie. Après la reproduction en mer de Sargasses, les larves leptocéphales et les très jeunes civelles sont transportées par le courant vers le littoral atlantique européen, on parle alors de "migration portée" (Tesch, 1974). Ensuite, elles acquièrent un comportement de nage contre le courant (hydrotropisme et rhéotropisme), dite "migration nagée". Celle-ci débute au mois de Mars-Avril mais est fortement influencée par la température, le débit fluvial, les coefficients de marée et la population initiale (Meyer et Kuhl, 1951 ; Jellyman, 1983 ; Sloane, 1984 ; Mortarty, 1986). Arrivées en eau douce, les civelles se sédentarisent et deviennent des "anguilles jaunes". Enfin, lorsque l'anguille est mature au stade

dit de “l’anguille argentée”, elle effectue une dévalaison et parcourt jusqu’à 10 000 kms pour atteindre l’air de reproduction (Adam et al., 2008 ; Bazie et al., 2015 ; Righton et al., 2016).

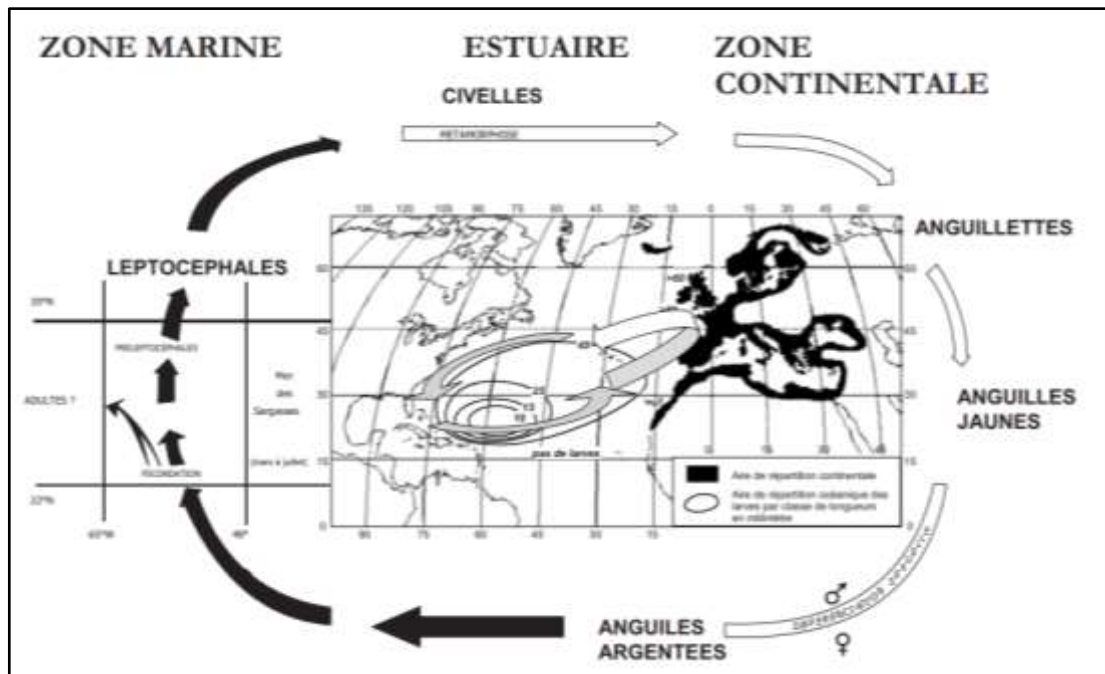


Figure X. Cycle biologique de l'anguille européenne passant par les larves leptocephales, civelles, anguilles jaunes et anguilles argentées (Baisez et al., 2005, modifié d'après GERMAIN, 1927 ; SCHMIDT, 1922 ELIE et CLEMENT, 1984 ; DEKKER, 2003b).

1.1.3.2. Menaces de l'espèce

Le renouvellement des générations, appelé également le recrutement, est un axe important pour la survie de l'espèce. On observe un rapide effondrement des civelles depuis les années 60 (figure X). Pour exemple, en France pour l'année 2019, seulement 5% des effectifs du recrutement ont été observés 30 ans plus tôt.

Ce déclin est causé par de nombreuses menaces : les obstacles à la migration, la pêche, la disparition des zones humides, la dégradation des habitats et de la qualité de l'eau, les maladies et les parasites (e.g. *Anguicolla crassus*, le virus Evex ; Lafaille, ... ; Bourillon *et al.*, 2020).

1.1.3.3. Moyen de protection et méthode de suivi

Face à cet effondrement de population, en 2008, le Conseil de l'Union Européenne met en place un Plan de Gestion de l'Anguille (PGA) visant à reconstituer les stocks et ainsi inverser la tendance. Il est renforcé par la loi cadre sur l'eau (DCE), L.214-17 permettant de renforcer les enjeux d'aménagement des cours d'eau pour la continuité écologique notamment au travers de la mise en place de la Zone d'Action Prioritaire (ZAP anguille). En 2010, le PGA est instauré en France, il se découpe en 9 unités de gestion pilotées par l'Office Française pour la Biodiversité (OFB) et met en place des suivis par "rivière index" pour chaque unité de gestion. Ce dispositif est appelé " monitoring Anguille ". La Sèvre niortaise a été reconnue comme "rivière index" (dans l'unité de gestion Loire, côtiers vendéens et Sèvre niortaise), et le PNR du Marais poitevin en est le maître d'ouvrage.

Ainsi, plusieurs techniques de suivi sont réalisées à différents stades de vie de l'espèce. En effet, plusieurs suivis sont effectués chaque année : des suivis sur l'entrée des civelles dans les estuaires et marais (la montaison), des suivis de pêche électrique pour les anguilles jaunes (sédentaires) et des suivis sur la dévalaison des anguilles argentées. Il existe aussi des études plus récentes sur l'isotopie et l'écotoxicologie permettant de déterminer son niveau trophique dans la chaîne alimentaire, mais aussi l'impact des contaminants chimiques sur leur vie.

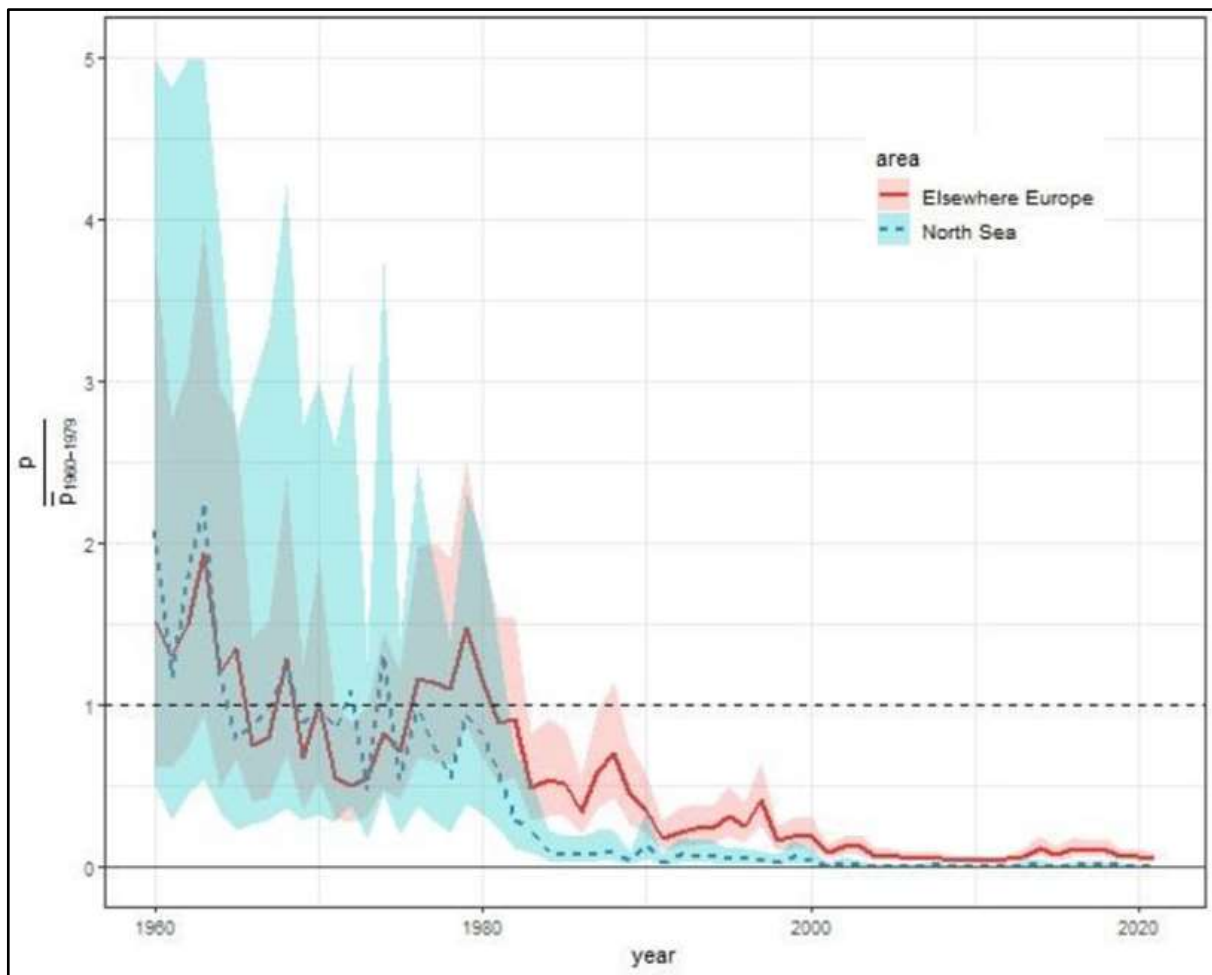


Figure X. *Tendance de recrutement de l'espèce depuis 1960 (source : CIEM). La bande grise donne les valeurs extrêmes pour les séries européennes de recrutement de civelles et d'anguilles jaunes couvrant plus de 45 années. Chaque série a été réduite sur sa moyenne 1979-1994. Les données sont rapportées à l'aide d'une échelle logarithmique sur l'axe Y ce qui a tendance à aplatir la courbe, la chute est en réalité beaucoup plus importante. Les moyennes et les intervalles de confiance à 95% sont représentés comme des points noirs entourés de barres verticales. La ligne marron représente la moyenne des anguilles jaunes, la ligne bleue représente la moyenne des séries de civelles.*

1.2. Mise en contexte de l'étude

Le suivi de l'espèce au stade civelle est un axe majeur du PGA, qui permet d'orienter les prises de décisions sur la préservation, l'amélioration des connaissances écologiques et l'aménagement du territoire en faveur de l'anguille. De plus, la connaissance sur les différents paramètres qui influencent la montaison des anguilles est encore très peu connue et difficile à déterminer. C'est dans ces axes là que l'étude s'inscrit.

Dans cette étude, on se questionne sur la dynamique de la population des anguilles en 2023, dans le Marais Poitevin. On suppose une diminution de la population entrant dans les marais en comparaison à d'autres années (CIEM, OBS PNR MP). De plus, on s'attend à l'influence de la gestion hydraulique (ouverture de vannes) et de l'évolution de la température sur le nombre d'anguilles effectuant une montaison et leurs périodes de migration (ref).

L'étude a pour objectif de présenter une comparaison temporelle de la dynamique de la population entre 2001 et 2023, une analyse de l'influence des paramètres abiotiques sur la montaison et un début de suivi de l'état sanitaire de l'anguille. Afin de comprendre la dynamique de la population d'anguilles, l'étude nécessite des opérations de piégeage sur des sites ciblés par le parc pour ainsi échantillonner la population d'anguilles européennes au stade de civelle. De plus, les gestionnaires que sont l'IISBNS et le SMVSA ont aidé à la récolte des données abiotiques du milieu.

Il faut noter que cette étude donne en revanche une certaine image de la tendance d'évolution.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1. Zone d'étude

La zone d'étude de la Sèvre Niortaise a été choisie en raison de son inscription dans le PGA en tant que "rivière index". En effet, elle est connue historiquement comme axe principal de montaison et d'abondance en anguilles comme en témoignait le nombre important de pêcheries installées dans les moulins. Elle est ainsi bien localisée et comporte une grande surface avec un bassin fluvial de plus de 1 000 km² et des marais atlantiques. Son exutoire est le Marais Poitevin. Celui-ci est totalement géré par l'homme et comporte plusieurs ouvrages hydrauliques et d'obstacles à la circulation des espèces. Le PNR assure chaque année le suivi des espèces sur les différents ouvrages hydrauliques équipés de passe présents dans le Marais Poitevin. Face aux diverses contraintes techniques et humaines, uniquement deux passes estuariennes peuvent être suivies annuellement sur l'ensemble des barrages équipés de passes (monitoring de l'anguille, PNR, date).

L'étude porte donc sur les deux principaux ouvrages (figure X). Ils sont placés sur les axes principaux pour la migration de l'anguille. Le premier site, les Enfreneaux (46°19'01.2''N ; 1°00'39.9''O), est localisé au niveau de l'exutoire de la Sèvre Niortaise, dans la commune de Marans (17) et est présent dans les marais mouillés. Il se situe à 15.832 km de distance à la mer et constitue le premier barrage du fleuve côtier. Il permet de donner une image de la tendance d'évolution. Et le second site, la porte des 5 abbés (46°19'54.9''N ; 1°04'07.1''O), est situé sur un canal affluent de la Sèvre Niortaise et dans les marais desséchés. Il se situe à 8.470 km de distance à la mer.

La gestion d'ouverture et d'entretien de ces deux barrages est faite par l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise (IIBSN) pour le barrage des Enfreneaux et le Syndicat Mixte Vendée Sèvre Autizes (SMVSA) pour le barrage des 5 abbés. Ainsi, les sorties et entrées d'eau sont fluctuantes selon les coefficients de marée, les précipitations, les bacages⁵ et la volonté des acteurs locaux sur le devenir des écosystèmes (terrains) amont et alentours du barrage (IIBSN, date site).

La période d'échantillonnage est fluctuante selon le site d'étude. Le site des Enfreneaux présente une période d'échantillonnage plus longue que celui des 5 abbés : du 13 mars au 28 juillet. Suite à un dysfonctionnement de la passe, du fait de la formation d'un bouchon de vase

⁵ Bacage ou technique dite "bac à râteau" : utilisée lors de période de faible écoulement fluvial afin de contenir la remontée du bouchon vaseux estuarien. C'est une action réalisée à l'aide d'un bateau, qui permet de rétablir l'équilibre hydro-sédimentaire à marée descendante.

en aval du barrage, la période d'échantillonnage des 5 abbés s'est arrêtée plus tôt : - 2 juin (période de mesure du 27 mars au 2 juin).

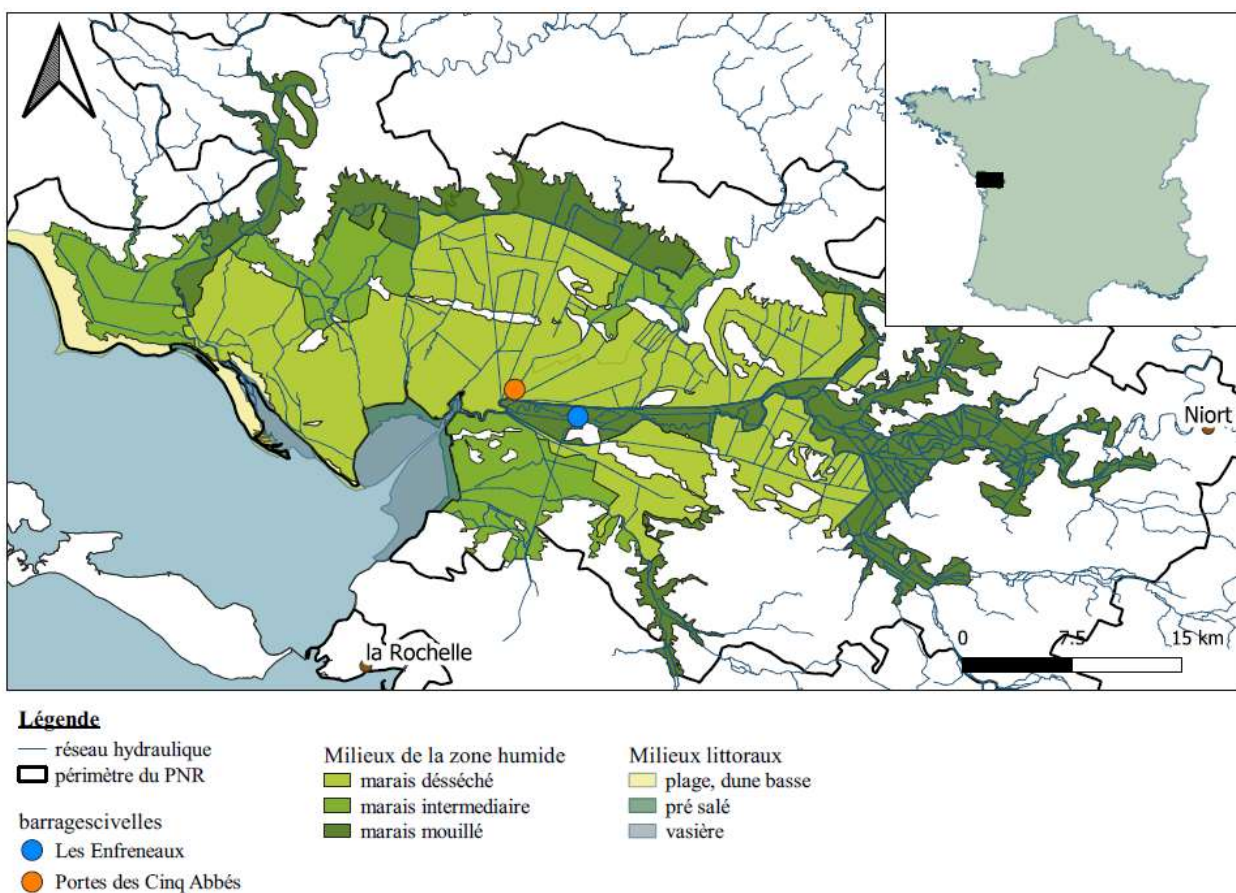


Figure X. *Cartographie de la zone d'étude avec la délimitation du PNR, le réseau hydraulique principal, les différents milieux associés*

Tableau X. *Période d'échantillonnage selon le site d'étude*

Barrages	Enfreneaux	5 abbés
Périodes d'échantillonnage	du 13/03 au 28/07	du 27/03 au 02/06

2.2. Principe de la démarche

La démarche suivie pour l'étude du flux de montaison de l'anguille au stade civelles, consiste à effectuer un relevé régulier d'individus à l'aide de l'outil "passe à anguille" qui est une passe-piège.

2.2.1. Passe à anguille

La passe à anguille est un outil de restauration de la continuité écologique répondant aux objectifs de la loi DCE L.214-17-I sur le franchissement des obstacles à la migration. Dans le Marais de Poitevin, sur les plus de 594 ouvrages hydrauliques (bloquants ou non) seul 19 sont équipés de tapis brosse fonctionnels, et ainsi permettent la libre circulation de l'espèce (cf. carte ?)). Certaines passes à anguille sont équipées de viviers afin de les piéger et de les étudier (Figure X). C'est une passe monospécifique qui concerne seulement l'anguille. En effet, elles sont composées d'un tapis brosse à l'air libre permettant la remontée par reptation⁶ des anguilles. De l'eau est pompée en amont du barrage, puis envoyée en bas de la passe permettant de créer un débit d'attrait (Figure X). De plus, les brosses inclinées sont humidifiées en permanence (cf. débit d'humidification), permettant aux anguilles et civelles de réaliser une rhéotaxie positive⁷ et ainsi faciliter leur migration vers l'amont (Deelder, 1984). Arrivées au sommet de la passe, si la passe est en mode piégeage, elles tombent dans le vivier qui est en permanence alimenté par un débit d'oxygénation. A contrario, si le système n'est pas en mode piégeage, les anguilles retombent de l'autre côté du barrage, ainsi le passage de l'obstacle est assuré.

2.2.2. Protocoles d'échantillonnages

Grâce à ce système mis en mode piégeage, les anguilles vivantes sont récupérées et étudiées sous autorisation préfectorale de capture de l'espèce. Dans le vivier, on retrouve principalement des civelles et de jeunes anguilles jaunes (anguillettes). La méthode mise en place dans cette étude découle des protocoles nationaux standardisés. Celle-ci permet de quantifier le nombre d'anguilles par nuit qui traversent le barrage. Un autre protocole est réalisé une fois par semaine, permettant d'obtenir des informations sur la structure de la population passant.

⁶ Mode de locomotion dans lequel le corps progresse sur sa face ventrale, par un ensemble de mouvement (e.g. action de ramper ; Dictionnaire Le Robert)

⁷ Un mouvement d'orientation des organismes libres déclenché par un stimulus externe, ici le courant d'eau. Le mouvement est positif ce qui signifie que celui-ci est à contre-courant (différent de négatif le mouvement suit le courant ; Aquaportail, 2010)

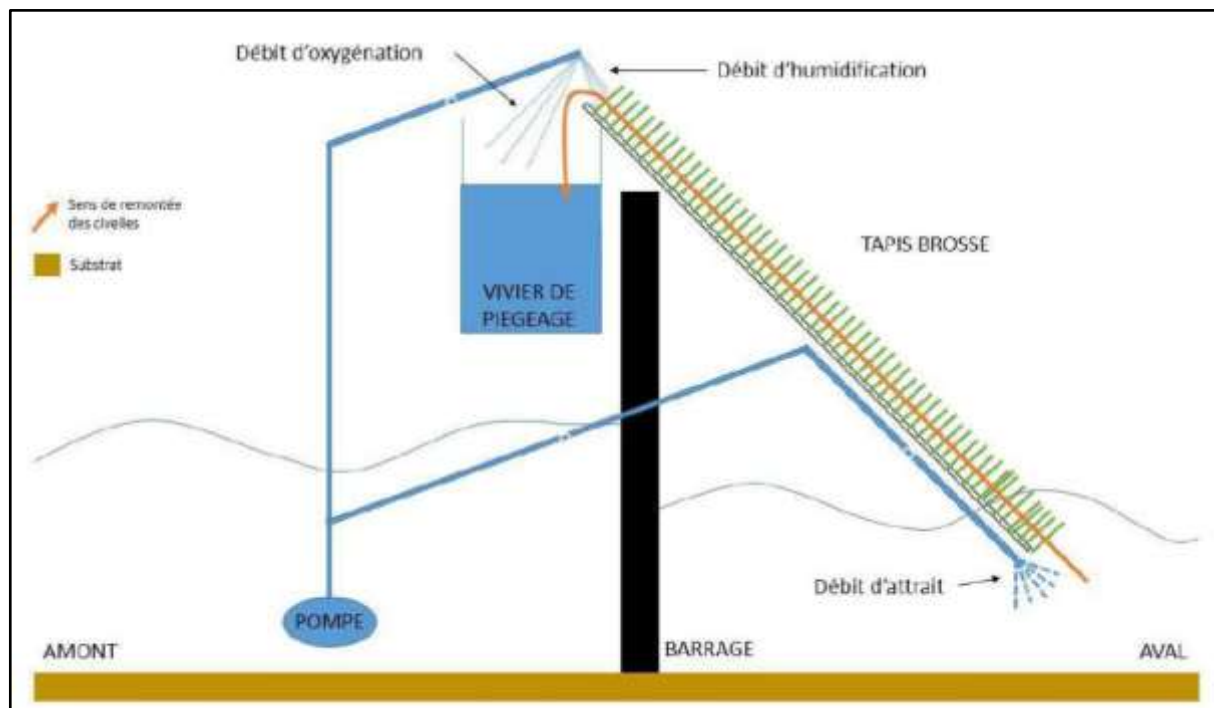


Figure X : schéma simplifié d'une passe à anguille

Le protocole se déroule selon les étapes suivantes (ONEMA, ?) :

- 1- Préparation du matériel d'échantillonnage : remplissage des seaux de comptage et prise de la température de l'eau en amont du barrage (dans le vivier) grâce à un thermomètre. Un bac d'endormissement, bain sédatif est rempli de 7 ml d'eau et de 2 ml d'eugénol à 10%, un bac de réveil est aussi créé avec de l'eau claire.
- 2- Arrêt du système de pompage, mise en position zéro, et vidange du vivier, en laissant un minimum d'eau permettant de récupérer les individus
- 3- Les anguilles sont récupérées à l'aide d'une épuisette et sont passées au travers d'un trieur d'une maille de 5 mm, permettant la séparation des « petites », inférieur à 150 mm de longueur, au « grandes », supérieur à 150 mm.
- 4- Les « grandes » anguilles récupérées dans le refus du trieur, sont comptées et le total est pesé.
- 5- Les « petites » anguilles passées au travers du trieur, sont comptées et pesées en totalité. Si l'abondance est importante, 150 individus sont comptés et pesés, puis l'ensemble des individus sont pesés et un calcul du nombre total d'individus est déterminé.
- 6- Tous les individus qui ne feront pas l'objet de mesures de biométrie et de santé, sont remis à l'eau, à l'amont du barrage.
- 7- 50 civelles et 50 anguilles jaunes sont placées dans le bac à endormissement. Puis, des mesures de biométrie, stade pigmentaire et d'état sanitaire sont réalisées sur chaque individu à l'aide d'un ichtyomètre, d'une clé de classification des stades pigmentaire (From strubberg, 1913 ; Elie et Fontenelle, 1982 ; Lecomte-Finiger, 1983) et d'une grille de description des lésions pathologique de l'anguilles (Annexe).
- 8- Les anguilles sont placées dans un bac de réveil puis sont remises dans l'eau après leur réveil complet. Le matériel est nettoyé et la pompe est remise en fonctionnement.
- 9- Les données sont reportées sur un tableau Excel avec une prise de coefficients de marée récupérés sur la station la plus proche, la Rochelle-Palice, sur le site marée.info (mesure du Service Hydrographie et Océanographie de la Marine). De plus, des données d'ouverture de vannes à la mer sont aussi récupérées permettant de compléter les données susceptibles d'influencer la migration des anguilles tout au long de la saison.

Les anguilles étant capturées la nuit dans les viviers, le passage de relevé s'effectue 3 fois par semaine (le lundi, le mercredi et le vendredi). Les mesures biométriques (étape 7 et 8) ne sont effectuées qu'une fois par semaine.

Figure X: Photos

2.3. Description des données

2.3.1. Sélection de données comparables

Cette méthode étant suivie chaque année depuis 1984, un tri d'années s'impose et pour permettre d'effectuer une comparaison la plus exhaustive possible. En effet, avant l'année 2000 les données n'ont pas été prises en compte car il a y eu un changement du protocole. De plus, d'après la littérature, le pic de migration de l'anguille s'effectue au mois d'avril, les années où le suivi était trop tardif ou précoce suite à des contraintes technique et humaine, n'ont pas été pris en compte dans l'analyse ne sont pris en compte que les relevés compris minimum entre début avril et fin juillet)(ref). Enfin, les années n'ayant pas un nombre de jours de suivi suffisant ne pouvant pas être comparable, sont retirées de l'analyse. Ainsi, les années 2000, 2003, 2008 et 2020 ont donc été supprimées sur le site des Enfreneaux (annexe avec figure ?) (ex : 2020 année covid, suivi réalisé que sur le mois de juillet). Pour le site des 5 abbés, seules les années 2001, 2005, 2011, 2014, 2015, 2018, 2019, 2022 et 2023 ont été sélectionnées (figure annexe ?).

2.3.2. Traitement des données sous le logiciel Rstudio et Excel

Le traitement de données s'effectue sous ©Excel et ©R, avec la version 4.1.2. Un premier tableau est réalisé sur une synthèse d'anguilles récoltées durant toute la saison 2023. Ensuite, une analyse comparative de l'évolution de la population selon les années est réalisée et représentée sur un diagramme, le nombre d'anguilles par nuit (capture par unité d'effort) par années selon les sites. Un test de corrélation de Spearman entre le nombre d'anguilles par nuit selon la température de l'eau, les coefficients de marée et les ouvertures de vannes, est ajouté à l'analyse. Une analyse de la migration de l'anguille durant l'année 2023 est réalisée sur chaque site d'étude. Ainsi, pour chaque site, une figure bivariée est créée représentant la dynamique des anguilles en fonction de la période du suivi couplée à l'évolution de température de l'eau, du coefficient de marée et des ouvertures de vannes à la mer. Une étude plus fine de l'évolution de l'anguille à une période donnée au site des Enfreneaux est réalisée. Une comparaison avec d'autres sites entourant le Marais Poitevin sur la dynamique de passage de la population est effectuée. Enfin, la structure des tailles de la population est étudiée au travers d'une représentation des différentes tailles, état de santé et stade pigmentaire durant l'année 2023. L'homogénéité des variances a été testée à chaque fois à l'aide d'un test de Bartlette et la normalité des données où des résidus à l'aide d'un test de Shapiro.

RÉSULTATS

3.1. Evolution des effectifs entre 2001 et 2023

Suite à la phase terrain, en 2023, on dénombre 103 982 anguilles (= 57 248 g d'anguilles) qui ont traversé et ont été piégées dans les deux passes des ouvrages suivis entre début mars et fin juillet. On retrouve trois fois plus d'anguilles que ce soit des « petites », de taille inférieure à 150 mm, ou des « grandes », de taille supérieure à 150 mm, au site des 5 Abbés comparé au Enfreneaux (tableau X). En effet, 29 729 anguilles ont été capturées dans le barrage des Enfreneaux comparées à 70 326 au barrage des 5 Abbés. Les paramètres physico-chimiques des milieux ne sont pas les mêmes sur les deux sites. La température moyenne durant tout le suivi était plus élevée au Enfreneaux qu'au 5 Abbés, ceci est notamment dû à la durée suivie plus longue au Enfreneaux empiétant alors sur l'été.

Par la suite, ces données sont intégrées dans une base de données renseignant tous les effectifs et les paramètres environnementaux de 2001 à 2023 (depuis 1984 mais comme dit en M et M année sont supprimés). La figure X permet de comparer le nombre moyen d'anguilles de taille inférieure à 150 mm par nuit entre 2001 et 2023 selon le site d'étude. Ainsi, il met en évidence que sur le site des Enfreneaux, le nombre d'anguille par nuit a diminué au cours du temps, avec une pente négative à -98.2. D'après le test de Tukey, il y a bien une différence significative avec une p-value < 0.01, d'une perte estimée à -4310.8 anguilles entre l'année 2001 et l'année 2023. De plus, visuellement et dans la base de données, on retrouve beaucoup moins d'anguilles en 2023 comparé à 2019 ou 2022 (Annexe ?). Il y a un saut de presque 10 fois moins d'anguille entre 2019 et 2023. A contrario, le nombre d'anguilles par nuit augmente au 5 Abbés avec une pente positive à 34.3. Le test de Tukey a mis en évidence une différence non significative de 363.3 anguilles entre 2001 et 2022, et une différence non significative de -66.4 anguille entre 2001 et 2023 pour le barrage des 5 Abbés.

Durant les deux dernières années du suivi, le nombre d'anguilles au 5 Abbés était plus important qu'aux Enfreneaux. Cependant, la tendance générale présente une diminution du nombre d'anguille par nuit sur l'ensemble des deux sites d'étude.

Tableaux 1. Synthèse des données, somme du nombre et poids des anguilles capturées durant l’année 2023. Le terme “grandes” signifie anguille de taille au-dessus de 150 mm, et “petites” d’une taille inférieure à 150 mm.

Site	Nombre de grandes	Nombres petites	Nombre total d’anguille	Poids total d’anguille (g)	Température moyenne de l’eau	Coefficient moyen
Enfreneaux	2143	27586	29729	19589	20	67
5 Abbés	3927	70326	74253	37659	17	64
Total	6070	97912	103982	57248	-	-

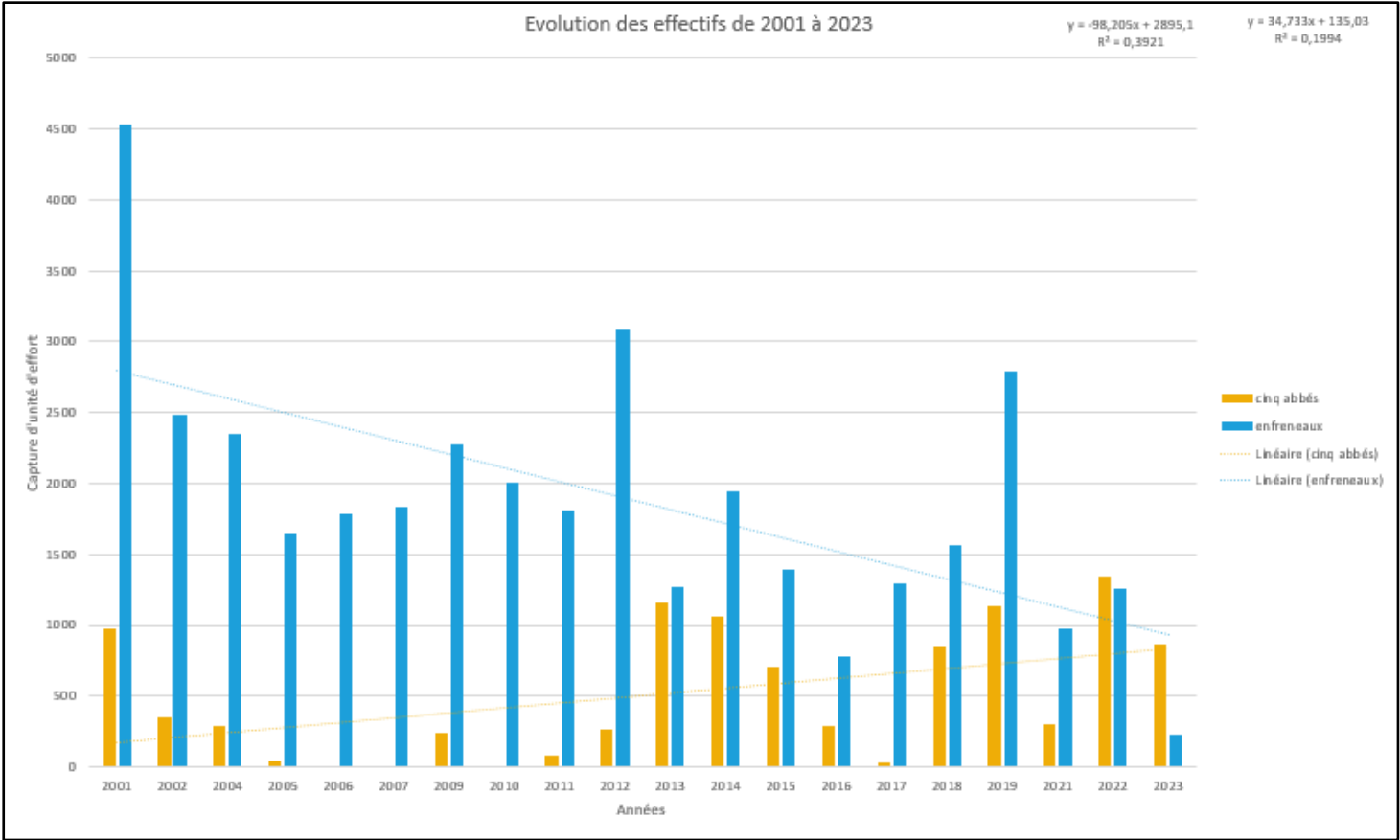


Figure X. Diagramme d’évolution du nombre moyenne de “petites” anguilles par nuit (Capture d’unité d’effort) entre 2001 et 2023 au deux sites d’études ; en orange, le barrage des Cinq Abbés et en bleu le barrage des Enfreneaux. Courbe de tendance avec équation et R^2 pour chaque site d’étude.

3.2. Migration des anguilles en 2023

La montaison des civelles étant différentes entre les deux barrages, une analyse spécifique est réalisée sur chacun d'eux afin de déterminer et comprendre les flux d'anguilles passant. Le nombre d'anguilles inférieure à 150 mm capturées par nuit a été mis en relation avec les coefficients de marée et la température au cours du temps, et ont été reportés dans les figures X et X. Ces figures permettent de mettre en valeur les différents pics de migrations tout au long du suivi en relation avec les facteurs abiotiques qui les influencent.

3.2.1. Site des Enfreneaux

Pour le site des Enfreneaux trois principaux pics de migration des anguilles sont visibles sur la figure X, entre le 19 avril et le 27 juillet, avec plus de 1300 anguilles capturées par nuit. La température augmente progressivement tout au long du piégeage. Les coefficients de marée quant à eux sont périodiques au cours du temps.

Visuellement, la migration de l'anguille semble commencer mi-avril et les pics semblent être influencés par une augmentation de la température et par un fort coefficient de marée. Par exemple, le 19 avril, il y a eu plus de 1600 anguilles échantillonnées avec une augmentation de 3.3°C et un coefficient de marée relativement fort de 86. De même, le second pic de migration, le 5 juin, avec plus de 1700 individus semble aussi être influencé par un fort coefficient, 82 et une augmentation de la température deux jours avant de 3°C.

Dans le tableau 2, les corrélations de Spearman entre le nombre d'anguille par nuit et la température et les coefficients de marées y sont renseignés. Statistiquement, les pics de migration des anguilles sont corrélés positivement, corrélation = 0.63, et significativement à une hausse de température, avec une p-value < 0.001. Les coefficients de marée sont quant à eux faiblement corrélés, corrélation = 0.21, avec une p-value < 0.05 (tableau 2).

L'ouvrage hydraulique étant géré par les gestionnaires de IIBSN, ils répondent à des consignes de niveau d'eau (en accord avec les acteurs et arrêtés préfectoraux). Seul cet opérateur réalise des manœuvres automatiques à distance sur ce site (figure X). Ainsi, suite à une demande de récupération des données d'ouverture et fermeture des vannes auprès de IIBSN, la figure X présente les ouvertures et fermetures des vannes mis en relation avec les pics de migration de l'anguille au site des Enfreneaux. Visuellement, les pics de migration de l'anguille semblent se produire suite à une fermeture de vannes. En effet, au début du suivi les trois vannes étaient ouvertes de 3m, soit 9 m d'ouverture en cumulé, on ne retrouve pas de pics de migrations sur cette période.

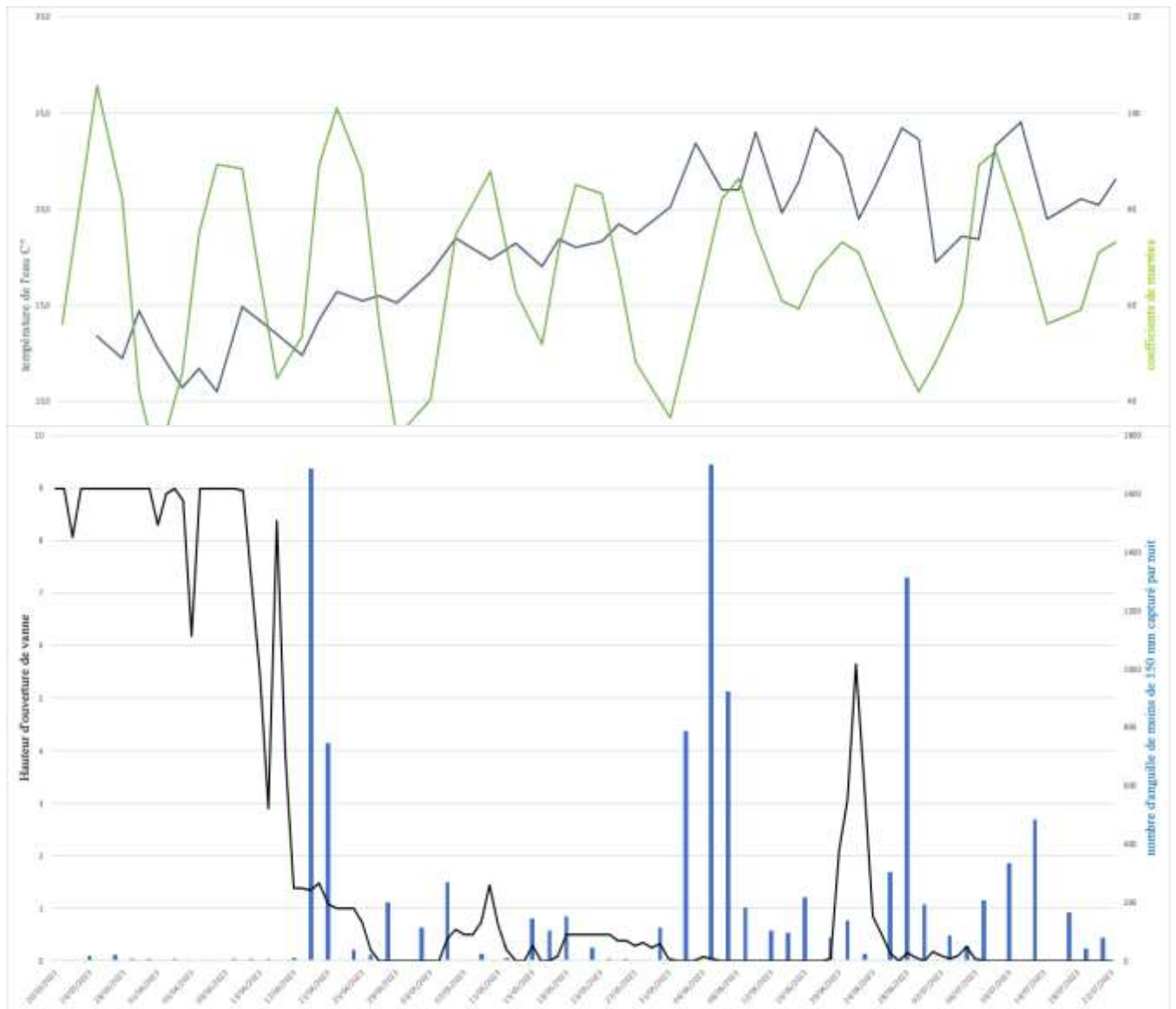


Figure X. Graphique mettant en relation : le nombre d'anguille inférieure à 150 mm par nuit, les hauteurs d'ouverture de vannes (3 vannes de 3m cumulées), les coefficients de marée et la température de l'eau en fonction du temps (période de piégeage).

Tableau 2. Corrélation liée au coefficient de marée et à la température sur le site des Enfreneaux. Avec une hypothèse H0, le nombre d'individus migrant par jour n'est pas corrélé avec la température de l'eau ou avec le coefficient de marée, selon un seuil.

Paramètres	Corrélation	P-value	Hypothèse H0
Température de l'eau	0.63	p-value < 0.001	accepte H0 au seuil de 0,1%
Différence de coefficient de marée	0.21	p-value < 0.05	accepte H0 au seuil de 5%

Dès que l'ensemble des vannes à moins de 2m d'ouverture on retrouve un pic de migration. C'est notamment le cas pour le 4 juin, le barrage était complètement fermé du 31 mai au 20 juin et on observe un grand pic de migration le 5 juin avec plus de 1700 individus capturés par nuit sur 3 jours.

⇒ ajout des bacage semble ne pas avoir d'influence car par réalisé dans les bonnes horaires

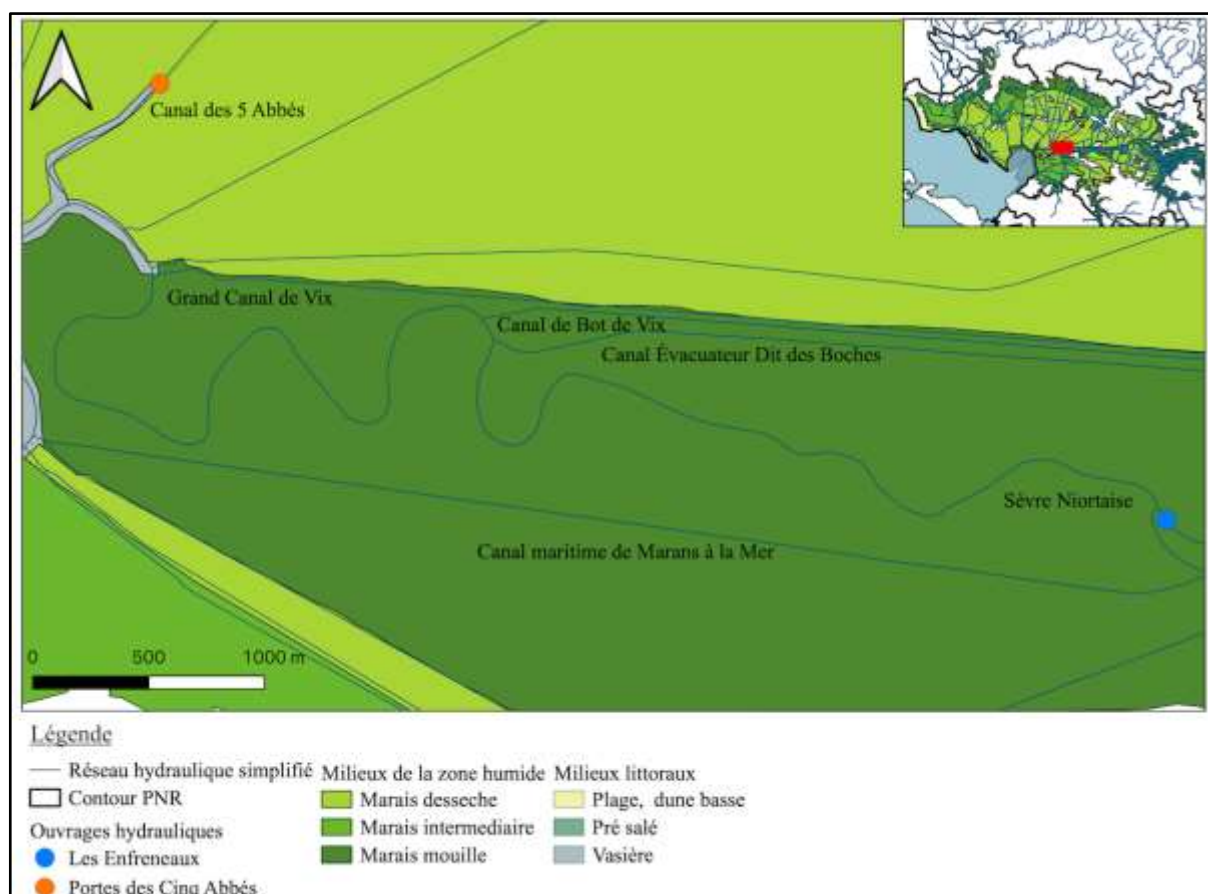


Figure X. Zoom sur le réseaux hydrauliques sur la zone d'étude

3.2.2. Site des Cinq Abbés (impact des facteurs abiotiques)

Le site des 5 Abbés présente deux petits pics de migration des anguilles suivis d'un principal pic comme l'illustre **la figure X**, entre le 5 avril et le 15 mai, avec plus de 1100 anguilles capture par nuit. Comme sur le site des Enfreneaux, la température augmente progressivement tout au long du piégeage, et les coefficients de marée sont périodiques au cours du temps.

La migration de l'anguille sur ce site commence plus tôt, début avril, comparée au site des Enfreneaux, qui commence mi-avril. Ici aussi, les pics de migration de l'anguille semblent visuellement influencés par une augmentation de la température et par un fort coefficient de marée. Par exemple, le 9 avril, le principal pic recueille 5300 civelles capturées par nuit, avec une petite augmentation de 0,2°C et un fort coefficient relativement élevé de 88. De même, le premier pic, datant du 7 avril, recueille plus de 1000 civelles par nuit, avec une augmentation de 1°C et un coefficient de marée de 89.

Comme sur l'ouvrage hydraulique, le **tableau 2**, renseigne les corrélations de Spearman entre le nombre d'anguille par nuit et la température, et les coefficients de marées. Les pics de migration des anguilles sont significativement et positivement (corrélation = 0.36, p-value < 0.001) corrélés aux hausses de température. Les coefficients de marée sont quant à eux faiblement corrélés (corrélation = 0.32, p-value = 0.1 ; **tableau 2**).

⇒ renseigner le problème de dysfonctionnement de la passe et donc mortalité des anguille à un moment

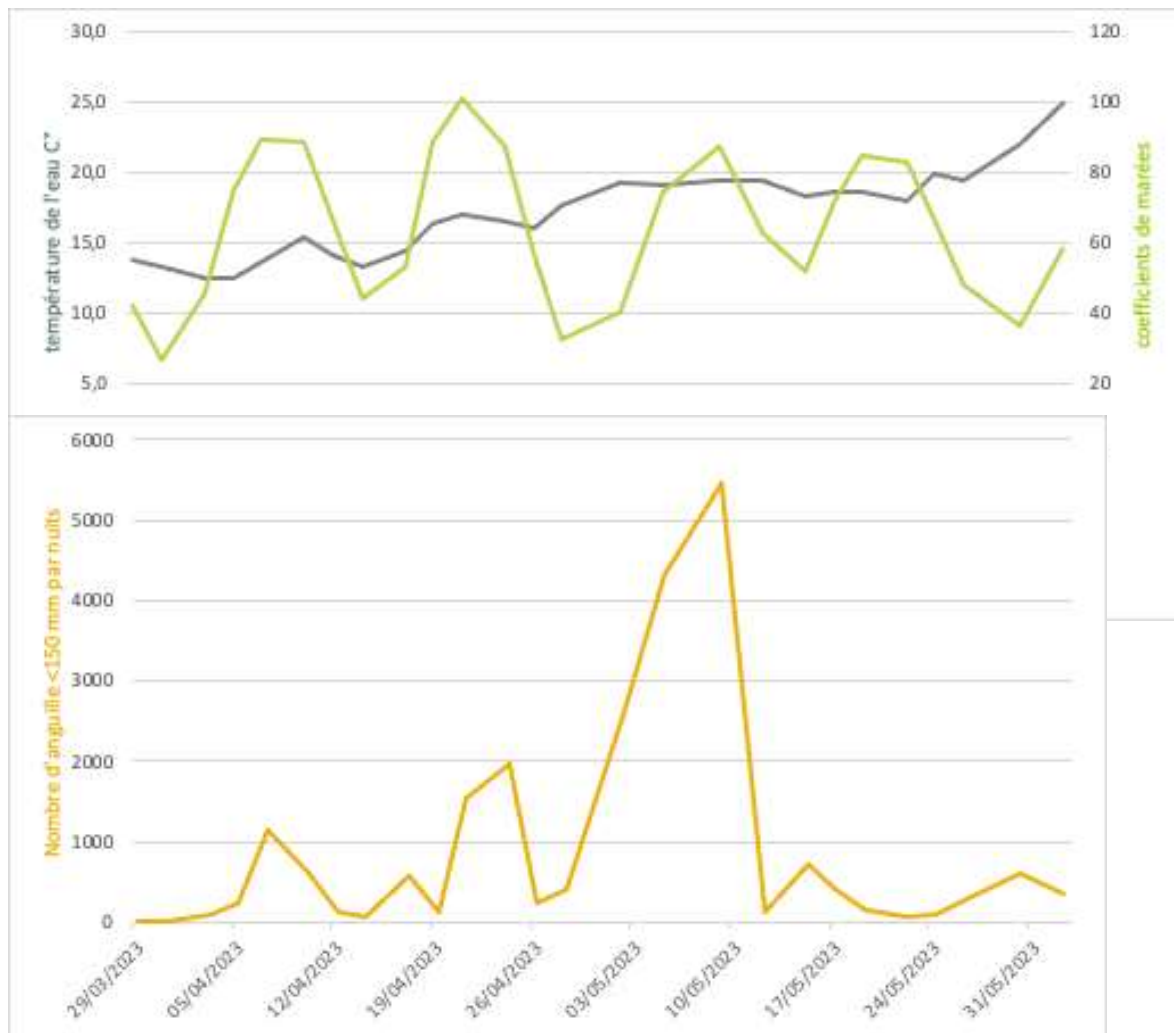


Figure X. Graphique mettant en relation : le nombre d'anguille inférieur à 150 mm par nuit, les coefficients de marée et la température de l'eau en fonction du temps (période de piégeage).

Tableau 2. Corrélation liée aux coefficients de marée et à la température sur le site des 5 Abbés. Avec une hypothèse H0, le nombre d'individus migrant par jour n'est pas corrélé avec la température de l'eau ou avec le coefficient de marée, selon un seuil.

Paramètres	Corrélation	P-value	Hypothèse H0
Température de l'eau	0.36	p-value < 0.001	accepte H0 au seuil de 0,1%
Différence de coefficient de marée	0.32	p-value = 0.1	accepte H0 au seuil de 10%

3.3. Structure de la population d'anguille en 2023

Dans ce résultat, 50 individus aléatoires de moins de 150 mm sont mesurés et un diagnostic d'état de santé est réalisé. Il faut noter que, pour certaine semaine du suivi, peu de civelles ont été retrouvées dans la passe. Par exemple, au Enfreneaux, pour la semaine 14, seulement 2 civelles ont été capturées et ont pu être mesurées et diagnostiquées.

Ainsi cette analyse est qualitative et donne une image représentatrice du type d'individus structurant la population passant selon la période du suivi.

3.3.1. Evolution des tailles des civelles au cours de l'année 2023

Au Barrage des Enfreneaux, la taille des civelles est relativement discontinue au cours de la saison. Les premières civelles arrivant seraient entre 70 et 75 mm de taille, par la suite on retrouve des individus plus petits entre 65 et 70, enfin les dernières anguilles arrivantes sont relativement grandes, allant jusqu'à 80-85mm (figure X).

A contrario, au barrage de 5 Abbés, la taille des civelles semble diminuer au cours de la saison. Avec l'arrivée de premières civelles de 70 à 85 mm lors des premières semaines, et une arrivée de civelle de 60 à 75 mm lors des dernières semaines du suivi (figure X).

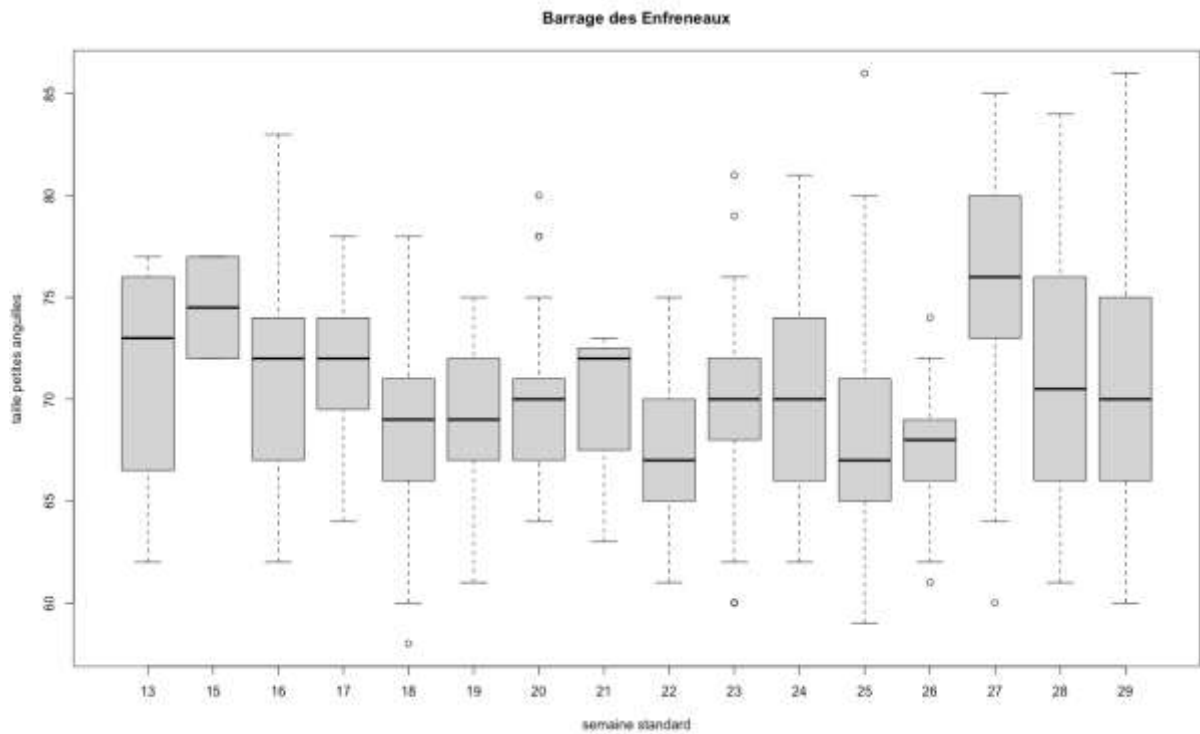


Figure X. Évolution de la taille des civelles au cours des semaines à l'ouvrage hydraulique des Enfreneaux (boxplot, renseignant : la médiane, les quartiles, le maximum et le minimum)

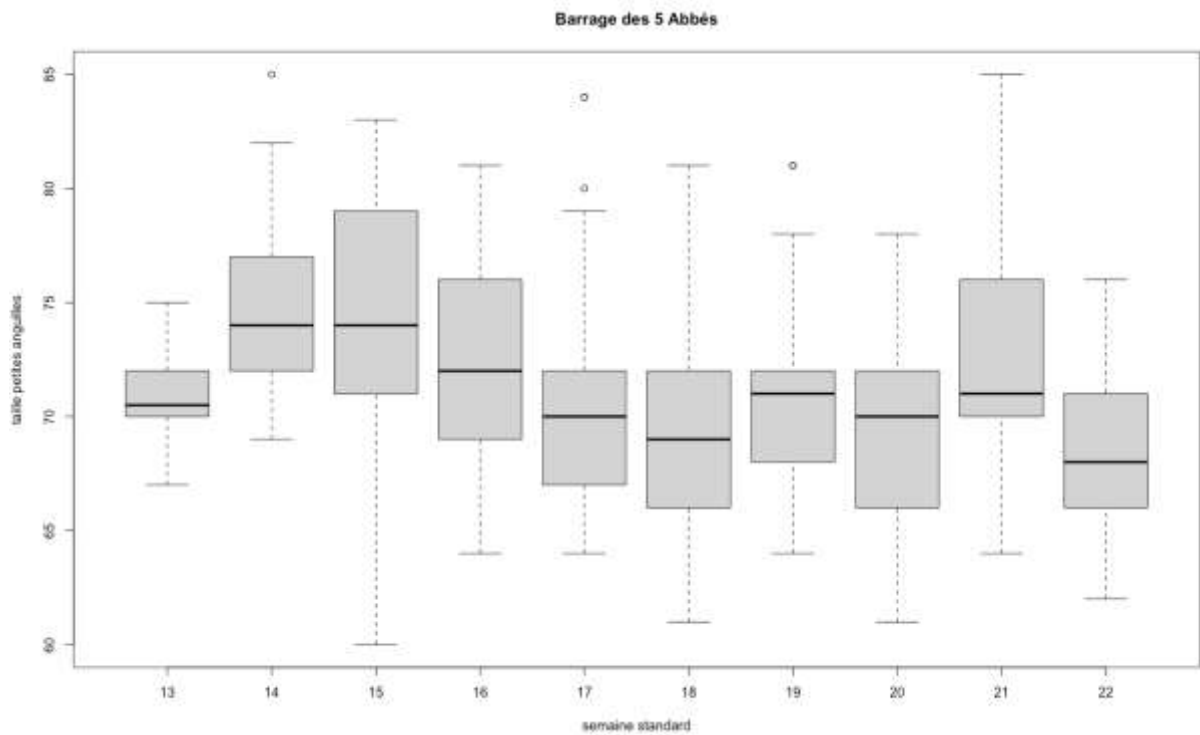


Figure X. Évolution de la taille des civelles au cours des semaines à l'ouvrage hydraulique des 5 Abbés (boxplot, renseignant : la médiane, les quartiles, le maximum et le minimum)

DISCUSSION

4.1. Dynamique des effectifs de la population de civelle entre 2001 et 2023

La Sèvre Niortaise est un axe reconnu comme principal et essentiel pour le passage de l'anguille européenne sur le bassin de la Loire (PGA). En effet, de par sa localisation, sa mosaïque d'habitat et son attrait, l'anguille vient s'y développer. Ainsi, un suivi au sein du PNR MP est réalisé tous les ans, à l'aide de passe piège. Mais celui-ci, ne représente qu'un échantillon des anguilles migrantes dans le bassin de la Sèvre Niortaise.

L'anguille étant menacée et classée depuis 2008, la tendance générale du recrutement semble continuer de diminuer au cours des années (figure X, CIEM). D'après Adam *et al.*, 2008, le déclin des effectifs est de l'ordre de 10 à 15 entre 25 et 30 ans. Ce déclin est causé par de multiples menaces : pêche sur tous les stades, dégradation et perte des habitats favorables, les obstacles à la migration, augmentation des pathogènes (Gascuel, 1987 ; Adam *et al.*, 2008), le changement climatique et les invasions biologiques (Adam *et al.*, 2008). La pêche est un facteur important de la diminution des civelles du fait de sa forte valeur économique au niveau national. C'est en Loire qu'on retrouve un quota de pêche plus important, avec plus de 50% du quota national réalisé (UGA de Loire, **migrateur et PGA**). Cette activité est responsable d'une grande majorité de la mortalité en milieu halin (Adam *et al.*, 2008). Or, cette année les périodes autorisées de pêche ont été modifiées pour être notamment raccourcies d'un mois prenant ainsi fin au mois de février... La dégradation et la perte d'habitat est un facteur important qui expliquerait aussi ce déclin. En effet, de nombreuses zones humides, zones d'alimentation pour l'anguille ont disparu durant le dernier siècle (Baisez *et al.*, 2005). De plus, dû à une intensification agricole et une poldérisation, de nombreuses substances chimiques se retrouvent dans l'environnement et peuvent influencer la biodiversité végétale et animale (ref ?). En ce qui concerne l'Anguille européenne, aucune d'études énonce un impact des substances sur celle-ci, mais aurait des conséquences à long terme notamment par bioaccumulation (Adam *et al.*, 2008 ; Bourillon *et al.*, 2020). Les obstacles bloquant la migration des jeunes anguilles vers l'amont des cours d'eau est aussi une menace importante et accentue la diminution de la population. En effet, les ouvrages hydrauliques bloquant (fermés en période d'étiage coïncidant pour partie avec la fenêtre migratoire de l'anguille) et/ou les forts débits sortant lors de l'ouverture de ces derniers (en période de crues), ne permettent pas d'assurer la continuité écologique (Gascuel, 1987). Le changement climatique peut aussi impacter le recrutement (population de civelles), puisqu'il modifie les réseaux trophiques et les courants océaniques (Bonhommeau *et al.*, 2008).

L'ensemble de ces facteurs ont causé cette diminution drastique de la population entre 2001 et 2023. Néanmoins, la présence accrue d'anguilles, les 5 dernières années, au niveau de l'ouvrage des 5 Abbés est due aux initiatives de restauration écologique réalisé entre 2025 et 2019 et à une proximité à la mer de celui-ci (figure X ; Contrat territorial des milieux SMVSA ; dire d'expert). Par exemple, le SMVSA a mis en place des vannettes permettant le passage des anguilles lorsque le barrage est fermé (archive). A contrario, sur le site des Enfreneaux, le nombre moyen d'anguilles capturées par nuit a fortement baissé entre 2022 et 2023, c'est pourquoi, on s'intéresse aux différents facteurs qui auraient influencés la migration.

4.2. Impact des facteurs abiotiques sur la période et intensité de la migration

Le site des Enfreneaux présente généralement des pics de migration entre la dernière semaine de mai et la première semaine de juin. Ces derniers sont plus tardifs que les pics sur le site des 5 Abbés, du à sa distance à la Baie de l'Aiguillon plus grande. En effet, la colonisation des marais dépend de la période d'arrivée des larves leptocéphales, qui elle-même dépend de la distance du lieu d'arrivée à la mer des Sargasses en utilisant le Gulf Stream (Kettle & Haines, 2006). Cette colonisation dépend aussi de la sédentarisation temporelle des individus dans les estuaires (Gascuel *et al.*, 1995).

Un facteur prépondérant à la migration est la température, puisqu'il déclenche la colonisation fluviale, notamment en activant "la migration nagée" (Gascuel, 1986 ; Adam *et al.*, 2008). En effet, sur les deux sites d'étude, les pics de migration sont corrélés à cette hausse de température (figure X et X).

Les coefficients de marrées influencent aussi la remontée des individus. En effet, les rythmes tidaux liés au cycle lunaire influencent la migration de l'anguille (Legault, 1987 ; Gascuel, 1987 ; Adam *et al.*, 2008). Dans la présente étude, sur le site des 5 Abbés, visuellement et statistiquement, il y a un effet d'un fort coefficient de marée sur les pics de migration. De plus, lorsqu'on compare temporellement, le test de corrélation de Spearman à montrer une corrélation faiblement positive et significative entre les coefficients de marée et le nombre moyenne d'anguille (corrélation = 0.26, p-value < 0.01). Cependant, sur le site des Enfreneaux, seul visuellement, il semble avoir un effet de fort coefficient lors des principaux pics de migrations. Ce phénomène ne s'observe pas au travers des statistiques notamment du fait que la période printanière n'ai vu que très peu d'individus même lors de fort coefficients, en lien avec le facteur ouverture de vannes qui rentre en jeu sur cet ouvrage.

D'après la littérature, la gestion hydraulique est aussi un facteur très important pour la migration de l'anguille (ref de l'archive). En effet, l'intensité des migrations est liée au

comportement rhétorique des animaux dépendant pour une partie de l'importance des débits fluviaux. De plus, la gestion hydraulique influence l'hydrodynamisme, c'est-à-dire l'attrance des civelles pour l'eau douce (ref de l'archive).

Dans la présente étude, seules les données d'ouverture de vanne sur le site des Enfreneaux ont été analysées, dû au manque de données de l'ouvrage hydraulique des 5 Abbés qui n'ont pas pu être récupérée dans un délai raisonnable pour être étudiées. Il faut noter que cette année comparé aux autres années, deux gestionnaires, IIBSN et l'Union des Marais Mouillé, se sont occupés de la gestion hydraulique de l'aval de la Sèvre niortaise autour du site des Enfreneaux. Cette gestion aurait influencé l'intensité de la montaison de l'anguille par rapport aux autres années. Ainsi, plusieurs hypothèses d'explication en découle : tout d'abord, les anguilles emprunteraient les ouvertures de vanne pour réaliser leurs migrations, et non la passe aménagée. Seulement, cette hypothèse semble moins probable dû au courant généralement trop important lors de l'ouverture des portes à flots (archiv, dire expert). De plus, lorsqu'on compare les résultats de l'année 2018 à 2023, la fermeture a été réalisée à peu près au même moment, pourtant en 2018 la capture totale des anguilles est 6 fois plus importante que cette année (Annexe). Ensuite, une autre hypothèse serait que la vitesse d'écoulement trop important empêcherait la remontée des cours d'eau des anguilles de petites tailles. Cette hypothèse est plus probable dû à la capacité natatoires encore faible des anguilles, ne permettant pas de remonter un courant de plus de 0.6 m.s-1, d'après Legault, 1987 (anguille adulte pas plus de 1.5 m.s-1). Enfin, la dernière hypothèse serait l'attrait d'un autre cours d'eau plus important que celui du cours principal de la Sèvre Niortaise aussi nommé « rivière des moulins ». En effet, l'Union des Marais Mouillé étant un organisme regroupant des agriculteurs, ont lâché beaucoup d'eau en début de saison sur le canal évacuateur, Canal de Vix, pour favoriser les pratiques agricoles qui ne peut se faire lors de périodes d'enneigement prolongées (figure X). Ce lâché d'eau beaucoup plus important et proche de la Baie de l'Aiguillon créerait donc un débit d'attrait important pour les anguilles. Cette hypothèse semble aussi probable, car durant l'année ce phénomène a été remarqué plus en amont sur d'autres espèces piscicole (alose, dire expert). De plus, les deux gestionnaires ne s'étant que peu consultés et ne travaillant ensemble que depuis peu, la prise en compte des espèces piscicole a été négligée.

4.3. Orientation de gestions Perspectives : préconisation de gestion

Une étude approfondie à l'aide de flottang et de CMR permettra de mieux évaluer le passage des anguilles dans le barrage lorsque les vannes sont ouvertes. En effet, ce dispositif

permettra de savoir qualitativement et quantitativement quels types d'anguilles arrive à franchir le barrage sans l'aide de la passe, selon les différents débit d'écoulement.

Une gestion intégrant l'ensemble des facteurs de la montaison de l'anguille est préconisée permettant un meilleur suivi et ainsi réalisé une meilleure conservation de l'espèce. Peut être ici préconiser aussi un travail renforcé entre le PNR et les acteurs IIBSN et UMM pour l'obtention de toujours plus de données sur la gestion de l'eau pour gommer les hypothèses qui se multiplient.

BIBLIOGRAPHIE

Charte du Marais Poitevin, 2014-2023 :

https://pnr.parc-marais-poitevin.fr/wp-content/uploads/2015/12/Charte_PNR_nov_2014_BD.pdf

Lechêne, 2017

Webographie

OFB gouv air de protection des zone (SNAP) :

<https://www.ofb.gouv.fr/la-strategie-nationale-pour-les-aires-protgees>

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/DP_Biotope_Ministere_strat-aires-protgees_210111_5_GSA.pdf

zone humide de france (surface et tout) : et UICN CNRS avec David

[https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-zones-humides-en-france-synthese-des-connaissances-en-](https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-zones-humides-en-france-synthese-des-connaissances-en-2021#:~:text=Étendue%20et%20types%20de%20zones%20humides,-À%20l%27heure&text=Les%20travaux%20cartographiques%20les%20plus,de%2013%20millions%20d%27hectares.)

[2021#:~:text=Étendue%20et%20types%20de%20zones%20humides,-À%20l%27heure&text=Les%20travaux%20cartographiques%20les%20plus,de%2013%20millions%20d%27hectares.](https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-zones-humides-en-france-synthese-des-connaissances-en-2021#:~:text=Étendue%20et%20types%20de%20zones%20humides,-À%20l%27heure&text=Les%20travaux%20cartographiques%20les%20plus,de%2013%20millions%20d%27hectares.)

<https://uicn.fr/les-zones-humides-disparaissent-trois-fois-plus-vite-que-les-forets/>

<https://www.insu.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/menace-sur-les-zones-humides>

définition de transgression marine ; Géoconfluence ENS-Lyon, 2021:

<http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/transgression-marine#:~:text=La%20transgression%20marine%20désigne%20l,du%20niveau%20de%20la%20mer.>

définition de agro-écosystème : DicoAgroécologie, Sophie Neyton, Dana Abbady, Jean

Pierre Sarthou, 2018 inspiré de référence bibliographie :

<https://dicoagroecologie.fr/dictionnaire/agroecosysteme/#:~:text=Les%20agroécosystèmes%20sont%20des%20écosystèmes,la%20nature%20et%20l%27Homme.>

Bacage et entretiens du lit de la rivière face au bouchons vaseux devant les barrages (IIBSN) :

<https://www.sevre-niortaise.fr/travaux-sedimentaires.html>

loi DCE L.214-17 :

https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043975402

définition de reptation Dictionnaire Le Robert (1951) :

<https://dictionnaire.lerobert.com/definition/reptation>

nombre de barrage dans le MP : <https://www.parc-marais-poitevin.fr/visite/au-fil-de-l-eau#:~:text=Fruit%20d%27un%20aménagement%20millénaire,riches%20de%20594%20ouvrages%20hydrauliques>

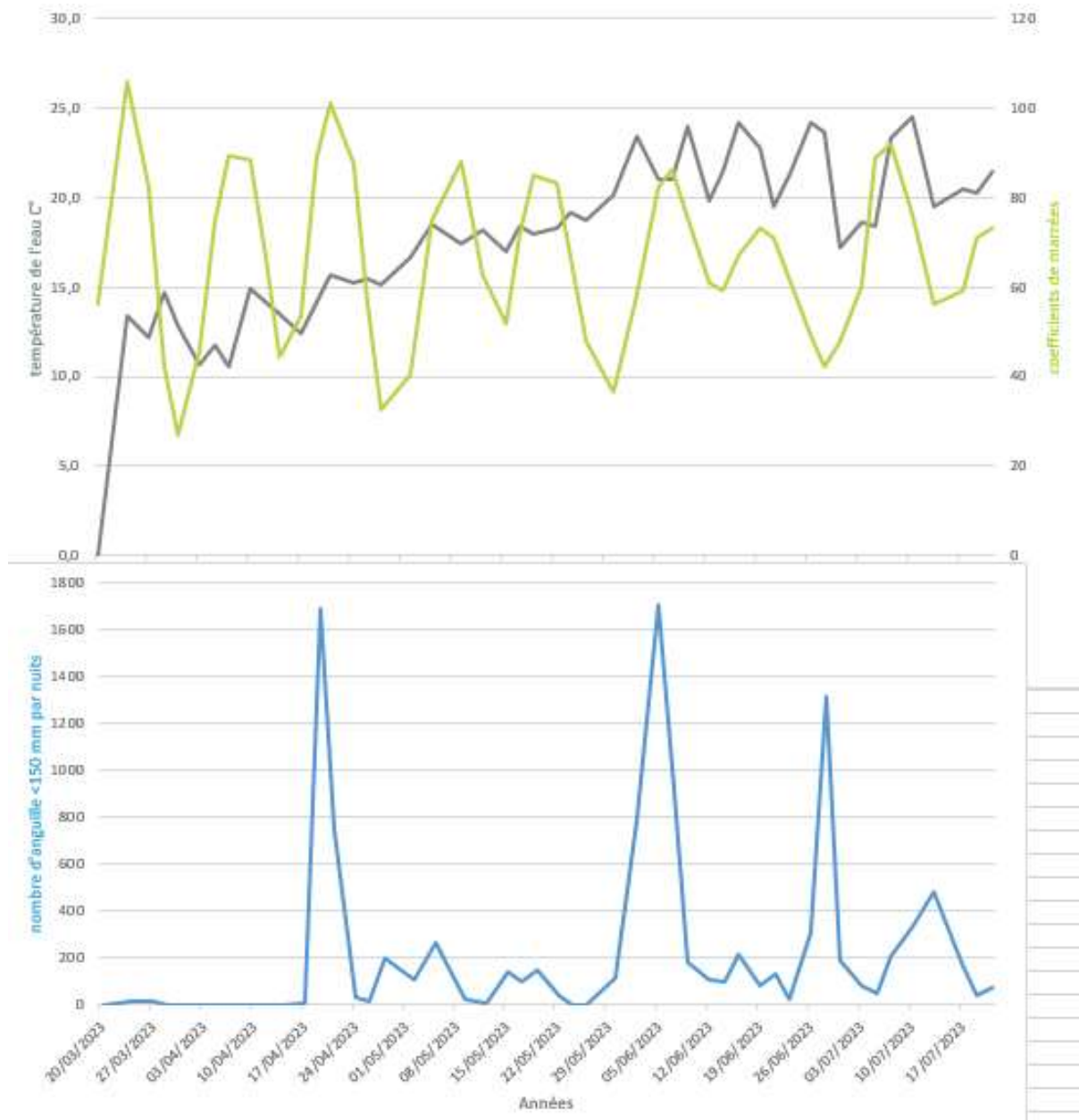
définition de rhéotaxie positif (Aquaportail 2010 mise à jours en 2023) :

<https://www.aquaportail.com/definition-6657-rheotaxie.html>

définition de taxie (Aquaportail 2008 mise à jours en 2023) :

<https://www.aquaportail.com/definition-3349-taxie.html>

<https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/F13.pdf>



ANNEXE

Annexe 1. Protocoles d'échantillonnage standardisé

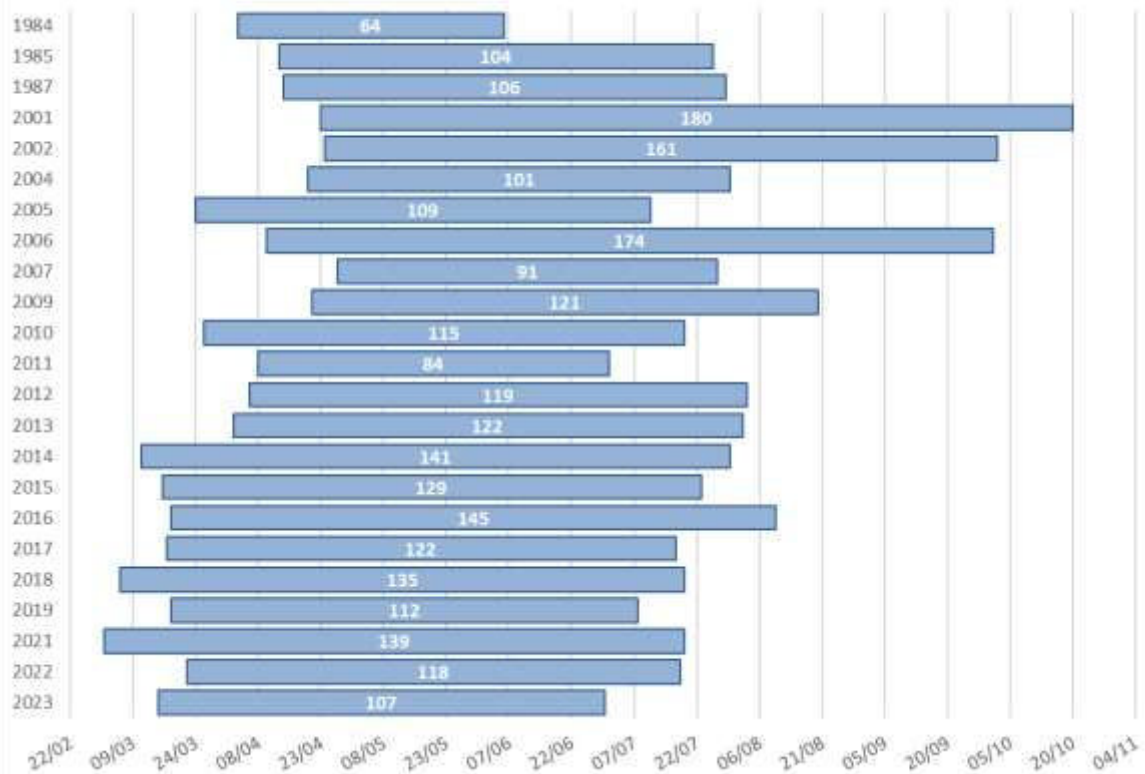
La méthode mise en place dans cette étude, découle des protocoles nationaux standardisés (Annexe) (ONEMA, ?). Celle-ci permet de quantifier le nombre d'anguilles par nuit qui traversent le barrage. Un autre protocole est réalisé une fois par semaine, obtenant des informations sur la structure de la population passant. En effet, 50 civelles et 50 anguilles jaunes sont placées dans un bac d'endormissement et des mesures de biométrie, de stade pigmentaire et d'état sanitaire sont réalisés sur chaque individu à l'aide d'un ichtyomètre, d'une clé de classification des stades pigmentaires (From strubberg, 1913 ; Elie et Fontenelle, 1982 ;

Lecomte-Finiger, 1983) et d'une grille de description des lésions pathologiques de l'anguille (Annexe). Les données sont reportées sur un tableau Excel avec une prise de coefficients de marée récupérés sur la station la plus proche, la Rochelle-Palice, sur le site marée.info (mesure du Service Hydrographie et Océanographie de la Marine). De plus, des données d'ouverture de vannes à la mer sont aussi récupérées permettant de comprendre la migration des anguilles tout au long de la saison.

Les anguilles étant capturées la nuit (proche des pics de marées) dans les viviers, le passage de relevé s'effectue 3 fois par semaine (le lundi, le mercredi et le vendredi).

Annexe 2. Période de suivi et nombre de jours de suivi aux deux sites d'études (Enfreneaux et 5 Abbés)

Périodes de suivi et nombre de jours de relève aux Enfreneaux entre 1984 et 2022



Variation des périodes de suivi et du nombre de jours de suivi aux Cinq Abbés entre 1996 et 2020

