

Etude des entrées de civelles en marais salés de la Seudre :
compréhension et estimation



Stage réalisé du 21/02/2022 au 19/08/2022

Maître de stage : Eric Buard (Chargé de missions poissons migrateurs, CAPENA)

Tuteur universitaire : Cédric Tentelier (UMR ECOBIOP, INRAE Saint-Pée-sur-Nivelle)

Master 2 Dynamique des écosystèmes aquatiques (DynEA)

Collège STEE, Campus de la côte Basque

Université de Pau et des Pays de l'Adour

« Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'entreprise ou du laboratoire d'accueil »

REMERCIEMENTS

Ces 6 mois de stage passés au sein du Centre pour l'Aquaculture la Pêche et l'Environnement de Nouvelle Aquitaine (CAPENA) m'ont permis de découvrir la complexité des marais salés de la Seudre, et de comprendre tous les enjeux qui en découlent. Ce stage a été une expérience très enrichissante, et c'est pourquoi je tiens à remercier les acteurs qui ont participé à son bon déroulement.

Tout d'abord je tiens à remercier Laurent Soulier, Directeur technique et scientifique du CAPENA pour m'avoir permis d'intégrer cette structure. Je remercie également Diane Duffour, Directrice administrative et financière au Château d'Oléron pour son agréable accueil, son investissement et sa confiance tout au long de ce stage.

Je remercie bien évidemment mon maître de stage Eric Buard, sans qui tout cela n'aurait pas eu lieu. Je te remercie pour tout le savoir que tu m'as transmis, pour ta bonne humeur et ta confiance tout au long de ce stage. Merci pour ta volonté de me faire découvrir les différents suivis et acteurs de ton quotidien, mais aussi pour la liberté que tu m'as accordée dans l'organisation de mon de travail.

Je remercie également Pierrick Barbier, pour son soutien, son investissement et sa pédagogie durant l'analyse des résultats. Le temps que tu m'as accordé était précieux.

Je remercie bien sûr tous les membres de la Cellule Migrateurs Charente-Seudre pour leur bonne humeur et leur sens du partage durant ces 6 mois.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin au bon déroulement de ce stage en s'investissant sur le terrain par des conditions parfois glaciales, en participant à de riches discussions ou encore en démontrant simplement leur intérêt et/ou leur soutien pour cette étude, et pour la préservation des poissons migrateurs. Je remercie toutes les personnes qui auront pris le temps de me transmettre les données nécessaires à l'avancement de cette étude, ainsi que les propriétaires des fossés à poissons pour nous avoir permis de travailler sur leurs propriétés.

AVANT-PROPOS

Le Centre pour l'Aquaculture, la Pêche et l'Environnement de Nouvelle Aquitaine (CAPENA) est issu de la récente fusion (1er janvier 2021) entre le Centre Régional d'Expérimentation et d'Application Aquacole (CREAA) et l'Institut pour les Milieux Aquatiques (IMA). CAPENA est une association de loi 1901, visant à apporter une expertise technique et scientifique aux acteurs de la pêche et de l'aquaculture, ainsi qu'aux acteurs publics et privés, sur l'environnement, les ressources et les modes de productions en milieux aquatiques, afin d'en assurer un développement durable. A l'interface entre les professionnels, les scientifiques et les établissements publics ou administratifs, CAPENA répond aux préoccupations actuelles par le développement de projets innovants, de programmes de recherche appliquée ou de connaissances fondamentales sur les milieux aquatiques.

Le siège de CAPENA est localisé à Gujan-Mestras (33), et les bureaux s'étendent sur 3 autres sites : Bayonne (64), Artigues-près-Bordeaux (33), et la ferme aquacole du Château d'Oléron (17). Au sein de ce dernier, un équipe de 10 personnes s'investit dans l'étude de l'ostréiculture et de la mytiliculture, et le développement des élevages et cultures en marais comme les crevettes impériales et la salicorne par exemple. Depuis 2009, l'antenne Oléronaise suit également la pêche professionnelle maritime et œuvre pour la connaissance et la sauvegarde des poissons migrateurs.

Dans ce cadre précis, le CAPENA s'est associé à l'Établissement Public Territorial du Bassin de la Charente (EPTB Charente) et à l'association Migrateurs Garonne Dordogne Charente Seudre (MIGADO) pour former la Cellule Migrateurs Charente Seudre (CMCS). Cette entité a pour mission la connaissance, la protection et la sauvegarde des poissons migrateurs amphihalins sur son territoire. Concernant l'anguille européenne, la CMCS suit la colonisation des jeunes anguilles sur la Charente et la Seudre, le stock en place d'anguilles jaunes en marais de la Seudre, les pêcheries professionnelles maritimes et fluviales de civelles et d'anguilles jaunes ainsi que les actions et aménagements réalisés sur le territoire pour faciliter la libre circulation de cette espèce.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
ETAT DE L'ART	2
1. Les marais littoraux atlantiques	2
a. Généralités.....	2
b. Site d'étude : le marais salé de la Seudre	3
2. L'anguille européenne : éléments nécessaires à la compréhension de l'étude	4
b. La pigmentation, élément de caractérisation de la civelle	4
c. Migration et sédentarisation : différentes stratégies possibles.....	5
d. Menaces et solutions	5
e. Le bassin versant de la Seudre et les suivis anguilles	5
3. Objectifs et hypothèses du suivi 2022	6
Matériels et méthodes	9
1. Les 6 fossés à poissons étudiés : sélection et description	9
2. Description du protocole de pêche.....	11
a. Présentation des filets-cadres	11
b. Rythme de pêche	12
c. Méthode de pêche : période du suivi, pose, relève, et biométrie	12
3. Analyse et traitement des données	13
a. Bilan du suivi civelles en marais salés de la Seudre	13
b. Caractéristiques techniques et environnementales pouvant influencer les entrées de civelles dans le marais de la Seudre	14
c. Corrélation entre les captures par unité d'effort des pêcheurs professionnels estuariens, les entrées en marais de la Seudre et la montaison à la passe de Saujon....	15
ii. Données des pêcheurs professionnels maritimes	15
iii. Données du suivi scientifique civelles en fossés	16
iv. Traitement des données	16
4. Estimation du nombre de civelles entrées en fossés à poissons	17
a. Estimation de la quantité de civelle en fonction du modèle de 2017	17
b. Modèle 2022	18

Résultats	18
1. Bilan 2022 du suivi civelles en marais salés de Seudre	18
2. Caractéristiques techniques et environnementales pouvant influencer la sélection d'un fossé par les civelles	22
a. Exploration des variables environnementales associées aux fossés à poissons.....	22
b. Corrélation entre les variables environnementales	24
c. Lien entre l'environnement et les entrées de civelles	24
3. Relation entre les captures estuariennes des pêcheurs professionnels, la passe de Saujon, et les captures en marais salés de la Seudre.....	25
a. Comparaison des CPUE des pêcheurs, en fossés et à Saujon	25
b. Proportion de civelles entrant en fossé ou à Saujon en fonction de l'augmentation des CPUE des professionnels.....	26
4. Estimation des entrées de civelles en marais salés de la Seudre pour 2022.....	27
a. Comparaison avec 2017	27
b. Nouvelle méthode 2022	27
Discussion	28
1. Bilan du suivi 2022.....	28
2. Caractéristiques techniques et environnementales pouvant influencer la sélection d'un fossé par les civelles.....	28
3. Relation entre les captures estuariennes des pêcheurs professionnels, la passe de Saujon, et les captures en marais salés de la Seudre.....	29
4. Estimation des entrées de civelles en marais salés de la Seudre pour 2022.....	30
5. Protocole final : améliorations, préconisations et perspectives d'étude	31
Conclusion	33
Bibliographie	34
Annexes	i

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Vue aérienne d'une partie du marais de la Seudre.....	3
Figure 2 : Localisation du marais de la Seudre en Charente-Maritime.....	6
Figure 3 : Localisation et représentation des fossés à poissons suivis en 2022 .	10
Figure 4 : Ouvrages de type 2 (gauche) et de type 3 (droite)	10
Tableau 1 : Caractéristiques physiques des fossés étudiés en 2022	11
Figure 5 : Filet-cadre et rouleau de macmat.....	11
Figure 6 : Filet-cadre en position de pêche sur le fossé F31	12
Tableau 2 : Description et provenance des variables intégrées dans l'analyse en composantes principales	14
Figure 7 : Passe-piège de Saujon.....	15
Figure 8 : Pibalour	16
Tableau 3 : Effort d'échantillonnage pour les sites suivis en 2022	18
Figure 9 : Nombre de civelles capturées par site et par date en 2022.....	19
Tableau 4 : Nombre de civelles par fossés au cours de la saison 2022	19
Figure 10 : Pourcentage de stades pigmentaires rencontrés chaque mois durant le suivi 2022.	20
Figure 11 : Evolution des paramètres de tailles de civelles pour la saison 2022 avec n = le nombre de civelles mesurées. Les encadrés indiquent la différence significative des tailles de civelles entre les mois consécutifs.	21
Tableau 5 : Caractéristiques des variables environnementales du 1er octobre 2021 au 16 juin 2022.....	21
Figure 12 : Variation des paramètres environnementaux sur la période de suivi.....	22
Figure 13 : Analyse en composantes principales et fossés associés pour les axes F1 x F2.....	23
Figure 14 : Analyse en composantes principales et fossés associés pour les axes F1 x F3.....	23

Figure 15 : Matrice de corrélation entre les variables environnementales et les variables techniques pouvant impacter les entrées de civelles en marais salés de la Seudre. Les cases colorées symbolisent la présence d'une corrélation significative entre les deux variables, pour laquelle le coefficient de corrélation est indiqué. Le code couleur représente le sens et l'intensité de la corrélation.	24
Tableau 6 : Modèle expliquant la plus grande part des variations dans le nombre de civelles	25
Figure 16 : Superposition des données civelles récoltées par les pêcheurs professionnels, la passe de Saujon et les nuits en fossés à poissons pour 2022.	26
Figure 17 : Répartition des civelles entre les 6 fossés à poissons et la passe de Saujon en fonction de l'augmentation des CPUE des pêcheurs professionnels (CPUE Pro) en 2022.	26
Tableau 7 : Estimation des entrées de civelles en rive droite de la Seudre pour la saison 2022	27

TABLE DES ANNEXES

Annexe I : Tableau des opérateurs et calendrier des tâches.....	i
Annexe II : Fiche terrain pour la reconnaissance des stades pigmentaires	ii
Annexe III : Fiche synthèse suivi 2022	v
Annexe IV : Répartition des civelles en marais ou à la passe de Saujon en fonction de l'augmentation des CPUE des professionnels pour les années 2017 et 2022.....	vii
Annexe V : Comparaison du nombre d'individus observés par fossés en 2017 et 2022 pour une échelle de temps similaire et un nombre d'individus maximum arrêté à 200 pour permettre la comparaison des tendances.	viii
Annexe VI : Comparaison entre le nombre moyen de civelles dans les fossés (avec et sans décalage) et les CPUE (kg/marée) des pêcheurs estuariens (Prellwitz, 2017).	viii

INTRODUCTION

À l'heure où le déclin de la population d'anguille européenne n'est plus à prouver (Bult et al., 2007; Moriarty, 1996), et que l'accessibilité aux cours d'eau est une véritable bataille pour les poissons migrateurs (Adam et al., 2008), l'intérêt des marais littoraux est reconsidéré. Sur la façade atlantique, ils occupent une place privilégiée au sein de l'aire de répartition de l'anguille, et le Plan de Gestion Anguille en France (PGA) les définit comme un territoire d'accueil important pour les civelles (Ministère de l'écologie et al., 2010).

Le PGA découle du règlement européen N°1100/2007 et précise les actions à mettre en œuvre en faveur de la reconstitution du stock d'anguilles européennes. Certaines actions sont reprises dans les Plans de Gestion des Poissons Migrateurs (PLAGEPOMI) mis en place par territoires. Ces derniers fixent sur 5 ans les actions à entreprendre pour la conservation des espèces migratrices. La Cellule Migrateurs Charente Seudre (CMCS) suit le PLAGEPOMI Garonne Dordogne Charente Seudre Leyre (COGEPOMI, 2015). Parmi ces actions, la SB03, est de « contribuer à l'évaluation du flux entrant de civelles à partir des données de pêcheries et en dehors des périodes de pêches autorisées sur une partie du territoire estuarien. Par exemple, l'estimation des entrées de civelles en marais salé de la Seudre ».

En 2015 et 2017 la CMCS a initié un protocole permettant d'observer les entrées de civelles en fossés à poissons du marais de la Seudre. Cette année le suivi par pêche aux filets-cadres est reconduit sur 6 fossés à poissons. L'objectif principal est de préciser le protocole afin de rendre le suivi plus fiable et reproductible. Ce suivi devra permettre d'obtenir une information sur les entrées de civelles en marais salé (période, intensité et estimation de stock entrant), et de les comparer avec les captures par unité d'effort des pêcheurs professionnels sur l'estuaire de la Seudre (en aval) ainsi que les remontées à la passe de Saujon (en amont). Pour cela, deux problématiques ont structuré notre étude :

Quelles sont les caractéristiques environnementales et techniques qui influencent les entrées de civelles en marais salés de la Seudre ?

Pouvons-nous établir un lien entre les données de la pêche estuarienne, les entrées de civelles en marais de la Seudre, et les remontées de civelles à la passe de Saujon ?

1. Les marais littoraux atlantiques

a. Généralités

Les marais littoraux de la façade atlantique s'étendent sur 86 000 ha (Forum des marais Atlantiques et al., 2002). Ce sont des milieux d'origine anthropique, à l'interface des compartiments estuariens et fluviaux, qui peuvent être catégorisés en trois types : les marais doux, dédiés à l'agriculture et l'élevage ; les marais côtiers, constamment sous l'influence des marées, sont exploités pour l'élevage extensif en prés salés et l'ostréiculture; les marais endigués, aménagés d'ouvrages qui permettent de gérer les apports en eau et de protéger les cultures des submersions (Le Savouroux, 2019). Les ouvrages rencontrés en marais sont de différents types (portes à flots, buses, moines...), et permettent la gestion du réseau hydraulique du marais (Anras et al., 2005).

Autrefois, les marais endigués correspondaient à 27 000 ha de marais littoraux (Anras et al., 2004), dont il ne reste aujourd'hui plus que 13 000 ha (Forum des marais Atlantiques et al., 2002). Façonnés par l'homme, ils ont été le siège d'activités spécifiques depuis le début de l'ère chrétienne, avec notamment l'expansion de la production salicole (Papy, 1941). Dans les années 1830 la production de sel connaît son apogée, puis chute brutalement, laissant place à une nouvelle réflexion quant à l'utilisation de ces surfaces.

Les marais salés auront nécessité plus de 20 ans d'études pour révéler leur véritable intérêt écologique (Lefeuvre et al., 2003). Il est désormais connu que, lorsqu'ils sont entretenus, ces marais hébergent une forte diversité biologique (Teixeira et al., 2014). Parmi les espèces rencontrées dans le marais, nombreuses sont celles qui l'utilisent uniquement lors d'une période clé comme la migration, la reproduction ou encore la croissance (Gibson et al., 1997).

b. Site d'étude : le marais salé de la Seudre



Figure 1 : Vue aérienne d'une partie du marais de la Seudre ©CAPENA

Avec ses 9000 ha, le marais de la Seudre est le plus grand marais littoral de France (Goeldner-Gianella, 2005) (Figure 1), et 70% de sa surface se trouve en rive droite de la Seudre (Syndicat mixte du bassin de la Seudre). Sur ce territoire, le sel fut exploité dès l'époque romaine, et le marais aura été considéré comme pôle économique européen de l'exportation de sel. Comme pour les autres marais atlantiques, le marais de la Seudre subira le déclin de la saliculture et se tournera dans un premier temps vers l'ostréiculture. Cette production deviendra rapidement l'activité économique majeure du marais de la Seudre, et perdurera puisqu'elle assure aujourd'hui la production d'environ un quart des huîtres commercialisables de la France (Syndicat mixte du bassin de la Seudre). Dans un second temps, la pisciculture fut développée en adaptant les anciennes salines en fossés à poissons ou en créant de nouveaux bassins. Les prises d'eau de l'époque salicole ont été conservées ou reconstruites pour permettre aux hommes de conserver un niveau d'eau connu dans le fossé, et de réaliser des échanges d'eau avec l'océan tout en maintenant la capture des poissons (Anras et al., 2004). Mais après une phase de forte attraction, la pisciculture fut abandonnée, laissant les marais en l'état.

Aujourd'hui, la rive droite du marais de la Seudre abrite 77% de la surface de fossés à poissons, tandis que la rive gauche représente 55% de la surface en claires ostréicoles (Le Savouroux, 2019). L'arrêt généralisé de la pisciculture se traduit par l'abandon d'environ 3 000 ha de marais (Forum des marais Atlantiques et al., 2002) sur un total de 9 000 ha (Syndicat mixte du bassin de la Seudre). Cet abandon est synonyme de dégradation et de disparition. En effet, le marais a été façonné par les hommes au fil des années et de leurs besoins : ils sont donc un territoire anthropique dont le fonctionnement naturel est inexistant (ASA et al., 2009). Les 1500 ouvrages demandent également un entretien régulier pour rester fonctionnels, et induisent une maîtrise

hydraulique particulièrement complexe (Syndicat mixte du bassin de la Seudre). L'arrêt massif de la gestion des marais, et notamment des fossés à poissons, entraîne une forte dégradation de la qualité du biotope, avec à terme une disparition totale de ces milieux humides par fermeture naturelle ou volontaire du marais (ASA et al., 2009). Par conséquent, toutes les espèces fréquentant ce milieu en seront impactées, c'est le cas notamment de l'anguille européenne.

2. L'anguille européenne : éléments nécessaires à la compréhension de l'étude

L'anguille européenne est un poisson migrateur amphihalien thalassotoque, dont l'aire de reproduction présumée se trouve en mer des Sargasses (Chang et al., 2020; Schmidt et al., 1923). Son aire de répartition s'étend sur les côtes européennes, allant de l'Islande au nord de l'Afrique.

a. La civelle, première métamorphose déterminante

Le cycle de vie de l'anguille est rythmé par cinq stades de croissance. Tout d'abord la phase larvaire, durant laquelle les leptocéphales vont se laisser porter par les courants du Gulf Stream (Tesch, 1977) pour atteindre les côtes européennes. Ensuite le stade civelle, durant lequel les individus vont recommencer à s'alimenter, se pigmenter, et pénétrer dans les estuaires et les eaux continentales (Adam et al., 2008). Certains individus vont se sédentariser dans les parties basses des fleuves et estuaires, et dans les eaux de transition littorale (Daverat et al., 2006) pour continuer de s'alimenter et de grossir, et d'autres vont migrer vers l'amont des cours d'eau. Ce sont les stades anguillettes puis anguille jaunes. Enfin, lorsque les anguilles ont emmagasiné suffisamment d'énergie et atteint leur maturité sexuelle (Adam et al., 2008), elles vont dévaler les cours d'eau et les zones littorales pour rejoindre la mer des Sargasses, dans le but unique de se reproduire (Schmidt et al., 1923). Lors de cette ultime migration les géniteurs cesseront de s'alimenter, et mourront donc d'épuisement après la reproduction.

b. La pigmentation, élément de caractérisation de la civelle

Le stade civelle correspond à la phase allant de la fin de la métamorphose de la larve leptocéphale, jusqu'à la pigmentation complète des individus. L'évolution de cette pigmentation a notamment été décrite par Elie et al., 1982 d'après les premières observations

de Strubberg en 1913. La phase la plus transparente de la pigmentation correspond aux jeunes stades VA-VB, tandis que les stades les plus avancés correspondent à une pigmentation plus sombre et homogène, les stades VIA3 et VIA4. La pigmentation totale des individus caractérise le passage au stade anguilette avec une pigmentation de stade VII.

c. Migration et sédentarisation : différentes stratégies possibles

La civelle traverse trois compartiments différents lors de son arrivée sur les côtes européennes où elle peut se sédentariser : la zone estuarienne, les zones lagunaires, ou le compartiment fluvial (Daverat et al., 2006). Elle trouve dans ces zones de quoi se nourrir, grandir et développer sa nage active. La migration des civelles se fait par vagues (De Casamajor et al., 2000), et les arrivées sur les côtes françaises évoluent en fonction de la latitude. Elle est généralement comprise de novembre à avril et s'étend plus tardivement à mesure que l'on se déplace vers le nord du littoral (Adam et al., 2008).

d. Menaces et solutions

Autrefois largement abondante, le taux de mortalité de l'anguille est aujourd'hui supérieur à son seuil de renouvellement. Les principaux facteurs de mortalité sont la pêche, qui exploite tous les stades de l'anguille ; la réduction de l'accessibilité des habitats, notamment par l'entrave à la continuité écologique ; et la dégradation de la qualité des habitats, qu'elle soit biologique ou physique (Adam et al., 2008).

e. Le bassin versant de la Seudre et les suivis anguilles

Le bassin versant de la Seudre fait partie de l'UGA Garonne Dordogne Charente Seudre Leyre. Il se situe entre l'estuaire de la Gironde au sud et le bassin de la Charente au nord (Figure 2). La Seudre est un petit fleuve côtier de 68km, dont 22km d'estuaire (jusqu'à Saujon), qui prend sa source à Saint Genis de Saintonge (17) et se jette dans le pertuis de Maumusson. À son embouchure, l'estuaire de la Seudre est caractérisée par 9 000 ha de marais salés et doux (COGEPOMI, 2015). L'estuaire, le marais salé, et la partie fluviale de la Seudre bénéficient d'un suivi de l'anguille par la CMCS à ses différents stades.

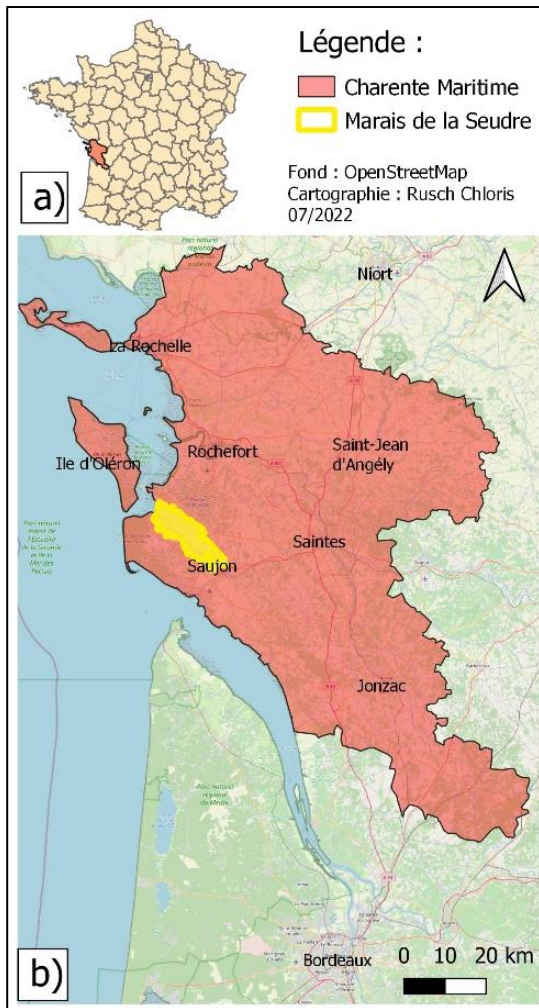


Figure 2 : Localisation du marais de la Seudre en Charente-Maritime

Concernant les civelles, la CMCS suit depuis 2009 les captures des pêcheurs professionnels maritimes, avec des estimations du taux d'exploitation réalisées sur les années 2007 à 2010 (Bertrand, 2009). Dans le compartiment fluvial, la passe à anguille de Saujon (rampe avec brosse), construite en 2009, permet à la Fédération de pêche de Charente Maritime de suivre la migration des civelles. En tant que premier ouvrage rencontré par les anguilles lors de leur montaison, Saujon est un passage obligatoire pour tous les individus colonisant l'amont de la Seudre.

À mesure de l'évolution et de la précision de ces suivis, la CMCS a rapidement soulevé une problématique : quelle est la part de civelles échappées de la pêche, et qui entrent en marais sans monter à Saujon (Carrilho, 2015; Cellule Migrateurs Charente Seudre, 2016) ?

3. Objectifs et hypothèses du suivi 2022

Dans ce cadre, un premier état des lieux a été réalisé en 2015 (Carrilho, 2015). En 2017, l'application et l'amélioration du protocole ont fourni de nouveaux résultats avec des suggestions d'amélioration du suivi (Prellwitz, 2017). Cette troisième étude menée en 2022 est l'occasion de mettre au point le protocole permettant l'estimation des entrées de civelles en marais de la Seudre. Ce modèle devra tenir compte des différents facteurs impactant les entrées de civelles en marais, et sera basé sur la relation entre les données des pêcheurs professionnels et les données de montaison à la passe à anguilles de Saujon.

Afin de structurer au mieux notre étude pour nous rapprocher de cet objectif, nous avons identifié deux problématiques :

1) Quelles sont les caractéristiques environnementales et techniques qui influencent les entrées de civelles en marais salés de la Seudre ?

Les caractéristiques environnementales comprennent des facteurs hydrodynamiques et physico-chimiques rencontrés en marais, qui varient dans le temps. Les caractéristiques techniques, quant à elles, correspondent à des informations fixes, propres à un fossé à poissons, qui ne varient pas dans le temps. Les variables environnementales analysées sont des variables qui ont un impact sur la migration des civelles en milieu estuarien et fluvial, mais dont l'influence en marais salé est peu renseignée.

Nous pouvons nous demander d'une part si la pluviométrie, la température de l'eau du fossé, et la salinité du fossé peuvent favoriser ou non les entrées de civelles. D'après [Aquino et al. \(2021\)](#) les civelles se sédentariseraient toujours en eaux douces, tandis que [Daverat et al. \(2006\)](#), affirme qu'il existe une diversité dans la sélection ou non de l'habitat saumâtre par les anguilles. La température jouerait un rôle bloqueur de migration ([Elie et al., 1994](#)), notamment lorsqu'elle est comprise entre 4°C ([Ben Abdallah, 1991](#)) et 9°C ([Tesch, 1977](#)). Concernant la pluviométrie, elle modifie directement la physico-chimie des masses d'eau et influencerait notamment le comportement migratoire des civelles en surface ou dans la colonne d'eau ([Adam et al., 2008](#)).

Nous nous demanderons aussi si des facteurs physiques tels que la distance du fossé à la sortie de l'estuaire (pont de la Tremblade) ou à l'axe Seudre, et le type d'ouvrage à franchir pour pénétrer dans le fossé sont à considérer dans l'estimation des entrées de civelles en marais. Par exemple, il est connu que les civelles progressent avec l'onde de marée durant le flot ([Elie et al., 1994](#)). Nous pouvons donc supposer que les fossés les plus éloignés de l'estuaire bénéficient d'une onde de marée moins importante, et donc d'une arrivée de civelles réduite par rapport aux fossés proches de l'embouchure de l'estuaire. De plus, avec environ 1500 ouvrages à marée ([Syndicat mixte du bassin de la Seudre](#)) nous pouvons supposer que certains types d'ouvrages soient plus favorables aux entrées de civelles que d'autres en fonction de leur position dans la colonne d'eau par exemple.

Lors du suivi des entrées de civelles mené en 2017, l'Analyse en Composantes Principales avait mis en avant une influence du mois, du coefficient de marée, de la salinité, de la température

et de la pluviométrie sur les entrées de civelles en marais (Prellwitz, 2017). Or il semble justifié que le coefficient de marée influence les entrées de civelles puisque l'eau ne pénètre dans les fossés que lorsque les coefficients sont supérieurs à 74 (en moyenne). Aussi, plus les coefficients sont élevés, plus les mouvements d'eau sont importants, et favorisent donc une augmentation des quantités de civelles transportées. Concernant le mois du suivi, il influence obligatoirement le nombre de civelles puisqu'il traduit également la période de migration des individus (plus élevée entre décembre et mars (Adam et al., 2008)).

2) Pouvons-nous établir un lien entre les données de la pêche estuarienne, les entrées de civelles en marais de la Seudre, et les remontées de civelles à la passe de Saujon ?

La pêche estuarienne est un indicateur de la quantité de civelles passée en estuaire. La passe à civelles de Saujon permet de connaître la part de civelles ayant migré vers les eaux continentales amont. Avec le suivi mis en place en marais salés de la Seudre, nous allons chercher à comprendre s'il existe une corrélation entre ces trois compartiments.

D'après les observations de 2015 et 2017 (Carrilho, 2015; Prellwitz, 2017) nous supposons que lorsque les données de captures par unité d'effort (CPUE) des pêcheurs professionnels augmentent, la part de civelles entrant en marais et passant à Saujon augmentent également. L'analyse de la répartition des civelles en fossés ou à Saujon à mesure que les CPUE des professionnels augmentent permettra de comprendre la variation des proportions de civelles dans les 3 compartiments.

D'après les observations de 2017 en Seudre, il existe une corrélation entre les données des pêcheurs professionnels, les données de la passe de Saujon et les données du suivi en fossés à poissons. Il semblerait que les civelles entrées en estuaire le jour n soient observées en fossés à poissons ou à la passe de Saujon les jours $n+3$ ou $n+4$ (Prellwitz, 2017). Sur la Gironde et les marais doux littoraux, l'Association MIGADO a également mis en évidence que les captures expérimentales en entrée de marais, étaient corrélées avec les captures des pêcheurs professionnels maritimes de la marée de la veille (Lauronce et al., 2018).

Un tableau des opérateurs et un calendrier des tâches sont présentés en Annexe I.

1. Les 6 fossés à poissons étudiés : sélection et description

Les fossés à poissons sélectionnés pour le suivi 2022 résultent des suivis et des recommandations de 2015 et 2017. Les claires ostréicoles, les tonnes de chasse ainsi que les fossés à poissons en rive gauche de la Seudre ont été écartés du suivi en raison de leur faible importance en comparaison avec la forte superficie des fossés en rive droite de la Seudre (Carrilho, 2015; Prellwitz, 2017). A noter que les ouvrages des claires et tonnes sont susceptibles de laisser entrer des civelles bien que par la suite ces zones ne soient pas propices au développement des anguilles (niveau d'eau très bas (<70 cm voir 20 cm, assecs réguliers). En 2015, l'échantillonnage avait été réalisé par unités représentatives, en tenant compte de la structure de la prise d'eau et de la distance du fossé à la Seudre. Six fossés avaient été échantillonnés avec des opérations successives effectuées de nuit (période favorable au déplacement de l'anguille) mais aussi de jour. En 2017, 11 fossés ont été échantillonnés, de jour et de nuit. Ainsi, sur la saison 2021-2022, 6 fossés ont été suivis en rive droite parmi les 8 échantillonnés en 2017. En raison de l'aspect chronophage du suivi, le retour au suivi de 6 fossés semble être un compromis idéal pour assurer la régularité du suivi sur les différents sites. De plus, deux fossés étaient inaccessibles en raison de travaux sur l'un, et de rupture de contrat avec le propriétaire sur l'autre. La sélection des fossés est donc obligatoirement soumise à l'autorisation des propriétaires.

Ainsi, 6 fossés à poissons répartis en rive droite de la Seudre ont été étudiés cette année. Chaque fossé à poisson est différent (Figure 3) de par sa forme, sa superficie, et sa situation dans le marais. Cependant ils sont tous composés de la même façon : une zone profonde (de 50 cm à plus de 2m) et une zone plate (faible hauteur d'eau de 10 à 40 cm), ils n'ont qu'une seule prise d'eau et laissent entrer l'eau de mer à partir d'un coefficient de 74 en moyenne.

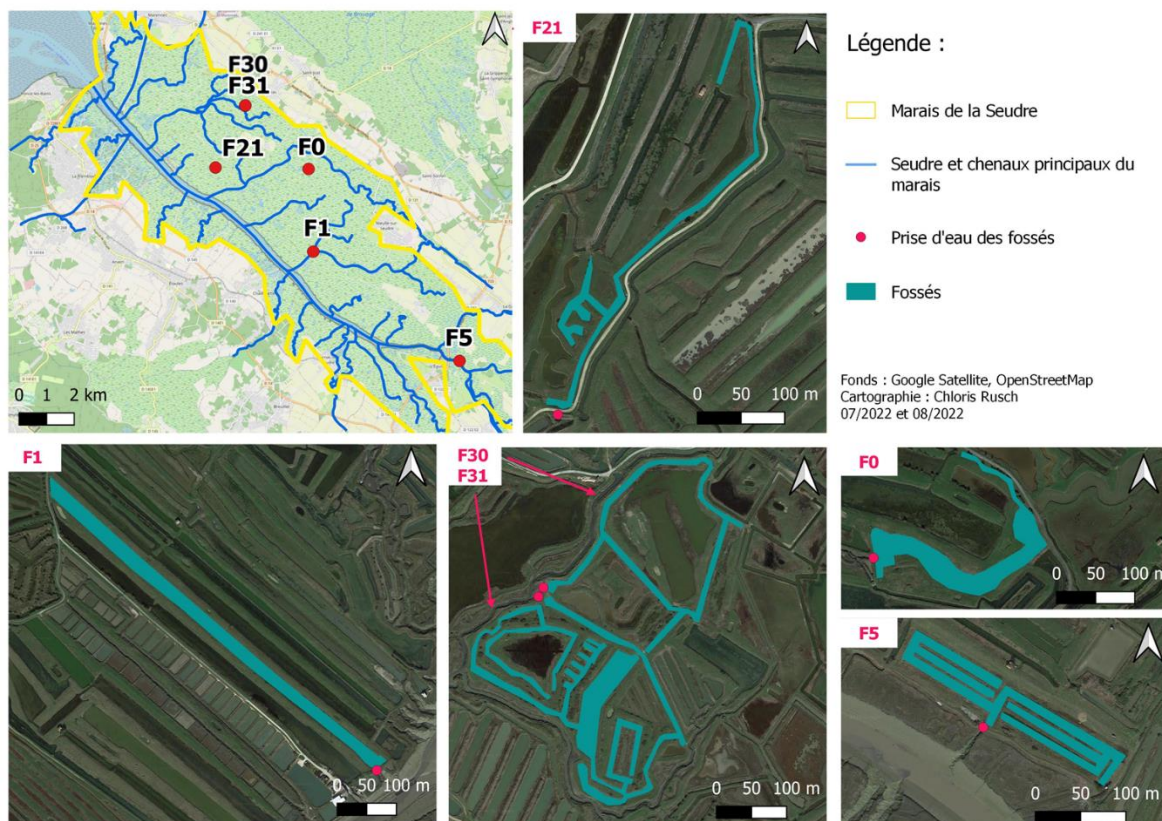


Figure 3 : Localisation et représentation des fossés à poissons suivis en 2022 ©Chloris Rusch.

Cinq fossés sur six possèdent un ouvrage de type 2 (Figure 4), correspondant à des prises d'eau surélevées dans la digue (ou bosse). Il s'agit ici d'ouvrages appelées « moines » avec des feuillures où il est possible de mettre des dérases (planches en bois) pour garder un niveau d'eau dans le fossé. Un seul fossé est équipé d'un ouvrage de type 3 (Figure 4) : il s'agit d'une buse surélevée et sortant de la bosse. Les caractéristiques des fossés sont détaillées en Tableau 1.



Figure 4 : Ouvrages de type 2 (gauche) et de type 3 (droite) © CAPENA

Tableau 1 : Caractéristiques physiques des fossés étudiés en 2022

Nom du fossé	Type de prise d'eau	Nom du chenal et/ou du ruisson	Distance axe Seudre	Distance estuaire (pont Tremblade)
F0	2	Ruisson des Barres et Chenal de Recoulaine	5km	11km
F1	2	Chenal de Pelard	1km	11km
F5	2	La Seudre	0 m	17km
F21	2	Ruisson Tord	2km	7km
F30	3	Chenal de Luzac	5km	8km
F31	2	Chenal de Luzac	5km	8km

2. Description du protocole de pêche

a. Présentation des filets-cadres

Les filets-cadres (Figure 5) sont les outils de capture mis au point en 2015 pour réaliser le suivi sur les ouvrages du marais salé de la Seudre. Il s'agit d'un filet chaussette de maille 1 mm, monté sur un cadre en bois dont la dimension est spécifiquement adaptée aux feuillures de chaque ouvrage. L'intérieur de la chaussette est équipé d'une empêche, pour ne pas que les civelles ressortent, démarrant du cadre et cousue à l'intérieur du filet pour éviter qu'elle ne se retourne avec la marée descendante. Après l'empêche, un cylindre composé de 3 feuilles de Macmat (matériau utilisé pour les flottangs) enroulées est inséré en fin de chaussette afin de créer un refuge artificiel pour les individus capturés.



Figure 5 : Filet-cadre et rouleau de macmat. © Chlois Rusch

Trois arceaux en plastique cousus à l'intérieur du filet permettent à ce dernier de garder du volume même hors d'eau, et un poids est attaché à deux des arceaux afin que la chaussette ne reste pas en surface. Enfin, la chaussette est refermée par un une corde nouée.

b. Rythme de pêche

Au vu des résultats précédents (Prellwitz, 2017) et de l'aspect chronophage du suivi, les 6 sites ont été échantillonnés deux nuits par mois, la nuit étant décrite (Deelder, 1960; Elie et al., 1994) comme la période la plus favorable à la migration des civelles. Les nuits de terrain ont été sélectionnées lors des marées montantes nocturnes bénéficiant d'un coefficient supérieur à 74, coefficient en dessous duquel tous les fossés à poissons ne se remplissent pas (Carrilho, 2015; Prellwitz, 2017).

c. Méthode de pêche : période du suivi, pose, relève, et biométrie

Deux pêches sont prévues par mois, à des coefficients supérieurs à 74.

La pose des cadres-filets se déroule en binôme. Elle débute après l'étale de pleine mer du soir, afin que les 6 filets soient en place pour la marée montante de la nuit. Les cadres sont glissés dans les feuillures de l'ouvrage, et la chaussette est tendue dans le fossé et attachée à un piquet planté sur la berge opposée à l'ouvrage (figure 6).



Figure 6 : Filet-cadre en position de pêche sur le fossé F31 ©Aurore Baisez ©Chloris Rusch

Ainsi disposé, le filet capturera et gardera en eau tous les individus entrant dans le fossé avec la marée montante.

La relève des filets est réalisée le lendemain matin, généralement au moment de l'étale de pleine mer. Tout d'abord, l'identifiant du fossé, l'heure, la température (°C) et la conductivité de l'eau du fossé (‰) (conductimètre Cond 3110, Xylem Analytics) sont notés. Ensuite, le

cadre est sorti des feuilures et la chaussette est détachée de la berge. Tout le contenu du filet est vidé et rincé au-dessus du bac de biométrie, le rouleau de Macmat est déplié pour libérer tous les individus. Un échantillon aléatoire de 30 civelles est endormi dans une solution de 0.4 mL d'Eugénol pour 2L d'eau. Les civelles restantes sont comptées, et les autres individus présents (poissons et autres) sont identifiés au genre et notés en présence/absence.

La biométrie réalisée sur l'échantillon de 30 civelles comprend la détermination du stade pigmentaire selon Elie (Elie et al., 1982) (Annexe II), la mesure de longueur totale, et l'observation de pathologies extérieures éventuelles (lésions, hémorragies, parasites). Les civelles sont ensuite placées dans un seau d'eau claire pour le réveil, puis relâchées dans le fossé de prélèvement.

3. Analyse et traitement des données

Toutes les données brutes récoltées par CAPENA ou transmises par des partenaires ont fait l'objet d'un tri précédant leur exploitation. L'analyse graphique et statistiques des résultats a été réalisée à partir des logiciels Excel et R Studio version 2022.2.3.0 (associé au logiciel R, version 4.2.0). Les cartographies ont été réalisées à partir du logiciel QGis Desktop 3.4.13 with Grass 7.8.0.

a. Bilan du suivi civelles en marais salés de la Seudre

Dans un premier temps, les résultats bruts du suivi 2021-2022 ont été analysés par comparaison de moyennes et observations graphiques pour comprendre la migration et dégager des tendances. Des tests de Shapiro-Wilk ont été utilisés pour tester la normalité des données, puis des tests non paramétriques de Kruskal-Wallis ont été employés pour tester les différences entre les données. Le seuil de significativité utilisé pour l'ensemble des tests statistiques est $\alpha < 0,05$.

Les données de pluviométrie sont issues de la station Météo France du Château d'Oléron. Les données de salinité, température et débit de la Seudre sont issues du réseau MAGEST du Syndicat Mixte du Bassin de la Seudre.

b. Caractéristiques techniques et environnementales pouvant influencer les entrées de civelles dans le marais de la Seudre

Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée afin d'explorer les ressemblances entre les sites par le biais des variables environnementales, techniques (Tableau 2) et le nombre de civelles. Dans notre cas d'étude, les entrées de civelles sont obligatoirement influencées par les coefficients de marée (coef > 74), ce dernier n'a donc pas été intégré dans l'ACP.

Tableau 2 : Description et provenance des variables intégrées dans l'analyse en composantes principales

Variable	Description et provenance
Distance estuaire (m)	Distance entre le pont de la Tremblade (repère estuaire) et le fossé identifié, en passant par la Seudre et les chenaux. Mesures réalisées sur Géoportail.
Distance Seudre (m)	Distance entre l'axe principal de la Seudre dans l'estuaire et le fossé identifié en passant par les chenaux. Mesures réalisées sur Géoportail.
Type de prise d'eau	Différents types de prises d'eau identifiées sur le terrain : Type 1 : prise d'eau au sol sortant de la bosse Type 2 : prise d'eau surélevée dans la bosse Type 3 : prise d'eau surélevée sortant de la bosse (buse)
Température fossé (°C)	Température mesurée dans le fossé au moment de la relève du filet.
Salinité fossé (‰)	Salinité mesurée dans le fossé au moment de la relève du filet.
Pluviométrie (mm)	Pluviométrie enregistrée au Château d'Oléron par Météo France la veille de la pose des filets.
Nombre de civelles	Nombre de civelles capturées dans le filet le jour de la relève.

Dans un second temps, la matrice de corrélation (ici de Kendall) a permis d'identifier les variables auto corrélées à ne pas intégrer dans l'ANOVA, et de déterminer une à une le sens des relations entre les variables. Seuls les coefficients directeurs des corrélations significatives seront représentés dans la matrice.

Enfin, l'analyse de la variance (ANOVA) multifactorielle déterminera le modèle de régression linéaire multiple expliquant la plus grande part de variation des entrées de civelles. Les conditions d'application ont été vérifiées par observation visuelle de la dispersion des résidus (QQ plot) et de leur normalité (Shapiro-Wilk). Les variables sélectionnées par l'analyse de la matrice de corrélation seront utilisées pour construire plusieurs modèles candidats. Une procédure d'ajout et de retrait des variables pas-à-pas («stepwise») et l'emploi du critère d'Akaiké pour comparer chaque modèle candidat, permettra de sélectionner le modèle final

le plus pertinent, et mettra en avant les variables à prendre en compte lors de l'estimation des entrées de civelles en marais de la Seudre. Les conditions d'application de ces tests paramétriques sont vérifiées par le test de Shapiro-Wilk (normalité) et observation graphique du QQ-Plot (homoscédasticité).

c. Corrélation entre les captures par unité d'effort des pêcheurs professionnels estuariens, les entrées en marais de la Seudre et la montaison à la passe de Saujon.

L'objectif est d'observer s'il existe une relation de proportionnalité entre la quantité de civelles entrant dans le marais salé, les captures de la pêche, et les remontées de civelles à la passe de Saujon.

i. La passe à civelles de Saujon

Les relèves et comptages en passe-piège (Figure 7) sont assurés tous les deux à trois jours. Les individus sont séparés par classe de tailles (civelle, anguilette, et anguille), chaque lot est pesé, puis 50 individus par semaine sont anesthésiés afin de les mesurer, de les peser individuellement et de vérifier leur état sanitaire. Tous les individus sont relâchés en amont du barrage de Ribérou à Saujon.



Figure 7 : Passe-piège de Saujon © CAPENA

Le fichier brut transmis par la FDAAPPMA de Charente-Maritime donne accès au nombre et au poids total de civelles piégées chaque jour de relève. Afin d'obtenir une donnée par jour, chaque information a été divisée par le nombre de jours inactifs précédant le piégeage : ainsi l'appellation « Capture par unité d'effort (CPUE) Saujon » correspond à une masse (kg) de civelles par jour.

ii. Données des pêcheurs professionnels maritimes

Les données des pêcheurs professionnels maritimes ont été transmises par le Comité Départemental des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Charente-Maritime. Les pêcheurs réalisent en moyenne 4h de pêche par marée, généralement de nuit et parfois de jour. Les bateaux de pêche sont composés de deux Pibalour carrés de 7m² chacun, immergés dans l'eau en même temps que le bateau avance pour filtrer la colonne d'eau (Figure 8). La période légale de pêche professionnelle s'étend du 15 novembre au 15 avril, et les pêcheurs doivent s'arrêter dès lors qu'ils ont atteint leur quotas individuels.



Figure 8 : Pibalour © CAPENA

Les données brutes des pêches professionnelles ont été triées afin de supprimer les mois sans pêches et d'attribuer une ligne indépendante aux pêches du matin et du soir. Seules les données des pêcheurs civelliers de Seudre seront utilisés dans l'analyse. L'appellation « CPUE Pro » correspond à une masse (kg) de civelles pêchées par sortie du pêcheur (marée).

iii. Données du suivi scientifique civelles en fossés

Les données issues du suivi scientifique civelles correspondent à la somme du nombre d'individus pêchés sur les 6 fossés du marais de la Seudre. Afin d'être comparée aux autres compartiments avec la même unité, le nombre de civelles a été converti en kg de civelles. Pour cela il a été accepté qu'une civelle pèse environ 0,33 g (soit 1000 civelles = 0,33 kg) (Bardonnat *et al.*, 2005). Les « CPUE Fossé » correspondent donc à un kg de civelles par nuit de pêche.

iv. Traitement des données

Premièrement les données issues des pêcheurs professionnels, de Saujon et des marais de la Seudre ont été superposées, par kg de civelles, sur un même graphique afin d'observer les fluctuations dans les trois compartiments. Ensuite d'éventuelles corrélations entre les CPUE des professionnels et les CPUE en fossés et/ou à Saujon seront recherchés. Enfin, nous chercherons à comprendre si lorsque les CPUE des professionnels augmentent, la proportion de civelles entrant en fossés et à Saujon se répartit équitablement (toujours la même

proportion en fossés et à Saujon) ou si nous observons des tendances comme une augmentation des entrées en fossés et pas à Saujon par exemple.

4. Estimation du nombre de civelles entrées en fossés à poissons

a. Estimation de la quantité de civelle en fonction du modèle de 2017

En 2017 une zone témoin avait été échantillonnée : c'est un espace du marais où toutes les caractéristiques des plans d'eau (fossés, claires, tonnes...) ont été référencés et suivis durant la période de migration afin de fournir une estimation fiable des entrées de civelles, qui pourra être extrapolée à l'ensemble du marais (Prellwitz 2017).

Le modèle créé sous Excel en 2017 a été repris et relancé avec les résultats 2022 afin de pouvoir comparer les entrées de civelles entre les deux années. Il fournit une estimation pour la zone témoin puis est extrapolé à l'ensemble du marais.

L'estimation se base sur l'intervalle de prédiction (calculé sous R) à partir des données du suivi en marais. Le modèle de régression tient compte du coefficient de marée, du mois, de la pluviométrie et du nombre de civelles capturées. Il fournit des valeurs maximales de civelles pour la période du 1^{er} octobre 2021 au 17 juin 2022. Après estimation, le fichier est retravaillé pour mettre à zéro le nombre de civelles estimé lors des coefficients inférieurs à 74, et ajouter le nombre de civelles observé lors de nuits de suivi. Les estimations sont réalisées par fossés.

Le nombre maximum de civelles, somme des valeurs estimées par le modèle de prédiction, et le nombre minimum, correspondant à la différence observée en 2017 entre les entrées de jour et les entrées de nuit, sont renseignés dans Excel afin de calculer le nombre moyen d'individus par fossés. Cette moyenne est redistribuée par type d'ouvrage, et multipliée par le nombre d'ouvrages présents sur la zone témoin de 2017.

Enfin, les valeurs de la zone témoin sont extrapolées à l'ensemble des ouvrages du marais. Cela fournit le nombre de civelles entrées en rive droite du marais de la Seudre pour la saison de migration, en nombre d'individus et en kilogramme de civelles.

b. Modèle 2022

Le modèle 2022, construit en 3. b), a été utilisé pour prédire l'ensemble des civelles présentes dans les fossés à poissons chaque jour pour la période du 1^{er} octobre 2021 au 17 juin 2022. Le nombre de civelles a été estimé du 1^{er} octobre 2021 au 17 juin 2022, puis a été corrigé : le nombre de civelles estimé lors des coefficients inférieurs à 74 a été réduit à 0 individus, et le nombre de civelles estimé les jours de pêches a été corrigé par le nombre de civelles observées en fossés.

Ensuite, la somme du nombre de civelles prédit par régression a été divisée par 6 (nombre de fossés suivis) afin d'obtenir le nombre moyen de civelles entrées dans un seul fossé pour l'année 2022. La proportionnalité entre le nombre de civelles en fossés à poissons et celui mesuré dans les tonnes ou claires a été estimé en 2017. Ce même facteur a été utilisé en 2022 pour estimer à partir des valeurs prédites en fossés, la quantité de civelles présente dans les tonnes et les claires cette même année. Enfin, ces résultats ont été extrapolés par le nombre total de tonnes, de claires, et de fossés à poissons présents dans le marais de la rive droite de la Seudre.

Ces calculs ont également été réalisés sur les valeurs des intervalles de confiance afin de fournir les bornes inférieures et supérieures entourant la prédiction des valeurs moyennes.

Résultats

1. Bilan 2022 du suivi civelles en marais salés de Seudre

Le suivi civelles 2022 a été réalisé du 8 octobre 2021 au 16 juin 2022 (Annexe III) avec un rythme d'environ deux pêches par mois (Tableau 3). En octobre, seule une pêche a été réalisée en raison d'un problème technique. En décembre, de même, une seule pêche par manque de disponibilité avec les congés du personnel. En octobre, le F5 n'a pas été pêché par manque de temps, et le F21 n'a pas

Tableau 3 : Effort d'échantillonnage pour les sites suivis en 2022

	F0	F1	F5	F21	F30	F31
Ocotbre 2021	1	1	0	1	1	0
Novembre 2021	2	2	2	1	2	2
Decembre 2021	1	1	1	1	1	1
Janvier 2022	2	2	2	2	2	2
Février 2022	2	2	2	2	2	2
Mars 2022	2	2	2	2	2	2
Avril 2022	3	3	3	3	3	3
Mai 2022	2	2	2	2	2	2
Juin 2022	1	1	1	1	1	1

été pêché en novembre en raison d'un trou dans le filet. La pose des filets cadres sur les 6 fossés durait environ 4h et la relève variait entre 6h et 8h selon les quantités de civelles présent.

Le pic de migration des civelles en marais de la Seudre a été observé en février 2022 (Figure 9) avec plus de 3000 individus rentrés en fossés sur une même nuit dont 2100 individus sur le fossé F5. La majeure partie des civelles semblent avoir migré de début janvier 2022 à fin avril 2022.

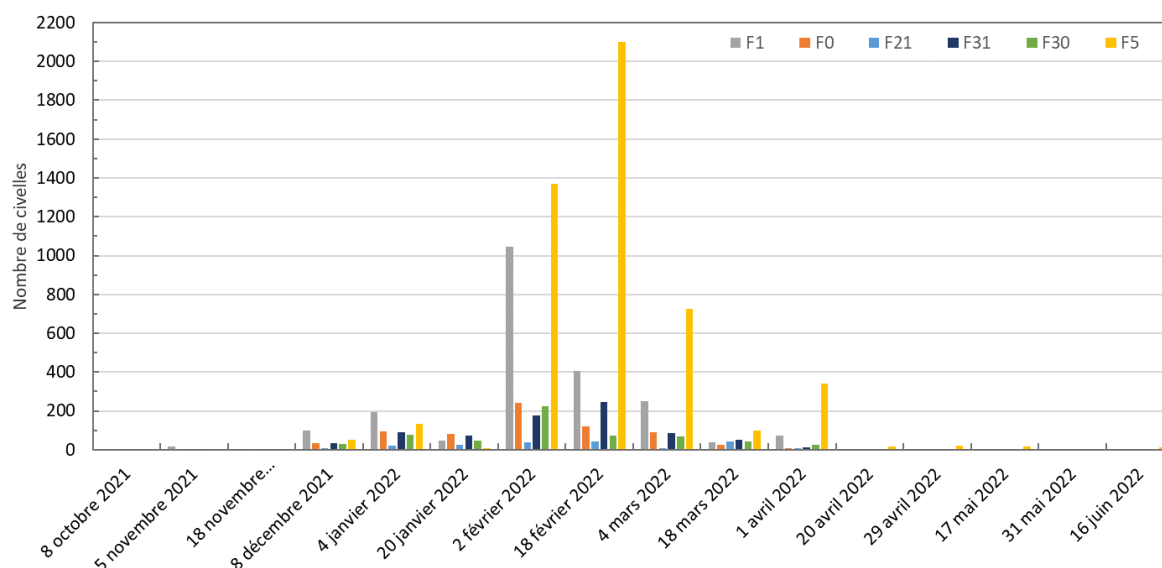


Figure 9 : Nombre de civelles capturées par site et par date en 2022.

Le fossé F5 est le plus abondant de la saison 2022, avec un total de 4887 civelles (Tableau 4). Il est suivi par le F1 qui cumule 2174 civelles sur la saison.

Tableau 4 : Nombre de civelles par fossés au cours de la saison 2022

	Somme	Moyenne	Minimum	Maximum	Écartype
F0	692	43,25	0	243	67,49
F1	2174	135,88	0	1047	268,89
F21	198	13,20	0	44	16,72
F30	558	37,20	0	226	59,97
F31	773	48,31	0	245	72,06
F5	4887	325,80	0	2101	619,21
Total général	9282	99,81	0	2101	289,39

Concernant l'évolution des stades pigmentaires en 2022 (Figure 10), la biométrie met en avant une augmentation de la pigmentation à mesure que l'on avance dans le temps. On constate que le stade VA est bien représenté en octobre et novembre, et il disparaît en mai-juin laissant place aux stades les plus pigmentés, allant du VIA2 au VII. De novembre à avril c'est le stade VB qui domine largement. Les stades pigmentaires sont significativement différents entre les mois de novembre-décembre, janvier-février, mars-avril, et mai-juin (Kruskall test).

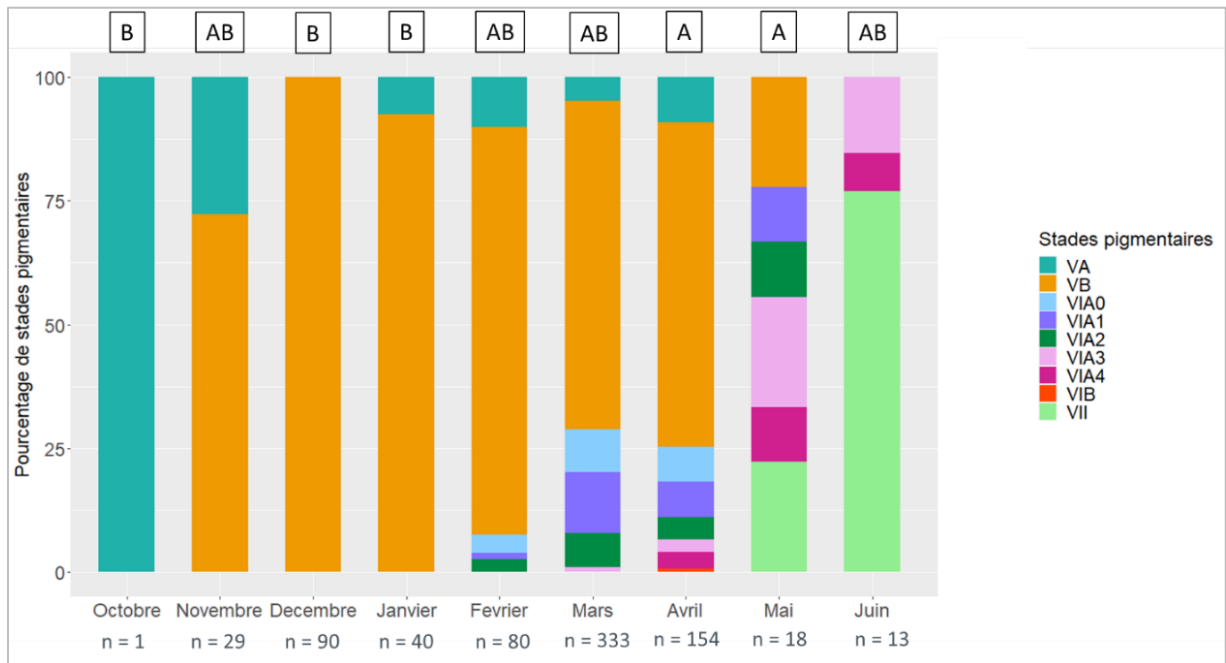


Figure 20 : Pourcentage de stades pigmentaires rencontrés chaque mois durant le suivi 2022.

La taille moyenne des individus (où $n > 30$) est significativement différente entre les mois de décembre-janvier et février-mars (Figure 11). Les longueurs minimales, maximales et moyennes rencontrées cette année sont respectivement de 57 mm, 98 mm, 73 mm.

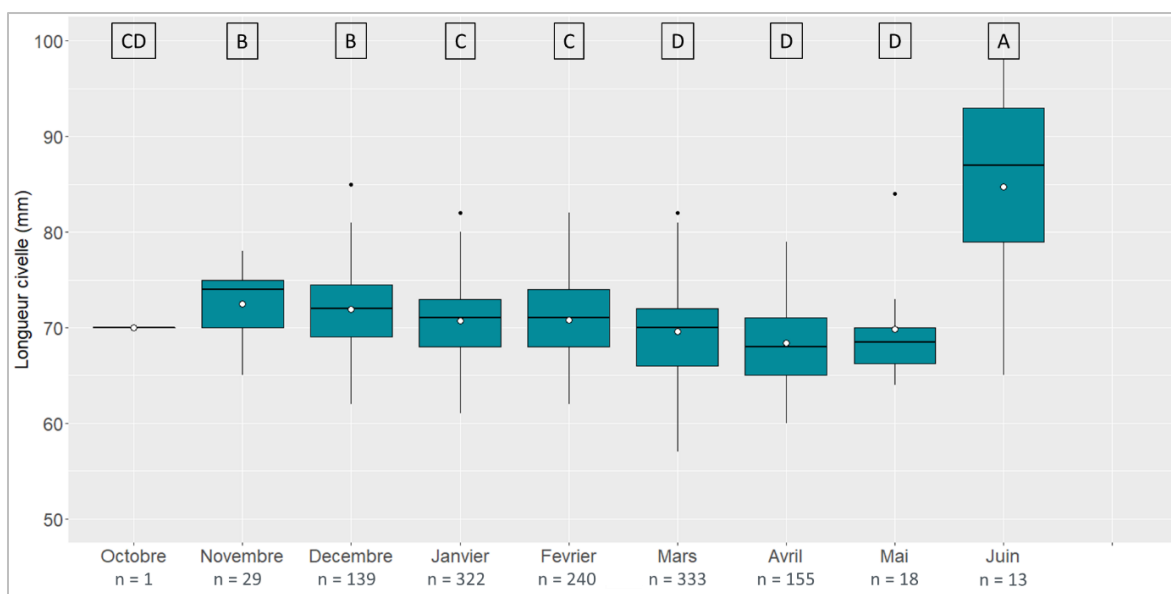


Figure 31 : Evolution des paramètres de tailles de civelles pour la saison 2022 avec n = le nombre de civelles mesurées. Les encadrés indiquent la différence significative des tailles de civelles entre les mois consécutifs.

Concernant les variables environnementales (Tableau 5, Figure 12), la pluviométrie recensée tout au long du suivi a été très faible avec une moyenne de 1.61 mm ($\pm 3,42$) sur 9 mois. Un épisode pluvieux a tout de même eu lieu en décembre, faisant également augmenter les débits de la Seudre. Les débits de la Seudre ont varié de 0,11 à 2,05m³/s. La température moyenne de l'eau de la Seudre était de 13,74°C et elle a augmenté durant le suivi jusqu'à atteindre les 27°C lors des derniers mois. Lors du pic de migration de février, la température de l'eau était autour des 12°C. La température des fossés n'est pas significativement différente de la température moyenne de la Seudre (Kruskall test).

Tableau 5 : Caractéristiques des variables environnementales du 1er octobre 2021 au 16 juin 2022.

	Minimum	Maximum	Moyenne	1er quartile	Médiane	3e quartile	Ecart-type
Température de l'air (°C, le Château d'Oléron)	0,40	29,80	12,10	8,25	11,60	15,65	5,41
Température de l'eau (°C, Seudre)	5,27	27,18	13,74	9,49	12,20	17,34	5,33
Pluviométrie (mm, le Château d'Oléron)	0,00	19,90	1,61	0,00	0,20	1,10	3,42
Débits Seudre (m ³ /s, Saint-André de Lidon)	0,11	2,05	0,56	0,24	0,49	0,76	0,36
Salinité Seudre	8,00	29,26	17,37	13,85	16,55	20,75	4,55

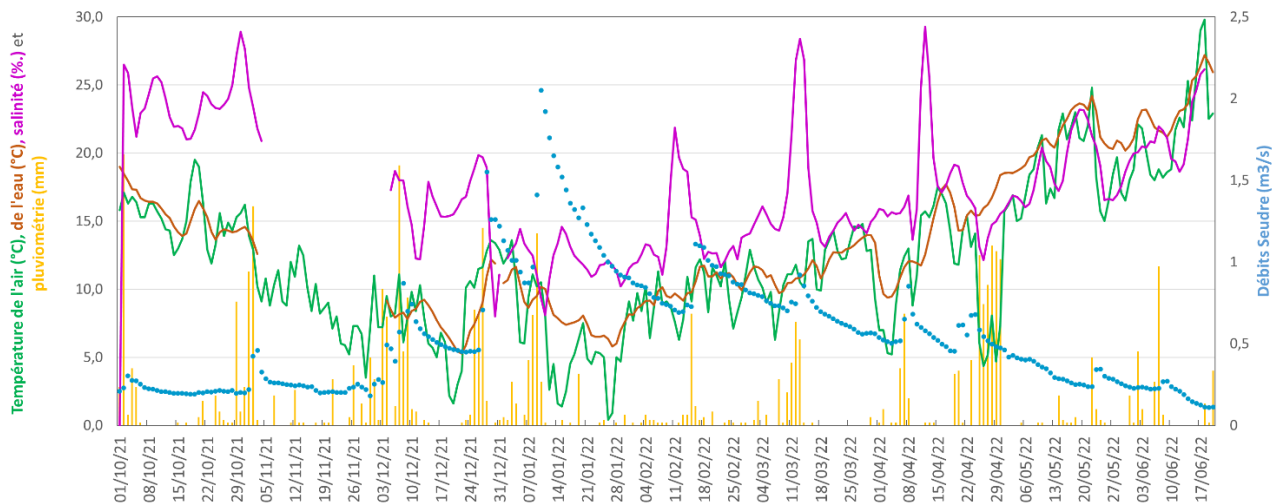


Figure 42 : Variation des paramètres environnementaux sur la période de suivi.

2. Caractéristiques techniques et environnementales pouvant influencer la sélection d'un fossé par les civelles

a. Exploration des variables environnementales associées aux fossés à poissons

L'ACP permet de déterminer quelles sont les associations de variables qui différencient les fossés. Elle a été réalisée sur les données du mois d'octobre 2021 au mois de juin 2022, le nombre de civelles a été représenté sans être intégré dans l'ACP. Les trois premiers axes expliquent environ 78% de la variabilité entre les fossés.

L'axe 1 (Figure 13, Dim 1) explique près de 40% de la variance entre les fossés. Il est caractérisé par les variables de distance à la Seudre et de salinité dans un sens, et de distance à l'estuaire dans l'autre. L'axe 2 (Figure 13, Dim 2) est caractérisé par la température du fossé, il explique 23% de la variabilité entre les fossés.

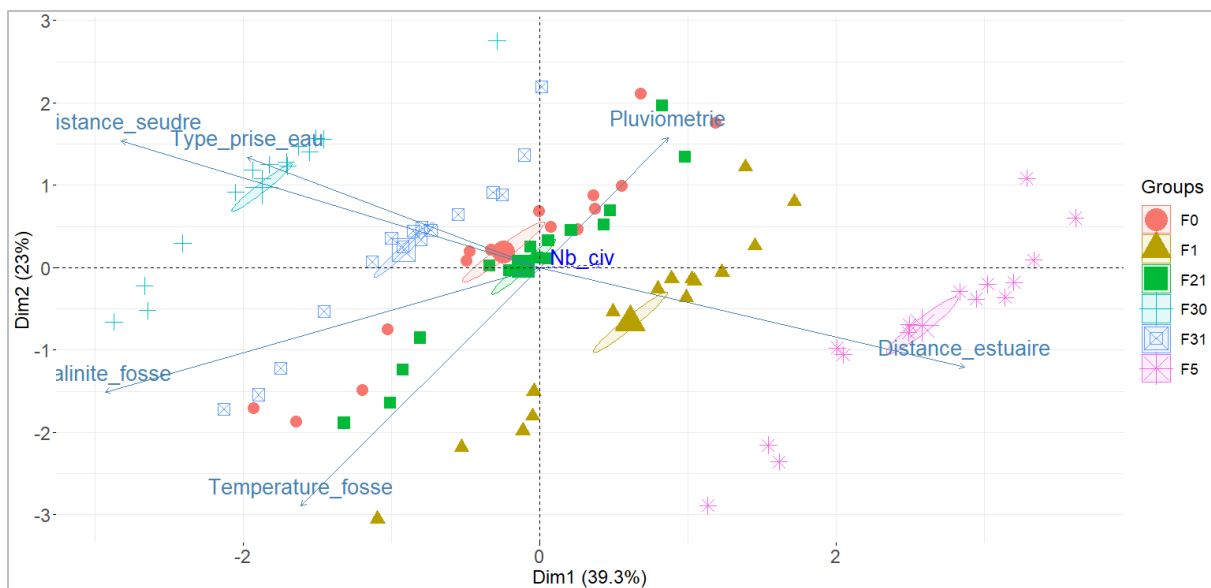


Figure 53 : Analyse en composantes principales et fossés associés pour les axes F1 x F2

L'axe 3 (Figure 14, Dim 3) est principalement représenté par la pluviométrie qui explique près de 16% de la variabilité. Enfin, le type de prise d'eau et le nombre de civelles ne semblent pas être des variables déterminantes pour caractériser les différents fossés. La salinité et la température du fossé semblent fortement contribuer à la variation du nombre de civelles entrant en fossés. La distance à l'estuaire et la distance à la Seudre sont eux anti-corrélés.

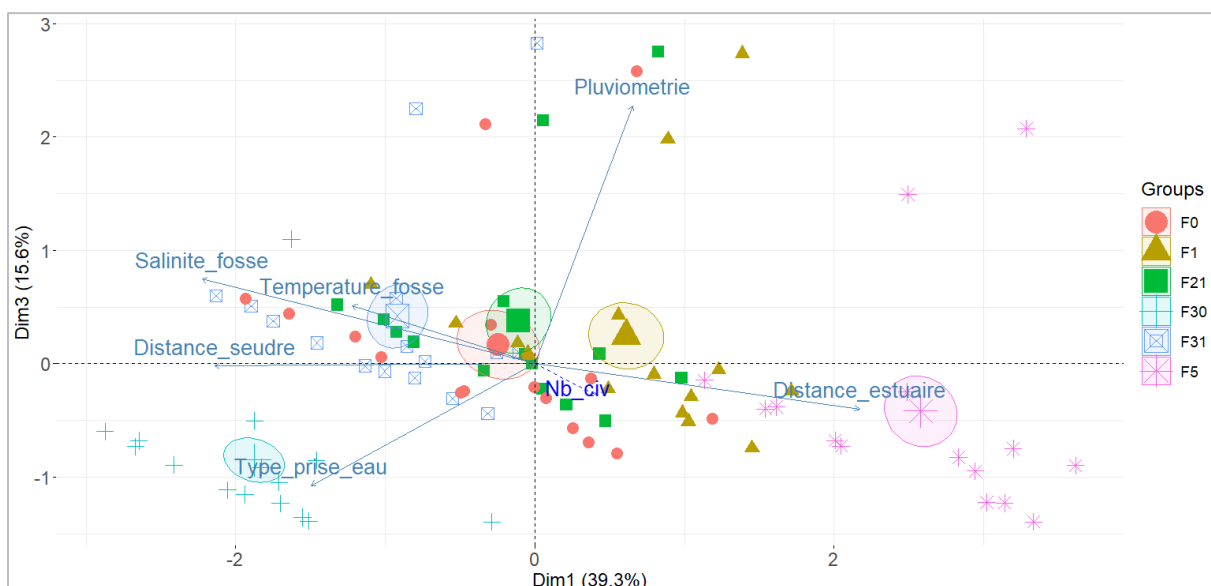


Figure 64 : Analyse en composantes principales et fossés associés pour les axes F1 x F3.

b. Corrélation entre les variables environnementales

La matrice de corrélation (Figure 15) permet de préciser ces observations. Tout d'abord nous remarquons que la salinité des fossés est fortement anti-corrélée (- 0.63) avec leur distance à l'estuaire. La distance du fossé à la Seudre est également corrélée (0.52) avec la salinité en fossé mais nous remarquons surtout que la distance du fossé à la Seudre est anti-corrélée avec la distance du fossé à l'estuaire (- 0.4). Enfin la pluviométrie a un faible impact sur la salinité (0.16) et la température du fossé (0.32).

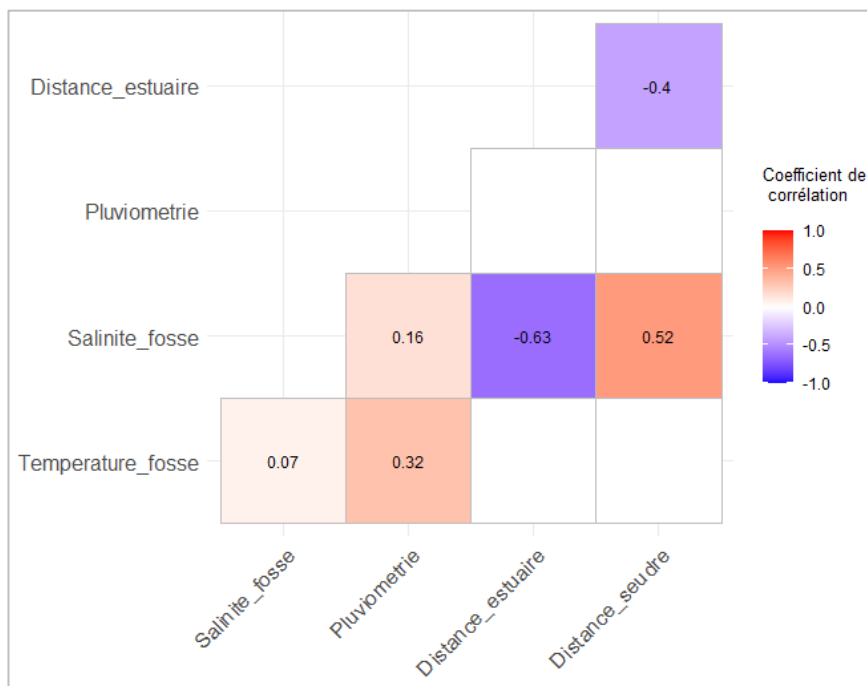


Figure 75 : Matrice de corrélation entre les variables environnementales et les variables techniques pouvant impacter les entrées de civelles en marais salés de la Seudre. Les cases colorées symbolisent la présence d'une corrélation significative entre les deux variables, pour laquelle le coefficient de corrélation est indiqué. Le code couleur représente le sens et l'intensité de la corrélation.

La distance à la Seudre et la distance à l'estuaire ne seront donc pas intégrées dans l'ANOVA car elles sont auto corrélées avec la salinité du fossé et auto-corrélées entre elles. Seule la salinité du fossé, la pluviométrie et la température du fossé seront intégrées dans l'ANOVA.

c. Lien entre l'environnement et les entrées de civelles

L'analyse des variances affiche le modèle dont les variables expliquent la plus grande partie des variations du nombre de civelles. Pour cette année 2022, le modèle le plus significatif avec une p.value de 0,0068 est présenté en Tableau 6.

Tableau 6 : Modèle expliquant la plus grande part des variations dans le nombre de civelles

Variable réponse	df	AIC	p-value	R ² ajusté	Variables du modèle	Estimé	Erreur type	Valeur t	Pr(> t)
	74	44,102	<2,2e-16	0,6624	Intercept **	-2.321e+04	7.944e+03	-2.922	0.004565
					Date **	-3.264e-02	1.117e-02	-2.923	0.004550
Nombre de civelles par fossés					Salinité fossé *	9.034e+02	3.556e+02	2.540	0.013086
					Pluviométrie ***	-1.574e-01	4.380e-02	-3.594	0.000572
					Date : Salinité fossé *	1.270e-03	4.998e-04	2.541	0.013053

Ce modèle explique 66% de la variation du nombre de civelles, et indique que la pluviométrie est le facteur principal qui influence négativement les entrées de civelles en fossés (0,0006). Un effet date est mis en avant (0,005) et vient ensuite la salinité (0,013).

3. Relation entre les captures estuariennes des pêcheurs professionnels, la passe de Saujon, et les captures en marais salés de la Seudre

Les analyses de cette partie ont été réduites à la période effective de pêche des professionnels, du 15 novembre 2021 au 15 février 2022 pour laquelle 34 pêcheurs différents ont réalisé un total de 711 sorties. Sur cette période nous disposons donc de 84 données de CPUE des pêcheurs professionnels (kg civelle / marée), 35 données de la passe de Saujon (g civelle / jour de relève), et 5 données du suivi civelles en fossés (nb civelle / nuit de relève). Afin d'être comparées elles ont toutes été transformées en kg de civelles par jour (avec 1000 civelles = 0,33kg).

a. Comparaison des CPUE des pêcheurs, en fossés et à Saujon

En superposant les trois informations (Figure 16), nous remarquons que les quantités de civelles varient de façon similaire en estuaire, en fossés, et à Saujon. Cela est notamment observable lors des pics de migration des mois de janvier et février où la quantité de civelles est plus importante. Ce graphique nous permet également de confirmer que le pic de migration observé en marais a également été identifié en estuaire par les pêcheurs professionnels.

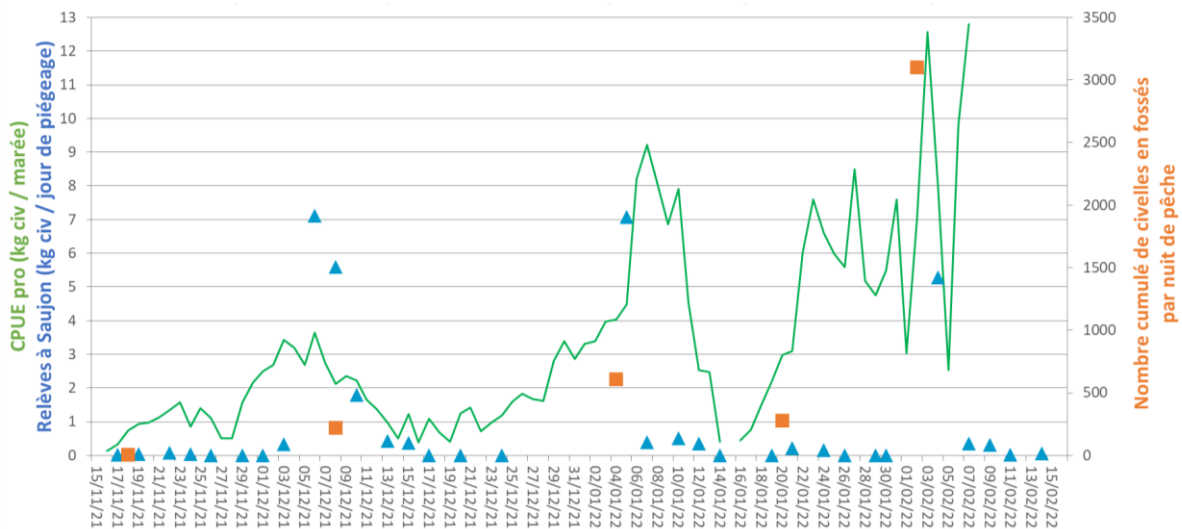


Figure 16 : Superposition des données civelles récoltées par les pêcheurs professionnels, la passe de Saujon et les nuits en fossés à poissons pour 2022.

b. Proportion de civelles entrant en fossé ou à Saujon en fonction de l'augmentation des CPUE des professionnels

L'augmentation des CPUE des professionnels n'a pas de lien direct avec la répartition des civelles en fossés ou à Saujon (Figure 17). Cela est confirmé avec la compilation des données de 2017 (Annexe IV) permettant de comparer une plus grande gamme de CPUE, et par l'application d'un GLM ($p.value = 0.94 > 0.05$). Il n'existe pas non plus de corrélation significative entre les CPUE pro et les fossés à poissons ($p.value = 0,58$) ou entre les CPUE Pro et Saujon ($p.value = 0,50$).

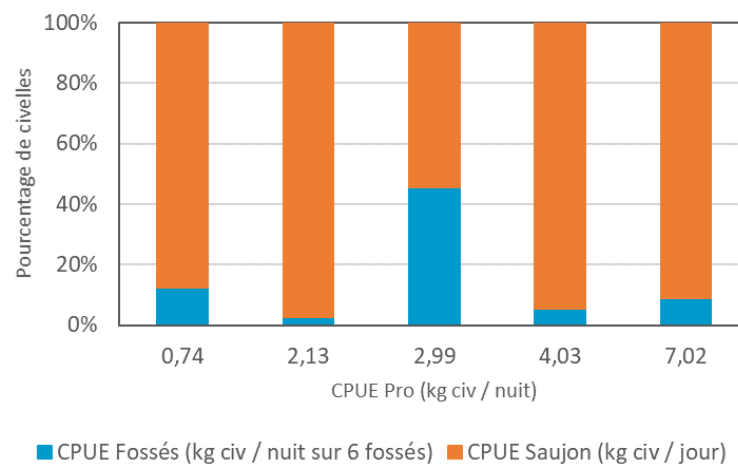


Figure 87 : Répartition des civelles entre les 6 fossés à poissons et la passe de Saujon en fonction de l'augmentation des CPUE des pêcheurs professionnels (CPUE Pro) en 2022.

4. Estimation des entrées de civelles en marais salés de la Seudre pour 2022

a. Comparaison avec 2017

Afin de pouvoir comparer l'estimation des entrées de civelles de 2022 avec les estimations réalisées en 2017, le modèle de 2017 a été utilisé avant d'être ajusté. Ainsi, le « modèle 2017 » permettrait d'estimer une entrée d'environ 11 594 546 civelles, soit 3 478 kg, en rive droite de la Seudre pour cette année 2022, de jour et de nuit.

b. Nouvelle méthode 2022

La nouvelle méthode d'estimation des entrées de civelles tient compte de la pluviométrie, de la salinité, et de leurs interactions avec les dates de migration. Elle estime le nombre de civelles entrées en rive droite de la Seudre sur la période du 1^{er} octobre 2021 au 17 juin 2022.

Ainsi, le modèle estime que 34 316 civelles sont entrées sur les 6 fossés à poissons suivis entre le 1^{er} octobre 2021 et le 17 juin 2022, soit 5 719 individus par fossés durant la saison. Au total (Tableau 7), 6 603 634 civelles seraient entrées en rive droite du marais de la Seudre cette année 2022, ce qui correspond à 1 981 kilogrammes de civelles.

Tableau 7 : Estimation des entrées de civelles en rive droite de la Seudre pour la saison 2022

	Estimation	Estimation basse	Estimation haute
Fossés à poissons (nb civ)	4 024 086	2 059 657	5 750 820
Clares ostréicoles (nb civ)	2 406 500	1 229 644	3 433 319
Tonnes de chasse (nb civ)	173 048	88 571	247 303
Total individus (nb civ)	6 603 634	3 377 872	9 431 441
Total individus (kg)	1 981	1 013	2 829

Les intervalles de confiance ont permis de calculer une entrée minimale de 1 013 kg de civelles, et une entrée maximale de 2 829 kg de civelles. Soit une différence de - 968 ou + 848 kilogrammes de civelles.

1. Bilan du suivi 2022

En 2017, le pic de migration en marais de la Seudre avait été identifié en février comme pour cette année 2022. L'abondance de civelles était néanmoins moins importante. Le maximum de civelles capturées par nuit au cours du suivi 2017 a été de 160 sur le F0, et de 305 individus tous fossés cumulés (Prellwitz, 2017). Cette année le nombre maximum de civelles capturées sur un fossé en une marée était de 2 101 civelles sur le F5, et de 3 100 civelles tout fossés confondus. Le fossé F5 est le plus abondant pour les deux années de suivi (Annexe V), et également celui avec la salinité la plus faible.

Le pic de migration observé en marais salés de la Seudre correspond également à celui observé en estuaire de la Gironde par l'association MIGADO (Lauronce, com. pers, 2022), et à ceux décrits par la bibliographie sur les côtes françaises atlantiques (Adam et al., 2008). Concernant l'augmentation des stades pigmentaires et de la taille au cours de la saison, le même schéma de recrutement est observé en Gironde (Elie et al., 1994) et en Vilaine (Briand et al., 2004). L'évolution correspondrait au temps passé en estuaire par les civelles (Adam et al., 2008).

2. Caractéristiques techniques et environnementales pouvant influencer la sélection d'un fossé par les civelles.

La salinité du fossé a été identifiée comme anti corrélée avec la distance à la Seudre et à l'estuaire ce qui traduit logiquement le gradient de salinité de l'estuaire : les fossés les plus en amont bénéficient moins de l'entrée d'eau de mer que ceux proches de l'embouchure. De plus, la répartition géographique des fossés suivis en 2022 fait que les fossés les plus proches de l'estuaire sont également ceux les plus éloignés de la Seudre et inversement. C'est pourquoi les variables « Distance estuaire » et « Distance Seudre » sont auto-corrélées.

En 2017, les analyses ont démontré que la pluviométrie et la température du fossé étaient les principaux facteurs influençant les entrées de civelles (Prellwitz, 2017). En 2022 c'est la pluviométrie qui est considérée comme le facteur principal. En second, c'est la date du suivi qui explique le mieux le recrutement des civelles puis vient la salinité.

La salinité traduit une corrélation positive tandis que la pluviométrie traduit une corrélation négative avec le nombre de civelles : ainsi plus la pluviométrie augmente, plus le nombre de civelles diminue. Habituellement, la pluviométrie est décrite comme un facteur augmentant le débit d'attrait des civelles dans les cours d'eau (Adam et al., 2008). Or, elle est ici identifiée comme impactant négativement les entrées de civelles dans les fossés. Cela peut être expliqué par la méthode d'analyse : l'analyse portée sur la saison entière laisse apparaître un effet mois lié à la période de migration des individus. Par exemple, le mois le moins pluvieux est le mois de février, qui est également le mois le plus abondant en civelles. Concernant la salinité, bien que les civelles puissent se sédentariser dans des milieux salés (Daverat et al., 2006), il est généralement décrit que les civelles sont préférentiellement attirées par les eaux douces (Adam et al., 2008; Arribas et al., 2012). Or, d'après le modèle, plus les fossés sont salés plus le nombre de civelles augmente. Ces observations en contradiction avec la bibliographie peuvent être issues du fonctionnement complexe du marais qui reste à étudier, et de l'analyse saisonnière des variables.

Dans ce cas, l'effet du mois sur les variables environnementales et les entrées de civelles pourrait être évité analysant uniquement le mois le plus abondant en civelles de chaque année de suivi : cela permettrait de disposer de nombreuses données de captures tout en limitant les biais liées à la période de suivi.

3. Relation entre les captures estuariennes des pêcheurs professionnels, la passe de Saujon, et les captures en marais salés de la Seudre

En 2017, les entrées de civelles en marais correspondaient à la cohorte transportée par la marée datant de 3 à 4 jours (Prellwitz, 2017), Annexe VI). En 2020 dans l'estuaire de la Gironde les captures scientifiques étaient corrélées avec les données des pêcheurs civelliers du jour même alors qu'elles étaient habituellement corrélées avec les marées de la veille (Lauronce et al., 2021). En 2022 nous n'observons pas de tel décalage.

En 2022, nous n'observons pas de corrélation significative entre les CPUE des professionnels, en fossés et à Saujon. Nous pouvons supposer que les civelles observées en entrée d'estuaire ne soient pas encore dotées de la nage active (Adam et al., 2008). Elles mettraient donc plus de temps à atteindre les fossés et la passe situés en fond d'estuaire. Les graphiques de

proportions n'ont pas mis en évidence de tendance quant à la sélection de l'un ou l'autre des compartiments par les civelles. Nous pouvons supposer que des variables telles que la capacité de nage et la reptation ou la reprise de l'alimentation (Adam et al., 2008; Edeline et al., 2006; Gascuel, 1986) soient des facteurs déterminants pour la sélection de l'habitat.

4. Estimation des entrées de civelles en marais salés de la Seudre pour 2022

En 2017, la biomasse de civelles entrée en rive droite du marais salé de la Seudre était d'environ 1 304 kg. Sur la saison d'octobre 2021 à juin 2022, la biomasse estimée à partir du « modèle 2017 », avec les paramètres de salinité et pluviométrie, est de 3 478 kg de civelles. A partir du « modèle 2022 », la quantité de civelles entrée en rive droite de la Seudre est de 1 981 kg.

La comparaison des quantités de civelles estimées pour 2022 par le modèle 2017 et par le modèle 2022 traduit une sous-estimation ou une sur estimation de l'un des deux modèles. La comparaison des estimations d'un même modèle permet néanmoins d'observer une augmentation de la quantité de civelles recrutée en 2022 par rapport à 2017. D'autres acteurs tels que MIGADO en Gironde (Com. Pers. Vanessa Lauronce, 2022) et des pêcheurs professionnels (Com. Pers. Eric Blanc, 2022) affirment avoir observé une forte augmentation du recrutement en civelles pour cette saison 2021-2022.

Concernant le nouveau modèle d'estimation 2022, il tient compte des paramètres influençant les entrées de civelles mis en avant par l'ANOVA. Ces paramètres expliquent 66% de la variation du nombre de civelles, ce qui renforce la justesse d'estimation du modèle 2022. De plus, cette estimation ne tient compte que de l'année 2022. Afin de mettre un modèle fiable dans le temps il serait intéressant de réaliser les analyses sur au moins 5 années de suivi afin d'obtenir un modèle ANOVA expliquant plus de variance et avec des résultats observés sur plusieurs années.

Par rapport à 2017, le modèle 2022 est plus simple d'utilisation puisqu'il ne tient pas compte des différentes prises d'eau et permet donc un calcul plus rapide. La zone témoin de 2017 est néanmoins primordiale au bon fonctionnement du modèle puisqu'elle permet d'identifier la part d'individus entrés en fossés à poissons, en claires ostréicoles et en tonnes de chasses.

Ainsi les nouveaux suivis peuvent se focaliser sur les fossés à poissons, et le nombre entrant dans les autres types de bassins peut être simplement estimé par produit en croix.

5. Protocole final : améliorations, préconisations et perspectives d'étude

Afin d'optimiser le suivi pour obtenir des données comparables dans le temps et exploitables avec les scripts et analyses mis au point cette année 2022, différentes conditions devront être respectées.

Tout d'abord, les fossés échantillonnés doivent rester les mêmes d'année en année afin de permettre leur comparaison. Cette année, nous avons observé que l'échantillonnage de 6 sites était un bon compromis pour limiter le temps passé sur le terrain. L'échantillonnage, semblerait plus optimal avec une répétition trois fois par mois. Cela permettrait notamment d'obtenir une série de données plus précise pour l'analyse de l'impact des variables environnementales, et plus dense pour la comparaison avec les captures des pêcheurs professionnels qui s'établissent sur une période plus courte. Si l'effort est trop important, il serait pertinent de réaliser ces trois sorties par mois au moins sur la période correspondant aux sorties majeures des pêcheurs professionnelles (du 15 novembre au 15 mars afin de couvrir le pic de migration de février). Aussi, si le choix est fait de reconsidérer le type d'ouvrage dans les analyses, alors il sera indispensable que les 3 types de prises d'eau soient représentés par les fossés suivis : ce qui n'est pas le cas cette année. De plus, le travail de recensement des ouvrages du marais de la Seudre commencé par le SMBV permettra d'apporter d'importantes précisions concernant la qualité et la quantité d'ouvrages accessibles en marais de la Seudre, afin de mettre à jour les chiffres utilisés pour l'estimation.

La période de suivi, d'octobre à juin semble bien couvrir la période de migration des civelles dans l'estuaire de la Seudre. Les sorties seront toujours réalisées de nuit en raison du comportement lucifuge de la civelle et à coefficient supérieur à 74. Il serait intéressant d'ajouter aux paramètres physico-chimiques pris en fossés des paramètres pris en chenal comme la turbidité, car elle aurait une influence sur le comportement migratoire des civelles (De Casamajor, et al., 1999).

Concernant le modèle d'estimation des entrées de civelles, la méthodologie 2022 semble appropriée à l'estimation et plus simple à mettre en place que la méthodologie 2017. Il sera néanmoins primordial, de réaliser les analyses en compilant les résultats des différentes années d'études afin de préciser les variables à prendre en compte. Au vu des résultats obtenus il est également important que les variables du modèle d'estimation tiennent compte de la date du suivi afin de fournir des estimations plus précises. Pour cela le fichier analysé doit contenir toutes les dates à analyser, qu'elles comportent ou non des pêches en fossés. Afin d'être plus précis, les prochaines estimations pourront être réalisées uniquement sur le mois le plus abondant en civelles de chaque année afin d'exclure l'erreur liée à la période de migration.

Ultérieurement, il sera primordial de tenir compte du réchauffement climatique. En effet, les fossés dont l'eau ne sera pas renouvelée durant plusieurs marées pourront perdre en surface habitable par les civelles ou au pire être asséchés. Des mesures de hauteur d'eau pourront être réalisées sur chaque fossés lors des nuits de terrain afin d'observer la tendance au cours des différentes années de suivi.

Conclusion

Cette étude expérimentale a permis de mettre en évidence des variables environnementales influençant les entrées de civelles en marais salé de la Seudre pour la saison 2021-2022 et de les comparer aux résultats de 2016-2017. En 2022 la pluviométrie et la salinité sont les variables qui expliquent 9% de la variabilité du nombre de civelles dans les fossés suivis. Les coefficients de marée et la période ont volontairement été écartés. En 2017, ce sont la salinité, la pluviométrie, la température, les coefficients de marée et le mois du suivi qui avaient été identifiés.

Le modèle d'estimation des entrées de civelles en rive droite de la Seudre a pu être précisé et amélioré cette année 2022. La biomasse de civelles entrée en rive droite a été estimée à 1 981 kg sur la saison 2021-2022 contre 1 304kg en 2016-2017. Cependant le modèle d'estimation devra tenir compte des variables identifiées comme impactant les entrées de civelles plusieurs années de suivi (pas nécessairement successifs) jusqu'à la stabilisation de l'information.

Ainsi, différentes perspectives résultent de cette étude : l'application du protocole sur les 6 fossés à poissons sur plusieurs années devra permettre d'identifier plus précisément les variables influençant les entrées de civelles en marais de la Seudre. Le modèle d'estimation devra tenir compte des variables retenues sur les mois cumulés des prochaines années de suivi. Ce résultat pourra être comparé aux observations des CPUE professionnels, à Saujon, et aux observations réalisées sur l'estuaire de la Gironde afin de confirmer sa pertinence et de mettre en évidence un lien entre les trois compartiments. A terme, la précision de cette étude pourra aboutir à la mise en place d'un indicateur des entrées de civelles en marais de la Seudre basé uniquement sur les captures des pêcheurs professionnels et des observations à la passe de Saujon. De nouvelles perspectives s'ouvriront alors, notamment concernant le devenir des civelles entrées en fossés.

Bibliographie

- Adam G., Feunteun E., Prouzet P., Rigaud C., 2008.** L'anguille européenne, indicateurs d'abondance et de colonisation (Quae), vol. 1.
- Anras L., Blachier P., Hussenot J., Lagardère J.-P., Lapouyade P., 2004.** Les marais salés atlantiques, mieux connaître pour mieux gérer.
- Anras L., Chastaing C., 2005.** Ouvrages hydrauliques et gestionnaires en marais atlantiques.
<http://www.forum-marais-atl.com>
- Aquino G., Cabaitan P. C., Secor D. H., 2021.** Locomotor activity and growth response of glass eel *Anguilla marmorata* exposed to different salinity levels. *Fisheries Science*, (87): 253–262.
- Arribas C., Fernández-Delgado C., Oliva-Paterna F. J., Drake P., 2012.** Oceanic and local environmental conditions as forcing mechanisms of the glass eel recruitment to the southern most European estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 107: 46–57.
- ASA, CREEA, Chambre d'Agriculture, UNIMA., 2009.** Réhabilitation des fossés à poissons de Seudre.
- Ben Abdallah L., 1991.** Influence de quelques facteurs abiotiques sur l'abondance de civelles d'*Anguilla anguilla* dans l'estuaire de la Loire (France): 12. Dublin: EIFAC Working party on eel.
- Bertrand L., 2009.** Etude de l'impact de la pêche à la civelle sur les estuaires de la Seudre et de la Charente dans le cadre du règlement européen R(CE) 1100/2007 sur l'anguille : 88. Université de Pau et des Pays de l'Adour.
- Briand C., Fatin D., Lambert P., 2004.** Effets de la température et de la salinité sur le développement de la pigmentation des civelles (*Anguilla anguilla*), 8.
- Bult T. P., Dekker W., 2007.** Experimental field study on the migratory behaviour of glass eels (*Anguilla anguilla*) at the interface of fresh and salt water. *ICES Journal of Marine Science*, 64(7): 1396–1401.
- Carrilho A., 2015.** Mise en place d'un protocole de suivi des entrées de civelles (*Anguilla anguilla*) en marais salé de la Seudre : 27. Université de Pau et des Pays de l'Adour.
- Cellule Migrateurs Charente Seudre., 2016.** Rapport Technique 2015 Cellule Migrateurs Charente Seudre. *Calameo.com*.
<https://www.calameo.com/books/0045889243ae50a233c0d>.
- Chang Y-L., Feunteun E., Miyazawa Y., Tsukamoto K., 2020.** New clues on the Atlantic eels spawning behavior and area : The Mid-Atlantic Ridge hypothesis. *Nature*.
<https://www.nature.com/articles/s41598-020-72916-5>.
- COGEPOMI, 2015.** Plan de Gestion des Poissons Migrateurs Garonne Dordogne Charente Seudre Leyre 2015—2019.
- Daverat F., Limburg K., Thibault I., Shiao J-C., Dodson J., 2006.** Phenotypic plasticity of habitat use by three temperate eel species, *Anguilla anguilla*, *A. japonica* and *A. rostrata*. *Marine Ecology-Progress Series - MAR ECOL-PROGR SER*, 308: 231–241.
- Daverat F., Tomás J., 2006.** Tactics and demographic attributes in the European eel *Anguilla anguilla* in the Gironde watershed, SW France. *Marine Ecology-Progress Series - MAR ECOL-PROGR SER*, 307: 247–257.
- De Casamajor M-N., Bru N., Prouzet P., 1999.** Influence de la luminosité nocturne et de la turbidité sur le comportement vertical de migration de la civelle d'anguille (*Anguilla anguilla* L.) dans l'estuaire de l'Adour.
[Http://Dx.Doi.Org/10.1051/Kmae:1999002](http://Dx.Doi.Org/10.1051/Kmae:1999002), 72. <https://doi.org/10.1051/kmae:1999002>.
- De Casamajor M-N., Prouzet P., Lazure P., 2000.** Identification des flux de civelles (*Anguilla anguilla*) à partir des relations d'allométrie en fonction des conditions hydrodynamiques de l'estuaire de l'Adour. *Aquatic Living Resources*, 13(6): 411–420.
- Deelder C. L., 1960.** *The Atlantic Eel Problem*. 10.1038/185589b0.

- Edeline E., Lambert P., Rigaud C., Elie P., 2006.** Effect of body conditions and water temperature on *Anguilla anguilla* glass eel migratory behavior. doi:10.1016/j.jembe.2005.10.011.
- Elie P., Lecomte-Finiger R., Cantrelle I., Charlon N., 1982.** Définition des limites des différents stades pigmentaires durant la phase civelle d'*Anguilla anguilla* L. (Poisson téléostéen anguilliforme), 10.
- Elie P., Rochard E., 1994.** Migration des civelles d'anguilles dans les estuaires, modalités du phénomène et caractéristiques des individus.
- Forum des marais Atlantiques, Cemagref Bordeaux, 2002.** Anguilles et marais littoraux, synthèse des interventions. Rochefort.
- Gascuel D., 1986.** Flow-carried and active swimming migration of the glass eel (*Anguilla anguilla*) in the tidal area of a small estuary on the French Atlantic coast. Helgoländer Meeresuntersuchungen, 40(3) : 321–326.
- Gibson R. N., Barnes M., 1997.** Oceanography And Marine Biology: Volume 35. CRC Press.
- Goeldner-Gianella L., 2005.** Verger (F.) - Marais maritimes et estuaires du littoral français. *Norois. Environnement, aménagement, société*, (196) : 138–139.
- Lauronce V., Burguete M., Doucet T., 2018.** Actions pour la sauvegarde de l'anguille européenne sur la bassin Gironde Garonne Dordogne. 94.
- Lauronce V., Prellwitz F., Candelier F., 2021.** Actions pour la sauvegarde de l'anguille européenne sur le bassin Gironde Garonne Dordogne. *Migado.fr*
- Le Savouroux G., 2019.** Etude technico économique des perspectives de relance de la pisciculture extensive en marais salés de la Seudre comme levier de développement durable du territoire : 68. Université Caen Normandie.
- Lefeuvre J-C., Laffaille P., Feunteun E., Bouchard V., Radureau A., 2003.** Biodiversity in salt marshes : From patrimonial value to ecosystem functioning. The case study of the Mont-Saint-Michel bay. *Comptes Rendus Biologies*, 326: 125–131.
- Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, Office national de l'eau et des milieux aquatiques, Ministère de l'Alimentation, de l'agriculture, et de la pêche., 2010.** Plan de Gestion Anguille de la France, volet national, 120.
- Moriarty C., 1996.** The decline in catches of european elver 1980-1992. *Fisheries & Aquatic Life*, 4(2a) : 245–248.
- Papy L., 1941.** La côte atlantique de la Loire à la Gironde, vol. 1. Université de Bordeaux : Delmas.
- Prellwitz F., 2017.** Observation des entrées de civelles (*Anguilla anguilla*) en marais salé de la Seudre : 40. Université de La Rochelle.
- Schmidt J., Regan C. T., 1923.** IV. - The breeding place of the eel. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 211(382–390): 179–208.
- Syndicat mixte du bassin de la Seudre. n.d.** La Seudre. <https://www.sageseudre.fr/seudre#content>
- Teixeira A., Duarte B., Caçador I., 2014.** Salt Marshes and Biodiversity. In *Sabkha Ecosystems : Volume IV : Cash Crop Halophyte and Biodiversity Conservation*, vol. 47 : 283–298. Dordrecht : Springer Netherlands.
- Tesch F-W., 1977.** The Eel Biology and Management of Anguillid Eels (P.H. Greenwood, D.Sc.). British Museum, Department of zoology.

Annexes

Annexe I : Tableau des opérateurs et calendrier des tâches

Action	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Récolte des données							
Pêches civiles marais Seudre							
Données pêcheurs pro							
Données Saujon							
Données ouvrages SMBS + FMA							
Terrain autres suivis piscicoles							
Analyse et traitement des données							
Analyse données 2017							
Analyse données 2022							
Modèle statistique d'estimation des entrées 2022							
Comparaison pêcheurs pro							
Comparaison Saujon							
Comparaison MIGADO							
Réunions							
Statistiques / analyse et traitement des données							
Présentation du suivi / discussions							
Rendus master							
Rapport de stage							
Diapo/oral							

Intervenant	Idée originale, élaboration protocole	Bibliographie	Mise en place du protocole sur le terrain	Tri des données	Analyses statistiques	Rédaction
Principal	CMCS	CR	CR	CR	CR, PB	CR
Secondaire			EB	EB	EB	EB

Avec :

CMCS : Cellule migrateurs Charente-Seudre

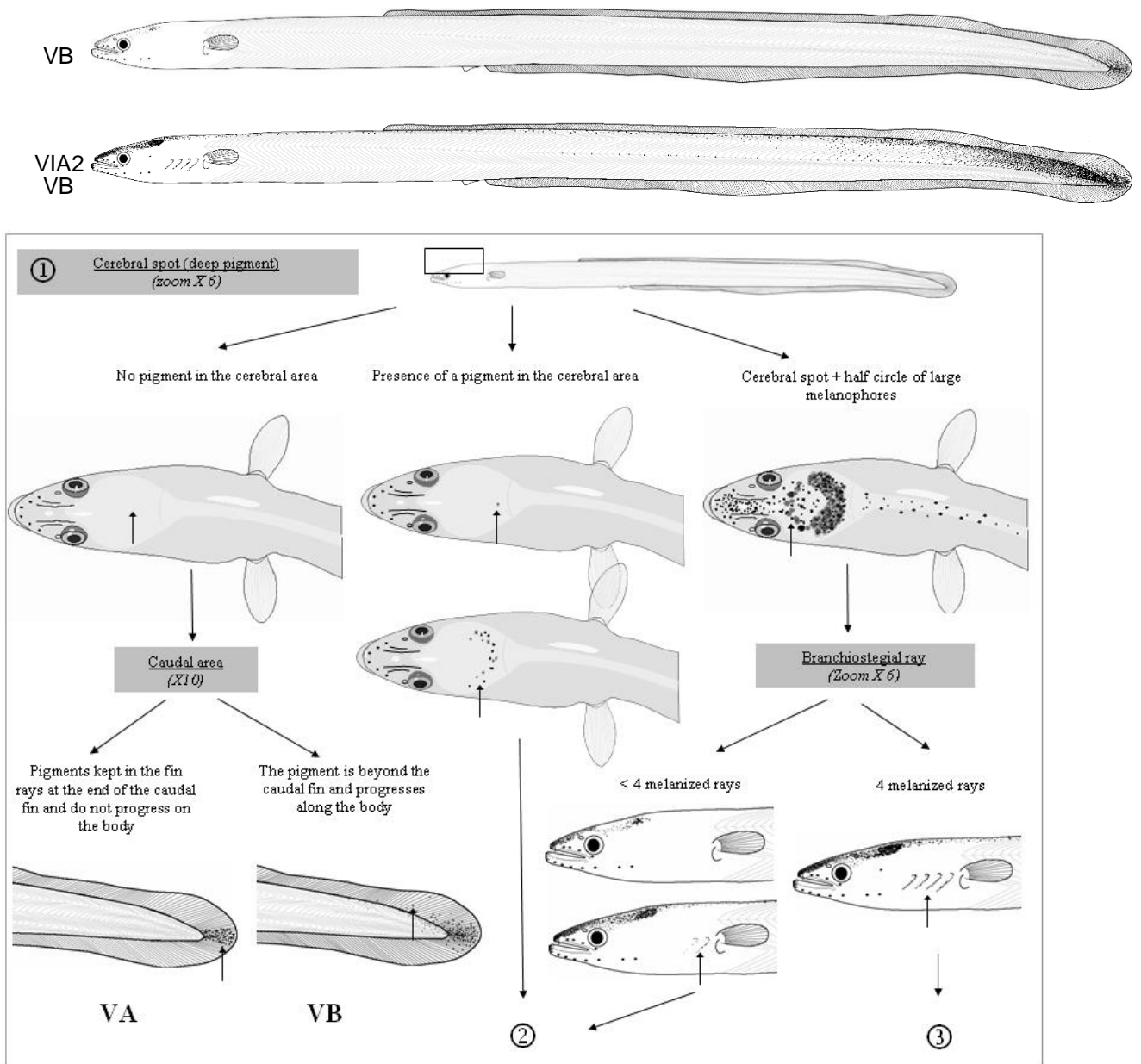
CR : Chloris Rusch, stagiaire CAPENA M2 Dynea

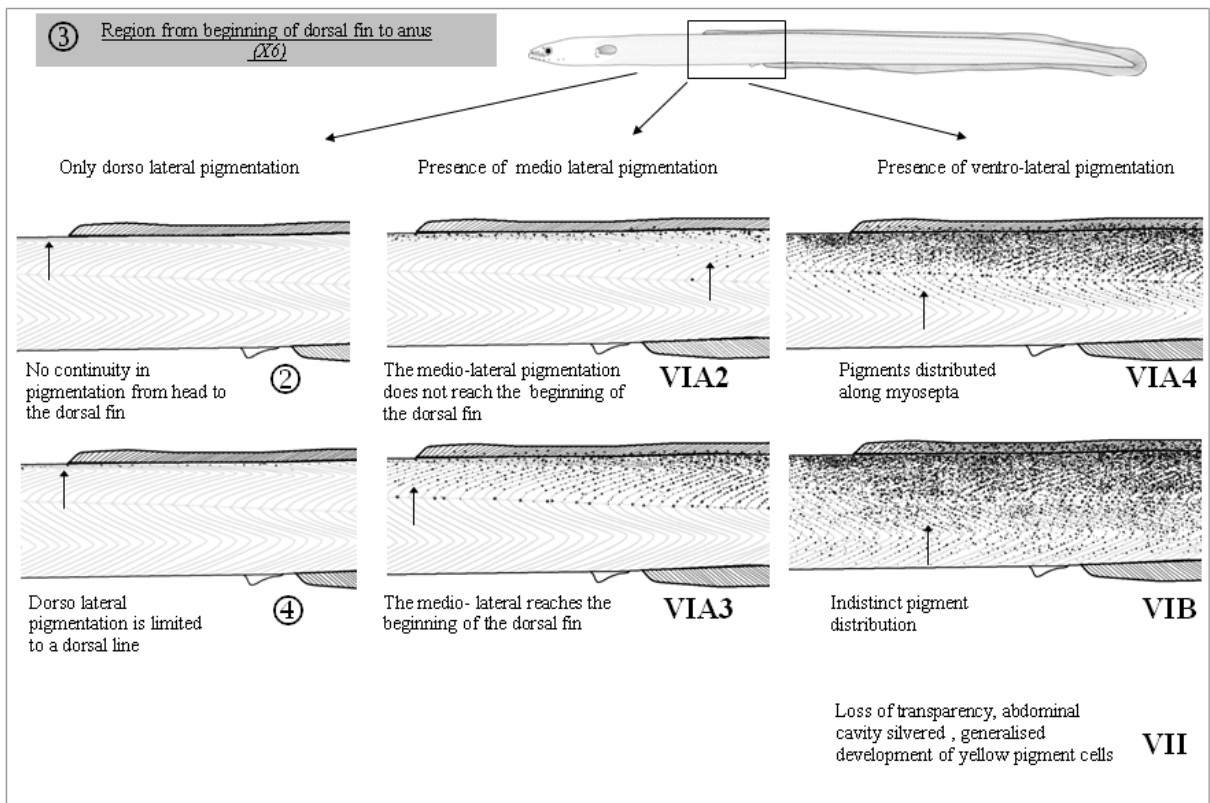
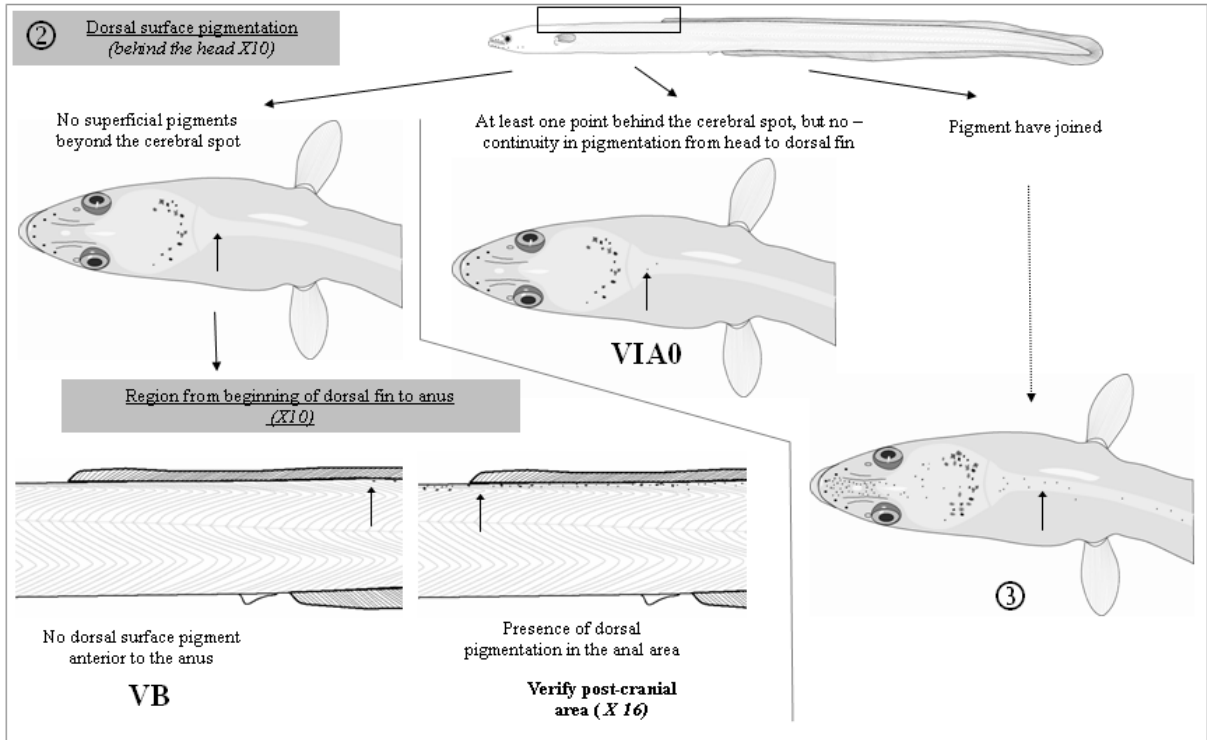
EB : Eric Buard, Chargé de missions poissons migrateurs CAPENA

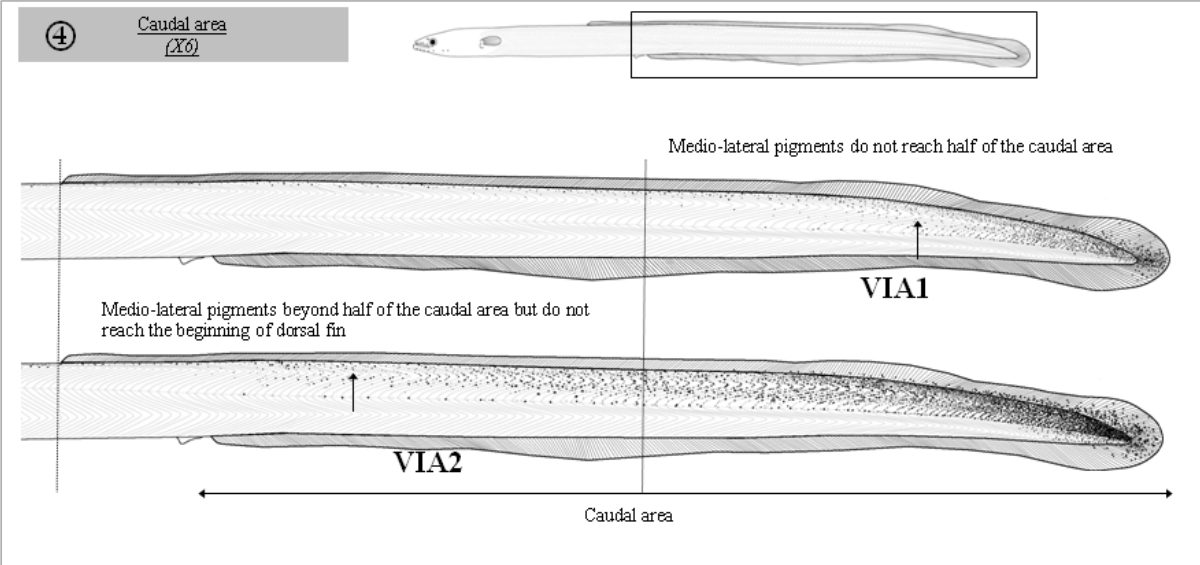
PB : Pierrick Barbier, Référent scientifique aquaculture CAPENA

Annexe II : Fiche terrain pour la reconnaissance des stades pigmentaires

From (Strubberg, 1913; Elie et Fontenelle, 1982; Lecomte-Finiger, 1983).





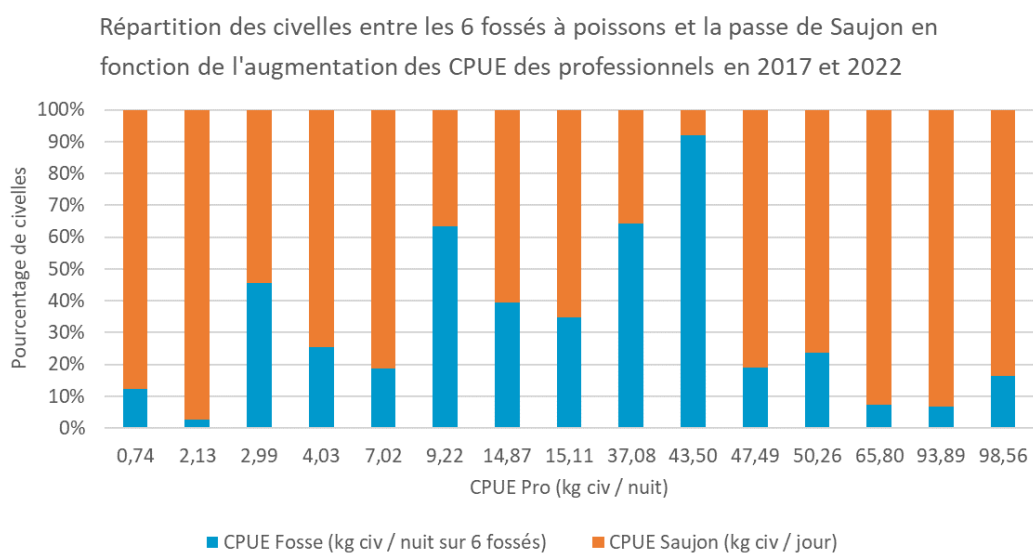


Annexe III : Fiche synthèse suivi 2022

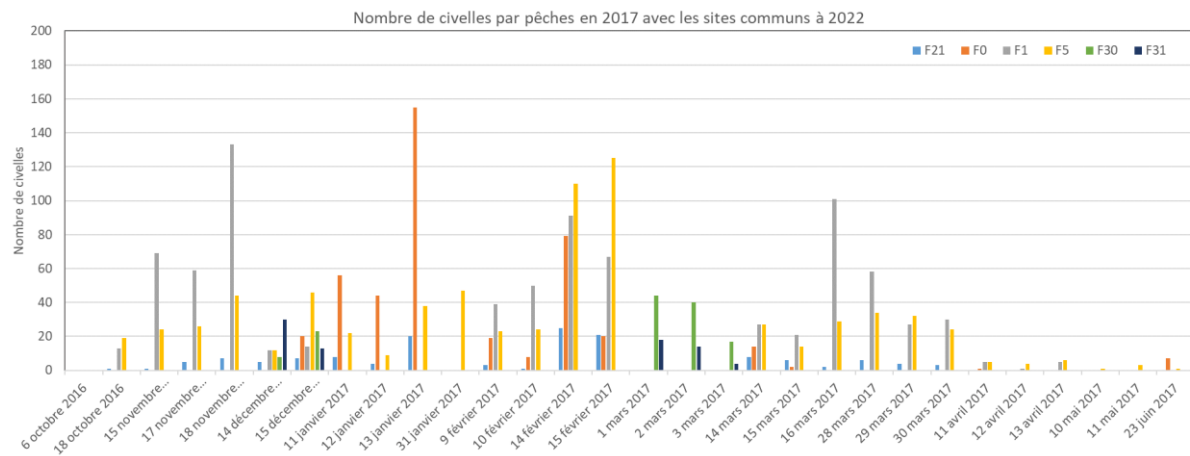
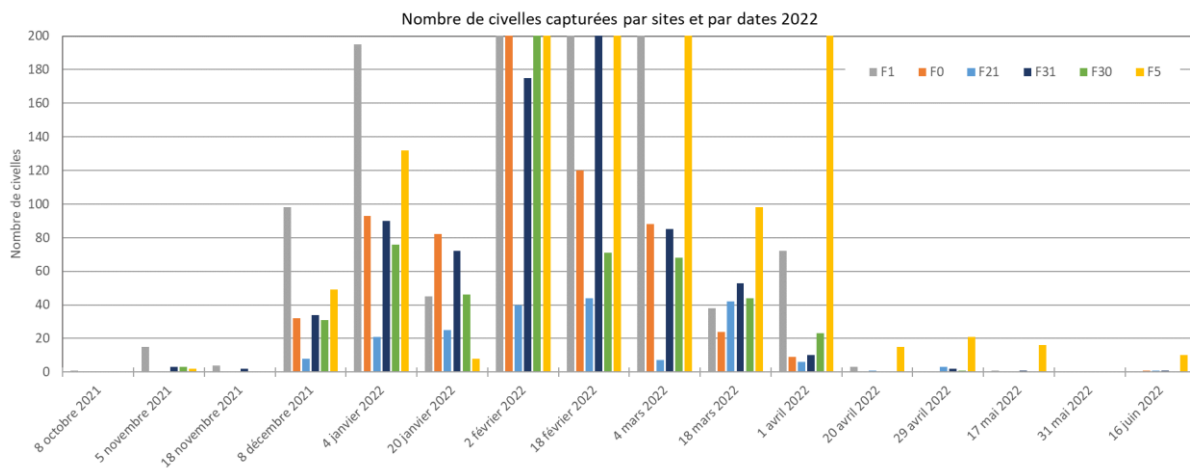
Fossé	Date	Coefficient de marée	Heure du relevé	Température fossé (°C)	Salinité fossé (‰)	Nombre de civelles capturées
F0	08/10/21	108	7h00	15,4		0
F1	08/10/21	108	8h00	16,4		1
F21	08/10/21	108	9h00	15,5		0
F30	08/10/21	108	10h00	16,2		0
F31	08/10/21	108	11h00	16,1		0
F5	05/11/21	106	8h20	10,9	28	2
F1	05/11/21	106	9h20	19,7	31,5	15
F21	05/11/21	106				
F0	05/11/21	106		10,2	31,5	0
F30	05/11/21	106		12	31,9	3
F31	05/11/21	106		11,8	32,2	3
F5	18/11/21	80		9,8	28,8	0
F1	18/11/21	80		9,8	31,5	4
F0	18/11/21	80		9,2	31,8	0
F21	18/11/21	80		9,4	31,5	0
F30	18/11/21	80		10	31,9	0
F31	18/11/21	80		9,7	32,1	2
F5	08/12/21	84	8h30	7,4	24,4	49
F1	08/12/21	84	9h20	7,9	29,8	98
F21	08/12/21	84		7,4	27,8	8
F0	08/12/21	84		7,4	28,1	32
F31	08/12/21	84		7,8	29,5	34
F30	08/12/21	84				?
F5	04/01/22	99		11,6	19,7	132
F1	04/01/22	99	9h30	11,7	25,8	195
F30	04/01/22	99		11,1	28,5	76
F31	04/01/22	99		11,2	26,5	90
F21	04/01/22	99		11,4	25,5	21
F0	04/01/22	99	10h15	11,5	25,1	93
F5	20/01/22	80	8h25	6,4	18,8	8
F1	20/01/22	80	9h35	6,2	24,5	45
F0	20/01/22	80	10h20	6,3	21,2	82
F21	20/01/22	80	11h10	6,7	23,4	25
F31	20/01/22	80	11h45	7,3	27,1	72
F30	20/01/22	80	12h00	7	21,4	46
F5	02/02/22	101	8H30	7,9	19,5	1369
F0	02/02/22	101	10h00	8	24,5	243
F1	02/02/22	101		8,1	24,9	1047
F21	02/02/22	101	12h25	8	25,9	40
F30	02/02/22	101		8,9	29,1	226
F31	02/02/22	101		8,7	27,3	175

F5	18/02/22	90		11,6	19,5	2101
F1	18/02/22	90		11,7	27	407
F0	18/02/22	90		11,7	25,3	120
F21	18/02/22	90		11,5	27,7	44
F31	18/02/22	90		11,5	29,9	245
F30	18/02/22	90		11,3	29,6	71
F5	04/03/22	103	9h35	10,9	21,5	724
F0	04/03/22	103	10h59	10,7	27,3	88
F1	04/03/22	103	11h56	10,5	27,3	248
F31	04/03/22	103	10h07	11,3	29,7	85
F30	04/03/22	103	13h44	11,3	29,9	68
F21	04/03/22	103	14h36	11,4	28,5	7
F5	18/03/22	91	8h37	8,8	21,5	98
F1	18/03/22	91	9h46	9,4	27,6	38
F0	18/03/22	91	10h36	7,9	26	24
F21	18/03/22	91	11h32	8,7	27,6	42
F30	18/03/22	91	12h30	10,4	28,8	44
F31	18/03/22	91	12h32	9,9	28,6	53
F5	01/04/22	97	8h35	9,3	23,1	342
F1	01/04/22	97	10h15	9,9	29,5	72
F0	01/04/22	97	10h56	8,2	29	9
F21	01/04/22	97	11h43	9,8	29,6	6
F31	01/04/22	97	12h22	10,8	30,9	10
F30	01/04/22	97	12h22	11	31	23
F5	20/04/22	93	8h33	13,4	24,5	15
F1	20/04/22	93	9h56	14,2	30	3
F0	20/04/22	93	10h40	12,5	29,9	0
F21	20/04/22	93	11h28	13,1	29,8	1
F31	20/04/22	93	11h58	13,5	30,8	0
F30	20/04/22	93	11h58	13,7	30,7	0
F5	29/04/22	84	8h20	17,8	24,8	21
F1	29/04/22	84	9h20	15,8	29	0
F0	29/04/22	84	9h56	17,5	30,3	0
F21	29/04/22	84	10h37	16,4	28,6	3
F30	29/04/22	84	11h13	16,6	29,8	1
F31	29/04/22	84	11h34	17,3	30,4	2
F5	17/05/22	100	8h53	22,2	26,7	16
F1	17/05/22	100	10h10	21,3	31,4	1
F0	17/05/22	100	10h56	22,4	31,9	0
F21	17/05/22	100	11h50	22,8	31,1	0
F31	17/05/22	100	12h26	24,1	33	1
F30	17/05/22	100	12h40	23,6	31,7	0
F5	31/05/22	76	8h28	19,3	28,4	0
F1	31/05/22	76	9h20	20,3	34,9	0
F0	31/05/22	76	9h57	19,3	38,7	0
F21	31/05/22	76	10h35	18,9	32	0
F31	31/05/22	76	11h17	21,5	32,9	0
F30	31/05/22	76	11h35	20	33,3	0
F5	16/06/22	96	7h58	24,4	29,4	10
F1	16/06/22	96	8h57	25,7	37	0
F0	16/06/22	96	9h20	23,2	34,9	1
F21	16/06/22	96	10h04	23,1	33,3	1
F30	16/06/22	96	10h35	23,3	33,5	0
F31	16/06/22	96	10h39	24,2	34,7	1

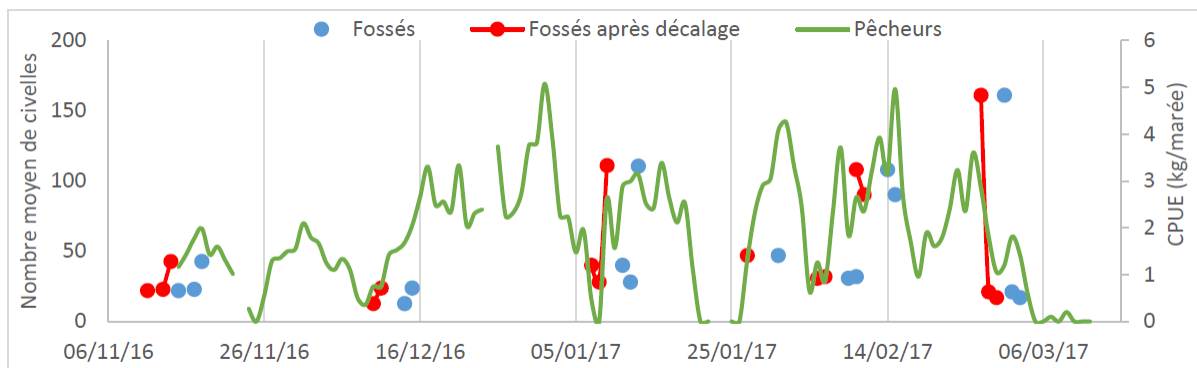
Annexe IV : Répartition des civelles en marais ou à la passe de Saujon en fonction de l'augmentation des CPUE des professionnels pour les années 2017 et 2022.



Annexe V : Comparaison du nombre d'individus observés par fossés en 2017 et 2022 pour une échelle de temps similaire et un nombre d'individus maximum arrêté à 200 pour permettre la comparaison des tendances.



Annexe VI : Comparaison entre le nombre moyen de civelles dans les fossés (avec et sans décalage) et les CPUE (kg/marée) des pêcheurs estuariens (Prellwitz, 2017).



Résumé

Afin d'élaborer un modèle d'estimation des entrées de civelles en marais salés de la Seudre, nous avons cherché à comprendre les variables environnementales et techniques influençant les entrées de civelles, et les relations existantes avec les compartiments estuariens et fluvial. Pour cela un suivi aux filets-cadres établi en 2017 a été reconduit sur 6 fossés à poissons, deux fois par mois d'octobre 2021 à juin 2022. Le pic de migration des civelles a été observé en février avec une abondance plus importante qu'en 2017. La pluviométrie, la salinité et le mois d'étude sont les facteurs qui expliquent la plus grande part de variabilité dans le nombre de civelles entrées par fossés, ces variables ont donc été intégrées dans un nouveau modèle d'estimation réalisé en 2022. Ce dernier estime à 1 981 kg la quantité de civelles entrées en rive droite du marais de la Seudre. En revanche il n'existe pas de corrélation significative entre les captures estuariennes (en aval), les données du suivi en marais, et les données de la passe de Saujon (en amont). Cette étude permet d'estimer les entrées de civelles en marais salé de la Seudre et met en évidence les précisions protocolaires et statistiques à apporter.

Mots clés : *Anguilla anguilla*, civelle, marais salé, estuaire Seudre, passe de Saujon, fossés à poissons, variables environnementales

Abstract

In order to develop a model for estimating the entry of glass eels in the Seudre salt marshes, we sought to understand the environmental and technical variables influencing the entry of glass eels, and the possible relations with the estuarine and river compartments. For this, a monitoring with nets set up in 2017, was carried out on 6 fish ditches, twice a month during from October 21 to June 2022. The migration peak of glass eel was observed in February with a greater abundance than in 2017. Rainfall, salinity and period are the factors that explain the greatest part of the variability in the number of glass eels per ditch. Therefore, these variables have been integrated in a new estimation model created in 2022. This one estimates the quantity of glass eels entering the right bank of the Seudre marsh at 1 981 kg. On the other hand, there is no significant correlation between estuarine catches (downstream), marsh monitoring, and data from the Saujon eel pass (upstream). This study makes it possible to estimate the entry of glass eels into the salt marshes of the Seudre and highlights the protocol and statistical details to be provided.

Key words: *Anguilla anguilla*, glass eel, salt marsh, Seudre estuary, Saujon eel pass, fish ditches, environmental variables