

PRELLWITZ François

Stage effectué du 03/01/17 au 30/06/17
Centre régional d'expérimentation et d'application aquacole

Observation des entrées de civelles (*Anguilla anguilla*) en marais salé de la Seudre



Responsable de stage : Eric Buard (chargé de mission, CREEA)

Stage de fin d'études de M2 Recherche : Gestion de l'environnement et Ecologie Littorale
Université de La Rochelle
Année Universitaire : 2016 - 2017



Crédit photos : Cellule Migrateurs Charente Seudre, François Prellwitz

Remerciements

Tout d'abord, je souhaite remercier mon encadrant pour ce stage de master 2, Eric Buard. Merci pour ces 6 mois partagés entre le CREAA et le marais de la Seudre, de nuit comme de jour, peu importe la météo. Merci pour toutes ces connaissances que tu m'as apportées sur les poissons migrateurs. Merci également de m'avoir laissé beaucoup d'autonomie dès le départ à la fois au niveau des plannings de sortie et dans la communication avec les différents acteurs de la Seudre.

Merci aux autres membres de la Cellule Migrateurs, Audrey Postic-Puivif et François Albert, pour leurs conseils et leur aide lors des sorties de terrain. Un grand merci à leurs stagiaires, Mathilde Labedan et Charlie Perrier, pour leur collaboration lors des différentes actions de terrain. Merci à tous les membres du CREAA pour l'assistance qu'ils m'ont apportée ainsi qu'à Christian Rigaud de l'IRSTEA de Bordeaux pour ses remarques sur mon rapport.

Je tiens aussi à remercier les propriétaires de fossés à poissons, de l'ASA (M. Bouchet, M. Chagneaud, M. Sautreuil, M. Triou, M. Gachinat, M. Vequaud, M. Boyard), de l'Huître Pédagogique (M. Le Brun, M. Chivaille) ainsi que le Conservatoire du Littoral, le Conservatoire Régional d'Espaces Naturels, M. Merlet et l'Etablissement LaMaison, qui nous ont permis d'intégrer leur parcelle dans notre suivi. Merci aussi aux différents ostréiculteurs rencontrés sur le terrain pour les informations qu'ils nous ont fournies.

Merci aux membres du CDPMEM (Michel Crochet, Eric Blanc, Laurie Durand) pour les données de pêches à la civelle, à Marie Rouet et Julien Naudeau de la FDAAPPMA17 pour les données de la passe de Saujon ainsi qu'à la DIRM SA pour l'autorisation de pêche scientifique fournie.

Enfin, je tiens à remercier tout particulièrement les personnes qui sont venues m'aider, souvent par curiosité, lors des différentes relèves de filets. Merci à Yann Davitoglu du Syndicat de la Seudre, Lydie Le Bars et Sylvie Fonteny du CD17 (Mission Eau), à Justine et Ingrid du Conservatoire Régional d'Espaces Naturels ainsi qu'à Sébastien Christinet et Franck Prellwitz.

Sommaire

1. Présentation de la structure d'accueil	3
2. Etat de l'art	3
2.1. Les estuaires	3
2.2. Les marais littoraux endigués	4
2.3. Les marais salés de la façade Atlantique	4
2.3.1. Les ouvrages hydrauliques en marais.....	5
2.3.2. Les différents usages du marais salé	5
2.3.3. Intérêt écologique	5
2.3.4. Menaces et atteintes	6
2.4. L'anguille	6
2.5. L'anguille européenne <i>Anguilla anguilla</i>	6
2.5.1. Le cycle	6
2.5.1.1. La larve leptocéphale	7
2.5.1.2. La civelle.....	8
2.5.1.3. L'anguille jaune	10
2.5.1.4. L'anguille argentée	10
2.5.2. Le cadre réglementaire européen et français	11
2.5.3. La pêche de l'anguille	12
2.5.4. Les solutions de libre circulation	12
3. Introduction	13
4. Matériels et méthodes.....	18
4.1. Correspondance avec la pêche professionnelle et la passe de Saujon	18
4.2. Comportement des civelles en chenal	20
4.3. Colonisation des civelles en marais	21
4.3.1. Zone témoin.....	21
4.3.2. Estimation des entrées de civelles dans le marais salé de la Seudre	22
5. Résultats.....	22
5.1. Correspondance avec la pêche professionnelle et la passe de Saujon	22

5.1.1.	Analyse des variations dans le marais	22
5.1.2.	Analyse des variations à la passe de Saujon	25
5.1.3.	Analyse des variations de la pêche estuarienne.....	26
5.1.4.	Analyse des correspondances entre les 3 actions	27
5.2.	Comportement des civelles en chenal	27
5.3.	Colonisation des civelles en marais	28
5.3.1.	Zone témoin.....	28
5.3.2.	Estimation des entrées de civelles dans le marais salé de la Seudre	29
6.	Discussion.....	30
6.1.	Correspondance avec la pêche professionnelle et la passe de Saujon	30
6.1.1.	Analyse des variations au sein des différentes actions.....	30
6.1.2.	Analyse des correspondances entre les 3 actions	31
6.2.	Comportement des civelles en chenal	32
6.3.	Colonisation des civelles en marais	32
6.3.1.	Zone témoin.....	33
6.3.2.	Estimation des entrées de civelles dans le marais salé de la Seudre	33
7.	Conclusion	34
8.	Bibliographie	35
9.	Annexes	41

1. Présentation de la structure d'accueil

Le Centre Régional d'Expérimentation et d'Application Aquacole (CREAA) est un centre technique, association loi 1901, dont la mission est de favoriser le développement de l'aquaculture et de la conchyliculture en région Nouvelle-Aquitaine. Située au Château d'Oléron (17), cette structure est composée d'une équipe de 10 personnes. Une antenne a été ouverte en 2016 dans le bassin d'Arcachon avec 2 employés. Ses principales missions sont l'aide à l'ostréiculture et à la mytiliculture (suivi des croissances, mortalités, développement de nouvelles techniques, ...) et le développement d'autres élevages et de cultures comme les gambas et la salicorne en marais par exemple. Le CREAA a aussi travaillé auparavant sur l'élevage de bars et de daurades en marais (élevage extensif) ainsi que sur le suivi de l'anguille en marais (fossés à poissons).

Depuis 2009, le CREAA s'est ouvert au suivi de la pêche professionnelle maritime (seiche, coquilles St Jacques, récifs artificiels, pêche à pied, repeuplement en civelles, ...) ainsi qu'à la sauvegarde des poissons migrateurs. Pour cette dernière thématique, le CREAA s'est rapproché de l'Etablissement Public Territorial du Bassin de la Charente (EPTB Charente) et du Groupement des Fédérations de Pêche de Poitou-Charentes. Ces 3 structures réunies constituent une nouvelle entité appelée « Cellule Migrateurs Charente Seudre » qui a pour mission la sauvegarde et la protection des poissons grands migrateurs amphihalins (anguilles, aloses, lamproies, salmonidés) sur les bassins versants de la Charente et de la Seudre. La Cellule Migrateurs pilote et réalise un programme d'actions pluriannuel basé sur le suivi des espèces, l'appui technique aux acteurs locaux pour le rétablissement de la continuité écologique (libre circulation des poissons et des sédiments) et la sensibilisation du grand public (www.migrateurs-charenteseudre.fr).

2. Etat de l'art

2.1. Les estuaires

Les estuaires de France métropolitaine sont des zones côtières soumises à l'influence des marées sur des cycles de 28 jours (Baran *et al.*, 2015). Les marées sont au nombre de deux par jour. L'eau monte lors de la période du flot jusqu'à l'étale (moment entre deux marées où le courant est nul) puis redescend pendant le jusant. Ces marées ont des coefficients allant de 20 à 120 (seulement 40% sont supérieurs à 80) et des marnages (différence de hauteur d'eau

mesurée entre les niveaux d'une pleine mer et d'une basse mer consécutive) allant de 0,4 m en Méditerranée à 13 m en Normandie, qui varient d'un jour sur l'autre. Sur la façade Atlantique le marnage moyen est de 4-5 mètres. En plus de ce phénomène d'intrusion d'eau salée, une grande diversité de situations hydrodynamiques est observée sur l'ensemble des zones littorales et estuariennes (localisation géographique, rapport onde de marée / débit fluvial, conditions climatiques) (Baran *et al.*, 2015). Cette variabilité de fonctionnement débouche sur une forte productivité biologique de ces milieux (Mann, 1982 ; Lefeuvre *et al.*, 2003) liée aux surfaces intertidales qui la composent (vasières et marais salés).

2.2. Les marais littoraux endigués

Il existe deux types de marais littoraux endigués, les marais doux et les marais salés. La plus grande différence se situe au niveau de l'apport en eau. Les marais salés connaissent un régime oscillant des eaux fondé sur l'amplitude des marées et le rythme théoriquement contrôlé à l'aide des ouvrages alors que les marais doux ont un régime d'évacuation d'eau pendant la période annuelle des pluies, et un régime stagnant le reste de l'année (Anras *et al.*, 2004).

2.3. Les marais salés de la façade Atlantique

Les marais salés d'Atlantiques sont des zones complexes à l'interface des domaines océaniques et continentaux, régulièrement inondées par les marées. Ces écosystèmes ne représentent que 13% des biotopes côtiers (Lasserre, 1982) mais sont extrêmement productifs (2,9 à 7,5 kg de matière sèche/m²/an) (Laffaille *et al.*, 1998 ; Anras *et al.*, 2004). Des systèmes d'endigements ont permis la conquête de zones où la dépendance au marnage pouvait être modulée (Anras *et al.*, 2004, Rigaud & Baran, 2011b). Différents aménagements ont eu lieu afin de disposer de parcelles en eau et de parcelles exondables. D'autres canaux et fossés ont été creusés pour permettre à l'eau de mer d'atteindre les bassins les plus reculés. La caractéristique première des ouvrages hydrauliques est de maintenir un niveau d'eau dans les bassins et de permettre une amenée d'eau de mer régulière. La capacité d'un marais à « boire » (lorsque l'eau rentre dans le marais) à différents coefficients de marée va déterminer à la fois la fréquence des renouvellements d'eau mais aussi leur durée (Verger, 1988). Sur la façade Atlantique française, ces marais salés endigués s'étendent encore sur 27 000 hectares avec par exemple le marais Breton (10 000 ha), le marais de la Seudre (9 000 ha) ou le marais du bassin d'Arcachon (1 000 ha) (Anras *et al.*, 2005).

2.3.1. Les ouvrages hydrauliques en marais

Au niveau de la zone soumise à marée, les ouvrages hydrauliques permettent de gérer l'alimentation de marais salés endigués ou de limiter la remontée des eaux salées et/ou les submersions régulières dans les territoires amont gérés en eau douce. Il existe plusieurs fonctions pour ces ouvrages (Anras & Chastaing, 2005) : les ouvrages d'étagement de plans d'eau qui contrôlent le niveau du marais, les ouvrages de protection à la mer qui protègent contre les submersions, les stations de pompages et les ouvrages de franchissement. Les ouvrages peuvent être de différents types : portes à flots, clapets mobiles, seuils submersibles (dérase), passages busés, moines piscicoles, écluses de navigation, ... (Anras & Chastaing, 2005).

2.3.2. Les différents usages du marais salé

Façonnés par l'homme (Kummer, 1983), ces marais salés sont le siège d'activités spécifiques depuis le début de l'ère chrétienne (Papy, 1941). Cette appropriation a assuré, pendant des siècles, l'extraction du sel. Cependant, après la chute de la production salicole, vers 1830, il a fallu trouver des solutions de gestion aux marais abandonnés. Une des premières solutions a été de les transformer en marais ostréicoles endigués (élevage d'huîtres). Ils ont connu leur maximum de développement à la fin du 19^{ème} siècle avec la culture de l'huître plate (*Ostrea edulis*) dont la plus grande partie du cycle était réalisée en claire (Anras *et al.*, 2004). Aujourd'hui, avec l'apparition de l'élevage en mer, on observe un recul de l'utilisation du marais. Il sert aujourd'hui surtout à l'affinage (grossissement) des huîtres creuses (*Crassostrea gigas*). Une seconde solution pour les exploitants a été de transformer leurs salines en fossés à poissons (19 et 20^{ème} s.). Mais comme pour les deux autres productions, après une forte phase de développement, cette activité est devenue de moins en moins importante (Massé & Rigaud, 1998 ; Anras *et al.*, 2004). De nombreux marais salés sont alors transformés vers une gestion en eau douce à des fins de production agricole dans les années 1950-1960. Les marais salés ont aussi été le siège de la production de la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) et à la culture de la gambas (ou crevette impériale, *Marsupeneaus japonicus*) qui fait l'objet d'un développement confidentiel avec environ 30 tonnes de production annuel.

2.3.3. Intérêt écologique

Les marais salés possèdent un rôle écologique à travers leurs fonctions hydrologiques (filtre épurateur, régulation des régimes hydrauliques), leurs fonctions biologiques (réservoir de biodiversité abritant des espèces rares et protégées, d'oiseaux, de mammifères et de plantes,

zones de forte productivité et de nourricerie pour de nombreux juvéniles de poissons à la base de l'exploitation des pêcheries côtières) et leurs fonctions climatiques (régulation des microclimats). Ils ont aussi une fonction de zone tampon grâce à leurs nombreux chenaux. Ce milieu a aussi un rôle culturel avec la transmission des activités de pêche (techniques, outils, pratiques) de génération en génération et un rôle économique (barrière pour le bétail, tourisme, pêche, chasse, découverte) (Bel Hassen & Prou, 2000 ; Anras *et al.*, 2004 ; Filloux, 2005 ; Blachier, 2006).

2.3.4. Menaces et atteintes

Les marais salés sont menacés au niveau national mais aussi régional où près de 45 % des superficies ont disparu au profit du marais doux à vocation agricole ou bien sont abandonnés suite à une baisse d'activité (ostréiculture, fossé à poissons, ...) (Blachier, 2006). Aujourd'hui, les territoires restés en gestion salée sont souvent le siège d'un lent abandon des usages et de l'entretien accompagné d'une dégradation de l'écosystème, d'un effondrement de la productivité et de la biodiversité et de pollutions d'origine agricole, domestique ou industrielle (accumulation de polluants dans le réseau trophique). De plus, de nombreux conflits d'usages entre les activités traditionnelles apparaissent (aquaculture, agriculture, tourisme, aménagement du littoral, ...) (Heral & Prou, 1995).

2.4. L'anguille

L'anguille fait partie de l'ordre des *Anguilliformes* et de la famille des *Anguillidae*, famille monotypique de poissons serpentiformes. Cette famille contient un seul genre, le genre *Anguilla* qui, lui, contient à ce jour, 19 espèces (Tesch 1977 ; Inoue *et al.*, 2010). Seul deux espèces fréquentent l'Océan Atlantique : l'anguille américaine, *Anguilla rostrata* (Linneaus, 1758) et l'anguille européenne, *Anguilla anguilla* (Linneaus, 1758). L'anguille est une espèce migratrice amphihaline thalassotoque, c'est à dire que sa croissance s'effectue en eau douce et sa reproduction en eau salée (Baran & Basilico, 2012).

2.5. L'anguille européenne *Anguilla anguilla*

2.5.1. Le cycle

La zone de ponte de l'anguille européenne est très vaste. Elle est supposée se trouver au large de la Floride en mer des Sargasses (Baran *et al.*, 2015). La reproduction s'effectuerait à des profondeurs comprises entre 400 et 700 mètres (Schmidt, 1925 ; Adam *et al.*, 2008). Lors de la reproduction une femelle peut pondre entre 0,7 et 2,6 millions d'œufs en fonction de sa taille

(Boëtius & Boëtius, 1980). C'est à l'heure actuelle, la seule zone de fraie connue pour cette espèce (Martin *et al.*, 2010). La distribution de l'Anguille européenne s'établit sur une vaste zone continentale (Baran *et al.*, 2015), de l'Islande à la mer Noire en passant par la mer

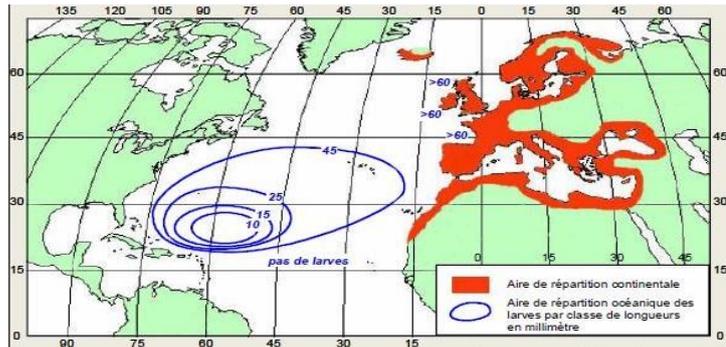


Figure 1 : Aire de répartition de l'anguille européenne (Germain (1927) pour l'aire continentale et Schmidt (1922) pour la répartition des larves)

Baltique et la mer Méditerranée, soit une surface de 90 000 km² (figure 1).

Quatre phases rythment le cycle de vie complexe de l'anguille (figure 2) : le développement embryonnaire et la phase larvaire (leptocéphale) dans l'océan ; la phase de pénétration en eau continentale : le stade civelle ; la phase de colonisation dans les eaux estuariennes et continentales : l'anguille jaune et la phase de migration de l'eau douce vers les eaux marines : l'anguille argentée (Baran & Basilico, 2012 ; Crivelli, 2013).

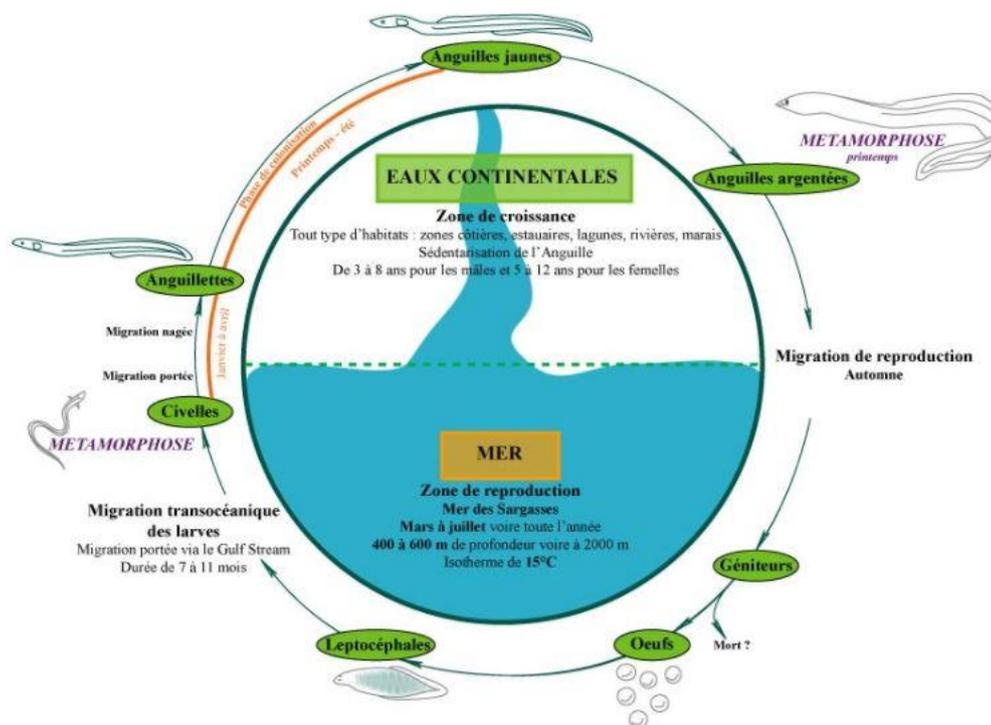


Figure 2 : Le cycle de l'anguille européenne, d'après Campton & Lebel (2010)

2.5.1.1. La larve leptocéphale

Au niveau du développement embryonnaire des anguilliformes, peu d'information existe (Prouzet, 2005) car aucun œuf n'a été, à ce jour, récolté dans le milieu naturel. En revanche, la larve dite leptocéphale est mieux connue. Ces larves observées de fin février à fin juin dans la zone de reproduction présumée, sont transparentes, mesurent entre 5 et 7 mm et consomment

du plancton (Crivelli, 2013). Ces larves migrent ensuite vers les côtes européennes de manière passive à l'aide du Gulf Stream (courant océanique chaud) et peuvent effectuer des migrations verticales selon un rythme nyctéméral lors de ce trajet (Prouzet, 2005 ; Bonhommeau *et al.*, 2009). Portées par les courants favorables, elles parviennent au voisinage du talus continental européen au bout d'une durée de 12 à 18 mois avec un taux de survie estimé à 0,12 % (Baran & Basilico, 2012). C'est à ce moment-là qu'a lieu la métamorphose en civelle transparente.

2.5.1.2. La civelle

La transformation de la larve leptocéphale en civelle (figure 3), ou pibale (terme charentais), entraîne des modifications de forme ainsi que l'arrêt de l'alimentation (Lecomte-Finiger, 1992). Comme pour les larves leptocéphales, les civelles fraîchement arrivées dans les estuaires n'ont pas la capacité de nage et leur pénétration



Figure 3 : Une civelle

se fait donc de manière passive et par « vagues ». Ces entrées sont en forte liaison avec le cycle tidale et sa puissance sur les littoraux océaniques, les forts coefficients correspondant à une pénétration plus profonde et importante dans les zones estuariennes (Elie & Rochard, 1994 ; De Casamajor *et al.*, 2000 ; Baran *et al.*, 2015). Ces entrées se font majoritairement en phase nocturne. Il est à noter que les arrivées massives des civelles sont associées à une période saisonnière limitée et varient selon les sites : de décembre à février pour la Gironde, de novembre à décembre pour la Manche, d'octobre à février en Languedoc (Elie & Rochard, 1994).

La civelle, arrivant dans les eaux continentales, peut donc se trouver confrontée à des environnements très différents (marées, débit fluvial, salinité des estuaires, ...) et doit donc disposer de grandes capacités d'adaptation comportementales (Crean *et al.*, 2007 ; Rigaud *et al.*, 2015). Pour progresser dans l'estuaire, les pibales doivent se servir, plus ou moins efficacement, du transport tidal sélectif (la marée) (Mc Cleave & Klechner, 1982 ; Mc Cleave & Wippelhauser, 1987 ; Edeline, 2005 ; Bolliet *et al.*, 2007). Les civelles progressent, en surface, dans l'estuaire lors du flot (dans l'estuaire de la Gironde, progression moyenne de 3,5 à 4 km par jour d'après Beaulaton et Castelnaud (2005)) puis lors du jusant, soit elles restent dans la masse d'eau et repartent vers l'aval, soit elles rejoignent rapidement un abri favorable au fond ou en rive, où le courant est moins important, dans l'attente du flot suivant (Prouzet *et al.*, 2009). L'attrait que constituent des appels d'eau douce ou dessalée pour ces dernières (Adam *et al.*, 2008 ; Crivelli *et al.*, 2008) n'est pas négligeable tout comme l'effet de la

température de l'eau (en dessous de 5-6°C une inactivité des civelles est observée) (Elie & Rochard, 1994). Les individus progressent par diffusion au sein de l'estuaire (Baran *et al.*, 2015) et à un moment donné, ils cessent leurs migrations et s'implantent dans un habitat favorable pour leur croissance. Cependant, ils ne font pas tous leur croissance en eau douce, certains restent en milieu marin ou migrent en eau douce puis retournent en eau salée (Daverat *et al.*, 2006). Ces déplacements particuliers seraient en réponse à des niveaux de densité trop élevés par rapport aux abris et ressources disponibles (Ibbotson *et al.*, 2002 ; Edeline *et al.*, 2007 ; Bureau du Colombier *et al.*, 2009 ; Imbert *et al.*, 2010).

Au cours de sa migration, la civelle passe par différents stades de développement entraînant des modifications physiologiques et progressives telles que la reprise de l'alimentation ou l'intensification de l'activité natatoire mais aussi la pigmentation (Briand *et al.*, 2004). Une classification en 9 stades de pigmentation (V_A, V_B, VI_{A0}, VI_{A1}, VI_{A2}, VI_{A3}, VI_{A4}, VI_B, VII, Annexe 1) a été mise en place pour décrire toute la phase de pigmentation jusqu'au stade marquant le début de la phase anguille jaune (Elie, 1979 ; Elie *et al.*, 1982 ; Elie & Rochard, 1994 ; Tesch, 2003). Les premiers stades (surtout le V_B) sont observés toute l'année en estuaire, mais leur présence massive est associée à une période limitée, différente selon les sites (Adam *et al.*, 2008). Ils correspondent à des animaux très peu pigmentés, à jeun, avec des capacités physiques limitées par rapport aux conditions de courant qu'ils rencontrent (Baran *et al.*, 2015). Pour chaque individu, la reprise de l'alimentation intervient le plus fréquemment au stade VI_{A2} (Rigaud & Baran, 2011a ; Baran *et al.*, 2015) donc le plus souvent entre 3 et 7 semaines après l'entrée de l'individu en estuaire en période hivernale. La nage devient alors active (Adam *et al.*, 2008). Les stades suivants, notamment le stade VI_{A4}, peuvent en revanche durer plusieurs mois jusqu'à la pigmentation complète de l'individu (White et Knights, 1997). La fin du stade civelle a lieu lorsqu'elle est totalement pigmentée (stade VI_B). On parle d'anguillette à partir du stade VII (Elie *et al.*, 1982).

Avec l'acquisition de la nage active, les individus continuent de progresser dans la partie fluviale, en moyenne de 20 à 50 km par an (Mann & Blackburn, 1991 ; Baras *et al.*, 1996 ; Briand *et al.*, 2005a) jusqu'à se sédentariser dans un habitat favorable.

2.5.1.3. L'anguille jaune

La fin du stade civelle et le début du stade anguille jaune (figure 4) est atteint lorsque la pigmentation est totale (Rigaud & Baran, 2011a). Son régime alimentaire devient alors très varié (crevettes, mollusques, poissons, ...).



Figure 4 : Anguille jaune

Lors de sa phase de colonisation, l'anguille jaune continue de croître et à partir de 20 cm a lieu la différenciation sexuelle (Baran & Basilico, 2012). Cette phase peut durer de 3 à 30 ans pour les femelles et de 3 à 6 ans pour les mâles selon la qualité globale de son habitat (Rigaud, 2017) et son taux de croissance (Crivelli, 2013). Par exemple, en milieu lagunaire, l'acquisition est plus rapide (3 à 4 ans pour les mâles, 5 à 6 ans pour les femelles) qu'en eau douce (6 à 15 ans dans le sud de l'Europe, entre 20 et 30 ans dans le nord de l'Europe).

Le type de milieu colonisé par les anguilles jaunes est très important car chacun des milieux possède des caractéristiques particulières (distance à la mer, qualité physique, chimique et biologique, profil thermique, ...) qui influent sur la qualité et la quantité des anguilles argentées produites (niveau d'abondance, de croissance, de survie, gabarit moyen, qualité sanitaire, sex-ratio) (Daverat *et al.*, 2012).

2.5.1.4. L'anguille argentée

Au terme de sa phase de croissance, l'anguille européenne vit sa troisième métamorphose, la prise d'argenture (figure 5). Lors de cette métamorphose, elle subit des transformations



Figure 5 : Anguille argentée

anato-morphologiques (livrée dorsale sombre, hypertrophie oculaire, allongement des nageoires pectorales, ...), physiologiques (augmentation de la masse grasseuse) et comportementales (Van Ginneken *et al.*, 2007). Ces changements préparent l'anguille argentée à son retour en mer des Sargasses. La prise d'argenture des mâles, observés dans les zones aval des bassins versants, a lieu entre 27 et 50 cm. Pour les femelles, présentes partout, l'argenture a lieu de 45 cm jusqu'à plus de 120 cm. Ce sont les seules à être observées dans les zones amont (Campton et Lebel, 2010).

Pendant la dévalaison, qui s'effectue tout au long de l'année, les anguilles profitent des forts débits de crues pour rejoindre l'océan. La migration océanique reste encore mystérieuse. Des travaux récents montrent que les anguilles pourraient parcourir entre 10 et 50 km par jour avec des mouvements verticaux entre 1 000 m de profondeur (le jour) et 200 m (la nuit) (Crivelli,

2013). Après avoir effectué les 5 000 km de migration océanique, elles arrivent dans leur lieu de naissance, atteignent leur maturation sexuelle (Van den Thillart *et al.*, 2004) contribuent, à leur tour, à la pérennité de l'espèce puis meurent.

2.5.2. Le cadre réglementaire européen et français

L'anguille européenne possède un patrimoine historique important sur de nombreux bassins où elle était autrefois très abondante. Depuis au moins 30 ans, il est constaté une chute importante et régulière du niveau d'abondance de cette espèce, autrefois classée nuisible (FAO EIFAC, 2008 ; ICES, 2008). Le stock d'anguille européenne est au moins cent fois inférieur à ce qu'il était avant les années 1980, 430 tonnes en 1879-1980 à 3,5 tonnes en 2008-2009 (Feunteun, 2002), à tel point que la pérennité de l'espèce est menacée d'extinction (liste rouge des espèces de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature).

C'est une multiplicité de facteurs qui a entraîné le déclin de l'espèce depuis les années 1980 (Dekker, 2004 ; Rigaud *et al.*, 2014). Les facteurs anthropiques sont multiples : surpêche globale, réduction de l'air de colonisation, dégradation de la qualité des eaux et des habitats, assèchement de zones humides, fragmentation des cours d'eau (barrages), mortalité des anguilles argentées en dévalaison (turbines hydro-électriques), pollution chronique ou aigüe des cours d'eau (PCB, métaux lourds, ...), le changement climatique (modification des courants océaniques), parasitisme ainsi que d'autres facteurs moins bien évalués y compris en mer (Briand *et al.*, 2003 ; Briand *et al.*, 2005b ; Amilhat, 2007 ; Briand *et al.*, 2007 ; Girard & Elie, 2007). Devant une telle chute d'abondance et du fait du caractère panmictique de la population d'anguille (une seule population, les individus de Méditerranée peuvent se reproduire avec ceux d'Atlantique), l'Union Européenne a mis en place un règlement (CE1100/2007) obligeant les Etats membres à prendre des mesures adaptées de restauration de l'espèce. En France, un Plan National de Gestion Anguille (PGA) a donc été élaboré et approuvé en 2010. A cela s'ajoute un Comité de Gestion des Poissons Migrateurs (COGEPOMI) qui assure la réalisation d'un Plan de Gestion des Poissons Migrateurs pour une durée de 5 ans, et, une Stratégie Nationale pour les Poissons Migrateurs Amphihalins qui propose des orientations de gestion à décliner pour chaque grand bassin du GOGEPOMI. Le PGA présente, notamment, des mesures spécifiques au niveau de la pêche professionnelle et amateur, du braconnage, des ouvrages (aménagement des ouvrages prioritaires pour la colonisation des bassins versants), du repeuplement (par transfert de civelles), de la pollution et des habitats et du suivi et de l'évaluation (Plan de Gestion Anguille Français, 2010).

2.5.3. La pêche de l'anguille

Les anguilles sont pêchées à tous les stades à travers l'Europe (Dekker, 2003). En France, les stades civelles et anguilles jaunes sont particulièrement ciblés (Beaulaton, 2008). Entre 1999 et 2000, la production française de civelles représentait un total de 200 à 245 tonnes (environ 33 millions d'euros) (Prouzet, 2005).

La grande majorité des pêcheurs professionnels (90 %) est localisée sur la façade Atlantique. La pêche est règlementée par des arrêtés et par le PGA qui prévoit une réduction de 60% de la mortalité de l'anguille jaune et de l'anguille argentée par pêche. Ceci passe par une diminution de l'effort de pêche à travers des périodes de pêches restreintes pour les amateurs et une diminution des droits de pêche attribués aux pêcheurs professionnels. L'arrêté du 7 août 2009 relatif aux dates de pêche de l'anguille européenne pour les pêcheurs maritimes interdit la pêche par unité de gestion et par saison de l'anguille argentée sur la façade Atlantique et autorise la pêche de l'anguille jaune sous certaines conditions (Briand *et al.*, 2008a). Cet arrêté interdit aussi la pêche d'anguille de moins de 12 cm pour la pêche de loisir et met en place des quotas de pêche (<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2016/10/17/DEVM1621062A/jo/>) pour les civelliers (pêcheurs professionnels de civelles) répartis en deux sous-quotas : repeuplement et consommation. Le repeuplement consiste à déverser des civelles issues de pêches maritimes ou fluviales dans différents sites plus ou moins éloignés de leur zone de capture (Rigaud *et al.*, 2015).

Une évolution de la pêche a eu lieu, dans les années 1960, dans la plupart des estuaires de la côte Atlantique. La pêche au tamis poussé (figure 6) (ou pibalour en Charente, Gironde et Seudre) a remplacé les pêches au tamis à main plus traditionnelles (Castelnaud *et al.*, 2000). Deux tamis (de 7m²) sont généralement disposés sur les côtés du navire (Leauté, 2002).



Figure 6 : Pibalour

2.5.4. Les solutions de libre circulation

De par leur mode d'utilisation, les ouvrages font entraves à la continuité écologique (Rigaud, 2017) et donc modifient la libre circulation des poissons (anguilles, bars, mullet, ...) vers des habitats propices (Rigaud & Baran, 2001a ; Albert *et al.*, 2008 ; Lauronce *et al.*, 2014). Les blocages favorisent souvent la prédation (oiseaux, poissons carnassiers), le cannibalisme ou les

pathologies associées aux fortes densités d'individus (Baran *et al.*, 2015). Face à la diversité de ces ouvrages, il est utile de disposer d'une palette de solutions de gestion.

En zone littoral, une des stratégies pour favoriser la libre circulation des civelles vers les zones amont (dont les marais) est d'équiper l'ouvrage soumis à marée d'une rampe spécifique de franchissement (Legault 1992 ; Briand *et al.*, 2008b) ou de systèmes permettant le passage réduit de l'eau et des poissons (cale sur portes à flot, ouverture dans écluse, ...) (Larinier, 1992) (Annexe 2). L'anguille présente en effet la capacité très particulière, de pouvoir sortir de l'eau (capacité d'exondation) et d'escalader des obstacles (capacité de reptation) pour peu que la zone de progression soit humide et présente des points d'appui (Aigoui & Dufour, 2008). Cette capacité d'escalade est observée chez les petits individus et perdue chez les individus plus grands, mais pour des pentes beaucoup plus faibles (Legault, 1988 ; Legault, 1992 ; Voetgle & Larinier, 2000). Le suivi des passes spécifiques à anguilles se fait souvent grâce à des méthodes de piégeage et de relevés réguliers. D'autres solutions visent à retarder la fermeture des portes à flots ou des clapets (Giannico et Souder, 2005), à mettre en place des siphons (Bult & Dekker, 2007), à prévoir des pêches de récupération en aval de l'ouvrage pour des déversements juste en amont (Rosell *et al.*, 2005).

3. Introduction

C'est entre l'estuaire de la Gironde au sud et le bassin de la Charente au nord (figure 7) que se situe la Seudre. Ce petit fleuve côtier de 68 km de long (dont 22 km d'estuaire) prend sa source à Saint Genis de Saintonge pour se jeter ensuite dans le pertuis de Maumusson (Fédération de Charente-Maritime pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques (FDAAPPMA17), 2013). L'estuaire de la Seudre se termine au niveau de la limite amont de salure des eaux, située au barrage de Ribérou dans la ville de Saujon (Bertrand, 2009).

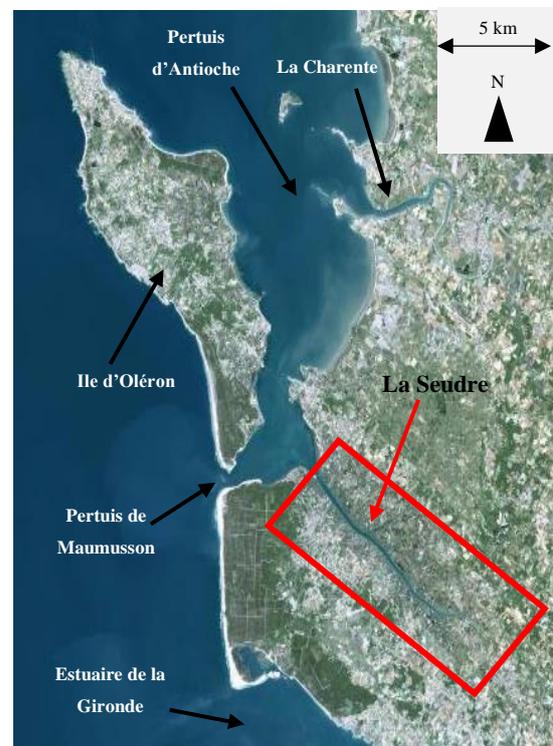


Figure 7 : Localisation géographique de la Seudre

Ce bassin représente un territoire d'importance pour les anguilles. Il est donc nécessaire de mener des actions pour leur sauvegarde, la Seudre a donc été placée cours d'eau d'« intérêt Migrateurs amphihalins » au titre de la continuité écologique du code de l'environnement

(Adam *et al.*, 2015). La Seudre continentale totalise 19 ouvrages (SAGE Seudre, 2016), pour cette raison, elle a aussi été retenue comme Zone d'Actions Prioritaires (ZAP). C'est dans ces deux objectifs qu'une passe à anguille a été installée en 2009 au niveau de l'ouvrage de Ribérou, premier obstacle à la montaison des civelles. Aujourd'hui, seulement 39 % du linéaire total de la Seudre est accessible sans difficulté apparente pour l'anguille (jusqu'à l'ouvrage de Trois Doux à 6 kilomètres de Ribérou).

Le département de Charente-Maritime est connu pour ces nombreux marais littoraux endigués (salés et doux), créés au départ pour la saliculture (86 000 ha de marais, 60 % de la façade Atlantique). Sur les 13 000 ha de marais salés du département, 9 000 ha se situent au niveau de l'estuaire de la Seudre (Filloux, 2005), dans le plus grand marais maritimes français (Verger, 2005). Ce sont surtout aujourd'hui des claires ostréicoles et des anciens fossés à poissons qui le composent.

Le marais de l'estuaire de la Seudre a été conquis sur les "wadden" dès le Xème siècle. Comme pour la plus part des marais salés de la façade Atlantique, il a été transformé en marais salant puis a subi des transformations. Les marais de la rive gauche se sont principalement spécialisés dans la culture ostréicole tandis que la rive droite plus vaste a évolué vers des bassins recreusés pour la pisciculture (figure 8) et le pâturage ainsi que la culture de crevettes et de palourdes (Anras *et al.*, 2005).

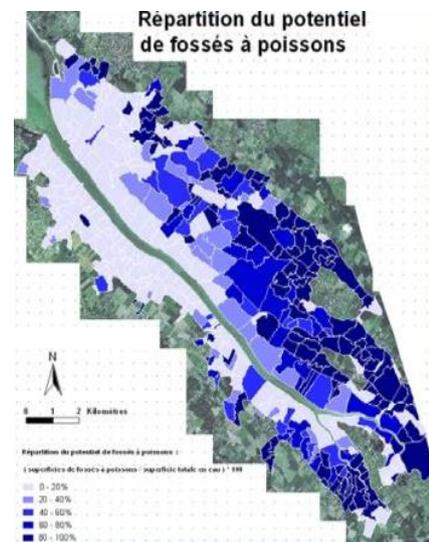


Figure 8 : Répartition des fossés à poissons sur le marais de la Seudre, en bleu foncé forte présence de fossé à poissons (Blachier, 2006)

Le marais peut être divisé en trois catégories : le marais non endigué accessible par le fleuve avec une culture ostréicole dominante, le marais récent endigué à l'embouchure, siège de la culture ostréicole de type « claire » et le marais ancien endigué en fond de Seudre partiellement comblé avec un élevage de bovin sur la partie terrestre et des fossés à poisson (pisciculture) pour la partie en eau. Ce sont ainsi des centaines d'ouvrages de franchissement individuels qui ont été implantés pour gérer les mouvements d'eau au sein des diverses structures (fossés à poissons, claires, salines, plans d'eau de chasse, réserves naturelles) (Goutx-Van de Maele, 1986). Cependant, ces ouvrages peuvent entraîner une accumulation d'individus à leur pied sur des périodes plus ou moins longues selon la gestion de ces derniers.

Même si la pêche des poissons a toujours existé en parallèle de l'exploitation de sel, il faut attendre le déclin de cette dernière pour voir une transformation généralisée du marais vers les fossés à poissons. Auparavant, les propriétaires laissaient entrer les poissons (bars, daurades mais surtout les anguilles) dans les fossés avec la marée puis disposaient des empêches dans leurs ouvrages pendant environ 3 ans pour éviter que les poissons sortent du fossé. Ils pêchaient et vendaient ensuite le poisson de taille commerciale (Blachier *et al.*, 2000). C'est plus d'un tiers du marais salé (2 950 ha) qui a évolué vers l'activité de pêche à poissons. Ces parcelles sont composées de deux tiers de terre et d'un tiers d'eau (Kummer, 1983). Malheureusement, en 2000, 48 % étaient considérés à l'abandon et cette tendance s'est amplifiée au fil des années.

Le marais de la Seudre est composé de 306 prises de marais (ensemble de plusieurs prises d'eau = ouvrage par lequel l'eau rentre dans le fossé) dont 2 600 parcelles ont été cadastrées « fossés à poissons », partagées par plus de 1 000 propriétaires (Filloux, 2003). Chaque fossé est différent au niveau de sa forme, sa superficie et sa situation (Blachier *et al.*, 2000). Cependant, ils sont tous composés d'un fossé (appelé aussi profond) et de zones de « plats » (faible hauteur d'eau de 10 à 40 cm) et ils n'ont, le plus souvent, qu'une seule prise d'eau (qui « boit » en moyenne à un coefficient de marée de 70). Ces fossés représentent des habitats privilégiés d'accueil pour l'anguille car ils comprennent des zones confinées peu profondes pour les juvéniles, de la vase dans les profonds pour l'anguille adulte, possèdent une bonne qualité de l'eau et une forte production de proies (crevettes, gastéropodes, poissons, ...) (Filloux, 2004).

Sur l'ensemble des fossés à poissons du marais de la Seudre, deux types de prises d'eau dominant : les canalisations enterrées et les écluses à « ciel ouvert » (Goutx-Van de Maele, 1986). Le premier type est le plus présent car issu de l'exploitation du sel. Souvent, des aménagements sont observables sur ces passages busés comme la construction de moine (en bois, pierre ou béton) avec des

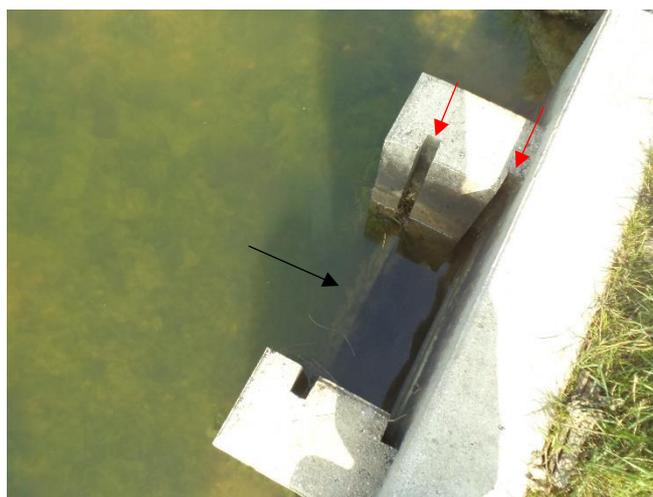


Figure 9 : Moine avec une dérasedans une des feuillures (flèches rouges)

feuillures (figure 9) permettant de placer différents équipements (grille, dérasede planche), empêche (ou langon),...) (Annexe 3) ou le rajout d'un coude en PVC à 90° aux extrémités des buses enterrées (Anras & Chastaing, 2005).

La zone de pêche règlementaire de la civelle en Seudre s'étend sur une longueur de 18 km de l'entrée de l'estuaire jusqu'à l'Éguille sur Seudre (Briand *et al.*, 2012). Cette pêche n'est autorisée que sur l'axe principal de la Seudre estuarienne. Deux types de navires existent : les pibalours « mobiles » et les pibalours « fixes ». Les navires mobiles étaient au nombre de 21 pour cette saison 2016/2017 (com.pers. Comité Départemental des Pêches Maritimes et des Elevages Marins (CDPMEM)), peuvent régler la profondeur de leur engin de pêche (jusqu'à 5 m de profondeur) et se déplacent sur l'axe de la Seudre alors que les navires fixes, au nombre de 9 cette saison, ne bougent pas et filtrent des volumes d'eau dépendant uniquement des conditions hydrodynamiques (coefficients, débits). Ces derniers sont situés à 1 km en aval de l'Éguille sur Seudre et n'ont pas changé d'emplacement depuis 2006 (Briand *et al.*, 2008a).

Depuis 2010, la Cellule Migrateurs Charente Seudre et les acteurs locaux se mobilisent pour améliorer la compréhension de la répartition des anguilles dans les différents compartiments (estuaire, marais, fleuve) afin d'améliorer l'accès aux différents habitats et d'évaluer la population d'anguilles sur ce territoire. Les civelles arrivant dans l'estuaire se dirigent soit vers

les marais, soit vers la partie fluviale (une partie est capturée par la pêche, une autre peut mourir de cause naturelle et une dernière peut se sédentariser).



Figure 10 : Principales actions sur l'anguille en Seudre

Cinq d'actions ciblées sont réalisées (figure 10) :

- Un suivi des civelles en estuaire. Ce suivi se compose du suivi de la pêche professionnelle maritime de civelles pour permettre d'estimer le taux d'exploitation et d'échappement (données de captures fournies par le CDPMEM) et du suivi des remontées des civelles au niveau de la passe à Anguille de Saujon, en amont de la zone de pêche (données fournies par la FDAAPPMA17).

- Un suivi des entrées de civelles en marais, effectué par la Cellule Migrateurs

-Un suivi sur la partie fluviale par pêches électriques, focalisé sur les jeunes individus en phase de colonisation, réalisé par la Cellule Migrateurs.

- Un suivi des anguilles jaunes (> 25cm) dans les fossés à poissons à l'aide d'engins passifs, effectué par la Cellule Migrateurs.

Cette étude est en lien étroit avec le suivi de la pêche de civelles en estuaire et le suivi de la passe de Saujon. Le calcul du taux d'échappement (à l'aide du modèle (GEMAC) de Briand *et al.*, 2012) permet de connaître la part de civelles qui n'est pas capturée par la pêcherie et qui peut donc, potentiellement, aller coloniser le bassin amont et/ou les marais environnants. Ce taux d'échappement a été comparé aux remontées des civelles au niveau de la passe de Saujon. Ces données ne sont disponibles que pour la saison hivernale de 2009/2010 avec un taux d'échappement de la pêcherie estimé à 308 kg et une quantité à la passe de Saujon de 24 kg (entre le 15 avril et le 15 juillet 2010). Cette valeur est bien inférieure à l'échappement estimé, et donc plusieurs hypothèses peuvent être soulevées. Pour essayer de trouver une explication, il a été décidé de mettre en place un suivi pour estimer les quantités de civelles entrant en marais. Cette étude vise à répondre à trois questions :

- Existe-t-il un lien entre les valeurs de captures de la pêche estuarienne, les entrées de civelles en marais et les remontées de civelles au niveau de la passe de Saujon ? Cette action s'appellera « Correspondance avec la pêche estuarienne et la passe de Saujon »

- Quelle est la part de civelles présente en chenal qui entre en fossés ? Cette action permettra de préciser la possibilité de franchissement des ouvrages des fossés par les civelles et s'appellera « Comportement des civelles en chenal »

- Quelles sont les quantités de civelles entrant en marais ? Cette action s'appellera « Colonisation des civelles en marais »

Le taux d'exploitation de la pêcherie devra aussi être calculé pour estimer les densités en estuaire. A terme, l'objectif est de pouvoir estimer les entrées de civelles en marais en fonction des captures en estuaire et d'autre part d'estimer les entrées globales de civelles en estuaire en absence de données de captures professionnelles estuariennes.

4. Matériels et méthodes

4.1. Correspondance avec la pêche professionnelle et la passe de Saujon

L'objectif est de voir s'il existe une correspondance entre la quantité de civelles entrant dans le marais salé, les captures de la pêcherie, et les remontées de civelles au niveau de la passe de Saujon. Pour cela, des suivis en fossés à poissons ont été effectués par la Cellule Migrateurs et un suivi de la passe de Saujon a été réalisé par la FDAAPPMA17 durant la période de pêche professionnelle estuarienne (du 15 novembre 2016 au 15 avril 2017).

Pour la passe de Saujon, une relève tous les deux ou trois jours a été réalisée. A chaque relève le poids global ainsi que la taille moyenne des individus ont été mesurés. Une analyse pigmentaire à la loupe binoculaire a été faite sur un lot de 50 individus une fois par mois

Initialement, un pool de fossés « témoins » a été suivi, tout au cours de la période, choisis selon leurs emplacements dans le marais et selon leurs types d'ouvrages. Ce sont les fossés MDL (Moulin des Loges), F20, F21, F0, F1 et F5. Les sites suivis (figure 11) se

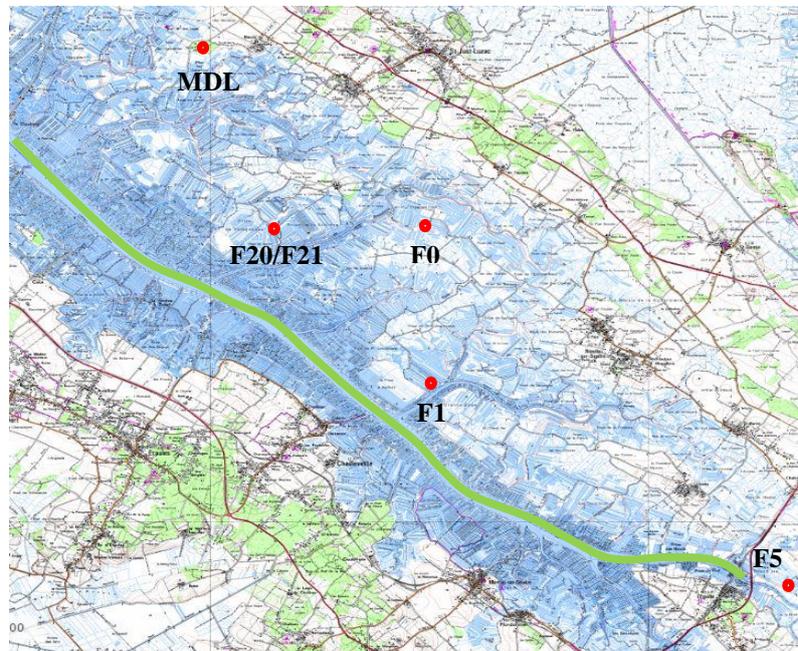


Figure 11 : Fossés « témoins » échantillonnés (point rouge) et de la zone de pêche estuarienne (trait vert)

situent tous en rive droite car la majorité des fossés se situent sur cette rive (77 % d'après Filloux, 2003). Le site avec les fossés F20 et F21 a été choisi pour représenter l'aval du marais, le fossé F1 pour représenter la zone médiane, et le fossé F5 pour l'amont. Ces 4 fossés sont tous proches de l'axe principal de la Seudre. Le site du Moulin des Loges (MDL) a été choisi car il a été caractérisé comme bien représentatif des entrées de civelles (Carrilho, 2015). Enfin, le fossé F0, ajouté en janvier 2017, a été choisi car il est situé au milieu de l'estuaire et en fond de marais. Trois catégories de prises d'eau ont ensuite été définies.



Figure 12 : Ouvrage de type 1



Figure 14 : Ouvrage de type 3

Type 1 : les prises d'eau au sol, sont, souvent, des ouvrages de types buses, avec différents diamètres, sortant (figure 12) ou non de la bosse.

Type 2 : les prises d'eau surélevées dans la bosse, sont surtout des moines (figure 13) avec des feuillures (encoches) où il est possible de mettre des dérases (planche) pour gérer le niveau d'eau.



Figure 13 : Ouvrage de type 2

Type 3 : les prises d'eau surélevées sortant de la bosse (figure 14), sont des ouvrages de types buses avec des diamètres et des distances à la bosse variable. A ces trois catégories, va se rajouter les ouvrages dits fermés.

Pour le suivi en fossé, un premier travail a été réalisé par la Cellule Migrateurs, de mars à août 2015 pour définir un protocole de suivi (Carrilho, 2015). Ce présent rapport poursuit et complète cette première étude. Les fossés à poissons ont été suivis une à deux fois par mois d'octobre à mai (Annexe 4) (avec un coefficient supérieur à 80), 5 sites ont été échantillonnés pendant plusieurs nuits avec la pose, par ouvrage, d'un engin (figure 15) le soir et une



Figure 15 : Cadre-filet sur un moine de fossé à poisson (côté fossé)

relève le lendemain matin. Une autorisation de pêche scientifique a été obtenue pour cette étude (Annexe 5). Avant chaque sortie sur le terrain, plusieurs organismes (AFB, FDAAPPMA17, DDTM17, DIRM, CDRPMEM, SAGE Seudre et Parc Marin) ainsi que les propriétaires des fossés étaient prévenus. Comme pour la passe de Saujon, une fois par mois, les civelles pêchées dans les fossés sont mesurées et une analyse pigmentaire est faite sur 20 civelles maximum par fossé. Pour les données de la pêche estuarienne, fournies par le CDRPMEM, les valeurs brutes de captures par pêcheurs ont été transformées en capture par unité d'effort (CPUE) en kilos de civelles par marée.

Des tests ont été effectués sur les données des entrées de civelles en marais sur les fossés « témoins ». Tout d'abord, une analyse des CPUE (en civelle/fossé/nuit) a été faite. Ensuite une analyse en composante principale (ACP) a été effectuée du 6 octobre 2016 au 13 avril 2017. Les facteurs suivants ont été expérimentés : nombre de civelles, position dans le marais (aval,

médian ou amont), le mois, la distance par rapport à la Seudre, le coefficient de marée, la pluviométrie (en mm), la température (en °C) et la salinité de l'eau (‰) ainsi que le type d'ouvrage. Enfin différentes caractéristiques des civelles ont été analysées comme la variation de la longueur ainsi que l'évolution de la pigmentation pendant le suivi. Pour chacune des variables un test de Shapiro-Wilk va examiner la normalité des données et un test de Kruskal-Wallis ou une Anova, selon la distribution des données va permettre de savoir s'il existe une différence ou pas entre les mois du suivi. Pour la passe de Saujon, les CPUE, les variations pigmentaires et de taille ont aussi été testées.

Pour confirmer ou non, s'il existe une correspondance entre les différentes valeurs des suivis (fossés à poissons, pêche estuarienne, passe de Saujon) le coefficient de corrélation a été utilisé. Il a été analysé, la comparaison entre les captures par unité d'effort (CPUE) en civelles par marée des pêcheurs et les civelles entrant en marais puis celle entre les CPUE et les données de la passe à Saujon et enfin les entrées de civelles en marais avec les remontées de civelles au niveau de passe de Saujon.

4.2. Comportement des civelles en chenal

Les objectifs de cette partie sont de connaître la part des civelles présentes en chenal qui pénètre en fossés et de constater ou non un blocage des civelles en pied d'ouvrages lors du flot. Pour cela quatre sites (F20 / F21, F30 / F31, F5 et MDL) ont été choisis pour représenter l'ensemble des types d'ouvrages présents sur l'ensemble du marais salé.

Le fossé F21 représente le type 2 en milieu de Seudre et le fossé F20 les ouvrages de type 1. Le MDL représentera un ouvrage de type 2 en fond de chenal en amont de la Seudre, le site F5 un ouvrage de type 2 en bord de chenal. Enfin, le fossé F30 représentera les ouvrages de type 3. Lors de cette opération, le fossé F31 (type 2), situé juste à côté, a aussi été suivi.

Les opérations se sont déroulées durant des nuits complètes et comprennent trois actions. La première correspond à deux traits (un en surface et un en profondeur) en travers du chenal toutes les dix minutes à l'aide d'un filet dit « bongo » (Annexe 6) pour voir les densités de civelles en chenal. La deuxième action consiste à mettre 5 coups d'épuisettes (Annexe 7) au niveau du pied des ouvrages coté chenal toutes les dix minutes en alternance avec les traits de filets bongo pour voir si les civelles s'accumulent devant la prise d'eau. Ces deux actions commencent à partir du moment où la montée du front salé est observée dans le chenal et permettent de suivre l'arrivée des civelles dans le chenal puis devant les ouvrages. La troisième action consiste en la relève de l'engin cadre filet, posé côté fossé, pour voir ce qui rentre effectivement dans le fossé.

Cette relève se fait toutes les vingt minutes à partir de la surverse du fossé (début d'entrée d'eau dans le fossé).

4.3. Colonisation des civelles en marais

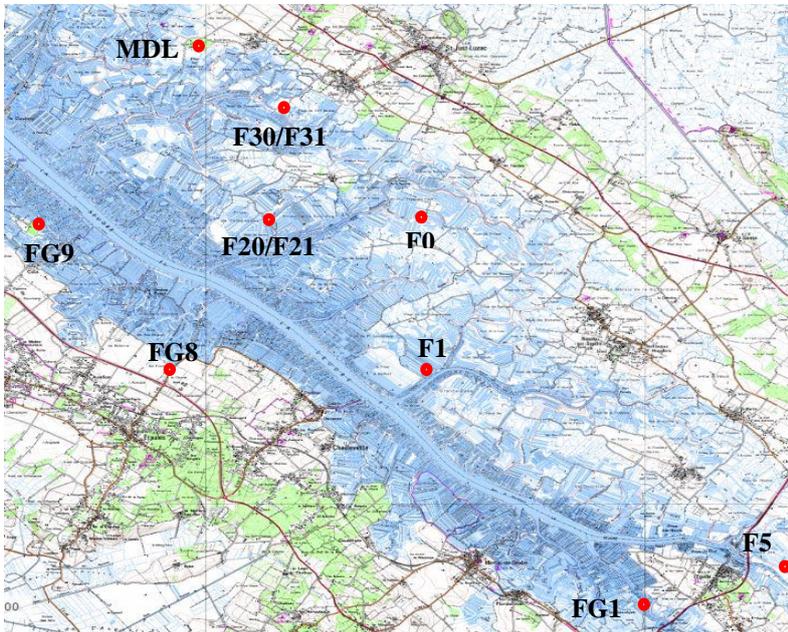


Figure 16 : Répartition des fossés échantillonnés

L'objectif principal de cette partie du suivi est d'estimer la quantité totale de civelles qui entre dans l'ensemble du marais salé de la Seudre. Les fossés choisis (figure 16) varient selon deux critères principaux : le type d'ouvrage, sa localisation dans le marais. Cette estimation a été réalisée sur la période du suivi du 1^{er} octobre 2016 au 31 mai 2017.

Au pool de fossés témoins, il a été ajouté les fossés F30 et F31, lors des marées de décembre et de début mars ; et trois fossés en rive gauche (FG1, FG8 et FG9) lors de la marée de fin mars. Le fossé FG1 sera ensuite ajouté au suivi jusqu'à la fin de la période de suivi.

4.3.1. Zone témoin

Pour pouvoir faire une estimation précise des entrées de civelles dans le marais salé de la Seudre, une zone dite « témoin » a été prospectée (3 jours de terrain) et tous les ouvrages (taille de l'ouverture et usage) ont été référencés. Cette zone a été choisie car une étude similaire avait déjà été faite au sein du CREEA en 2003 (Filloux, 2003).

Après cette étape de terrain, un travail de géo-référencement à l'aide d'un logiciel SIG (système d'information géographique) a été effectué pour permettre d'estimer, au niveau de la rive droite de la Seudre, la superficie par type de parcelles (en hectare en eau), le nombre d'ouvrages par catégories, la surface en eau qu'ils alimentent selon le type d'exploitation (claire ostréicole, claire abandonnée, connexion chenal / exploitation, fossé à poissons, fossé à poissons fermés ou tonne de chasse) ainsi que la surface colonisable pour la civelle.

L'objectif est d'avoir un bilan du nombre et types d'ouvrages sur cette zone que l'on pourra ensuite extrapoler à l'ensemble du marais.

4.3.2. Estimation des entrées de civelles dans le marais salé de la Seudre

L'estimation est composée de plusieurs étapes. La première étape a été d'identifier les coefficients à partir desquels les fossés échantillonnés « boivent ». Ce travail a été commencé lors de l'étude précédente (Carrilho, 2015). Ensuite un modèle mathématique de régression linéaire a été développé sous le logiciel statistique R. Ce modèle va estimer les valeurs de civelles entrant par jour dans les fossés du suivi à partir des données recueillies et en prenant en compte les paramètres influençant l'arrivée des civelles, mises en avant par l'ACP.

A travers ces deux étapes, un chiffre annuel (du 1^{er} septembre 2016 au 31 août 2017) par fossé a été obtenu. Chaque fossé étant classé dans un type d'ouvrages, il va être ensuite possible de calculer le nombre de civelles annuel entrant dans chaque type d'ouvrages pour nos fossés.

A l'aide de ces valeurs et du nombre par types d'ouvrages référencés dans la zone témoin, il va être possible de calculer le nombre de civelles entrant dans chaque type d'ouvrage pour la zone témoin. Ce nombre va ensuite être calculé par type d'exploitation (claires ostréicoles, fossés à poisson, tonnes de chasse) au niveau de la zone témoin pour pouvoir calculer les entrées de civelles au niveau du marais de la Seudre.

A l'aide des données du nombre d'ouvrages total du marais de la Seudre fournies par la SAGE Seudre et du nombre d'ouvrages dans notre zone témoin, une estimation du nombre d'ouvrages par type d'exploitation au sein du marais de la Seudre a été calculée. Ces calculs ont été utilisés pour estimer les entrées de civelles de nuit. Ensuite pour estimer les entrées de civelles de jour, un ratio entre les valeurs de nuit et les valeurs de jour obtenues lors du suivi a été fait.

Le nombre de civelles entrant dans le marais de la Seudre sur l'année a ensuite été faite.

Cette estimation va pouvoir se faire par type d'exploitation ainsi que par type d'ouvrages et ne se fera que sur la rive droite car il n'y a pas assez de données pour la rive gauche.

5. Résultats

5.1. Correspondance avec la pêche professionnelle et la passe de Saujon

5.1.1. Analyse des variations dans le marais

L'analyse des CPUE (nombre de civelles/fossé/nuît) dans les fossés (figure 17) montre une augmentation moyenne jusqu'en février puis une diminution. Il est à noter que le fossé F1 (en marron) ne suit pas cette tendance avec un pic en novembre et que le fossé F20 (en vert), à partir de mars, a une CPUE très faible.

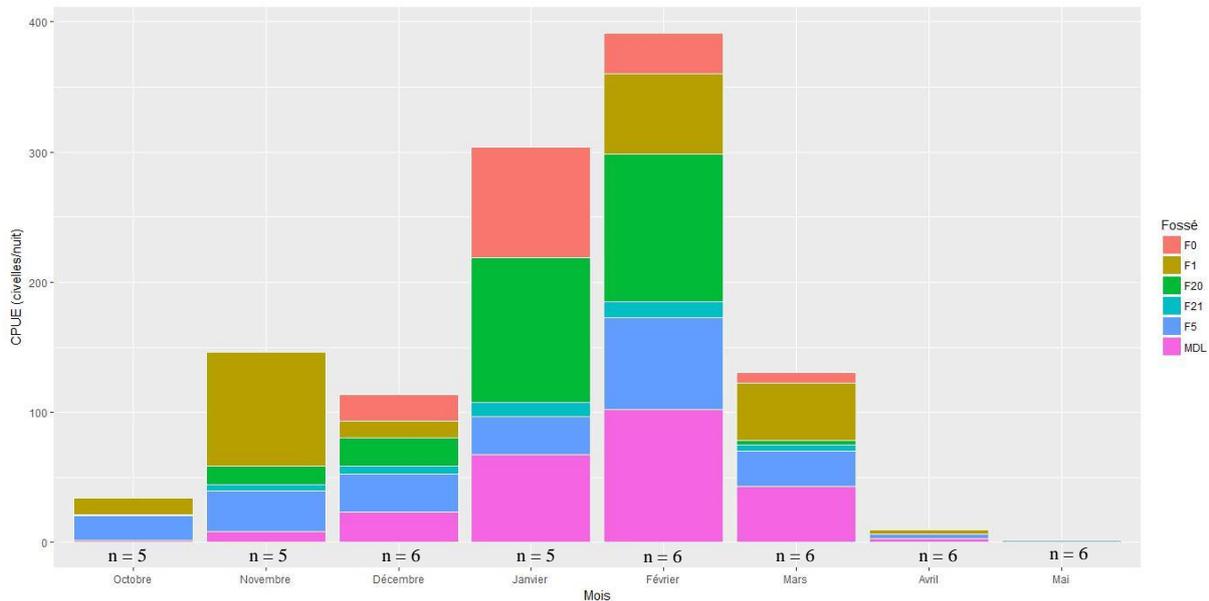


Figure 17 : Variation des CPUE dans les fossés témoins en fonction des mois (n = nombre de fossés échantillonnés)

Au niveau du cercle de corrélation de l'ACP (figure 18), l'axe 1 explique les facteurs mois, coefficient de marée, pluviométrie et salinité alors que l'axe 2 explique le nombre de civelles et la température de l'eau. Les facteurs distance à la Seudre, zone dans le marais et type d'ouvrage sont proches de l'origine et sont donc peu expliqués sur ces deux axes (Annexe 8).

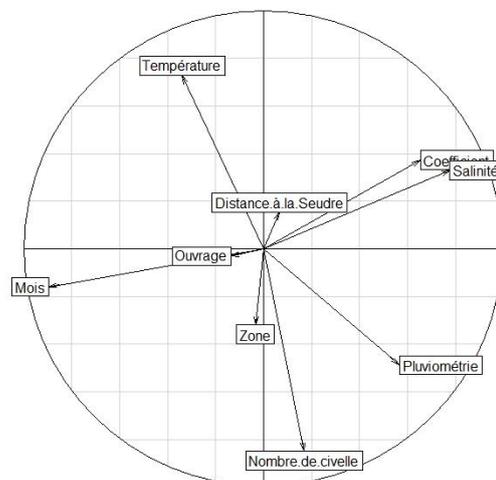


Figure 18 : Cercle de corrélation

Sur l'axe 1, d'après le cercle de corrélation, il est possible de dire que le facteur mois est anti-corrélé avec le groupe « coefficient de marée, salinité et pluviométrie ». Pour l'axe 2, la température de l'eau est quant à elle anti-corrélée au nombre de civelles et à la pluviométrie.

Sur le diagramme de corrélation (figure 19), chaque numéro correspond à un des 6 fossés du pool témoin pour chaque mois du suivi (Annexe 9). D'après l'analyse du diagramme, trois groupes d'individus se dégagent. Le premier groupe de fossés (cercle bleu) représente des fossés échantillonnés en début d'expérimentations (d'octobre à décembre) avec peu d'entrées

de civelles, peu de pluviométrie mais de forts coefficients de marée et donc de fortes entrées salines. Le deuxième groupe (cercle vert) correspond à des fossés de milieu d'échantillonnage (janvier, février). Sur cette période, les entrées de civelles et la pluviométrie ont été importantes au contraire des températures (entre 5,5 et 8,5 °C). Enfin le troisième groupe (cercle rouge) correspond à des fossés échantillonnés en fin de saison (mars, avril) avec de faibles entrées de civelles, peu de pluviométrie, des coefficients de marée moins fort et donc moins d'entrée d'eau salée ainsi que des températures plus élevées (11,5 à 16,2 °C). Il est à noter que les numéros 6 (fossés F5 en novembre), 7 (fossé F1 en novembre) et 11 (fossé F5 en décembre) sont hors du groupe (cercle bleu) où ils seraient supposés être.

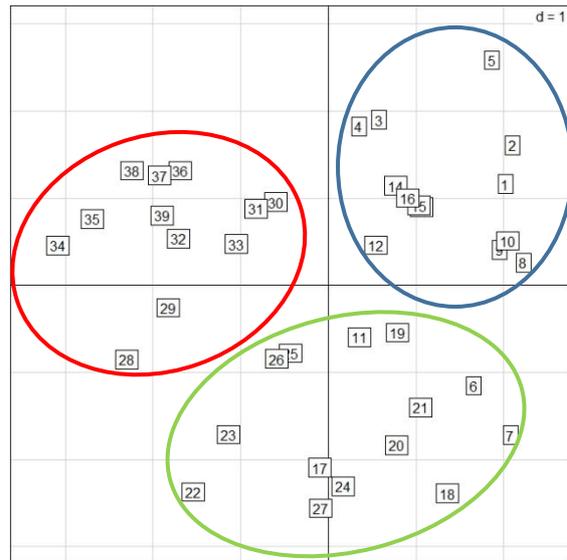


Figure 19 : Diagramme de corrélation

de faibles entrées de civelles, peu de pluviométrie, des coefficients de marée moins fort et donc moins d'entrée d'eau salée ainsi que des températures plus élevées (11,5 à 16,2 °C). Il est à noter que les numéros 6 (fossés F5 en novembre), 7 (fossé F1 en novembre) et 11 (fossé F5 en décembre) sont hors du groupe (cercle bleu) où ils seraient supposés être.

En ce qui concerne la taille moyenne des civelles une diminution au cours du suivi est observée (figure 20). L'analyse statistique à l'aide du test de Shapiro-Wilk a indiqué que les données n'étaient pas distribuées de façon normale ($p.value < 0,05$). Le test de Kruskal-Wallis a révélé qu'il existait une différence significative (différentes lettres) entre les mois du suivi ($p.value < 0,05$) pour la taille moyenne des civelles.

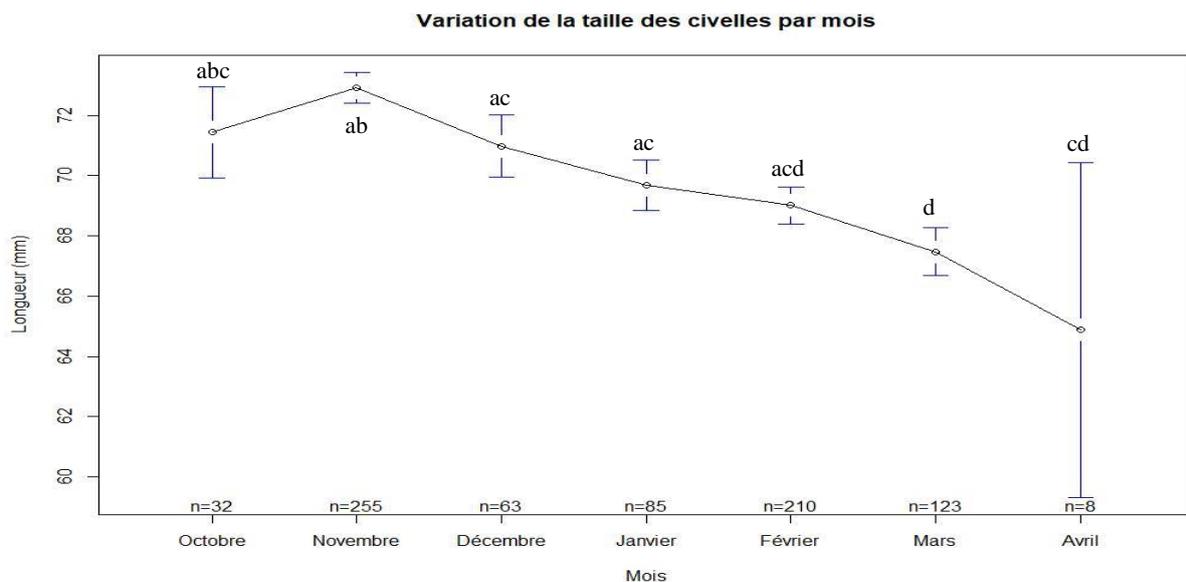


Figure 20 : Variation de la taille des civelles en fossé au cours du suivi (n = nombre de civelles mesurées)

Au niveau de l'analyse des stades pigmentaires (figure 21), le stade V_B (en marron) domine toute l'année. Il est à noter que pour le mois de mars, tous les stades ont été observés. Les valeurs d'octobre ont été retirées car les observations n'ont pas été faites à la loupe binoculaire, et pour celles de mai une seule civelle a été pêchée. Le test de Shapiro-Wilk indique que les données ne sont pas distribuées de façon normale (p.value < 0,05) et le test de Kruskal-Wallis révèle qu'il n'existe pas de différence significative entre les mois (p.value > 0,05).

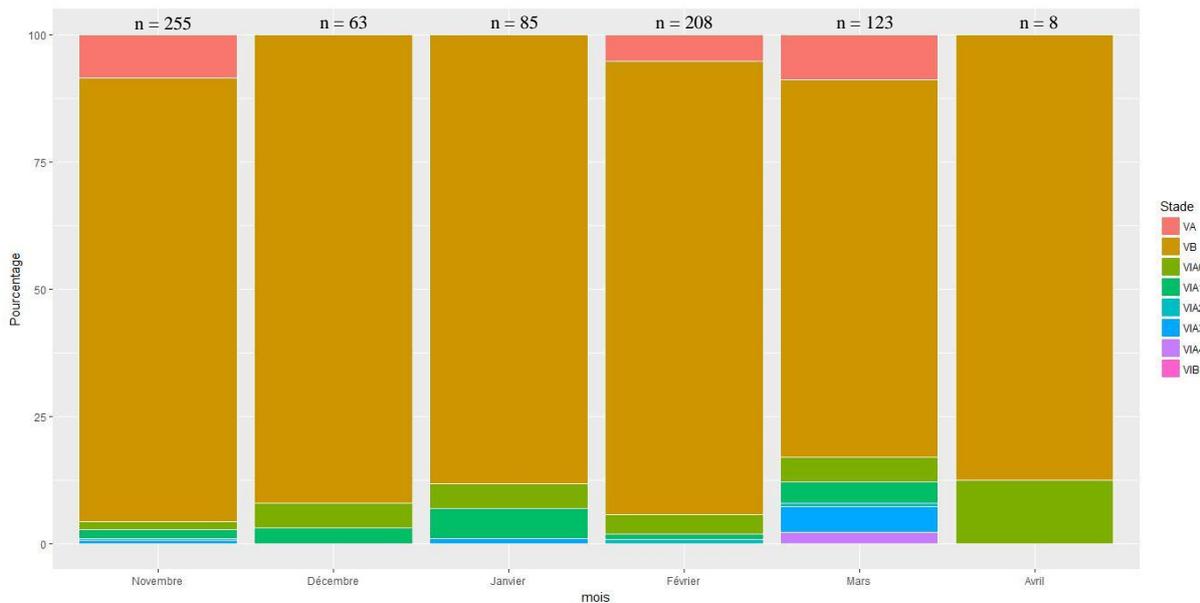


Figure 21 : Variation des stades pigmentaires (en %) en fonction des mois en fossé (n = nombre de civelles observées)

5.1.2. Analyse des variations à la passe de Saujon

Pour la passe de Saujon, le nombre de civelles passé par jour (figure 22) est très important pour le mois de mars. Une nouvelle augmentation des remontées de civelles en mai est aussi observable. Au 15 mai, la passe de Saujon a vu 47 kg de civelles remonter.

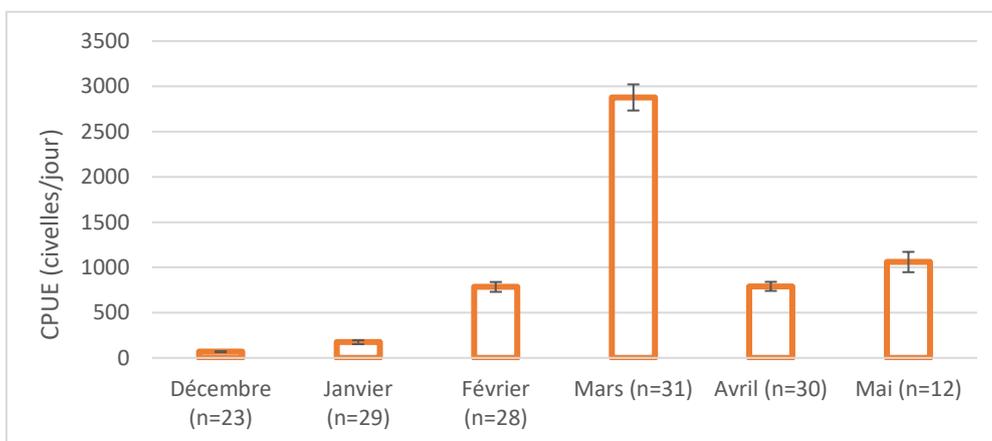


Figure 22 : Variation du nombre de civelles montées à la passe de Saujon par jour en fonction des mois (n = nombre de jours échantillonnés) d'après les données de la FDAAPPMA17

Pour la taille des civelles, les valeurs de la passe de Saujon (figure 23), les tailles sont du même ordre de grandeur que celles observées en fossés mais une chute de taille (de 6 mm) est constatée entre février et mars. Les tests statistiques confirment bien cette chute.

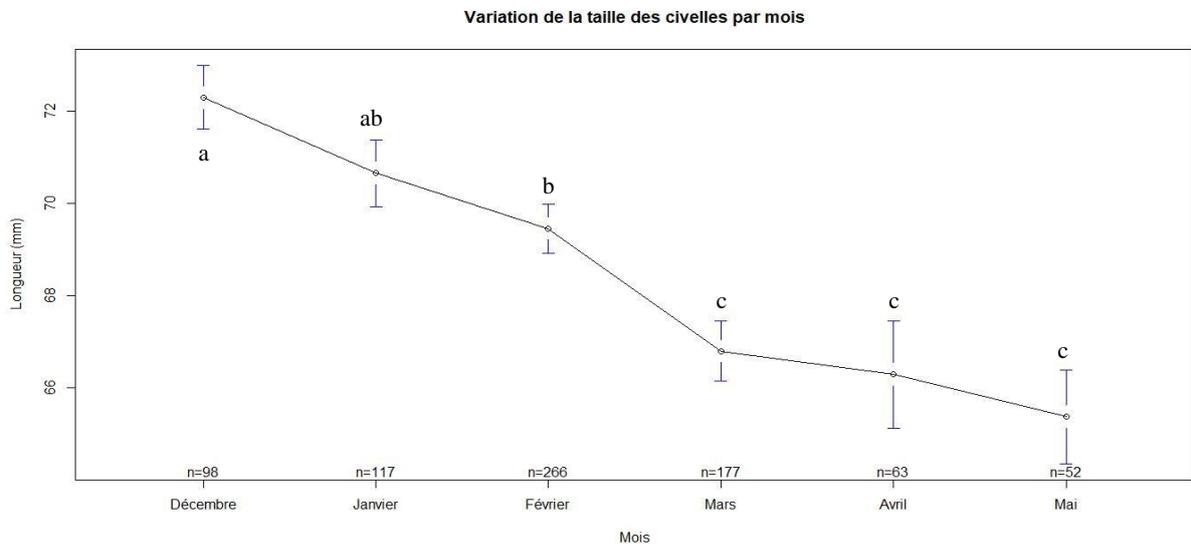


Figure 23 : Variation de la taille des civelles au niveau de la passe pendant du suivi (n = nombre de civelles mesurées)

Enfin pour les stades pigmentaires (figure 24), le stade V_A n'est plus observé, le stade V_B n'est pas dominant et plus on avance dans le suivi plus les civelles sont pigmentées (stade VI_{A4} et VI_B).

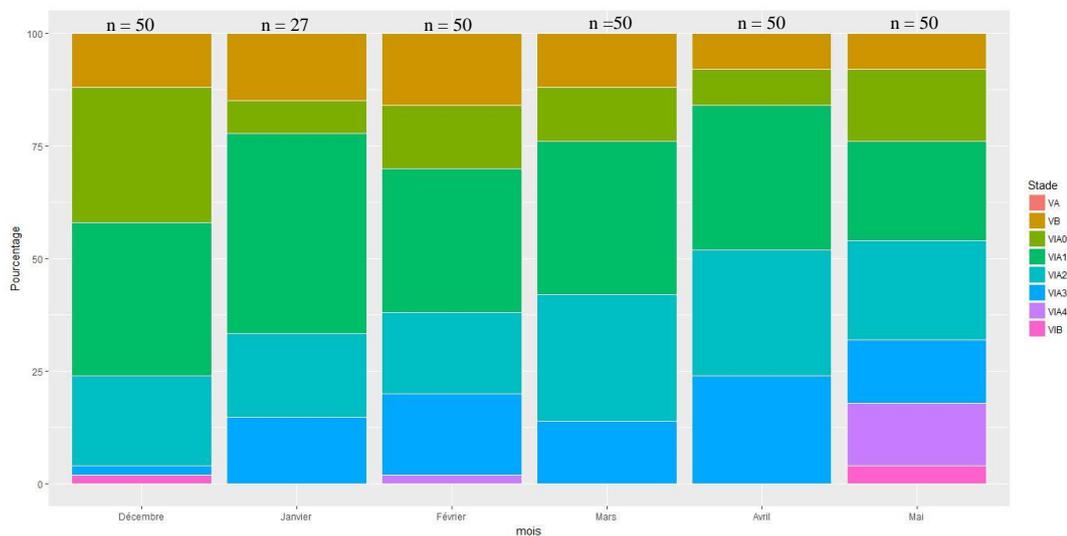


Figure 24 : Variation des stades pigmentaires (en %) en fonction des mois au niveau de la passe de Saujon (n = nombre de civelles observées)

5.1.3. Analyse des variations de la pêche estuarienne

Sur l'année 2016/2017, l'activité professionnelle de pêche en Seudre a pêché 2,7 tonnes de civelles avec une capture par marée de 2,5 kg. En comparaison, la saison dernière, l'activité a pêché 2,1 tonnes avec une capture par marée de 2,6 kg et lors des dix dernières années (2006-2015), la moyenne pêché est de 2 tonnes par an avec une capture moyenne par marée de 2,2 kg.

5.1.4. Analyse des correspondances entre les 3 actions

Lorsqu'on observe une variation des CPUE des pêcheurs, on constate la même variation au niveau des entrées moyennes de civelles en marais mais avec un décalage de 3 à 4 jours (figure 25). Cette observation est appuyée par la valeur du coefficient de corrélation se rapprochant de 1 quand on décale les valeurs entrées de civelles en marais.

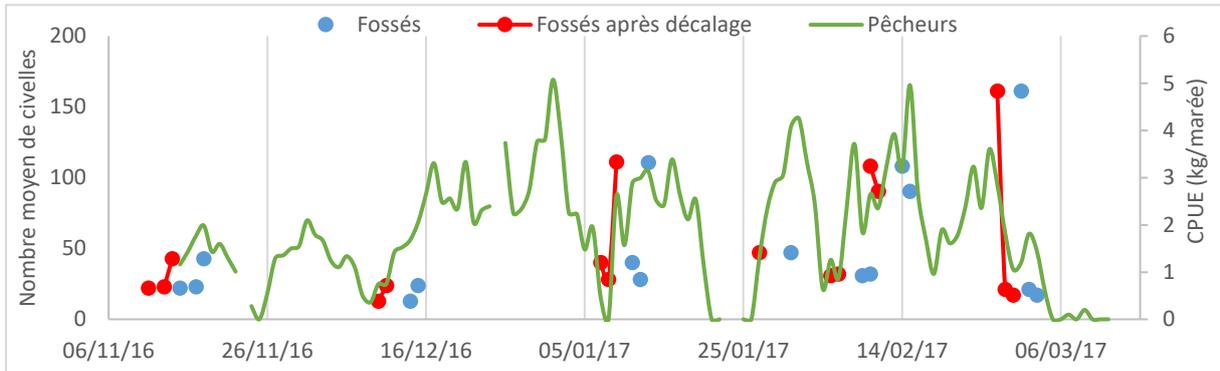


Figure 25 : Comparaison entre le nombre moyen de civelle dans les fossés du marais (avec et sans décalage) et les CPUE (kg/marée) des pêcheurs estuariens

Lorsqu'on compare ensuite le nombre moyen de civelles entrant dans le marais et le nombre de civelles remontant au niveau de la passe de Saujon, sur le graphique (figure 26) comme à l'aide du coefficient de corrélation, les variations sont les mêmes ou sont décalées de 1 jour pour la passe de Saujon. Seule une période, au début du mois de mars est inversée.

Enfin, il semblerait qu'il n'existe pas de corrélation entre les CPUE des pêcheurs professionnels et les remontées au niveau de la passe de Saujon.

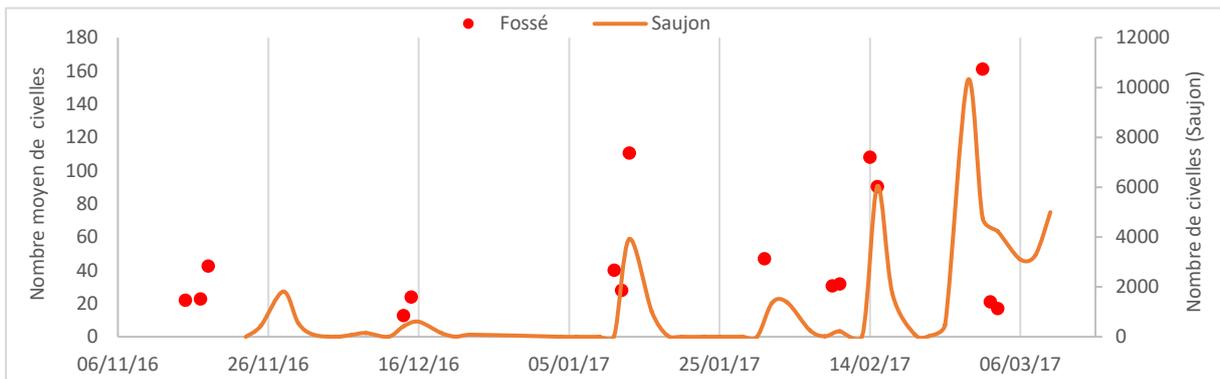


Figure 26 : Comparaison entre le nombre de civelles entrant en marais et le nombre remontant à la passe de Saujon

5.2. Comportement des civelles en chenal

La figure 27 montre l'évolution du nombre de civelles capturées coté chenal et coté fossé durant une nuit. Après l'entrée d'eau dans le fossé (surverse), le nombre de civelles capturées en chenal diminue alors que celui en fossé augmente. Un pic d'abondance est observé entre 45 minutes et 2h avant la pleine mer pour toutes les nuits effectuées sur les 4 sites.

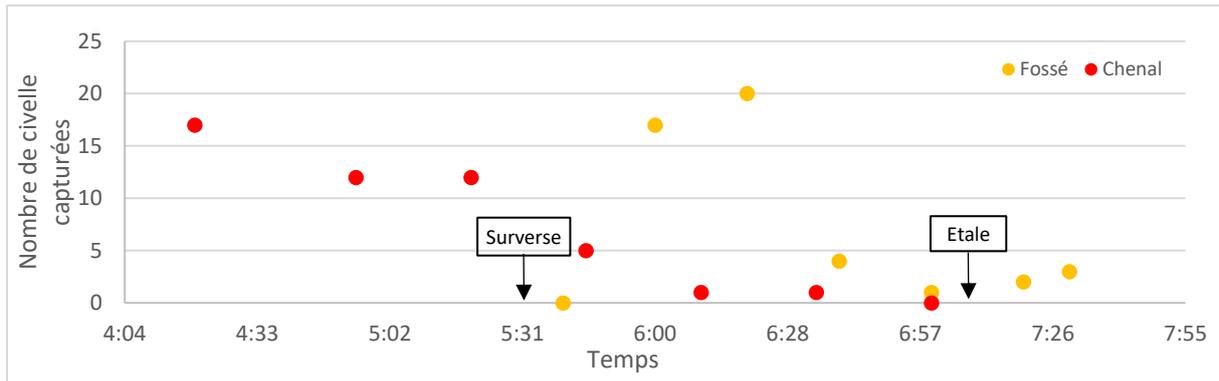


Figure 27 : Evolution du nombre de civelles en chenal et en fossé pendant la nuit du 31 janvier sur le fossé F5

5.3. Colonisation des civelles en marais

5.3.1. Zone témoin

D'après l'observation des ouvrages, une majorité de la surface en eau de la zone témoin (75,3 % des 263,2 ha) est accessible aux civelles (figure 28). Les zones inaccessibles correspondent à des exploitations avec des ouvrages bouchés, fermés (clapet empêchant l'entrée d'eau), ou munis de maille de filtration fine empêchant la civelle de rentrer (élevage de crevette) (Annexe 10). Au sein de cette zone, 136 ouvrages sont en connexion directe avec la Seudre et seulement 106 laissent passer les civelles. Sur ces 106 ouvrages 36,9 % débouchent sur des claires, 60,4 % sur des fossés à poissons et 2,7 % sur des tonnes de chasses. Enfin en termes de types d'ouvrages, sur les 106 ouvrages, 39,6 % sont de type 1 ; 34,2 % de type 2 et 26,1 % de type 3.

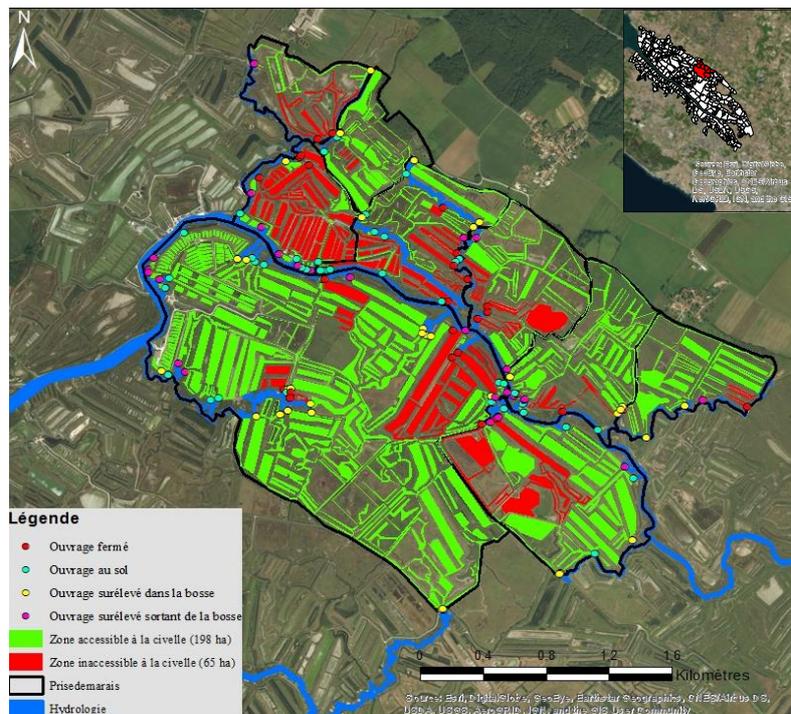


Figure 28 : Zone accessible ou non à la civelle et type d'ouvrages (réalisation F. Prellwitz)

5.3.2. Estimation des entrées de civelles dans le marais salé de la Seudre

Grâce aux différentes opérations de terrain faites lors de cette étude mais aussi des données fournies par d'autres partenaires (Filloux; 2003 ; Carrilho, 2015 ; com. pers. du SAGE Seudre, de l'Unima, du Forum des Marais Atlantiques, et du CREAA), une première estimation des entrées de civelles au sein du marais salé de la Seudre a été faite. Au total, les calculs permettraient d'estimer une entrée de 26 125 civelles (\pm 8363) dans les fossés à poissons échantillonnés en rive droite sur une année complète lors des marées de nuit et 2 029 lors des marées de jour. Seuls les résultats des marées de nuit sont présentés vu le peu d'entrées de civelles de jour. Au niveau des types d'ouvrages, il est possible de dire qu'en moyenne 5 168 civelles entreraient annuellement dans les exploitations par un ouvrage de type 1, 3 251 par un ouvrage de type 2 et 1 450 par un ouvrage de type 3. La figure 29 montre bien une augmentation des arrivées de civelles d'octobre à février puis une chute soudaine à partir d'avril. Les valeurs de juin à septembre ne sont pas représentées car les entrées de civelles sont considérées comme nulles vu les résultats du mois de mai.

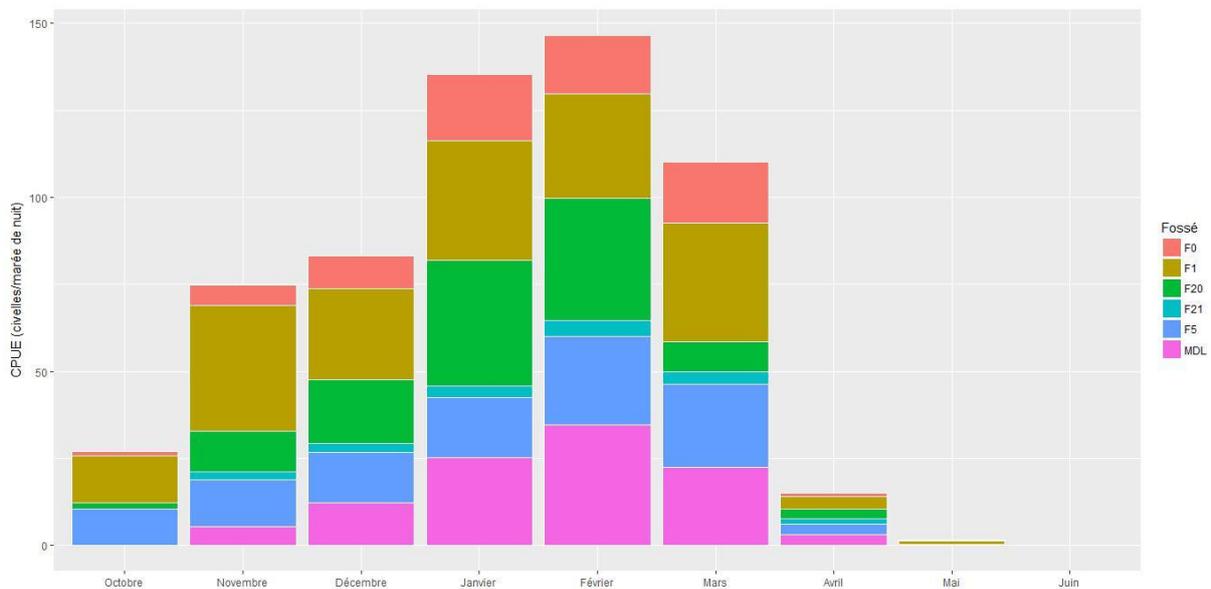


Figure 29 : Evolution des CPUE par mois après l'estimation sur l'année

Si une extrapolation de ces valeurs est faite sur l'ensemble de la zone témoin et que le raisonnement se fait en termes d'exploitation de parcelle, 137 000 civelles seraient entrées dans les 37 claires ostréicoles accessibles, 229 000 dans les 66 fossés à poissons et 9 869 dans les 3 tonnes de chasses.

Le nombre d'ouvrages total sur le marais de la Seudre est actuellement inconnu, cependant le SAGE Seudre a référencé un minimum de 1 130 ouvrages en rive droite (com. pers. Jean-

Phillipe David). C'est avec cette valeur que le nombre de civelles entrant a été calculé. Le chiffre des entrées annuelles de civelles de nuit dans le marais salé de la Seudre a été estimé à 4 015 000 civelles (\pm 1 778 000). Pour les marées de jour, les entrées seraient de 333 400 civelles. Donc au total, 4 348 000 civelles seraient entrées au niveau des ouvrages de la rive droite sur l'année 2016/2017. Sachant qu'une civelle fait en moyenne 0,3 grammes (Bardonnnet *et al.*, 2005), la biomasse totale de civelles serait de 1 304 kilogrammes (Annexe 11).

6. Discussion

6.1. Correspondance avec la pêche professionnelle et la passe de Saujon

6.1.1. Analyse des variations au sein des différentes actions

De nombreux facteurs influencent la montaison et la répartition des civelles tels que la phase lunaire, le mois de l'année, l'appel d'eau douce, la pluviométrie, la salinité, le débit, la température de l'air et de l'eau, la distance du fossé à l'estuaire, le volume d'eau admis ou bien les coefficients de marée, ... (Gascuel, 1986 ; White et Knights, 1997 ; Daverat *et al.*, 2012 ; Baran *et al.*, 2015). Ce sont toujours une multiplicité de ces facteurs et non un seul qui influence l'arrivée de civelles en l'accéléralant ou en la retardant. Pour cette étude, l'analyse des données récoltées lors du suivi (mais aussi lors d'actions antérieures réalisées par le CREA et la Cellule Migrateurs), a mis en évidence que les entrées de civelles variaient selon le mois du suivi, les coefficients de marée, la salinité, la pluviométrie et la température. Une analyse plus précise indique que les facteurs température et pluie sont très importants pour les civelles. En effet des pics d'arrivées de civelles ont été observés en novembre et décembre pour les fossés en bord de Seudre (F1 et F5) lors de forts épisodes pluvieux. Laharrane & Vassart (2013) précisent que la combinaison entre ces deux facteurs favorise la migration de montaison. Il est important d'analyser la série de données par mois pour voir les variations mensuelles des paramètres.

Pour le suivi de la variation des CPUE au niveau des fossés du marais de la Seudre, une augmentation a lieu jusqu'en février puis une diminution est observée. La forte entrée de civelles du fossé F1, en novembre, peut être expliquée par le fait que ce fossé est proche de la Seudre et par l'important épisode pluviométrique et donc l'appel d'eau douce sur les jours d'échantillonnage. La diminution des entrées de civelles dans le fossé F20 à partir de mars peut s'expliquer par la présence massive de crabes verts (*Carcinus maenas*), entre 100 et 200 par relève, empêchant probablement les civelles de rentrer dans le fossé. Cette apparition massive

peut s'expliquer par le fait que l'ouvrage est en fond de chenal et par l'augmentation des températures favorisant le déplacement des crabes. Pour la passe de Saujon, le mois de mars peut être considéré comme la principale fenêtre de migration dans l'année, de 3 à 6 semaines, comme décrite par Carry & Delpeyroux (2012).

En ce qui concerne la taille des civelles, une diminution significative est observée au cours du suivi en fossé ainsi qu'à la passe de Saujon avec des individus passant de 72 à 65 mm en moyenne. La même observation a été faite sur l'Adour en 2000 et 2001 (De Casamajor *et al.*) ainsi que sur la passe de Saujon en 2013. Les civelles entrant dans les eaux de la Seudre pour la saison 2016/2017 sont cependant plus petites que celles mesurées dans le fond du golfe de Gascogne (68 à 76 mm) en 2003 (De Casamajor *et al.*) et à la passe de Saujon en 2013 (64 à 78 mm). Cette diminution de taille est accompagnée par une diminution du poids et tendrait à se stabiliser avec la reprise de l'alimentation (Laffaille *et al.*, 2007).

Enfin, pour les stades pigmentaires, dans le marais de la Seudre, le stade V_B domine sur toute la saison. Il est à noter qu'une « vague » de civelles plus pigmentées est arrivée au mois de mars. Vu leurs jeunes stades, ces individus sont des civelles qui viennent juste de rentrer dans les eaux estuariennes (Adam *et al.*, 2008). Au niveau de la passe de Saujon, les stades sont plus pigmentés (VI_{A1} , VI_{A2}) et ceci peut provenir du fait que la passe se situe plus en amont (à 5 km du fossé suivi le plus en amont du marais(F5)), les individus ont eu le temps de se pigmenter. Comme pour les résultats de 2013 (FDAAPPMA17, 2013), les stades les moins pigmentés (V_B , VI_{A0}) sont surtout présents en début de suivi et les stades les plus pigmentés en fin de suivi. Cette cinétique est observée aussi en Gironde (Elie & Rochard, 1994) et en Vilaine (Briand *et al.*, 2004 ; Briand *et al.*, 2008a). Les arrivées de V_B passent de 90% en début de saison (septembre-octobre) à 30-40% en fin de saison (mai-juin) que l'on soit en zone estuarienne ou fluviale. Pour les lacs médocains, la cinétique est un peu la même qu'en marais de la Seudre avec plusieurs vagues d'arrivées de civelles (Prouzet, 2005) cependant les stades sont plus pigmentés (VI_{A0} , VI_{A1} et VI_{A2}).

Pour la pêche estuarienne, en comparaison avec les saisons précédentes, cette saison a été meilleure au niveau des prises totales de civelles (2,7 tonnes) mais avec une capture par marée semblable aux autres saisons (2,5 kg/marée).

6.1.2. Analyse des correspondances entre les 3 actions

L'analyse des résultats montre qu'il existe bien un lien entre certains compartiments. En effet, un décalage de 3 à 4 jours est observé entre les civelles entrant dans les fossés et les captures

des pêcheurs professionnels. Ce décalage peut s'expliquer par le fait que certains fossés sont assez éloignés de l'axe Seudre après de nombreuses ramifications de chenaux (chenaux de 1 à 4 km de long en rive droite d'après Vatre (1988a et 1988b)). Il faut donc plusieurs marées pour que les civelles atteignent les ouvrages des fossés. Une étude similaire a été faite en 2009 sur la Gironde (Lauronce *et al.*, 2016) et il a été constaté que le nombre de civelles capturées lors des pêches varie de la même façon que les captures des pêcheurs estuariens. A terme, le développement d'un facteur de corrélation entre ces deux actions va être développé. Ensuite si l'on compare les entrées moyennes en fossés à poissons et les remontées de civelles à Saujon, les valeurs sont corrélées ou sont décalées de 1 jour. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que ces civelles font partie du même pool que celui des civelles non pêchées par les pêcheurs estuariens. Donc comme la passe de Saujon se situe en fond d'estuaire, les civelles mettraient plus de temps à l'atteindre. Enfin, à travers l'analyse globale sur l'année, il apparaît qu'il n'existe aucun lien direct entre les CPUE des pêcheurs professionnels et les remontées de civelles à la passe de Saujon. Il serait donc intéressant de refaire cette analyse mais en se concentrant sur une fenêtre de temps plus petite (mensuelle ou par période de vives eaux).

6.2. Comportement des civelles en chenal

Les objectifs de cette partie sont de connaître la part des civelles présente en chenal qui pénètre en fossés et de voir s'il y avait ou pas de blocage de civelles en pied d'ouvrage lors du flot. Des calculs sont encore en cours (débits, volume filtré, hauteur d'eau, ...), et il a donc été choisi de se focaliser sur le traitement des deux autres parties du suivi. Cependant, quelques observations ressortent de ce suivi. Les pics d'abondance de civelles observés lors des différentes nuits sont en accord avec d'autres études. Les arrivées de civelles (entre 45 minutes et 2h avant la pleine mer) se situent entre les valeurs de Lamarque & Baran (2010) qui observent un pic d'abondance entre 20 et 40 minutes avant la pleine mer et celles de Baran *et al.* (2015) qui observent un pic entre 1h30 et 3h00 avant la pleine mer.

Cette méthode de suivi est encore à améliorer à la fois en terme de matériel et de mesure. En effet, les chenaux varient beaucoup au niveau de leur largeur et de leur hauteur d'eau et il a été parfois compliqué de mener correctement les suivis coté chenal.

6.3. Colonisation des civelles en marais

Seul le nombre de civelles entrant en rive droite du marais de la Seudre a pu être estimé par le calcul car les données d'entrées de civelles lors de notre suivi n'étaient pas assez nombreuses pour la rive gauche.

6.3.1. Zone témoin

Un important travail de terrain a eu lieu pour échantillonner la zone avec des conditions climatiques pas toujours clémentes. Une évolution a été observée entre les données de Filloux (2004) et celles de cette étude (2017) au niveau des types d'exploitation du marais mais aussi des ouvrages. En effet, certains ouvrages ont été modifiés (ajout d'un conduit busé dans un moine, fermeture de l'ouvrage,...), d'autres abandonnés et certaines parcelles ont même changé d'usages (de fossé à poissons à claire ostréicole le plus souvent).

6.3.2. Estimation des entrées de civelles dans le marais salé de la Seudre

Au total, 4 348 000 civelles (soit 1 304 kilogrammes) sont potentiellement entrées en marais de la Seudre du 1^{er} septembre 2016 au 31 août 2017. Ces entrées ont surtout eu lieu la nuit (92,3 %) et montrent le caractère nocturne du déplacement des civelles mise en avant dans d'autres études (Tesch, 1977 ; Bardonnnet *et al.*, 2003 ; Lamarque & Baran, 2010 ; Rigaud & Baran, 2011a ; Baran *et al.*, 2015).

Cette estimation s'est faite seulement sur la rive droite par manque de données en rive gauche. Elle sera donc une estimation minimum des entrées de civelles. Etant donné le faible nombre d'effectif en personnel, il a été compliqué de pouvoir suivre tous les fossés à chaque maline (période de vives eaux). Le choix a donc été fait de se concentrer en priorité sur la rive droite car elle possède une superficie plus importante (6 370,2 ha contre 2 697,2 ha en rive gauche d'après Filloux, 2003).

D'autres biais de terrain sont venus perturber les échantillonnages tels que le vol de certains filets en décembre et mars et des problèmes de véhicules entraînant l'annulation d'une journée de terrain.

Ensuite, du fait de la nature novatrice de cette étude, le modèle d'estimation des entrées ne prend pas en compte plusieurs paramètres. Seuls le mois du suivi, les coefficients de marée et la pluviométrie ont été pris en compte et l'analyse statistique a montré que l'impact de la pluviométrie avait un poids important sur l'estimation. Il serait donc intéressant de développer un modèle mathématique plus complet en intégrant des facteurs comme la dimension de l'ouverture de la prise d'eau, sa distance par rapport à la Seudre, sa localisation dans le chenal (entrée, rivulaire ou cul de sac), le nombre de ramification avant d'arriver au fossé, sa position géographique dans le marais (aval, médian, amont), la qualité chimique de l'eau (Bel Hassen

& Prou, 2000), le type d'ouvrage (Delaporte, 2006), la salinité, la température de l'eau et de l'air.

Enfin, il serait intéressant de connaître le devenir de ces civelles. Ressortent-elles après être rentrées ou s'implantent-elles dans ces milieux ? Ceci permettrait de pouvoir estimer le potentiel de développement en anguilles jaunes puis en en anguilles argentées.

Des suivis se font déjà dans les fossés à poissons de Seudre par pêche au verveux (filets) pour le suivi des anguilles jaunes par le CREEA et la Cellule Migrateurs. Le suivi de la dévalaison des anguilles argentées n'est pas mis en place.

De plus, les premiers résultats ont été présentés lors de l'assemblée générale de l'association de réhabilitation des fossés des poissons de Seudre et de l'île d'Oléron le 15 mai en présence de la Communauté des Communes du Bassin de Marennes et de plusieurs maires locaux. La réflexion qui a eu lieu après cette réunion a conduit à la définition d'un autre axe de travail qui serait l'actualisation des ouvrages du marais. La dernière étude a été faite en 2004 et, comme il a été vu lors des prospections en rive gauche ou dans la zone de témoin, de nombreuses parcelles ont changé d'usage. Cela permettrait donc à la fois d'estimer plus précisément les entrées de civelles, de promouvoir et défendre le territoire pour l'anguille mais aussi de revaloriser le marais à la fois écologiquement et économiquement. Enfin, la présente étude va être poursuivie pour préciser le protocole de suivi des entrées de civelles pour pouvoir développer un indicateur.

7. Conclusion

Cette étude montre qu'au niveau du marais salé de la Seudre, les entrées de civelles varient selon le mois du suivi, les coefficients de marée, la salinité, la pluviométrie et la température. Il est a noté que la combinaison entre les épisodes pluvieux et la température a un fort impact sur la migration de montaison. Au niveau des captures en marais par nuit et par fossé, une augmentation a lieu jusqu'en février puis une diminution est observée alors que pour la passe de Saujon, le mois de mars peut être considéré comme la principale fenêtre de migration dans l'année. En ce qui concerne la taille des civelles, une diminution est observée au cours du suivi en fossé et à la passe de Saujon avec des individus passant de 72 à 65 mm en moyenne de novembre à mai. Enfin, les premiers stades pigmentaires (V_A mais surtout V_B) dominent sur toute la période du suivi en fossé alors que les stades observés à la passe de Saujon sont des stades plus pigmentés (VI_{A1} , VI_{A2}). Pour la pêche estuarienne, cette saison a été meilleure au

niveau des prises totales de civelles (2,7 tonnes), en comparaison avec la moyenne des 10 dernières années, mais avec une capture par marée semblable aux autres saisons (2,5 kg/marée). Cette étude montre aussi que les civelles entrent en fossés 3 à 4 jours après leurs arrivées en estuaire et que les remontées à la passe de Saujon sont similaires aux entrées en fossés.

L'analyse des nuits du suivi « comportement des civelles en chenal » est à approfondir. Cependant les suivis ont permis de confirmer le fait qu'un pic de civelles était observé durant le flot.

Enfin, l'estimation des entrées de civelles a pu seulement être faite pour la rive droite et au total, 4 348 000 civelles seraient entrées, en majorité la nuit (92,3 %) au niveau des ouvrages de la rive droite sur l'année soit 1 304 kilogrammes.

De nombreuses perspectives s'ouvrent suite à cette étude avec la finalisation du protocole de suivi des entrées de civelles en marais (développement d'un indicateur), le suivi du devenir des civelles (anguilles jaunes et argentées). Des perspectives économiques apparaissent aussi avec un projet de revalorisation du marais à travers l'actualisation de ses ouvrages.

8. Bibliographie

-Adam G., Feunteun É., Prouzet P., Rigaud P. C. (2008). *L'anguille européenne Indicateurs d'abondance et de colonisation. Rapport final du programme européen Indicang*. Editions Quae, 392p.

-Adam G., Tesseyre D., Reverdy H., Chanseau M., Chaumel A., Postic-Puiviv A., Guerri O., Lauronce V., Carry L., Bosq S., Clave D., Caut I., Buard E., Albert F. (2015). *Plan de gestion des poissons migrants (PLAGEPOMI) : Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre*.

-Aigoui F. & Dufour M. (2008). *Guide passes à poissons*, 1-78.

-Albert F., Lauronce V., Savastano R. (2008). *SAGE « Estuaire de la Gironde et Milieux Associés ». Etude des potentialités piscicoles des affluents de l'estuaire : cas des migrants amphihalins (anguille européenne, lamproies marine et fluviatile, mulets et flet)*.

-Amilhat E. (2007). Etat sanitaire de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* dans le bassin Rhône

Méditerranéen et Corse : synthèse bibliographiques. *Rapport Pôle Lagunes et Cépralmar. CBETM, Université de Perpignan*, 88p.

-Anras L., Blachier P., Burrot V., Filloux D., Jacques C., Jegouzo S., Massé J., Rigaud C., Verfaillie D. (2005). Les marais à poissons du littoral Atlantique. *Publication Forum des Marais Atlantiques*. 20p.

-Anras L., Blachier P., Hussenot J., Lagardère J.P., Lapouyade P., Massé J., Poitevin B., Rigaud C. (2004). Les marais salés Atlantiques : mieux connaître pour mieux gérer. *Publication Forum des Marais Atlantiques*. 76p.

-Anras L. & Chastaing C. (2005) : Ouvrages hydrauliques et gestionnaires en Marais Atlantiques. *Publication Forum des Marais Atlantiques*. 16p.

-Baran P. & Basilio L. (2012). *Plan de sauvegarde de l'anguille : quelles solutions pour optimiser la conception des ouvrages?*

-Baran P., Besse T., Rigaud C. (2015). *Continuité biologique et ouvrages soumis à marée - Le cas de l'anguille européenne - Les éléments importants*

pour évaluer et agir. Synthèse de L'atelier Thématique Du Groupement D'intérêt Scientifique National Sur Les Poissons Migrateurs (GRISAM), 65p.

-Baras E., Philippart J.C., Salmon B. (1996). Estimation of migrant yellow eel stock in large rivers through the survey of fish passes: a preliminary investigation in the River Meuse (Belgium). In Cowx I.G. *Stock assessment in inland fisheries Fishing news books*.82-92.

-Bardonnnet A., Bolliet V., Belon V. (2005). Recruitment abundance estimation: role of glass eel (*Anguilla anguilla* L.) response to light. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 321(2), 181-190.

-Bardonnnet A., Dasse S., Parade M., Heland M. (2003). Study of glass-eels movements in a flume in relation to nycthemeral changes. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 368 : 9-20.

-Beaulaton L. (2008). *Système de suivi des pêches fluvio estuariennes pour la gestion des espèces : construction des indicateurs halieutiques et évaluation des impacts en Gironde*, Institut national polytechnique de Toulouse, Toulouse. 384 p.

-Beaulaton L. & Castelnaud G. (2005). The efficiency of selective tidal stream transport in glass eel entering the Gironde (France). *Bulletin Français de La Pêche et de La Pisciculture*, 378-379, 5-21.

-Bel Hassen M. & Prou J. (2000). *Programme expérimental de réhabilitation des fossés à poissons*. Rapport de contrat CREEA. 59p.

-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*. Rapport de stage de Master 2.

-Blachier P. (2006). *Transformation de l'Association Syndicale Libre de Réhabilitation des Fossés à Poissons de Seudre et d'Oléron en Association Syndicale Autorisée*.

-Blachier P., Filloux D., Guilbaud Y., Rigaud C., Zanette Y. (2000). *Programme expérimental de réhabilitation des fossés à poisson de la Seudre : bilan et perspectives*.

-Bolliet V., Lambert P., Rives J., Bardonnnet A. (2007). Rhythmic swimming activity in *Anguilla anguilla* glass eels: Synchronisation to water current reversal under laboratory conditions. *Journal of*

Experimental Marine Biology and Ecology, 344(1), 54-66.

-Boëtius I. & Boëtius J. (1980). Experimental maturation of female silver eels, *Anguilla anguilla*: estimates of fecundity and energy reserves for migration and spawning. *Dana*, 1, 1-28.

Bonhommeau S., Le Pape O., Gascuel D., Blanke B., Tréguier A.M., Grima N., Vermard Y., Castonguay M., Rivot E. (2009). Estimates of the mortality and the duration of the trans-Atlantic migration of European eel *Anguilla anguilla* leptocephali using a particle tracking model. *Journal of Fish Biology*, 74(9): 1891-1914.

-Briand C., Bonhommeau S., Castelnaud G., Beaulaton L. (2007). An appraisal of historical glass eel fisheries and markets : landings, trade routes and future prospect for management. *The Institute of Fisheries Management Annual Conference*, 21.

-Briand C., Buard E., Postic-Puivif A. (2012). *Modélisation de la capture de civelles dans l'estuaire de la Seudre par l'utilisation du modèle GEMAC, traitement des données des saisons 2008-2009 et 2009-2010*.

-Briand C., Fatin D., Ciccotti E., Lambert P. (2005a). A staged-structured model to predict the effect of temperature and salinity on glass eel *Anguilla anguilla* pigmentation development. *Journal of Fish Biology*, 67, 993-1009.

-Briand C., Fatin D., Feunteun E., Fontenelle G. (2005b). Estimating the Stock of Glass Eels in an Estuary By Mark-Recapture Experiments Using Vital Dyes. *Bull. Fr. Peche Piscic.*, 378-379, 23-46.

-Briand C., Fatin D., Lambert P. (2004). Effets de la température et de la salinité sur le développement de pigmentation des civelles (*Anguilla anguilla*). *Cybiurn*, 28(3), 247-254.

-Briand C., Mounaix B., Fatin D., Feuten E. (2003). The contribution of springtime and autumn glass-eels (*Anguilla Anguilla*) to stock : results based on otolith morphometry. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 368 : 27-42.

-Briand C., Sauvaget B., Beaulaton L., Girard P., Véron V., Fatin D. (2008a). Les tamis poussés sont responsables de blessures et de mortalités chez la civelle (*Anguilla anguilla*). 1-16.

-Briand C., Sauvaget B., Fatin D. (2008b). Analyse du fonctionnement de l'écluse d'Arzal comme un ouvrage de franchissement pour les civelles

d'anguilles (*Anguilla anguilla*). *Rapport Institution D'aménagement de La Vilaine*, 9p.

-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.

-Bureau du Colombier S., Bolliet V., Bardonnat A. (2009). Swimming activity and behaviour of European *Anguilla anguilla* glass eels in response to photoperiod and flow reversal and the role of energy status. *Journal of Fish Biology*, 74(9), 2002-2013.

-Campton P. & Lebel I. (2010). *Suivi des passes-pièges à anguilles sur le Rhône aval*. 41 p.

-Carrilho A. (2015). Mise en place d'un protocole de suivi des entrées de civelles (*Anguilla anguilla*) en marais salé de la Seudre. *Rapport de stage de Master 2 effectué au Centre Régional d'Expérimentation et d'Application Aquacole (CREAA)*.

-Carry L. & Delpeyroux J. (2012). Etude des rythmes de migration des espèces amphibiotiques et holobiotiques de la Garonne au niveau de la station de contrôle de Golfech au cours de l'année 2011. *Rapport MIGADO 22G-12-RT*, 45p.

-Castelnaud G., Loste C., Champion L. (2000). La pêche commerciale dans les eaux intérieures françaises à l'aube du XXIème siècle : bilan et perspectives. *Symposium CECPI on fisheries and society*, 1-24, Budapest.

-Crean S. R., Dick J. T. A., Evans D. W., Rosell R. S. Elwood R. W. (2007). Survival of juvenile European eels (*Anguilla anguilla*), transferred among salinities, and developmental shifts in their salinity preference. *J Zool*, 266, 11-14.

-Crivelli A. (2013). *L'anguille européenne : science et gestion*. 32p.

-Crivelli A. J., Auphan N., Chauvelon P., Sandoz A., Menella J. Y., Poizat G. (2008). Glass eel recruitment, *Anguilla anguilla* (L.), in a Mediterranean lagoon assessed by a glass eel trap: Factors explaining the catches. *Hydrobiologia*, 602(1), 79–86.

-Daverat F., Beaulaton L., Poole R., Lambert P., Wickstorm H., Andersson J., Aprahmian M., Hizem B., Elie P., Yalcin-Ozdilek S., Gumus A. (2012). One century of eel growth: changes and implications. *Ecology of Freshwater Fish*. 12 p.

-Daverat F., Limburg K. E., Thibault I., Shiao J. C., Dodson J. J., Caron F., Wann-Nian T., Yoshiyuki I., Wickström H. (2006). Phenotypic plasticity of habitat use by three temperate eel species, *Anguilla anguilla*, *A. japonica* and *A. rostrata*. *Marine Ecology Progress Series*, 308, 231–241.

-De Casamajor, M.N., Lecomte-Finiger R., Prouzet P. (2001). Détermination de l'état d'amaigrissement des civelles (*Anguilla anguilla*) en migration en zones côtière et estuarienne. *C.R. Acad. Sciences de la Vie*, 324: 345 - 353.

-De Casamajor, M.N., Lecomte-Finiger R., Prouzet P. (2003). Caractéristiques biologiques des civelles (*Anguilla anguilla*) lors de la transition en estuaire. *Bull. Fr. Piscic.*, 368:109 - 124.

-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 hydroclimatiques de l'estuaire de l'Adour. *Aquat. Living Resour.*, 13: 411 - 420.

-Dekker W. (2003). On the distribution of the European eel and its fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 60: 787-799.

-Dekker W. (2004). What caused the decline of the Lake IJsselmeer eel stock after 1960. *ICES Journal of Marine Science*. 61: 394-404.

-Delaporte P. (2006). Restauration, amélioration des ouvrages et des circuits hydrauliques pour favoriser l'ichtyofaune. Réserve Naturelle des marais de Moëze-Oléron et site CELRL de Plaisance/St Froult, Charente-Maritime. *Rapport de fin de travaux. LPO*. Novembre 2006.

-Edeline E. (2005). Facteurs du contrôle de la dispersion continentale chez l'anguille, 144p.

-Edeline E., Beaulaton L., Le Barh R., Elie P. (2007). Dispersal in metamorphosing juvenile eel *Anguilla anguilla*. *Marine Ecology Progress Series*, 344, 213–218.

-Elie P. (1979). Contribution à l'étude des montées de civelles d'*Anguilla anguilla* L. (poisson téléostéen anguilliforme) dans l'estuaire de la Loire : pêche, écologie, écophysiologie et élevage. *Thèse Université de Rennes*. 372 p.

-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. *Vie Milieu*, 32, 149-157.

- Elie P. & Rochard E. (1994). Migration des civelles d'anguilles (*Anguilla anguilla*) dans les estuaires, modalités du phénomène et caractéristiques des individus. *Bulletin Français de La Pêche et de La Pisciculture*, (335), 81–98.
- FAO EIFAC (2008). *Report of the 2008 session of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels*. FAO / ICES, Rome / Copenhagen.
- Fédération de Charente-Maritime pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques. (2013). *Suivi de la passe à civelles de Ribérou sur la Seudre*. 71p.
- Feunteun E. (2002). Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): an impossible bargain. *Ecological Engineering*, 18(5), 575-591.
- Filloux D. (2003). *Etude préliminaire des « Fossés à poissons de Seudre ». Partie 1 : Etude cadastrale*. CREEA. 59p.
- Filloux D. (2004). *Projet de réalisation d'une station de piégeage sur les marais de Seudre*.
- Filloux D., Chalmel R., Blachier P. (2005). *Réhabilitation des fossés à poissons des marais salés de Seudre. Partie I : Proposition d'une méthode de suivi de la réhabilitation et de l'évolution de ce territoire*.
- 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.
- Germain L. (1927). La distribution géographique des anguilles. *Bull. Soc. Océa. Fr.*, 35, 678-682.
- Giannico G. R. & Souder J. A. (2005). Tide gates in the Pacific Northwest: operation, types, and environmental effects (Vol. 5, No. 1). Oregon Sea Grant, Oregon State University.
- Girard P. & Elie P. (2007). Manuel d'identification des principales lésions et des principaux parasites externes des anguilles. *CEMAGREF Bordeaux, Projet INDICANG*. 81p.
- Goutx-Van de Maele E., (1986). *Les marais à poissons de la Côte atlantique française*. Rapport CEMAGREF-ENGREF, 213 p.
- Guillement C. (1984). *Etude socio-économique des marais piscicoles de la rive droite de la Seudre*. ADACO La Rochelle et CEMAGREF Bordeaux, Division "Aménagements littoraux et aquaculture", 114 p.
- Heral M. & Prou J. (1995). Interaction of shellfish aquaculture and other coastal uses : Gis for coastal zoning. *In : ICES Workshop "Principles and practical measures for the interaction of mariculture and fisheries in coastal area planning and management", July 19 to 22 1995, Kiel, Germany*.
- ICES. (2008). Repport of the 2008 session of the joint ICES/EIFAC Working Group on Eels. Leuven (Belgium). September 2008. ICES CM 2008/ACOM:15.
- Inoue J. G., Miya M., Miller M. J., Sado T., Hanel R., Hatooka K., Aoyama J., Minegishi Y., Nishida M., Tsukamoto, K. (2010). Deep-ocean origin of the freshwater eels. *Biology Letters*, 6(3), 363-366.
- Imbert H., Labonne J., Rigaud C., Lambert P. (2010). Resident and migratory tactics in freshwater European eels are size-dependent. *Freshwater Biology*, 55(7), 1483-1493.
- Ibbotson A., Smith J., Scarlett P., Aprhamian M. (2002). Colonisation of freshwater habitats by the European eel *Anguilla anguilla*. *Freshwater Biology*, 47(9), 1696-1706.
- Kummer A. (1983). *Etude préliminaire d'un marais à poissons à Nieulle-sur-Seudre (Charente-Maritime) - Approche écologique et socio-économique*. Rapport de fin d'études, CEMAGREF Bordeaux, Division "Aménagements littoraux et aquaculture", 134 p.
- Laffaille P., Brosse S., Feunteun E., Baisez A., Lefeuvre J. C. (1998). Role of fish communities in particulate organic matter fluxes between salt marshes and coastal marine waters in the Mont Saint-Michel Bay. *Hydrobiologia*, 373–374, 121–133.
- Laffaille P., Caraguel J. M., Legault A. (2007). Temporal patterns in the upstream migration of European glass eels (*Anguilla anguilla*) at the Couesnon estuarine dam. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(1–2), 81–90.
- Laharanne A. & Vassart A. S. (2013). *Suivi de la montaison de l'Anguille européenne sur le bassin versant des lacs médocains*.
- Lamarque E. & Baran P. (2010). *Etude de la gestion de l'ouvrage du Canal de Charras sur la migration de l'anguille - Compte rendu des expériences réalisées*.

- Larinier M. (1992). Le franchissement des buses, des seuils en enrochements et des ouvrages estuariens. *Bull. Fr. Pêche pisc.*, 326-327 : 111-124p.
- Lasserre P. (1982). Editorial. In : Les lagunes côtières. Actes du Symposium international sur les lagunes côtières, SCOR/ IABO/ UNESCO, Bordeaux, France, 8-14 septembre 1981, P. Lasserre & H. Postma eds, *Oceanologica Acta* : 5.
- Lauronce V., Bouyssonnie W., Burguete M., Doucet T. (2016). *Actions pour la sauvegarde de l'anguille européenne sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne (ACTANG15). Janvier à décembre 2015.*
- Lauronce V., Bouyssonnie W., Pellegru T. (2014). *Actions pour la sauvegarde de l'anguille européenne sur le bassin gironde-Garonne-Dordogne (ACTANG13) et mise en place des rivières pilotes (RIVANG13). Janvier à décembre 2013.*
- Leaute J. P. (2002). *Caractéristiques des petites pêches côtières et estuariennes de la côte atlantique du sud de l'Europe-Rapport final-Synthèse.* (24 mars 2000-23 avril 2002).
- Lecomte-Finiger R. (1992). Growth history and age at recruitment of European glass eels (*Anguilla anguilla*) as revealed by otolith microstructure. *Marine Biology*, 114(2): 205-210.
- Legault A. (1988). Le franchissement des barrages par l'escalade de l'anguille. Etude en Sèvre Niortaise. *Bulletin Français de La Pêche et de La Pisciculture*, (308), 1-10.
- Legault A. (1992). Étude de quelques facteurs de sélectivité de passes à anguilles. *Bulletin Français de La Pêche et de La Pisciculture*, 325, 83-91.
- Lefevre J., Laffaille P., Feunteun E., Bouchard V., Radureau A. (2003). Biodiversity in salt marshes : from the patrimonial value to the ecosystem functioning. The case study of the Mont Saint-Michel Bay. *Comptes Rendus Biologies*, 326, 125-131.
- Linneaus C. (1758). *Systema Naturae*.
- Mann R. K. H. (1982). *Ecology of coastal waters: a systems approach (Vol. 8)*. University of California press, Los Angeles, 322p.
- Mann R. H. K. & Blackburn J. H. (1991). The biology of the eel *Anguilla anguilla* (L.) in an English chalk stream and interactions with juvenile trout *Salmo trutta* L. and salmon *Salmo salar* L. *Hydrobiologia*, 218(1), 65-76.
- Martin J., Daverat F., Pécheyrans C., Als T.D., Feunteun E., Réveillac E. (2010). An otolith microchemistry study of possible relationships between the origins of leptocephali of European eels in the Sargasso Sea and the continental destinations and relative migration success of glass eels. *Ecology of Freshwater Fish*, 19(4) : 627-637.
- Massé J., & Rigaud C. (1998). *L'anguille et les marais littoraux.*
- Mc Cleave J.D., Klechner R.C. (1982). Selective tidal stream transport in the estuarine migration of glass eels of the American eel (*A. rostrata*). *Jl Cons. Intern. Explor. Mer*, 40 : 262-271.
- Mc Cleave J.D., Wippelhauser G.S. (1987). Behavioural aspects of selective tidal stream transport in juvenile American eels. *Amer. Fish. Soc. Symp.*, 1 : 138-150.
- Papy L. (1941). L'homme et la mer sur la Côte atlantique de la Loire à la Gironde. *Thèse de doctorat des Lettres. Université de Bordeaux* 4. 302 p.
- Plan de gestion anguille Français (2010). Rapport du Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer ; Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche ; ONEMA, volet national, 3 février 2010. 120 pp.
- Prouzet P. (2005). *Approche écosystémique de la gestion de l'anguille européenne (Anguilla anguilla).*
- Prouzet P., Odunlami M., Duquesne E., Boussouar A. (2009). Analysis and visualization of the glass eel behavior (*Anguilla anguilla*) in the Adour estuary and estimate of its upstream migration speed. 534, 525-534.
- Rigaud C. (2017). *Vers une méthode d'évaluation de la transparence d'un axe fluvial vis-à-vis de la phase initiale de colonisation de l'anguille européenne : 1er rapport d'état d'avancement.*
- Rigaud C., Alric A., Robin F.X., Courret D. (2014). Les civelles face à deux ouvrages latéraux de l'estuaire de la Charente. Tests de modalités de gestion ou d'aménagement visant à améliorer la franchissabilité de ces ouvrages. Bilan des suivis 2010-2013. *Rapport du Pôle Eco-hydraulique de Toulouse (Onema-Irstea-Imft)*, 92 p.
- Rigaud C. & Baran P. (2011a). *Amélioration de la transparence migratoire des ouvrages pour*

l'anguille européenne en phase de colonisation : tour d'horizon des connaissances.

-Rigaud C. & Baran P. (2011b). *Gestion hivernale des Iers ouvrages à la mer pour le franchissement des anguilles. Tests d'admission limitée.* IRSTEA-ONEMA, Programme R&D Anguilles et Ouvrages - Solution Technique - Fiche 1, 4p.

-Rosell R., Evans D., Allen M. (2005). The eel fishery in Lough Neagh, Northern Ireland – an example of sustainable management? *Fisheries Management and Ecology*, 12: 377-385.

-SAGE Seudre. (2016). *Plan d'aménagement et de gestion durable de la ressource en eau et des milieux aquatiques.*

-Schmidt J. (1922). The breeding place of the eels. *Phil. Trans. R. Soc.*, 211, 179-208.

-Schmidt J. (1925). The breeding places of the eel. *Annual report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution*, report for 1924: 279-316.

-Tesch F. W. (1977). *The Eel*. London: Chapman & Hall. 434p.

-Tesch F.W. & White R.J. (2003). *The Eel*. 416p.

-Van Ginneken V., Durif C., Balm S. P., Boot R., Versteegen M., Antonissen, E., Van Den Thillart, G. (2007). Silvering of European eel (*Anguilla anguilla* L.): seasonal changes of morphological and metabolic parameters. *Animal Biology*, 57(1), 63–77.

-Vatre J.F. (1988a). *Commune de Nieulle sur Seudre et St Just-Luzac. Pré étude d'aménagement foncier. 1 : Présentation.* Département de la Charente Maritime, Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt

-Vatre J.F. (1988b). *Commune de Nieulle sur Seudre et St Just-Luzac. Pré étude d'aménagement foncier. 2 : Commune de Nieulle sur Seudre.* Département de la Charente Maritime, Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt.

-Van den Thillart G.V., Van Ginneken F., Körner R., Heijmans R., Van der Linden R., Gluvers A.

(2004) Endurance swimming of European eel. *J Fish Biol* 65:312–318.

-Verger F. (1988). *Marais et Wadden du littoral français.* Paradigme Caen. 550p.

-Verger F. (2005). *Marais maritimes et estuaires du littoral français.* Paris. 335p.

-Voegtle B., Larinier M., (2000). Etude sur les capacités de franchissement des civelles et anguillettes. Site hydroélectrique de Tuilières sur la Dordogne (24). Barrage estuarien d'Arzal sur la Vilaine (56). *Rapport GHAAPPE, RA 00.05 / MIGADO G15-00-RT*. 126p.

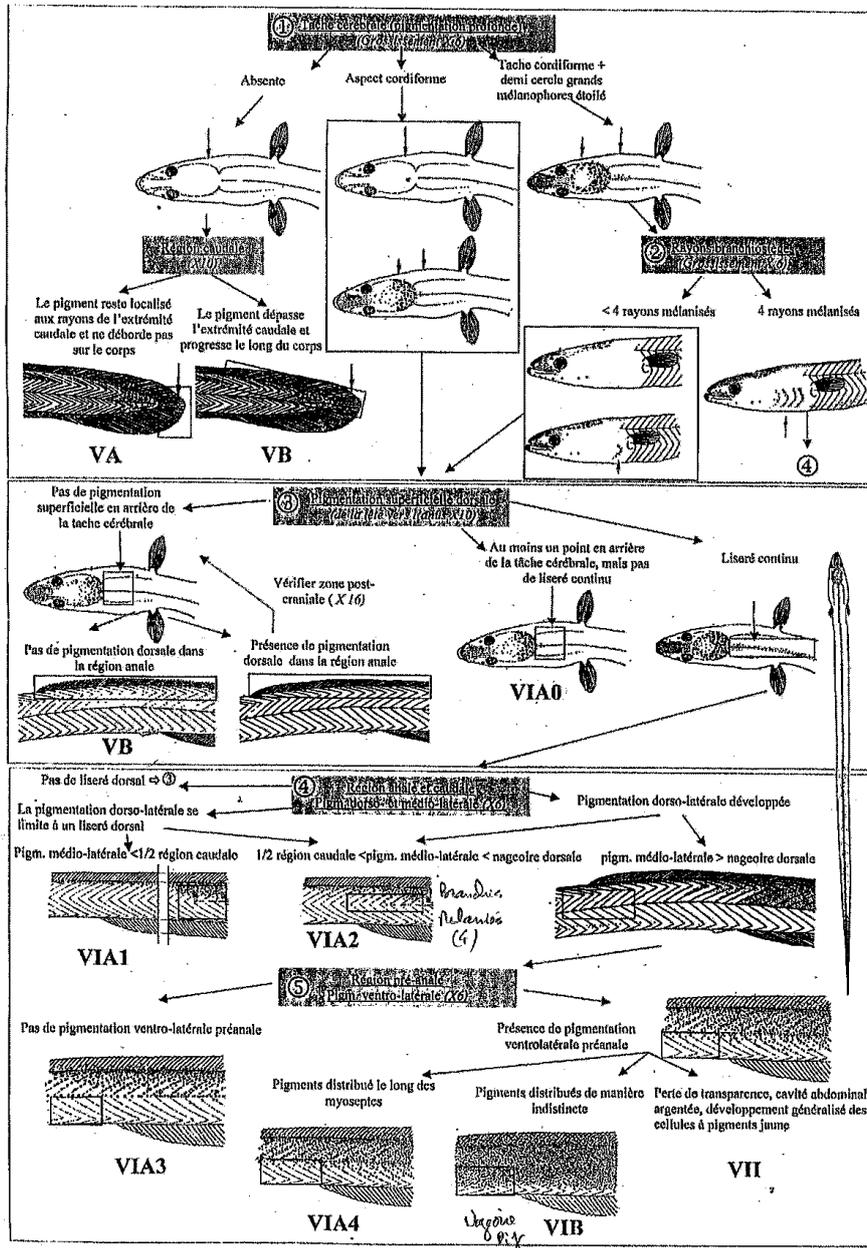
-White E. M. & Knights B. (1997). Dynamics of upstream migration of the European eel, *Anguilla anguilla* (L.), in the Rivers Severn and Avon, England, with special reference to the effects of man-made barriers. *Fisheries Management and Ecology*, 4(4), 311-324.

Webographie :

<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2016/10/17/DEV1621062A/jo/>

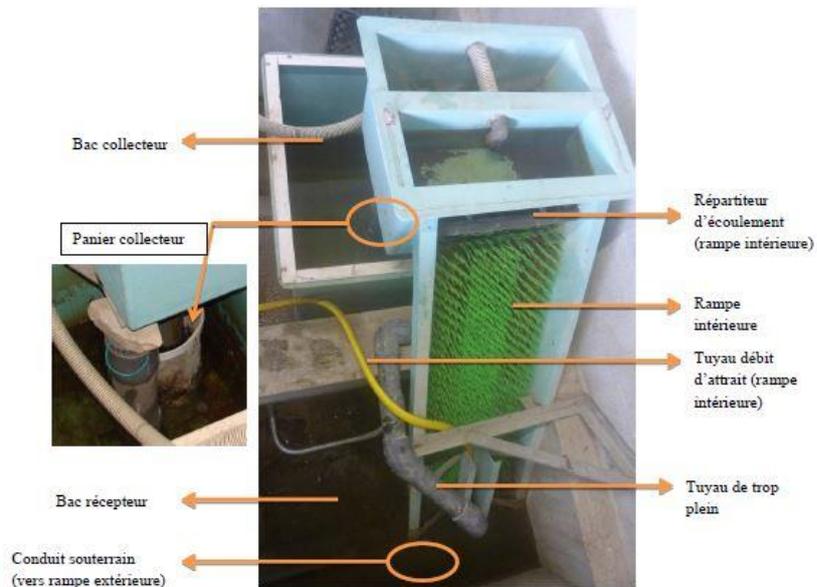
9. Annexes

Annexe 1 : Clé de détermination des stades pigmentaires chez la civelle (Elie, 1982)



Annexe 2 : Solutions mises en place pour la libre circulation de la civelle

-**La passe de Saujon** (Fédération de Charente-Maritime pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques, 2013)



-**L'ouverture dans l'écluse de Biard**



Annexe 3 : Dispositifs de blocage pouvant être mis dans les feuillures des moines

Demi-langon côté fossé



Clapet et dérase coté chenal



Grille coté fossé



Annexe 4 : Planning des sorties terrains

Date	Coef	Heure PM	Coef	Heure PM	F20/ F21	FO	F1	F5	MDL	F30/F31	FG1	FG8	FG9	
05-06 oct	70	19h30	65	7h49										
17-18 oct	114	18h22	113	6h38										
14-15 nov	109	16h26	111	4h44										
16-17 nov	109	17h55	105	6h09										
17-18 nov	100	18h42	94	6h56										
13-14 déc	101	16h16	104	4h36										
14-15 déc	106	17h03	106	5h21										
15-16 déc	105	17h49	103	6h06	Annulé									
10-11 janvier	82	15h19	88	3h43										
11-12 janvier	92	16h09	96	4h30										
12-13 janvier	99	16h55	101	5h15										
30-31 janvier	92	18h15	91	6h36										
8-9 février	74	15h15	80	3h37										
9-10 février	86	16h01	90	4h22										
13-14 février	96	18h12	93	6h25										
14-15 février	89	18h37	84	6h50										
28 fev -1 ^{er} mars	103	17h56	102	5h40										
1-2 mars	101	18h32	103	6h17										
2-3 mars	95	19h11	99	6h56										
13-14 mars	97	17h16	97	5h30										
14-15 mars	95	17h40	93	5h54										
15-16 mars	89	18h06	85	6h22										
28-29 mars	105	18h01	108	6h19										
29-30 mars	109	18h36	109	6h58										
30-31 mars	108	19h13	104	7h39										
10-11 avril	89	17h22	90	5h37										
11-12 avril	91	17h45	91	6h00										
12-13 avril	90	18h11	88	6h27										
9-10 mai	80	16h54	81	5h10										
10-11 mai	82	17h19	83	5h36										

	Pose/Relève Nuit
	Pose /Relève Nuit + Jour
	Bongo

Annexe 5 : Autorisation scientifique



PRÉFET DE LA RÉGION NOUVELLE-AQUITAINE

Direction interrégionale de la mer Sud-Atlantique

Service de l'action économique et de l'emploi maritime

Délégation Poitou-Charentes

Vu le règlement (CE) n°850/98 du conseil du 30 mars 1998 modifié visant à la conservation des ressources de pêche par le biais de mesures techniques de protection de juvéniles d'organismes marins ;

Vu le code rural et de la pêche maritime ;

Vu l'arrêté du Préfet de la Région Nouvelle-Aquitaine du 14 janvier 2016 portant délégation de signature à Monsieur Eric LEVERT, directeur interrégional de la mer Sud Atlantique ;

Vu l'arrêté du Préfet de la Région Nouvelle-Aquitaine du 03 février 2016 portant subdélégation de signature de Monsieur Eric LEVERT, directeur interrégional de la mer Sud-Atlantique au chef de service de la direction interrégionale de la mer Sud-Atlantique ;

Considérant le courrier de demande d'autorisation de pêche scientifique de l'EPTB Charente réceptionné le 06 février 2017 ;

DECIDE

Article 1^{er}

La cellule migrateurs des bassins de la Charente et de la Seudre composée de l'EPTB Charente, le Groupement des fédérations de pêche de Poitou-Charentes et le Centre Régional d'Expérimentation et d'Application Aquacole (CREAA) est autorisée à prélever et transporter sur le domaine public maritime de la Charente-Maritime et les fleuves, estuaires, rivières, canaux relevant des limites des affaires maritimes de la faune piscicole à des fins scientifiques, conformément au protocole annexé à la présente décision.

- Zone de pêche : Les marais salés de la Charente-Maritime ; l'estran et les estuaires de la Charente, de Brouage et de la Seudre.

- Espèces concernées : Poissons migrateurs amphihalins

- Engins utilisés : Filets de filtration, bongo, épuisettes, carrelets, engins passifs type « flottangs ».

- Période de pêche : Année 2017.

Article 2

Le demandeur s'engage à informer la DIRM SA des dates d'intervention des différentes actions et de lui adresser un compte-rendu des opérations incluant un bilan quantitatif et qualitatif des prélèvements à l'issue de l'année 2017.

La Rochelle, le 07/02/2017

Pour le préfet de région et par substitution,



Isabelle LACROIX

Chef de Délégation Poitou-Charentes

Isabelle LACROIX
DIRM Sud-Atlantique
Déléguée Poitou-Charentes

Pour information :

Centre national de surveillance des pêches

DIRM SA

DDTM de la Charente-Maritime

Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis

Annexe 6 : Filet Bongo



Annexe 7 Epuisette



Annexe 8 : Tableau utilisé pour l'ACP (La colonne fossé n'a pas été prise en compte lors de l'analyse)

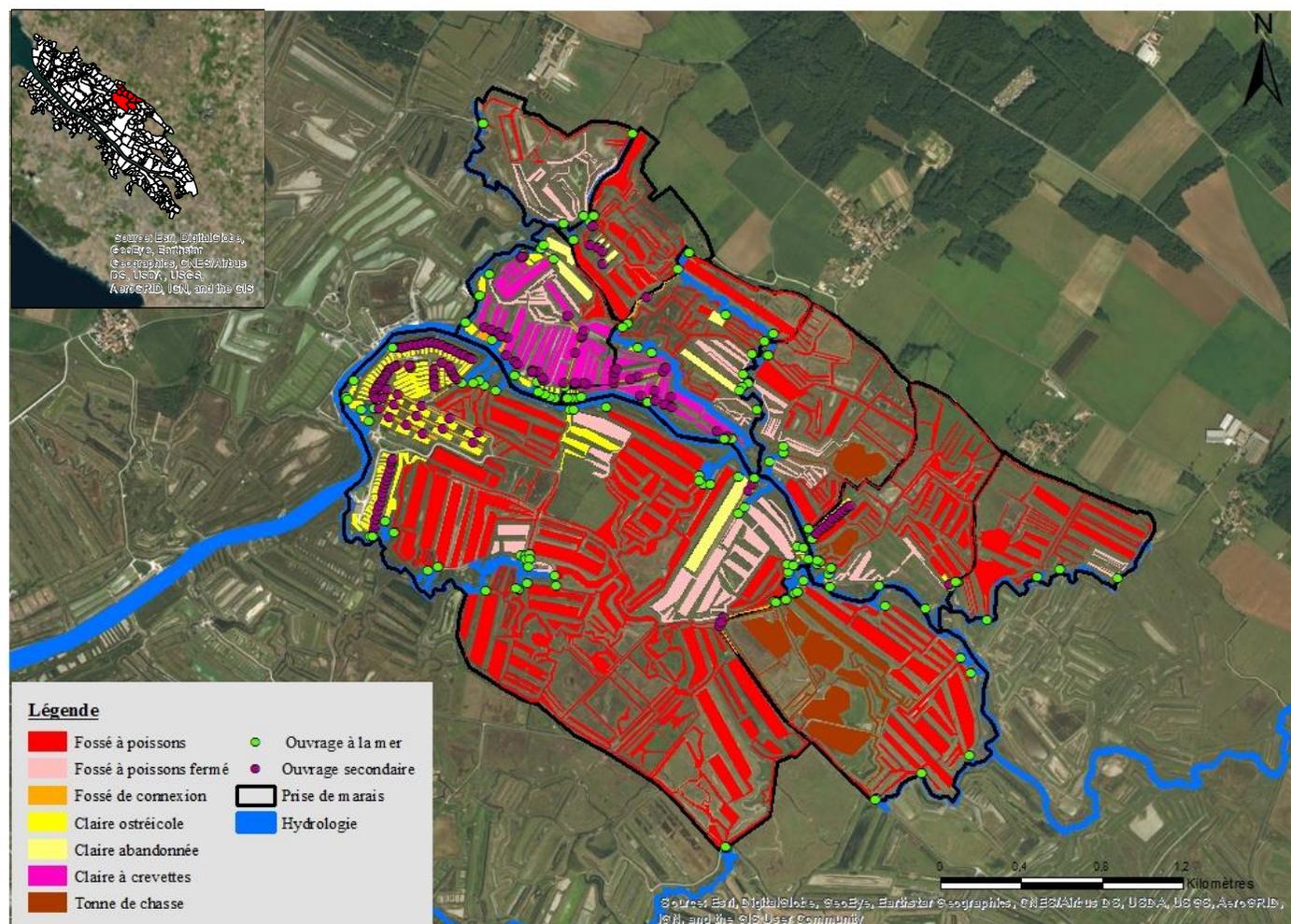
Fossé	Nombre de civelles	Zone	Mois	Distance à la Seudre	Coefficient de marée	Pluviométrie (mm)	Température (°C)	Salinité (‰)	Type de l'ouvrage
F5	19	3	1	0	113	0,4	13,9	35,8	2
F1	13	2	1	1040	113	0,4	13,6	36	2
F20	0	1	1	1700	89	0,2	16,6	34,8	1
F21	1	1	1	1700	89	0,2	16,6	34,8	2
MDL	0	1	1	4700	113	0,4	15,4	34,7	2
F5	31	3	2	0	103	2,6	11	31	2
F1	87	2	2	1040	103	2,6	11,2	32,3	2
F20	15	1	2	1700	103	2,6	12,1	33,5	1
F21	4	1	2	1700	103	2,6	12,1	33,5	2
MDL	9	1	2	4700	103	2,6	12,1	33,5	2
F5	29	3	3	0	105	0	8	29,7	2
F1	13	1	3	1040	105	0	8,1	30,8	2
F20	22	1	3	1700	105	0	10,2	33,4	1
F21	6	1	3	1700	105	0	10,2	33,4	2
F0	20	1	3	4500	106	0	9	33,5	2
MDL	24	1	3	4700	105	0	10,2	33,4	2
F5	29	3	4	0	94	1,3	5,5	27,7	2
F20	112	1	4	1700	95	1,3	6	33,4	1
F21	11	1	4	1700	95	1,3	6	33,4	2
F0	85	1	4	4500	95	1,3	6,4	31,3	2
MDL	67	1	4	4700	95	1,3	6	33,4	2
F5	71	2	5	0	87	1	9,6	24	2
F1	62	1	5	1040	87	1	9,3	26,5	2
F20	113	1	5	1700	87	1	8,5	32,2	1

Fossé	Nombre de civelles	Zone	Mois	Distance à la Seudre	Coefficient de marée	Pluviométrie (mm)	Température (°C)	Salinité (‰)	Type de l'ouvrage
F21	13	2	5	1700	87	1	8,5	32,2	2
F0	32	1	5	4500	87	1	8,3	29,9	2
MDL	102	3	5	4700	87	1	8,5	32,2	2
F5	27	3	6	0	99	0,1	12,4	21,5	2
F1	44	1	6	1040	99	0,1	12,9	24	2
F20	4	1	6	1700	99	0,1	12	31,3	1
F21	5	1	6	1700	99	0,1	12	31,3	2
F0	8	1	6	4500	95	0,1	12,1	26,2	2
MDL	20	1	6	4700	92	0,1	11,5	31,3	2
F5	5	2	7	0	90	0	17,1	24,2	2
F1	4	1	7	1040	90	0	15,8	26	2
F20	0	1	7	1700	90	0	15,9	31,3	1
F21	0	1	7	1700	90	0	15,9	31,3	2
F0	0	1	7	4500	90	0	16,2	28,8	2
MDL	3	3	7	4700	90	0	15,9	31,3	2

Annexe 9 : Mois et fossés pour chaque numéro de l'ACP

	F5	F1	F20	F21	F0	MDL
Octobre	1	2	3	4		5
Novembre	6	7	8	9		10
Décembre	11	12	13	14	15	16
Janvier	17		18	19	20	21
Février	22	23	24	25	26	27
Mars	28	29	30	31	32	33
Avril	34	35	36	37	38	39

Annexe 10 : Répartition des prises d'eau et des parcelles en eau sur la zone témoin (réalisation F. Prellwitz)



Annexe 11 : Détails des valeurs pour le calcul total d'estimation des entrées de civelles en rive droite de la Seudre

Tableau 1 : Valeurs des entrées de civelles en rive droite de jour

Types d'ouvrage	Fossé	Zone témoin	Rive droite
	Civelle	Civelle	civelles
Type 1	387	16 641	174 625
Type 2	299	10 465	126 833
Type 3	149	4 172	31 976

Type d'exploitation	Zone témoin		Rive droite Seudre	
	Ouvrage	Civelle	Ouvrage	Civelle
Claire	37	10 899	394	116 187
FAP	66	19 544	704	208 346
Tonnes	3	835	32	8 901
Somme	106	31 278	1 130	333 435
			Civelles (g)	100 031
			Civelles (kg)	100

Tableau 2 : Valeurs des entrées de civelles en rive droite de nuit

Types d'ouvrage	Fossé		Zone témoin		Rive droite Seudre	
	Civelle	Ecart type	Civelle	Ecart type	Civelle	Ecart type
Type 1	5 168	2 468	222 224	106 124	2 325 924	1 023 814
Type 2	3 251	1 581	113 794	55 335	1 386 708	617 059
Type 3	1 450	189	40 600	5 292	302 256	136 756

Type d'exploitation	Zone témoin			Rive droite du marais de la Seudre		
	Ouvrage	Civelle	Ecart type	Ouvrage	Civelle	Ecart type
Claire	37	137 247	58 523	394	1 463 107	623 877
FAP	66	229 501	103 990	704	2 446 570	1 108 573
Tonnes	3	9 869	4 238	32	105 210	45 179
Somme	106	376 618	166 751	1 130	4 014 887	1 777 629
				Civelles (g)	1 204 466	533 289
				Civelles (kg)	1 204	533

Résumé

Cette étude présente le suivi des entrées de civelles (jeunes stades de l'anguille européenne, *Anguilla anguilla*) dans le marais salé de la Seudre (9 000 ha). Ce suivi fait partie d'une étude globale sur la compréhension de la répartition des civelles dans le bassin versant de la Seudre. Dans ce cadre, la correspondance entre la quantité de civelles entrant en marais salé, les captures de la pêche estuarienne et les remontées de civelles à la passe de Saujon ont été analysées. Ce suivi a eu lieu du 5 octobre 2016 au 15 mai 2017, sur 8 fossés à poissons repartis sur la rive droite du marais. Sur cette période, une fenêtre de migration a été observée en marais (janvier et février) et de la passe de Saujon (mars). Pour ces deux zones, une diminution de la taille moyenne apparaît lors du suivi (de 72 à 65mm), tout comme une différence de pigmentation avec des individus peu pigmentés (VB) dans le marais salé et des individus plus pigmentés à la passe (VIA1, VIA2). Pour la pêche estuarienne, des pics de captures de civelles ont eu lieu fin décembre, fin janvier et début février. Cette étude montre que les civelles entrent en fossés 3 à 4 jours après leurs arrivées en estuaire (captures par les pêcheurs professionnels) et que les remontées à la passe sont similaires aux entrées en fossés. Une estimation des entrées de civelles en marais salé a été faite pour la rive droite, sur la saison 2016/2017. Au total, 4 348 000 civelles, soit 1 304 kilogrammes, seraient entrées dans ce marais salé. En comparaison, l'activité de pêche professionnelle a capturé 2 744 kg sur la saison et au 15 mai, 47 kg de civelles étaient remontés à la passe. Cette étude permettra, à l'avenir, de développer un indicateur sur les entrées de civelles en marais salé de la Seudre.

Mots clefs : *Anguilla anguilla* ; Anguille européenne ; Civelle ; Marais salé ; Seudre ; Passe de Saujon, Pêche estuarienne ; ouvrages hydrauliques ; fossé à poissons

Observation of glass eels (*Anguilla anguilla*) entries in salt marsh of the Seudre river

This study presents the follow-up of glass eels (young stages of the European eel, *Anguilla anguilla*) entries in the salt marsh of the Seudre (9 000 ha). This monitoring is part of a global study on understanding of the distribution of glass eels in the Seudre watershed. In this context, the correspondence between the quantity of glass eels entries in salt marshes, the catches of the estuarine fishery and the lifts of glass eels at the Saujon pass were analyzed. This follow-up took place from 5 October 2016 to 15 May 2017, on 8 fishponds distributed on the right shore of the Seudre salt marsh. During this period, a migration window was observed in salt marshes (January and February) and the Saujon pass (March). In both areas, a decrease in mean size appeared during the follow-up (from 72 to 65 mm), as a difference in pigmentation with sparsely pigmented individuals (VB) in the salt marsh and more pigmented individuals at the Saujon pass (VIA1, VIA2). For the estuarine fishery, peak catches of glass eels occurred at the end of December, late January and early February. Finally, this study shows that glass eels enter in fishponds, 3 to 4 days after their arrival in the estuary (catches by professional fishermen) and that the lifts at the Saujon pass are similar to the entries in fishponds. An estimation of the glass eels entries on the salt marsh of the Seudre was made. This estimate took place on the right shore, during the 2016/2017 season. In total, 4 348 000 glass eels, 1 300 kilograms, would have entered in the salt marsh. Comparatively, professional fishermen caught 2 700 kg and 47 kg of glass eels were collected at the pass (15 May). This study will allow, in the future, to develop an indicator on the entries of glass eels in salt marshes of the Seudre.