

# Élaboration d'un protocole de suivi des civelles pour deux marais vendéens



## Mémoire de dominante d'approfondissement Gestion des Milieux Naturels

Alice CHENAL

Maître de stage : Timothée BESSE  
LOGRAMI - Tableaux de bord Migrateurs de la Loire, des côtières vendéens et de la Sèvre niortaise

Université de Rennes 1  
Campus Beaulieu, bat. 25  
35042 Rennes Cedex FRANCE

Enseignant référent : Bernard JABIOL

Année 2016/2017



# Élaboration d'un protocole de suivi des civelles pour deux marais vendéens

Mémoire de dominante d'approfondissement  
Gestion des Milieux Naturels

Alice CHENAL

Maître de stage : Timothée BESSE

Année 2016/2017



## RÉSUMÉ

L'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.) est une espèce menacée, dont le déclin de la population est observé depuis les années 1980. Elle subit de nombreuses pressions, notamment des problèmes de continuité écologique et d'accessibilité des habitats, de nombreux obstacles entravant ses migrations. Le marais constitue un habitat potentiellement favorable à l'anguille mais les populations observées ne semblent pas atteindre ce potentiel d'accueil.

Dans le cas de deux marais côtiers vendéens, le besoin est apparu de suivre plus précisément le recrutement en jeunes anguilles. Ce stage a permis de tester sur ces deux marais le piège *flottang*, qui capture préférentiellement les individus de moins de 15 cm. Un plan d'échantillonnage assez dense a été mis en place en 2017 afin de récolter un maximum de données. Le but est d'élaborer ensuite un protocole plus précis à appliquer pour suivre le recrutement et l'effet des changements de gestion des ouvrages hydrauliques sur ce dernier.

Les résultats obtenus nous amènent à nous focaliser sur les premiers obstacles rencontrés lors de l'arrivée des civelles depuis l'océan, et à décaler la saison de suivi plus tôt pour correspondre à la période d'arrivée principale des civelles sur les côtes atlantiques. Le protocole proposé aux gestionnaires des deux marais étudiés devra pouvoir servir d'outil pour suivre l'efficacité des mesures prises dans le cadre de l'amélioration de l'accessibilité des marais pour l'anguille.

## ABSTRACT

The European eel (*Anguilla anguilla* L.) is an endangered species, the decrease of its population has been known since the 1980s. It suffers from many threats, including problems about ecological continuum and access to habitats, many hydraulic structures limiting its migrations. Marshes offer a potentially favourable habitat for eels but the populations observed do not seem to reach the capacity.

For two coastal marshes in Vendée, there was a need to monitor specifically the young eels' recruitment. This internship consisted in a test on these two marshes of a trap named "*flottang*" that catches mostly eels that measure less than 15 cm. A condensed sampling plan was carried out in 2017 in order to gather as many data as possible. The aim is then to create a more specific protocol to apply to monitor the recruitment and how changes in management of hydraulic structures affect it.

The results lead us to focus on the first obstacles that glass eels face when they arrive from the ocean, and to shift the monitoring period earlier in the year in order to match with the main arrival of glass eels on the Atlantic coasts. The protocol presented to the managers of the two marshes should be used as a tool to watch the efficiency of measures taken in favour of improving the access of eels to the marshes.



## Engagement de non plagiat

### ① Principes

- Le plagiat se définit comme l'action d'un individu qui présente comme sien ce qu'il a pris à autrui.
- Le plagiat de tout ou parties de documents existants constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée
- Le plagiat concerne entre autres : des phrases, une partie d'un document, des données, des tableaux, des graphiques, des images et illustrations.
- Le plagiat se situe plus particulièrement à deux niveaux :
  - Ne pas citer la provenance du texte que l'on utilise, ce qui revient à le faire passer pour sien de manière passive.
  - Recopier quasi intégralement un texte ou une partie de texte, sans véritable contribution personnelle, même si la source est citée.

### ② Consignes

- Il est rappelé que la rédaction fait partie du travail de création d'un rapport ou d'un mémoire, en conséquence lorsque l'auteur s'appuie sur un document existant, il ne doit pas recopier les parties l'intéressant mais il doit les synthétiser, les rédiger à sa façon dans son propre texte.
- Vous devez systématiquement et correctement citer les sources des textes, parties de textes, images et autres informations reprises sur d'autres documents, trouvés sur quelque support que ce soit, papier ou numérique en particulier sur internet.
- Vous êtes autorisés à reprendre d'un autre document de très courts passages in extenso, mais à la stricte condition de les faire figurer entièrement entre guillemets et bien sûr d'en citer la source.

③ Sanction : En cas de manquement à ces consignes, la DEVE/le correcteur se réservent le droit d'exiger la réécriture du document sans préjuger d'éventuelles sanctions disciplinaires.

### ④ Engagement :

Je soussigné (e) CHENAL Alice  
Reconnaît avoir lu et m'engage à respecter les consignes de non plagiat  
A Saint-Jean-de-Monts le 11/08/2017

Signature :



# Remerciements

Je tiens d'abord à remercier Timothée BESSE, mon maître de stage, chargé de développement du Tableau de bord Migrateurs du Bassin Loire à Logrami, pour son accueil et la confiance qu'il m'a accordée dans la réalisation de mes missions.

Je remercie également Bernard JABIOL, enseignant-chercheur à Agroparistech, pour son encadrement et l'aide qu'il m'a apportée dans l'organisation de mon stage.

Je tiens à remercier tout particulièrement Jean-Guy ROBIN, de l'écomusée du Daviaud, ainsi que Régis MARTY et Franck POINTUREAU du Polder de Sébastopol pour leurs conseils et leur accompagnement lors de la phase de terrain.

J'adresse également mes remerciements à toutes les personnes qui ont pris le temps d'échanger avec moi sur l'utilisation de ce nouveau piège qu'est le *flottang*, et en particulier François ALBERT de la Cellule Migrateurs Charente Seudre.

Je remercie aussi toute l'équipe de l'écomusée du Daviaud ainsi que l'ensemble du laboratoire EA 7462 GTUBE à l'Université Rennes 1 pour les pauses déjeuner animées et conviviales qu'on a pu partager.

Enfin je tiens à remercier Camille et Claire, mes camarades stagiaires, avec qui j'ai passé de très bons moments au cours de ce stage.

# Table des matières

Remerciements .....	1
Table des matières .....	2
Index des figures .....	5
Index des tableaux .....	6
Index des cartes .....	7
Liste des sigles.....	8
Introduction .....	9
1. Contexte .....	10
<b>1.1. Structure d'accueil : Loire grands migrateurs (LOGRAMI) .....</b>	<b>10</b>
<u>1.1.1 Origines de LOGRAMI.....</u>	<u>10</u>
<u>1.1.2 Missions.....</u>	<u>10</u>
<u>1.1.3 Le Tableau de bord des poissons migrateurs du bassin de la Loire.....</u>	<u>10</u>
<b>1.2. Présentation de l'espèce.....</b>	<b>10</b>
<u>1.2.1 Le cycle de vie de l'anguille.....</u>	<u>10</u>
<u>1.2.2 Les différentes migrations .....</u>	<u>11</u>
<b>1.3. Menaces et pressions.....</b>	<b>12</b>
<u>1.3.1 Statut menacé de l'anguille .....</u>	<u>12</u>
<u>1.3.2 De nombreuses pressions .....</u>	<u>12</u>
1.3.2.1 Entrave à la continuité écologique .....	13
1.3.2.2 Dégradation de la qualité des habitats .....	13
<b>1.4. Réglementation et mesures de gestion.....</b>	<b>13</b>
<u>1.4.1 Règlement européen et plan de gestion national .....</u>	<u>13</u>
<u>1.4.2 Classement des cours d'eau par la Loi sur l'eau .....</u>	<u>14</u>
<u>1.4.3 Obstacles « Grenelle ».....</u>	<u>14</u>
<b>1.5. Le marais et l'anguille .....</b>	<b>14</b>
<b>1.6. Contexte local du stage .....</b>	<b>15</b>
<u>1.6.1 Le marais du Daviaud.....</u>	<u>15</u>
<u>1.6.2 Le polder de Sébastopol .....</u>	<u>17</u>
<b>1.7. Problématiques des gestionnaires et objectifs du stage .....</b>	<b>18</b>
<u>1.7.1 Questions soulevées par les suivis existants.....</u>	<u>18</u>
<u>1.7.2 Histoire et principe du flottang .....</u>	<u>18</u>
<u>1.7.3 Contexte global d'utilisation du flottang .....</u>	<u>18</u>
2. Matériel et méthodes.....	20
<b>2.1. Matériel de piégeage .....</b>	<b>20</b>
<u>2.1.1 Construction des flottangs .....</u>	<u>20</u>
<u>2.1.2 Mise en place des flottangs.....</u>	<u>20</u>
<b>2.2. Méthode de relève .....</b>	<b>21</b>

<b>2.3. Plan d'échantillonnage .....</b>	<b>21</b>
2.3.1 Principes du plan d'échantillonnage mis en place.....	21
2.3.2 Le réseau « Entrée » .....	22
2.3.2.1 Localisation des sites : marais du Daviaud.....	22
2.3.2.2 Localisation des sites : polder de Sébastopol .....	23
2.3.3 Le réseau « Répartition ».....	24
2.3.3.1 Localisation des sites : marais du Daviaud.....	25
2.3.3.2 Localisation des sites : polder de Sébastopol .....	25
<b>2.4. Analyses des résultats .....</b>	<b>25</b>
2.4.1 Structure du tableur des données .....	25
2.4.2 Variables d'analyse .....	26
2.4.3 Analyse des variables .....	26
2.4.3.1 Comparaison de deux médianes .....	26
2.4.3.2 Comparaison de plusieurs médianes.....	26
2.4.3.3 Lien entre deux variables.....	27
<i>Coefficient de corrélation</i> .....	27
<i>Modèles de régression</i> .....	27
2.4.3.4 Représentations graphiques .....	27
2.4.4 Cartographie .....	27
<b>3. Résultats .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1. Captures observées .....</b>	<b>28</b>
<b>3.2. Sélectivité des pièges .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3. Utilisation de l'engin .....</b>	<b>29</b>
3.3.1 Relation entre occurrence et abondance .....	29
3.3.2 Effet du nombre de nuits de pose .....	29
<b>3.4. Analyse du plan d'échantillonnage.....</b>	<b>30</b>
3.4.1 Comparaison des deux réseaux de suivi .....	30
3.4.2 Résultats du réseau Répartition .....	30
3.4.3 Résultats du réseau Entrée.....	31
3.4.3.1 Nombre de captures .....	31
3.4.3.2 Évolution de l'occurrence et de la taille moyenne au cours de la saison de suivi .....	32
3.4.3.3 Évolution journalière de l'occurrence et paramètres extérieurs .....	33
3.4.3.4 Évolutions journalières et prises d'eau au Daviaud.....	34
3.4.3.5 Comparaison entre les différents sites .....	34
<b>4. Discussion .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1. Intérêt de l'utilisation du flottang .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2. Analyses préalables.....</b>	<b>36</b>
4.2.1 Choix de la variable utilisée pour analyser les résultats .....	36
4.2.2 Influence du nombre de nuits de pose sur la présence d'anguilles lors d'une relève ....	36
<b>4.3. Réseau répartition : caractéristiques des sites et taille des captures .....</b>	<b>37</b>
<b>4.4. Résultats du réseau Entrée.....</b>	<b>37</b>
4.4.1 Anoxie observée au polder de Sébastopol .....	37
4.4.2 Décalage du suivi 2017 par rapport aux arrivées de civelles.....	37
4.4.3 Pertinence limitée de la taille et intérêt de la pigmentation.....	37

4.4.4	<u>Pas d'effet marqué des paramètres extérieurs sur la chronologie d'occurrence.....</u>	38
4.4.5	<u>Évolutions journalières et prises d'eau au Daviaud.....</u>	39
4.4.6	<u>Résultats par site.....</u>	39
4.4.6.1	Marais du Daviaud .....	39
4.4.6.2	Polder de Sébastopol .....	39
<b>4.5.</b>	<b>Remarques sur le protocole de 2017 et améliorations possibles .....</b>	<b>40</b>
4.5.1	<u>Les flottangs .....</u>	40
4.5.2	<u>Problèmes rencontrés et améliorations proposées .....</u>	40
5.	Propositions de protocoles .....	42
	Conclusion.....	46
	Références bibliographiques .....	47
	Liste des contacts.....	50
	Table des annexes .....	51
<b>Annexe 1</b>	Règlement européen de reconstitution du stock d'anguilles européennes .....	52
<b>Annexe 2</b>	Fiche technique du géotextile MacMat® .....	59
<b>Annexe 3</b>	Détails du coût des flottangs .....	60
<b>Annexe 4</b>	Étiquettes d'information du public installées sur les sites de suivi .....	61
<b>Annexe 5</b>	Fiche de terrain .....	62
<b>Annexe 6</b>	Calendrier des relèves de flottangs .....	63
<b>Annexe 7</b>	Description de tous les sites de suivi par flottangs.....	64
<b>Annexe 8</b>	Liste des packages R utilisés pour les analyses .....	67
<b>Annexe 9</b>	Exemple de préparation d'anesthésiant.....	68
<b>Annexe 10</b>	Aide à la détermination du stade pigmentaire .....	69
<b>Annexe 11</b>	Tableau de synthèse des essais réalisés avec des flottangs .....	70
<b>Annexe 12</b>	Cartes grand format de la localisation des sites de suivi par flottangs.....	72
<b>Annexe 13</b>	Script R complet des analyses.....	74

# Index des figures

<i>Figure 1 : Cycle de vie de l'anguille européenne (source : LOGRAMI) .....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 2 : Catégories de classement des espèces de l'UICN (source : UICN 2012).....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 3 : Un exemple d'ouvrage à la mer : l'écluse du Pont Neuf à La Barre-de-Monts, vue depuis l'aval. Photo : A. Chenal .....</i>	<i>13</i>
<i>Figure 4 : Écluse du Pont Neuf à La Barre-de-Monts, vue depuis l'aval à marée basse. Photo : A. Chenal.....</i>	<i>16</i>
<i>Figure 5 : Découpage du géotextile en carrés de 50 × 50 cm. Photo : J.-G. Robin.....</i>	<i>20</i>
<i>Figure 6 : Dix couches de géotextile superposées (gauche) puis reliées entre elles (droite). Photos : A. Chenal .</i>	<i>20</i>
<i>Figure 7 : Exemple d'installation d'un flottang au polder de Sébastopol. Photo A. Chenal .....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 8 : Contenu des tables data_sites, data_relevés et data_anguilles .....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 9 : Contenu d'un flottang (site D71 le 10 mai). Photo : A. Chenal.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 10 : Exemples d'individus capturés à des stades de pigmentation différents : (A) uniquement colonne vertébrale, (B) pigmentation dorsale, (C) viscères non visibles (=anguillette), (D) anguille jaune. Photos : A. Chenal .....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 11 : Histogramme des classes de tailles de toutes les captures par flottangs .....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 12 : Comparaison des structures de taille de toutes les captures par flottangs (2017) et par nasses (2008-2017) .....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 13 : Données brutes et prédiction de la régression logistique entre le nombre de nuits de pose et la présence .....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 14 : Évolution par mois de l'occurrence pour le réseau Entrée (barres d'erreur = erreur standard) .....</i>	<i>32</i>
<i>Figure 15 : Évolution par mois de la taille moyenne des captures pour le réseau Entrée (barres d'erreur = erreur standard).....</i>	<i>32</i>
<i>Figure 16 : Évolution chronologique (A) de l'occurrence par jour dans les deux marais pour le réseau Entrée, (B) des phases de la lune, (C) du coefficient de marée .....</i>	<i>33</i>
<i>Figure 17 : Données brutes et prédiction de la régression logistique entre la température moyenne journalière (station météo de l'Île d'Yeu) et la présence .....</i>	<i>34</i>
<i>Figure 18 : Évolution chronologique de l'occurrence par jour au Daviaud pour le réseau Entrée et indication des prises d'eau effectuées au Pont Neuf.....</i>	<i>34</i>
<i>Figure 19 : Moyenne des tailles des captures pour le réseau Entrée (barres d'erreur = erreur standard) .....</i>	<i>35</i>
<i>Figure 20 : Exemples d'analyse des données.....</i>	<i>45</i>

# Index des tableaux

<i>Tableau 1 : Récapitulatif des différentes études utilisant le flottang.....</i>	<i>19</i>
<i>Tableau 2 : Comparaison de l'occurrence dans les deux réseaux de suivi.....</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 3 : Classement des sites du réseau Répartition d'après les résultats du piégeage par nasses et par flottangs.....</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 4 : Comparaison des captures moyennes par marais (réseau Entrée) .....</i>	<i>32</i>
<i>Tableau 5 : Critères de détermination simplifiés du stade biologique (d'après Adam et al. 2008; Roul et Besse 2013) .....</i>	<i>38</i>
<i>Tableau 6 : Caractéristiques des différents suivis proposés .....</i>	<i>43</i>
<i>Tableau 7 : Estimation du temps de pose et de relève des flottangs par marais.....</i>	<i>43</i>
<i>Tableau 8 : Estimation du temps total nécessaire pour chaque modalité de suivi .....</i>	<i>44</i>
<i>Tableau 9 : Calcul du coût d'un flottang .....</i>	<i>60</i>
<i>Tableau 10 : Photos et description des sites de suivi par flottangs. Photos : A. Chenal.....</i>	<i>64</i>

# Index des cartes

<i>Carte 1 : Unités de gestion anguille (gauche) et Marais breton vendéen (droite) .....</i>	<i>15</i>
<i>Carte 2 : Localisation des deux marais étudiés .....</i>	<i>16</i>
<i>Carte 3 : Présentation du marais du Daviaud .....</i>	<i>16</i>
<i>Carte 4 : Présentation du polder de Sébastopol .....</i>	<i>17</i>
<i>Carte 5 : Les différents réseaux hydrauliques du marais du Daviaud.....</i>	<i>22</i>
<i>Carte 6 : Localisation des sites de suivi par flottangs en 2017 – Marais du Daviaud.....</i>	<i>23</i>
<i>Carte 7 : Localisation des sites de suivi par flottangs en 2017 – Polder de Sébastopol .....</i>	<i>24</i>
<i>Carte 8 : Localisation des sites de suivi par nasses en 2017 Marais du Daviaud .....</i>	<i>25</i>
<i>Carte 9 : Localisation des sites de suivi par nasses en 2017 Polder de Sébastopol .....</i>	<i>25</i>
<i>Carte 10 : Résultats en occurrence du piégeage par flottangs en 2017 (A et B) et du piégeage par nasses en 2017 (C et D) .....</i>	<i>31</i>
<i>Carte 11 : Résultats d'occurrence pour le réseau Entrée (gauche : Marais du Daviaud, droite : Polder de Sébastopol).....</i>	<i>35</i>
<i>Carte 12 : Proposition de sites de suivi.....</i>	<i>43</i>

# Liste des sigles

ANOVA : Analysis of variance

COGEPOMI : Comité de gestion des poissons migrateurs

CPUE : Captures par unité d'effort

CREAA : Centre régional d'expérimentation et d'application aquacole

ENS : Espace naturel sensible

EPTB : Établissement public territorial de bassin

FDPPMA : Fédération départementale de pêche et de protection du milieu aquatique

IFREMER : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer

IGN : Institut national géographique

IRSTEA : Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture

IUCN : International union for conservation of nature and natural resources

LOGRAMI : Loire grands migrateurs

ONEMA : Office national de l'eau et des milieux aquatiques

PARCE : Plan national d'actions pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau

PCB : Polychlorobiphényle

PGA : Plan de gestion anguille

pH : potentiel hydrique

PLAGEPOMI : Plan de gestion des poissons migrateurs

RNR : Réserve naturelle régionale

SEREMA : Société d'études pour la restauration et l'aménagement des milieux aquatiques

UGA : Unité de gestion de l'anguille

UICN : Union internationale pour la conservation de la nature

# Introduction

L'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.) est un poisson migrateur dont la reproduction a lieu dans la mer des Sargasses, au large de la Floride, et qui migre jusqu'aux côtes européennes pour ensuite coloniser les cours d'eau afin d'y effectuer sa croissance. Son cycle de vie est particulièrement long et est marqué par différents stades biologiques : nées sous forme de larves leptocéphales, elles se métamorphosent en civelles au niveau du talus continental, puis en anguillettes après avoir traversé les estuaires. Les anguillettes colonisent les cours d'eau puis deviennent des anguilles jaunes, en croissance pendant plusieurs années avant de se métamorphoser une dernière fois en anguilles argentées, qui migrent pour retourner en mer des Sargasses et se reproduire.

Depuis les années 1980, un déclin de la population d'anguilles a été constaté, qui résulte de la combinaison de diverses pressions s'exerçant sur tous les stades biologiques. L'état de la situation est tel qu'un règlement européen a été instauré en 2007 dans le but de reconstituer le stock d'anguilles européennes. L'espèce a également été classée *en danger critique* par l'IUCN en 2008.

Les marais côtiers représentent un fort potentiel d'accueil pour les anguilles car ils concentrent une mosaïque d'habitats utilisables par les différents stades biologiques de l'anguille, à proximité de l'océan donc disponibles dès le stade de civelle. Cependant il existe un problème d'accessibilité des anguilles à ces marais. En effet, de nombreux ouvrages hydrauliques (écluses, vannes, clapets, buses) sont nécessaires à la gestion du niveau de l'eau du marais, gestion indispensable au fonctionnement de ce milieu artificialisé dont les usages sont variés. Tous ces ouvrages représentent des obstacles plus ou moins franchissables pour les civelles et anguilles.

La réflexion sur les problématiques de continuité écologique (classement des cours d'eau de la Loi sur l'eau, désignation d'obstacles Grenelle prioritaires) a amené les gestionnaires des ouvrages hydrauliques à modifier leur gestion ou aménager les ouvrages. Ces nouvelles mesures ont besoin d'être associées à des suivis afin d'évaluer leurs impacts sur le recrutement en civelles.

Ce stage s'insère dans cette logique de suivi des mesures de gestion : il constitue un essai d'utilisation d'un nouveau type de piège ciblant les petites anguillettes et les civelles afin d'élaborer un protocole de suivi du recrutement en civelles de deux marais côtiers vendéens (le Daviaud et le polder de Sébastopol). Le protocole obtenu d'après les résultats du suivi de 2017 devrait permettre aux gestionnaires de ces marais de surveiller l'évolution du recrutement d'année en année et d'évaluer l'impact d'adaptations de gestion sur ce recrutement.

Nous présenterons dans une première partie le contexte général autour de l'anguille européenne, des deux marais étudiés et du piège utilisé lors du stage. La deuxième partie sera consacrée au protocole mis en place lors de cette première année de suivi. Les résultats seront présentés dans la troisième partie, et discutés dans une quatrième partie. Enfin, le protocole proposé aux gestionnaires sera décrit dans une dernière partie.

# 1. Contexte

## 1.1. Structure d'accueil : Loire grands migrateurs (LOGRAMI)

### 1.1.1 Origines de LOGRAMI

L'association Loire grands migrateurs (LOGRAMI) a été créée en 1989 afin de répondre à des maîtrises d'ouvrage d'opérations en faveur des poissons migrateurs sur le bassin de la Loire. Cette création a eu lieu sous l'impulsion des Fédérations départementales de pêche et de protection du milieu aquatique (FDPPMA) du bassin de la Loire, ainsi que des associations de pêcheurs professionnels et d'associations environnementales. À partir de 1994, le décret impliquant la décentralisation de la gestion des poissons migrateurs au sein de chaque bassin fluvial a entraîné la création des Plans de gestion des poissons migrateurs (PLAGEPOMI), confiés aux Comités de gestion des poissons migrateurs (COGEPOMI) de chaque bassin. En 1996, LOGRAMI assure la maîtrise d'ouvrage d'opérations prévues par le PLAGEPOMI.

Actuellement l'association regroupe 23 Fédérations de pêche soit près de 400 000 pêcheurs. Le conseil d'administration de l'association est principalement constitué de membres issus des Fédérations de pêche à l'origine de sa création (LOGRAMI 2017b).

### 1.1.2 Missions

L'objectif de LOGRAMI est de restaurer les populations de poissons migrateurs du bassin de la Loire et leurs milieux. Les espèces concernées sont les suivantes : anguille, saumon, alose, lamproie et truite de mer. La restauration des populations passe par trois types d'actions. D'une part la collecte et l'analyse de données pour améliorer les connaissances sur les populations de poissons migrateurs, leur reproduction, leurs migrations ainsi que l'évaluation de leurs habitats. D'autre part la mutualisation des données par le biais de *tableaux de bord*, qui rassemblent des informations sur l'état des populations et de leurs habitats et qui constituent des outils d'aide à la décision pour les gestionnaires. Enfin, LOGRAMI joue un rôle dans la sensibilisation et l'information du grand public et des usagers des rivières (LOGRAMI 2017b).

### 1.1.3 Le Tableau de bord des poissons migrateurs du bassin de la Loire

Ce tableau de bord est issu de la fusion en 2014 du Tableau de bord « Anguille », créé en 2001 à l'initiative de LOGRAMI et du Tableau de bord « Saumon, Aloses, Lamproies et Truite de mer » (SALT) développé en 2008. Le rôle du tableau de bord est de centraliser l'information et de la valoriser sous forme d'indicateurs écologiques, d'être un outil d'aide à la décision et de permettre la transmission de l'information. Dans le cas de l'anguille, ces indicateurs concernent sa population, les obstacles à la migration, la pêche et la prédation, l'état sanitaire et la restauration (exemple d'indicateur pour l'anguille : effectif d'anguilles en migration). L'intérêt des indicateurs est de permettre un suivi dans le temps et d'évaluer l'impact des mesures de gestion (LOGRAMI 2017a).

## 1.2. Présentation de l'espèce

### 1.2.1 Le cycle de vie de l'anguille

L'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.) est une espèce amphihaline thalassotoque. Cela signifie qu'elle effectue une partie de son cycle de vie, la reproduction, en eau salée et le reste (croissance) en eau douce (Adam *et al.* 2008). Au cours de son cycle de vie, l'anguille passe par différents stades, qui se succèdent à la suite de différentes métamorphoses (Figure 1).

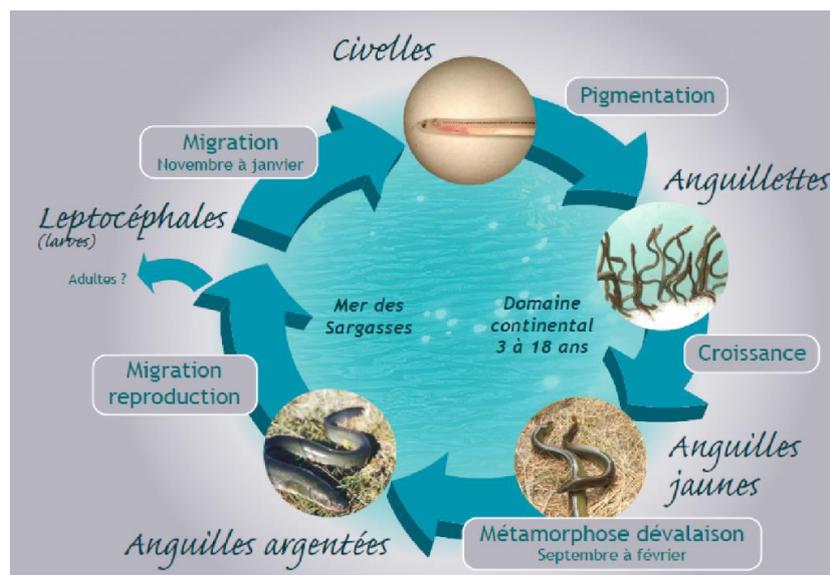


Figure 1 : Cycle de vie de l'anguille européenne (source : LOGRAMI)

Elles naissent sous forme de larves leptocéphales, dans la mer des Sargasses au large de la Floride, entre les mois de décembre et mai (Righton *et al.* 2016). Après migration jusqu'aux côtes européennes, une première métamorphose a lieu au niveau du talus continental : les larves se transforment en civelles. D'abord transparentes, les civelles se pigmentent progressivement. Cette évolution est associée à d'autres modifications physiologiques et comportementales (entre autres : acquisition et intensification de l'activité natatoire, fonctionnalité du tube digestif associée au changement de régime alimentaire).

Une fois totalement pigmentée, la civelle passe par le stade d'anguillette. Ce stade est associé à une phase de colonisation des eaux continentales : les anguillettes remontent les cours d'eau afin de trouver un habitat favorable à leur croissance. Cependant, une part de la population se sédentarise rapidement, dans les eaux de transition littorales comme les marais salés (Adam *et al.* 2008). Une fois sédentarisée, l'anguillette est appelée « anguille jaune », stade du cycle biologique entièrement orienté vers la croissance, et dont la durée peut varier de 3 à 20 ans (Tableau de Bord Anguille du Bassin Loire, b.).

Lorsque la phase de croissance est terminée, une dernière métamorphose intervient pour atteindre le stade « anguille argentée ». Lors de cette métamorphose, les modifications morphologiques et physiologiques qui ont lieu ont pour but de préparer l'anguille à sa migration d'avalaison, c'est-à-dire son retour en mer des Sargasses afin de se reproduire. On peut citer comme modifications, qui sont utilisées comme critères externes de détermination du stade anguille argentée : l'augmentation du contraste de la livrée, sombre sur le dessus et argentée sur le dessous, la pigmentation de la ligne latérale et l'accroissement du diamètre oculaire. Le sexe des anguilles argentées est déjà déterminé lors du départ pour la dévalaison, mais la maturation sexuelle a lieu au cours de la migration (Tableau de Bord Anguille du Bassin Loire, a.).

### 1.2.2 Les différentes migrations

La première migration de l'anguille européenne se déroule entre la mer des Sargasses et les côtes de l'Europe, sous forme de larve leptocéphale. À ce stade, les larves sont incapables de nager et sont donc portées de manière passive par les courants marins comme le Gulf Stream.

Au niveau des estuaires, les civelles migrent d'abord de manière passive, portées par les courants de marée. Après avoir acquis la capacité natatoire, et si la température de l'eau est supérieure à 12°C, elles migrent de manière active, c'est-à-dire nagées. Cela leur permet de dépasser la limite d'influence

des marées et de conquérir le système fluvial. La saison de remontée se déroule entre octobre et mars (Adam *et al.* 2008). Leur migration est guidée par l'hydrotropisme (attirance vers l'eau douce) et le rhéotropisme (migration à contre-courant) (Tableau de Bord Anguille du Bassin Loire, c.). La colonisation des cours d'eau par les civelles correspond à la migration anadrome appelée avalaison.

Après la métamorphose d'argenture, les anguilles argentées débutent la migration de reproduction entre septembre et décembre afin de rejoindre la mer des Sargasses. C'est une migration catadrome, la migration de dévalaison. Les anguilles argentées parcourent jusqu'à 10 000 km pour atteindre leur aire de reproduction. Leur vitesse de progression varie entre 3 et 47 km/jour (Righton *et al.* 2016).

Au cours des migrations océaniques (migration passive des larves et migration de reproduction des argentées), les anguilles effectuent également des migrations verticales. Ces changements de profondeur (vers la surface la nuit, en profondeur le jour) permettent de limiter le risque de prédation (Adam *et al.* 2008 ; Righton *et al.* 2016).

### 1.3. Menaces et pressions

#### 1.3.1 Statut menacé de l'anguille

L'anguille européenne est classée en tant qu'espèce *en danger critique* dans la Liste Rouge des espèces menacées de l'UICN (l'Union internationale pour la conservation de la nature) depuis 2008 (Jacoby et Gollock 2014). Cela correspond à la dernière catégorie avant l'état d'extinction (Figure 2, UICN 2012).

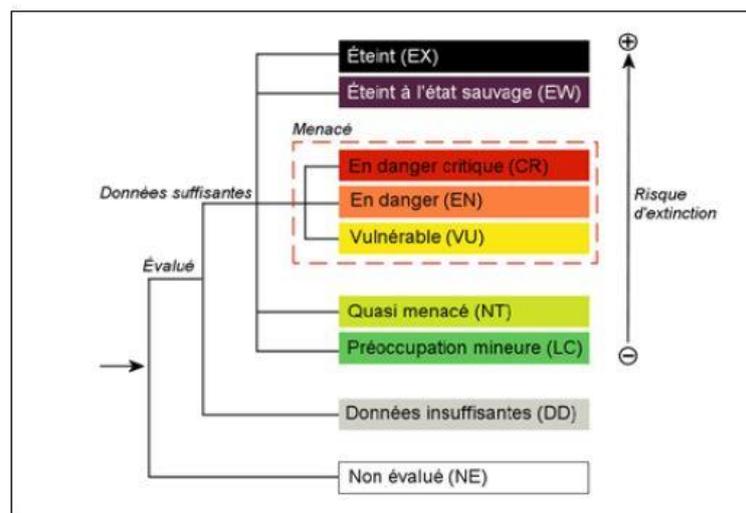


Figure 2 : Catégories de classement des espèces de l'UICN (source : UICN 2012)

Les données de suivi montrent une diminution de la population d'anguilles en France et en Europe depuis les années 1980. Cette diminution est visible à la fois sur le recrutement en civelles (diminution de 90% du recrutement par rapport à 1980) et sur le stock en place d'anguilles jaunes (diminution de la densité et réduction de l'aire de répartition) (Vecchio 2010 ; ONEMA 2010) .

#### 1.3.2 De nombreuses pressions

L'anguille est soumise à diverses pressions, tout au long de son cycle de vie. Tout d'abord, les changements climatiques et modifications des courants océaniques pourraient avoir un impact sur le transport et l'arrivée des larves jusqu'en Europe (Adam *et al.* 2008). Les anguilles souffrent également de la présence de divers pathogènes, dont *Anguillicola crassus*, ver nématode introduit en Europe suite à l'importation d'anguilles japonaises et qui est responsable de l'une des parasitoses les plus problématiques (Adam *et al.* 2008 ; Onema 2010). De plus, la pêche des anguilles concerne tous ses

stades biologiques : civelles, anguilles jaunes et anguilles argentées. La pêche ne serait pas le facteur déclenchant de la chute des effectifs mais elle participe à son amplification (Adam *et al.* 2008). D'autre part, il existe une pêche illégale importante, surtout sur les civelles. Celles-ci sont particulièrement exposées à la pêche légale et illégale lorsqu'elles sont bloquées et qu'elles s'accumulent au pied des premiers ouvrages estuariens. Enfin, les anguilles sont fortement impactées par les problématiques de continuité écologique des cours d'eau, à la fois lors de la montaison et de l'avalaison, ainsi que par les problématiques de qualité de l'eau et des habitats. Ces deux derniers points sont développés ci-après.

#### 1.3.2.1 Entrave à la continuité écologique

Une des pressions majeures qui s'exercent sur la population d'anguilles est l'entrave à la continuité écologique et la fragmentation des habitats. En France, on recense en 2010 plus de 60 000 ouvrages sur les cours d'eau, constituant potentiellement des obstacles à la continuité écologique (Weingertner et Roussel 2010).

L'anguille est confrontée à ces obstacles à la fois lors de la migration d'avalaison et lors de la dévalaison. Les blocages provoqués par ces obstacles peuvent entraîner des retards à la migration, limiter la surface d'habitats accessibles et augmenter le risque de prédation lorsque les individus sont rassemblés au pied d'un ouvrage. C'est notamment le cas au niveau des ouvrages à la mer, premiers obstacles rencontrés par les civelles lors de leur migration et qui permettent de bloquer l'effet de la marée en amont (Figure 3).

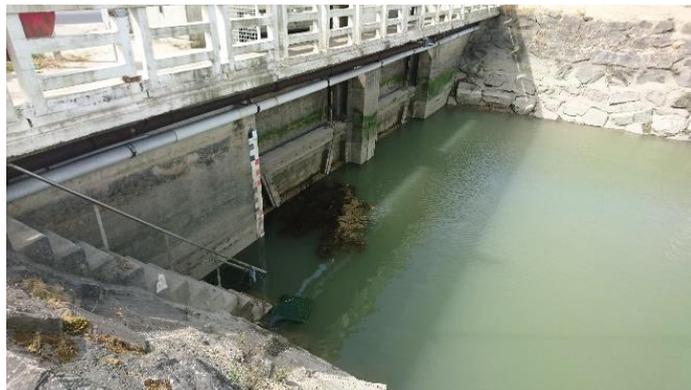


Figure 3 : Un exemple d'ouvrage à la mer : l'écluse du Pont Neuf à La Barre-de-Monts, vue depuis l'aval. Photo : A. Chenal

#### 1.3.2.2 Dégradation de la qualité des habitats

Lors de sa phase de croissance et de sédentarisation, l'anguille est affectée par les problèmes de qualité de l'eau, les problèmes d'étiage entraînant un risque d'anoxie, mais aussi les conséquences liées à l'introduction d'espèces exotiques. À cause de la durée importante de sa phase de croissance, de son comportement benthique et de son taux de graisse élevé, l'anguille est notamment très sensible à la pollution des sédiments (métaux lourds, pesticides organochlorés, polychlorobiphényles — PCB —). Les effets de ces contaminants restent indéterminés mais ils pourraient avoir des conséquences sur la capacité de migration de l'anguille argentée ou encore sur sa fécondité (Adam *et al.* 2008).

### 1.4. Réglementation et mesures de gestion

#### 1.4.1 Règlement européen et plan de gestion national

Face aux constats de diminution de la population d'anguilles européennes et aux menaces auxquelles elle doit faire face, le Conseil des ministres de l'Union européenne a voté en 2007 un règlement instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes (règlement (CE) n° 1100/2007 du 18 septembre 2007 en Annexe 1). Ce règlement impose aux États membres de mettre en place un plan de gestion pour chacun de leur bassin hydrographique qui constitue un habitat pour

l'anguille. Ce plan de gestion doit permettre d'atteindre l'objectif fixé d'un échappement d'anguilles argentées vers l'océan au moins égal à 40 % de l'échappement qui aurait été observé si le stock n'avait pas subi d'influence anthropique (= biomasse « pristine »).

En France, le Plan de gestion anguille (PGA) est constitué d'un volet national et décliné en volets locaux pour chaque Unité de gestion de l'anguille (UGA). Afin de réduire la mortalité anthropique, le PGA propose des mesures concernant les pêcheries (professionnelles et récréatives), l'identification d'ouvrages prioritaires qui devront être remis aux normes et l'amélioration des conditions de vie (notamment dans le cadre de la mise en place de la Directive cadre sur l'eau) (Onema 2010).

Tous les trois ans les États membres doivent rendre compte de l'application du plan de gestion en fournissant à la Commission un rapport contenant des estimations sur le pourcentage d'échappement d'anguilles argentées, les niveaux de pêche et les réductions de captures obtenues, l'importance des autres facteurs de mortalité et la quantité d'anguilles de moins de 12 cm capturées et leur utilisation (repeuplement ou consommation) (Conseil de l'Union Européenne 2007). Le deuxième rapport de mise en œuvre a été fourni par la France en juin 2015.

#### 1.4.2 Classement des cours d'eau par la Loi sur l'eau

L'article L214-17 du Code de l'environnement (2006) établit deux listes de cours d'eau. Les cours d'eau classés en liste 1 correspondent aux cours d'eau constituant des réservoirs biologiques et sur lesquels la construction de nouveaux ouvrages entravant la continuité écologique est interdite. Les ouvrages situés sur les cours d'eau de liste 2 doivent, dans un délai de 5 ans, être aménagés afin de respecter l'obligation de résultat en matière de circulation des poissons migrateurs et de transport des sédiments (Code de l'environnement 2006).

#### 1.4.3 Obstacles « Grenelle »

Un Plan national d'actions pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau (PARCE) a été mis en place à partir de 2009 dans le cadre du Grenelle de l'environnement. Les actions concernent la connaissance et les travaux de restauration sur les ouvrages. Une liste d'ouvrages prioritaires a été établie, regroupant les ouvrages faisant obstacle à la continuité écologique des cours d'eau et sur lesquels des actions de restauration sont possibles à plus ou moins long terme (Ministère de la Transition écologique et solidaire 2016 ; DREAL LR 2010).

### **1.5. Le marais et l'anguille**

Le marais est un milieu artificialisé, créé et modelé par l'Homme afin de récupérer des terres soumises à la marée. Il est constitué d'un réseau de canaux de différents gabarits qui délimitent des parcelles émergées, mais également de bassins et de mares. C'est un milieu qui doit être entretenu afin d'assurer sa qualité et d'éviter le comblement des fossés résultant de son abandon.

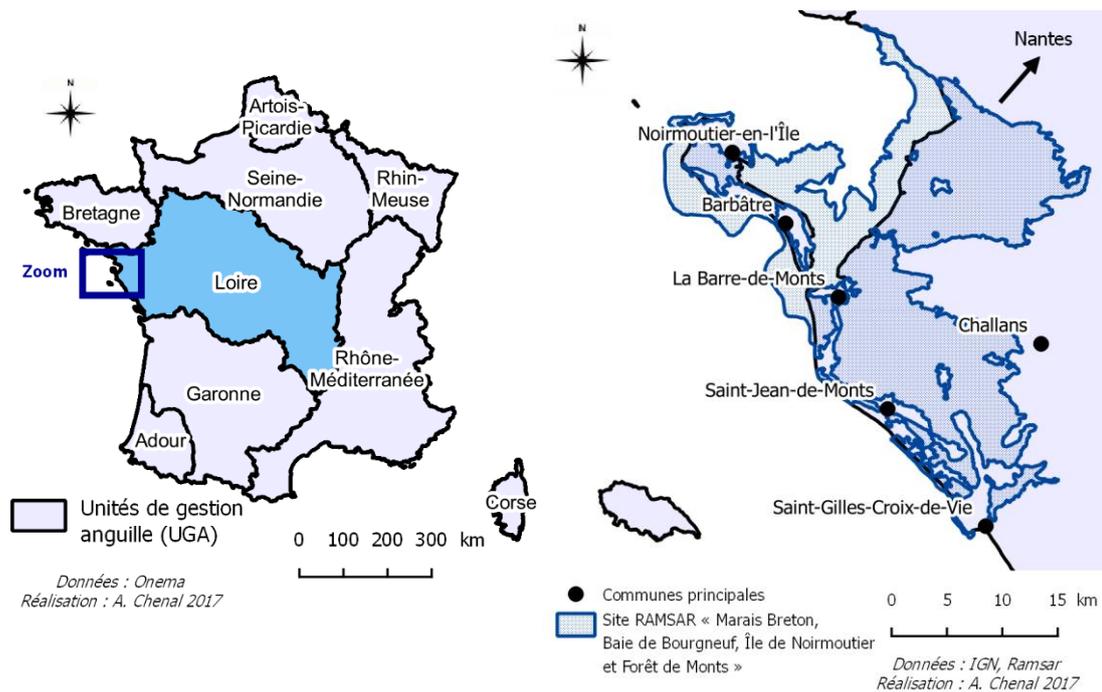
On différencie le marais salé, alimenté par de l'eau de mer, du marais doux, dont l'eau provient du bassin versant en amont et des précipitations. Le marais salé est séparé de la mer par un ouvrage hydraulique qui permet de retenir l'eau au sein du marais lorsqu'il est fermé, et de l'alimenter avec l'eau de la marée montante lorsqu'il est ouvert. Un autre ouvrage permet de séparer le marais doux du marais salé et d'empêcher l'eau salée de remonter au sein du marais doux (Ifremer). La gestion de ces ouvrages hydrauliques varie en fonction des saisons et des exigences associées aux usages des marais. Historiquement, les marais salés endigués ont été utilisés pour la production de sel puis de nombreux marais salants ont été convertis en marais à poissons aux XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles. Après le déclin de cette activité, une partie des marais salants est passée en gestion en eau douce dans un but de production agricole, tandis qu'une autre partie est tombée en abandon (Anras *et al.* 2004).

Les marais salés sont à l'interface des domaines océaniques et continentaux : ce sont des milieux extrêmement productifs et proches de la mer (Anras *et al.* 2004). De plus, ils représentent une grande surface en eau d'habitats très diversifiés (canaux de différentes tailles et profondeurs, différents débits,

bassins, végétation). Ils constituent donc un milieu privilégié pour l’anguille car ils offrent une multitude d’habitats théoriquement faciles d’accès (Buard *et al.* 2009). Cependant les ouvrages hydrauliques indispensables à la gestion de l’eau dans le marais (ouvrages principaux sur les étiers et vannes qui séparent les fossés plus petits) constituent des obstacles à la continuité écologique, notamment pour l’anguille. La franchissabilité de ces ouvrages et l’accessibilité du marais sont les problématiques principales des gestionnaires dans le but d’accueillir l’anguille dans un marais (Le Pape 2010).

### 1.6. Contexte local du stage

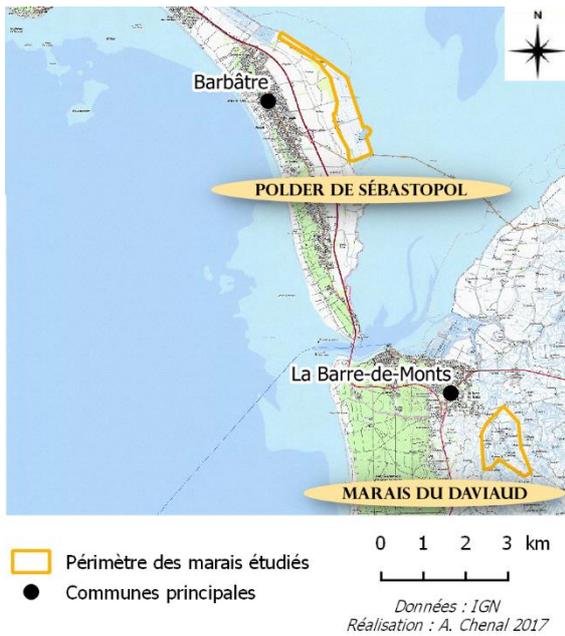
Les marais étudiés lors de ce stage (marais du Daviaud et polder de Sébastopol) font partie du marais breton vendéen, qui s’étend entre la Baie de Bourgneuf au nord et Saint-Gilles-Croix-de-Vie au sud, et qui comprend l’Île de Noirmoutier, en Vendée sur la côte Atlantique française (Carte 1). Le marais breton vendéen est constitué de plus de 55 000 ha de polders et de prairies humides, constituant une zones Natura 2000 depuis 2006 et classés en site Ramsar depuis le 2 février 2017 (Aycaguer 2017).



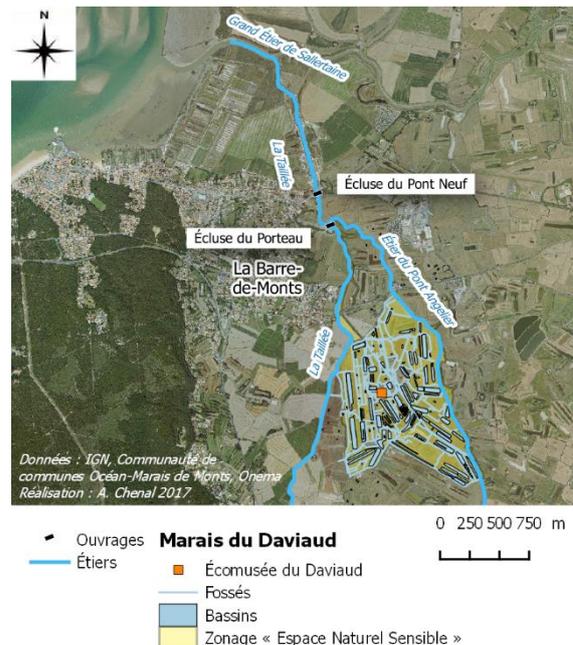
Carte 1 : Unités de gestion anguille (gauche) et Marais breton vendéen (droite)

#### 1.6.1 Le marais du Daviaud

Situé à La Barre-de-Monts, le marais du Daviaud s’étend sur une superficie de 100 ha, classés en Espace naturel sensible (ENS) (Carte 2 et Carte 3). Cet espace est géré par la Communauté de communes Océan-Marais de Monts. Le site comprend un écomusée sur le fonctionnement et l’histoire du marais et possède donc un aspect social, culturel et touristique supplémentaire.



Carte 2 : Localisation des deux marais étudiés



Carte 3 : Présentation du marais du Daviaud

Pour accéder au marais du Daviaud, les civelles qui arrivent depuis l'océan par l'étier de la Taillée sont confrontées au premier obstacle à la mer, le Pont Neuf (Carte 3). C'est une écluse de 10 m de largeur constituée de deux portes en bois de 3,40 m de hauteur et 4,40 m de largeur (Figure 4) (Girard 2015). L'ouvrage du Pont Neuf est un obstacle « Grenelle », et il fait partie d'un groupe de 9 ouvrages situés sur les étiers de Sallertaine et de la Grande Taillée (tous deux sur liste 1 et liste 2 de l'article L214-17 du Code de l'environnement) qui font l'objet d'un projet de restauration de continuité écologique depuis quelques années (Girard 2015 ; SERAMA 2015 ; Le Reun 2017a). Ainsi, il est prévu d'installer une vantelle de  $0,20 \times 0,80$  m soit  $0,16 \text{ m}^2$  sur la porte en rive gauche. Cette vantelle permet de maintenir une petite ouverture dans l'ouvrage même quand les portes sont fermées. Le but est de pouvoir faire passer les civelles tout en limitant le volume d'eau qui remonte afin de limiter les inondations en amont. Les estimations montrent que la vantelle devrait permettre de laisser passer entre 3 750 et 22 500 civelles pour une marée de coefficient 70 (Le Reun 2017b). Une fois le Pont Neuf franchi, l'étier de la Taillée se divise en deux parties : l'étier du Pont Angelier à l'est, qui alimente le marais du Daviaud un peu plus en amont, et l'étier de la Taillée à l'ouest, sur lequel se situe l'écluse du Porteau (Carte 3).



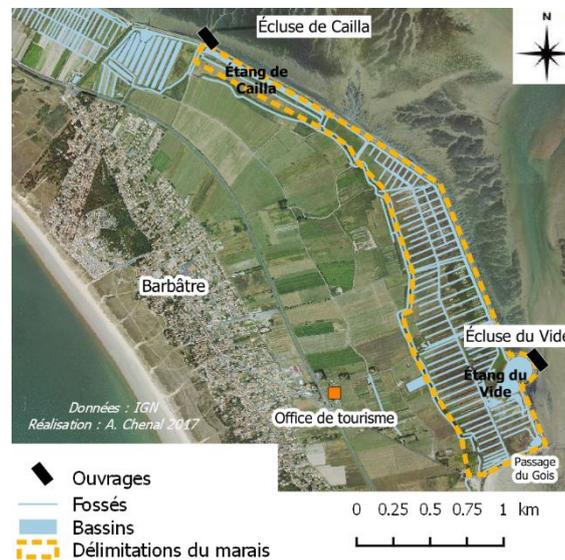
Figure 4 : Écluse du Pont Neuf à La Barre-de-Monts, vue depuis l'aval à marée basse. Photo : A. Chenal

Le Pont Neuf est géré par le Département de la Vendée, suivant deux régimes distincts au cours de l'année. En hiver (15 octobre au 15 avril) le but principal est d'évacuer les eaux douces qui s'accumulent dans le marais. L'écluse est donc ouverte lors des marées basses et fermée à marée haute. Actuellement une adaptation de la gestion est effectuée en régime d'hiver pour favoriser la montaison

des civelles, qui consiste à laisser remonter l'eau de mer pendant 30 minutes avant de refermer les portes après avoir évacué l'eau douce. En régime d'été (15 avril au 15 octobre), les manœuvres permettent le renouvellement de l'eau salée dans le marais. Ainsi, tous les 15 jours lors des pleines et nouvelles lunes, l'écluse est ouverte d'abord à marée basse pour vider le bassin de chasse et laver les fonds de navigation dans le port puis l'eau salée est prise avec la marée haute et retenue en amont de l'écluse. Cette eau est de nouveau évacuée le lendemain pour permettre une nouvelle prise. Les deux jours suivant, l'écluse n'est ouverte qu'à marée haute afin de permettre une prise d'eau supplémentaire.

### 1.6.2 Le polder de Sébastopol

Le polder de Sébastopol est un marais de 132 ha situé sur la commune de Barbâtre sur l'Île de Noirmoutier (Carte 4). Il est classé Réserve naturelle régionale (RNR) depuis février 2008 et est géré par la Communauté de communes de l'Île de Noirmoutier, qui est propriétaire des terrains. C'est un espace adapté aux promenades et aux visites, proche de l'Office de tourisme et du passage du Gois et qui est aménagé de sentiers cyclables et pédestres. Il est notamment possible pour les touristes d'observer plus de 230 espèces végétales, 170 espèces d'oiseaux et de nombreuses espèces d'insectes, de mammifères et de poissons (Conseil régional des Pays de la Loire 2008).



Carte 4 : Présentation du polder de Sébastopol

L'accès des anguilles au marais du polder est possible lors des prises d'eau. Celles-ci sont effectuées au niveau de l'écluse de Cailla, au nord du polder (Carte 4). Cet ouvrage est constitué d'une buse grillagée de 80 cm de diamètre, située à l'est de la digue et avancée sur la plage (Le Pape 2010). L'eau ainsi captée passe par un sas qui permet de stocker le goémon puis elle entre dans l'étang de Cailla. Les prises d'eau ont lieu à chaque grande marée (coefficient supérieur à 80), l'ouverture se faisant en milieu de marée, une fois que la buse est bien immergée afin de limiter l'entrée de goémon. Cependant, ce système de prise d'eau n'étant pas optimal d'un point de vue de l'accès des poissons au marais, le gestionnaire compte tester une autre technique de prise d'eau à l'écluse de Cailla, et essayer mettre en place un système de prise d'eau par l'écluse du vide au sud du polder, et qui sert actuellement à l'évacuation de l'eau (Carte 4). Cette écluse donnant sur une buse de 80 cm de diamètre équipée d'un clapet anti-retour n'est pas adaptée à ce nouvel usage (Tenailleau 2009). Des tests et des adaptations de l'ouvrage sont donc nécessaires (Marty, comm. pers.). Ce système semble plus attractif pour les anguilles puisque la sortie d'eau douce constitue un débit d'attrait qui pourrait permettre de faire venir les civelles vers la buse.

## 1.7. Problématiques des gestionnaires et objectifs du stage

### 1.7.1 Questions soulevées par les suivis existants

Depuis 2008, des piégeages par nasses sont réalisés sur le marais du Daviaud et au polder de Sébastopol. Les premiers résultats (2008, 2009 et 2010) montraient une diminution de l'abondance d'anguilles d'année en année, ainsi qu'un déficit de recrutement en jeunes anguilles associé à un vieillissement de la population (Tenailleau 2009 ; Le Pape 2010). Un système de suivi a été recherché afin d'étudier plus spécifiquement le recrutement en jeunes anguilles et civelles dans ces marais et voir son évolution en lien avec les différentes décisions de gestion. Le choix s'est orienté vers le *flottang*, nouveau type de piège passif ciblant les anguilles de moins de 15 cm.

Le but de ce stage est d'élaborer un protocole de suivi à l'aide de pièges *flottangs* afin de fournir aux gestionnaires un outil à la fois de suivi du recrutement dans leur marais et constituant un indicateur pour évaluer l'efficacité des mesures de gestion adoptées et des expérimentations réalisées pour améliorer la continuité écologique.

### 1.7.2 Histoire et principe du flottang

Le piège *flottang* a été élaboré par la Cellule Migrateurs Charente Seudre en 2014. Cette cellule d'animation a été créée en 2007 pour répondre aux demandes du plan de gestion des poissons migrateurs de la zone Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre, par l'association de trois structures : l'EPTB Charente (Établissement public territorial de bassin), le Groupement des Fédérations de pêche de Poitou-Charentes et le Centre régional d'expérimentation et d'application aquacole (CREAA). La Cellule Migrateurs était à la recherche d'un nouveau piège passif permettant de capturer préférentiellement les anguilles de moins de 15 cm. Ils ont ainsi testé différents pièges, construits avec différents matériaux susceptibles de remplir cette fonction (fagots, treillis, perruques) (Schaal 2014).

Le *flottang*, superposition de couches de géotextile flottant à la surface de l'eau, a été désigné comme piège le plus adapté à l'issue de ces tests. D'une part il permettait de cibler les anguilles de moins de 15 cm et d'amplifier leur signal par rapport aux captures de pêche électrique. D'autre part, le *flottang* était plus pratique, plus rapide et plus facile à utiliser que les autres pièges testés. Le *flottang* constitue un habitat artificiel pour les anguilles, qui peuvent y entrer ou en sortir librement, et aucun appât n'est utilisé (Schaal 2014). Ce piège repose donc sur l'utilisation d'abris par les civelles lors de leur phase d'arrêt d'activité, qui a lieu en journée, les déplacements et l'activité des civelles étant plus importants en phase nocturne (Rigaud 2017). Le principe de base de l'utilisation du *flottang* est de permettre une multiplication des relèves afin de répéter des observations de présence/absence et de travailler en termes d'occurrence. La qualité des données d'abondance récoltées avec ces pièges n'a pas été avérée (Schaal 2014).

### 1.7.3 Contexte global d'utilisation du flottang

Après cette phase de conception et de sélection, le *flottang* a été repris et utilisé par d'autres organismes tels que des Fédérations de pêche (Morbihan, Ille-et-Vilaine, Loire-Atlantique), l'IRSTEA (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture) ou l'Onema (Office national de l'eau et des milieux aquatiques, actuellement Agence française pour la biodiversité). Ainsi, ce type de piège a été testé dans différents milieux, dans des buts divers et avec des plans d'échantillonnage différents. Un tableau récapitulatif des différents essais est disponible en Annexe 11. Une version résumée est présentée dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Récapitulatif des différentes études utilisant le flottang

Structure responsable	But du suivi	Milieu	Résultats obtenus	
			Type de données	Conclusion
Cellule Migrateurs Charente Seudre	Suivi du front de colonisation	Fluvial	Présence/absence Distance de disparition	Détermination du front de colonisation
	Définition d'un indice pied d'ouvrage	Fluvial		
Fédération de pêche du Morbihan	Préciser le recrutement en anguillettes	Étangs, marais, ruisseau	Présence/absence Classes de taille	Mise en évidence d'un point de blocage
Fédération de pêche de Loire-Atlantique	Complément aux suivis piscicoles en zone estuarienne	Zone estuarienne	Présence/absence	Recolonisation rapide du milieu
	Évaluation de la continuité écologique	Étang	Présence/absence Abondance	Blocage observé : individus en aval mais pas en amont
Fédération de pêche d'Ille-et-Vilaine	État des lieux du recrutement	Marais doux	Occurrence Classes de taille	Mise en évidence d'une accumulation en aval d'un ouvrage
Irstea	Évaluer l'influence de différents facteurs sur la qualité du signal	Fluvial	Présence/absence Taille	Comparaison de treillis différents, de placement différents des pièges (surface/profondeur, distance par rapport à l'ouvrage)
Syndicat mixte des marais de la Vie, du Ligneron et du Jaunay	Suivi lié au programme de gestion d'une écluse	Marais	Présence/absence Taille	Pas de captures

L'utilisation du *flottang* dans le cadre de ce stage s'inscrit dans cet ensemble d'essais d'utilisation de ce piège. Dans ce cas, le *flottang* est utilisé en marais afin d'étudier le recrutement en civelles des marais étudiés.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Matériel de piégeage

#### 2.1.1 Construction des flottangs

La procédure de construction des *flottangs* a été établie d'après les informations fournies par la Cellule Migrateurs Charente Seudre dans le rapport d'A. Schaal (2014) et après échange avec les Fédérations de pêche d'Ille-et-Vilaine et de Loire-Atlantique, qui avaient tous deux déjà repris le protocole et construit leurs propres *flottangs*.



Figure 5 : Découpage du géotextile en carrés de 50 × 50 cm. Photo : J.-G. Robin

Ainsi, les *flottangs* utilisés ont été fabriqués en superposant 10 couches de 50 × 50 cm de géotextile MacMat® (fiche technique en Annexe 2). Ces couches ont été attachées entre elles à l'aide de quatre colliers de serrage autobloquants en plastique (Figure 5 et Figure 6). En tout, 24 *flottangs* ont été fabriqués puis répartis entre les deux marais. Le temps de fabrication total était d'environ 10 h.



Figure 6 : Dix couches de géotextile superposées (gauche) puis reliées entre elles (droite).  
Photos : A. Chenal

Suivant les différents utilisateurs des *flottangs* rencontrés, certains ont choisi d'accrocher des flotteurs (deux ou quatre) afin d'assurer la position en surface du piège. Dans notre cas, nous avons décidé de ne pas installer de flotteurs car nous avons estimé la flottaison suffisante sans les ajouter.

Le coût estimé d'un *flottang* est de 9,29 € (détails en Annexe 3).

#### 2.1.2 Mise en place des flottangs

Les *flottangs* sont restés immergés dans l'eau du marais pendant une semaine avant leur première utilisation, afin de leur faire perdre leur « odeur » de plastique, qui pourrait diminuer leur attractivité vis-à-vis des anguilles. Une période de trempage du même type est réalisée avec les nasses pour les mêmes raisons (Baisez 2001).



Figure 7 : Exemple d'installation d'un flottang au polder de Sébastopol.  
Photo A. Chenal

Afin de garder les *flottangs* en place et de permettre une certaine mobilité en cas de marnage, les *flottangs* ont été installés en étant reliés par une ficelle d'environ un mètre à un piquet planté dans la vase (Figure 7).

Certains sites étant accessibles au public, des étiquettes d'information (Annexe 4) ont été installées sur un des piquets sur chaque site afin d'informer et de prévenir le public sur les raisons de la présence des pièges.

## 2.2. Méthode de relève

La relève d'un *flottang* est effectuée à l'aide d'une épuisette à cadre métallique (bord inférieur droit de 60 cm de large) de maille 2 mm. Le *flottang* est ensuite vidé, c'est-à-dire que l'opérateur secoue le piège au-dessus de l'épuisette en séparant chaque couche de géotextile tour à tour afin de faire tomber tous les individus piégés.

Le contenu du *flottang* est ensuite analysé : les anguilles capturées sont mesurées et comptées, tandis que les individus d'autres espèces qui ont pu être piégés également sont dénombrés. Toutes ces données sont notées sur la fiche de terrain correspondant au jour du suivi (fiche en Annexe 5) et tout ce qui a été piégé est remis dans le milieu au niveau du site de capture.

Les données de chaque relève sont ensuite rentrées dans un tableur Excel qui regroupe l'ensemble des résultats (voir 2.4.1 page 25).

## 2.3. Plan d'échantillonnage

### 2.3.1 Principes du plan d'échantillonnage mis en place

Il a été choisi de placer deux *flottangs* par site. C'est un compromis entre la volonté d'avoir plusieurs répétitions par site afin de calculer une moyenne et de palier à de potentiels problèmes techniques, et la nécessité de mettre en place un nombre suffisant de sites pour prospecter une certaine surface des marais. Ainsi, avec 12 *flottangs* disponibles par marais, il était possible de disposer 6 sites avec deux *flottangs* pour chaque marais.

Pour les deux marais étudiés, la problématique d'étude des civelles concerne leur recrutement dans le marais. L'objectif du protocole de suivi proposé aux gestionnaires pour cette année de test est donc de répondre aux questions suivantes : les civelles sont-elles présentes dans le marais ? Si oui, par où entrent-elles et quand ? Ces différentes questions impliquent un suivi à la fois au niveau des entrées potentielles des civelles (où et quand) et sur l'ensemble du marais afin d'avoir une vision globale de la présence et de la répartition des civelles sur toute la zone.

L'idée initiale du plan d'échantillonnage était d'effectuer des relèves assez fréquemment (tous les 2 à 3 jours) afin d'avoir une image assez précise des captures tout au long de la période d'échantillonnage et de pouvoir cibler plus précisément la ou les périodes à retenir dans le protocole final pour les années suivantes. Cependant, il n'est pas possible de prospecter à la fois les entrées

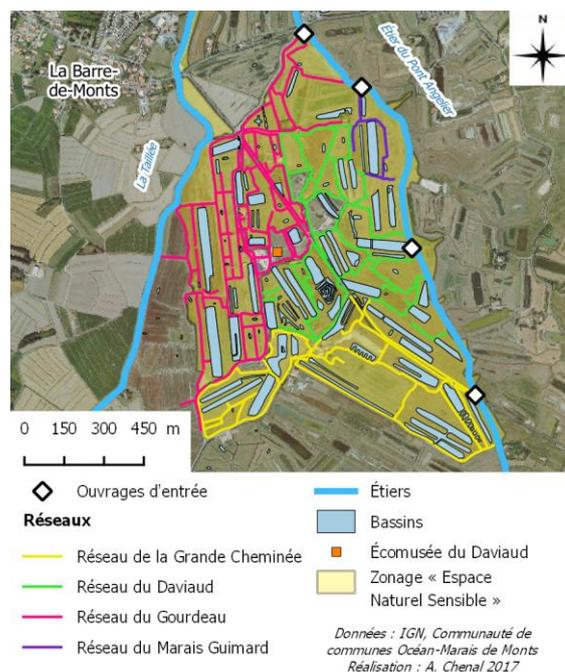
potentielles et l'intérieur du marais avec seulement 6 sites disponibles par marais. Il a donc été décidé de différencier deux réseaux de suivi : un réseau « Entrée » et un réseau « Répartition », avec des sites et des fréquences de relève différents. Le calendrier de toutes les relèves effectuées est disponible en Annexe 6 et un tableau de description de tous les sites de piégeage par *flottangs* se trouve en Annexe 7. Les cartes de localisation des sites de suivis par *flottangs* sont disponibles en grand format en 0.

### 2.3.2 Le réseau « Entrée »

Ce réseau de pièges doit répondre aux questions « où ? » et « quand ? » des gestionnaires sur le recrutement en anguilles du marais. Les sites de ce réseau sont donc répartis au niveau des entrées potentielles des civelles dans les marais, et la relève des pièges doit être assez fréquente pour détecter des changements d'abondance pouvant être liés à des modifications de gestion. Les pièges de ce réseau ont donc été relevés entre 1 et 3 fois par semaine, en fonction des contraintes du calendrier des gestionnaires (hors week-ends et jours fériés).

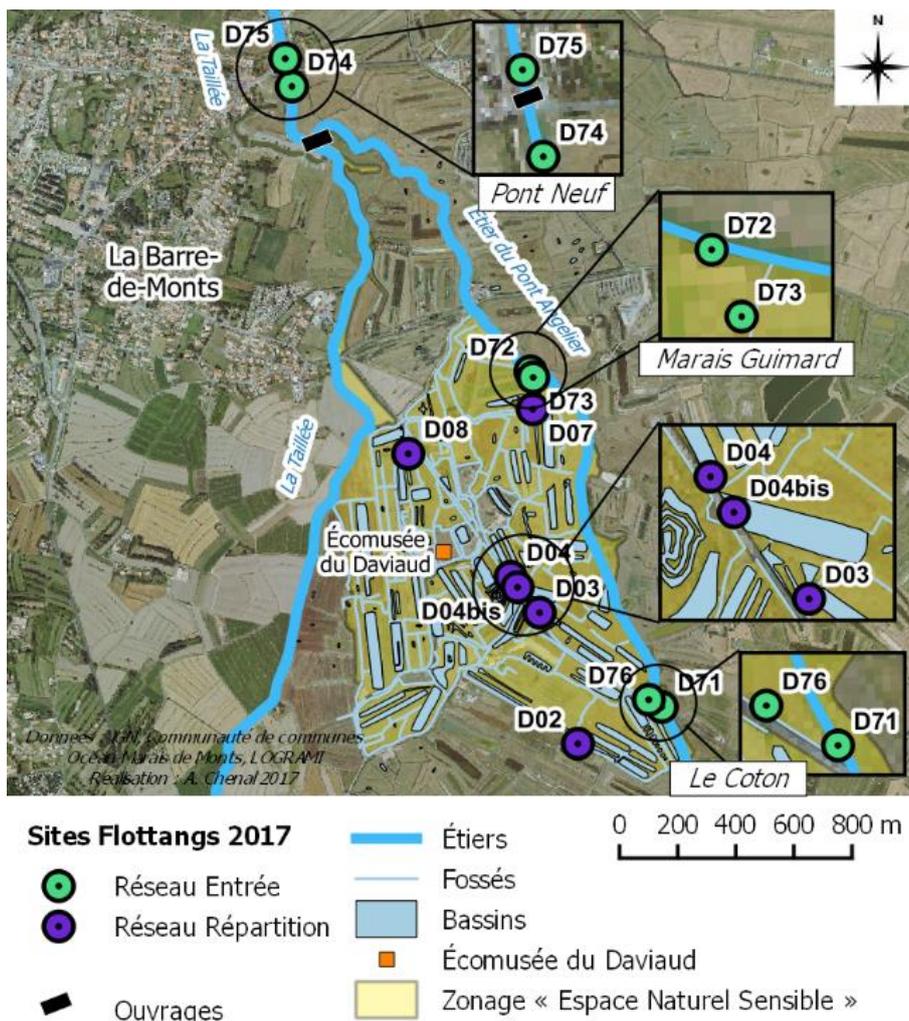
#### 2.3.2.1 Localisation des sites : marais du Daviaud

Le marais est alimenté en eau salée par l'étier du Pont Angelier, issu de la séparation en deux de l'étier de la Taillée (voir 1.6.1 page 15). Il y a quatre réseaux hydrauliques différents au sein du marais, chacun étant relié à l'étier par une prise d'eau (buses de 20 à 40 cm de diamètre) (Tenailleau 2009). Il y a donc quatre entrées directes potentielles dans le marais (Carte 5).



Carte 5 : Les différents réseaux hydrauliques du marais du Daviaud

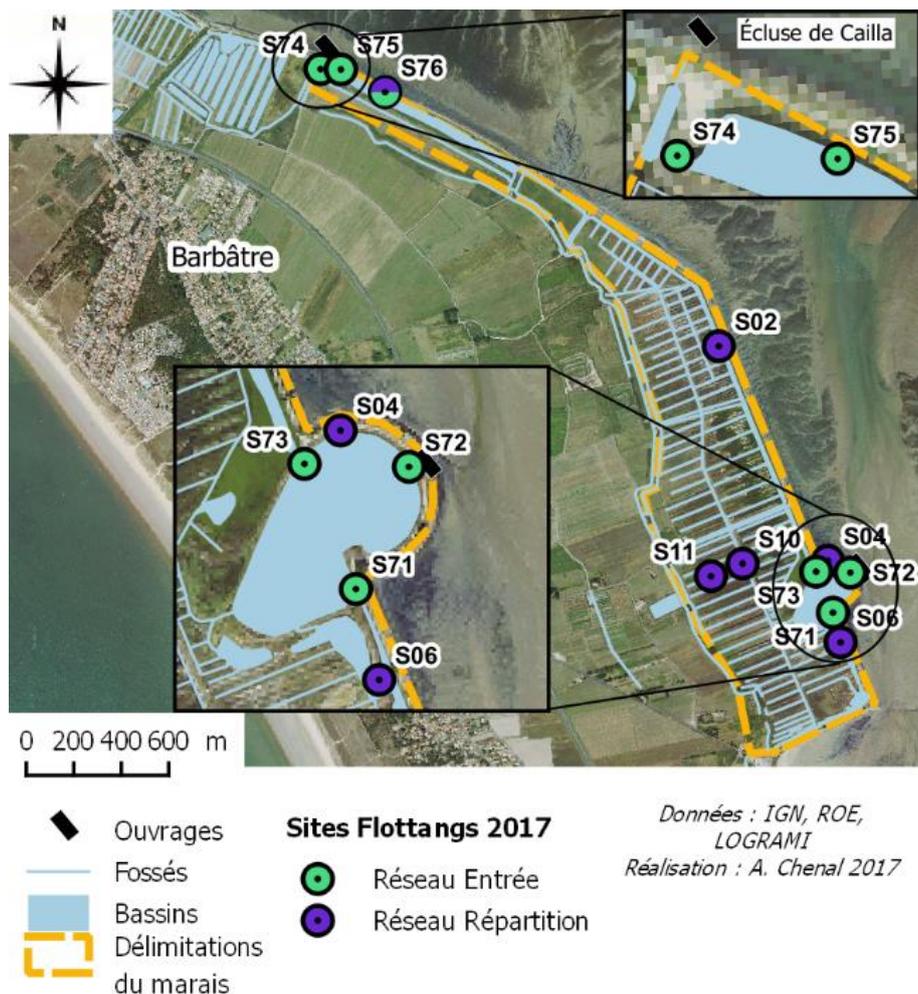
Il a été choisi de placer deux sites de piégeage au niveau de l'écluse du Pont Neuf, un à l'aval (site D75) et un juste en amont (D74) et deux sites le long de l'étier en remontant vers l'amont (D72 et D71). En effet, l'écluse représente un premier obstacle à franchir par les civelles avant de pouvoir essayer de rentrer dans le marais. Nous avons donc voulu pouvoir vérifier leur présence dans l'étier, préalable indispensable si on veut pouvoir rechercher leur point d'entrée dans le marais. Pour déterminer ces points d'entrée, des couples de sites ont été réalisés : un site dans l'étier au niveau d'une prise d'eau et un site dans le marais derrière cette même prise d'eau. Ce sont les couples D72-D73 au niveau du marais Guimard et D71-D76 au niveau du Coton (Carte 6). *Rq : le site D76 a été ajouté en cours de suivi (juin)*



Carte 6 : Localisation des sites de suivi par flottants en 2017 – Marais du Daviaud

### 2.3.2.2 Localisation des sites : polder de Sébastopol

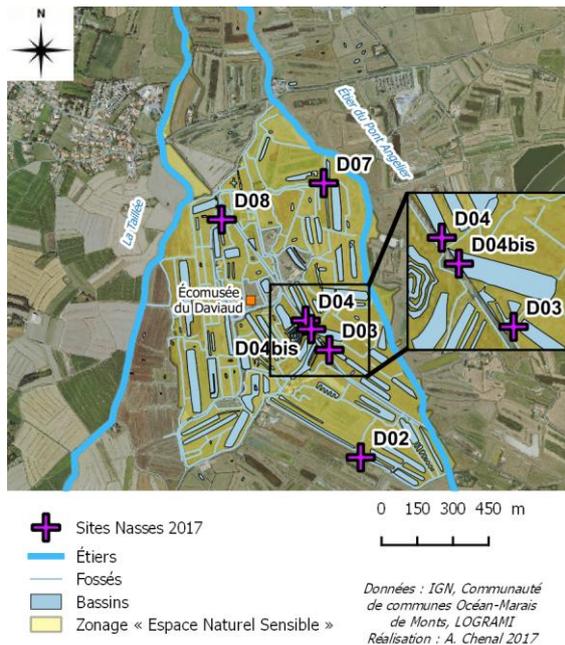
Les deux écluses reliant le polder de Sébastopol à la mer (écluse de Cailla au nord, écluse de l'étang du vide au sud) représentent les deux seules entrées potentielles pour les civelles (voir 1.6.2 page 17, Carte 4). Trois sites ont donc été choisis dans chacun des deux étangs reliés aux écluses. Au niveau de l'étang de Cailla, un site se trouve juste après l'arrivée depuis le sas d'entrée (S74) tandis que les deux autres sont situés près de la berge le long de la piste cyclable à environ 60 m (S75) et 300 m (S76) de l'entrée dans l'étang de Cailla. Dans l'étang du vide, un site est placé juste devant l'écluse (S72) et les deux autres se trouvent au niveau des ouvrages qui permettent l'arrivée d'eau depuis les autres bassins (S71 au sud et S73 au nord) (Carte 7).



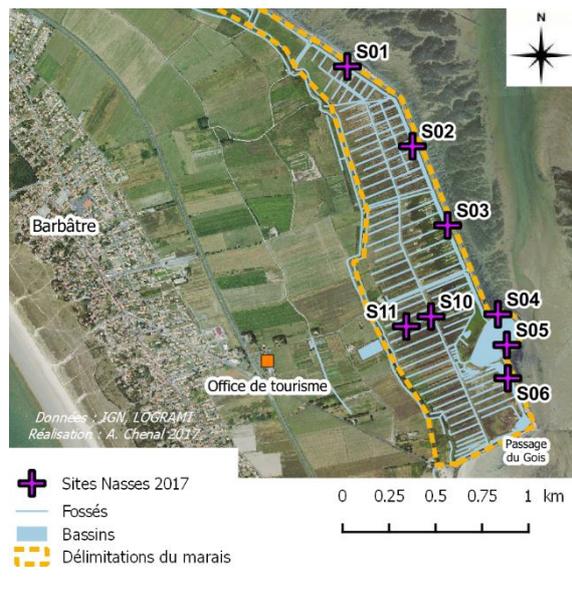
Carte 7 : Localisation des sites de suivi par flottangs en 2017 – Polder de Sébastopol

### 2.3.3 Le réseau « Répartition »

Ce deuxième réseau de suivi permet d'avoir une image de la situation sur une plus grande partie du marais, afin de détecter la présence ou non de civelles. Sa fréquence de relève est plus faible et les sites prospectés changent par rapport au réseau « Entrée ». Pour des raisons pratiques, le réseau « Répartition » s'inscrit autant que possible sur le réseau de suivi par nasses déjà en place. Le suivi par nasses est effectué une fois par mois entre avril et juillet, lors de la phase de nouvelle lune. Deux nasses sont installées sur chaque site et sont relevées après une nuit de pose deux jours de suite. Pour les *flottangs* du réseau « Répartition », la relève est effectuée une seule fois, après deux nuits de pose. Les sites suivis par nasses en 2017 sont présentés ci-après (Carte 8 et Carte 9).



Carte 8 : Localisation des sites de suivi par nasses en 2017  
Marais du Daviaud



Carte 9 : Localisation des sites de suivi par nasses en 2017  
Polder de Sébastopol

### 2.3.3.1 Localisation des sites : marais du Daviaud

Les sites utilisés pour ce réseau sont ceux qui ont servi pour le suivi des nasses : D02, D03, D04 puis D04bis, D07 et D08 (Carte 6 et Carte 8). Ainsi, lors de ce suivi mensuel deux nasses et deux *flottangs* ont été posés sur chaque site. Un changement de site a eu lieu au cours de la saison : le site D04 étant très peu favorable aux captures (très faible profondeur, peu d'abris), il a été remplacé par le site D04bis potentiellement plus adapté et faisant partie du même réseau hydraulique (réseau du Daviaud, voir 2.3.2 page 22, Carte 5).

### 2.3.3.2 Localisation des sites : polder de Sébastopol

Le nombre de sites suivis par nasses étant supérieur à 6, une sélection a eu lieu parmi ces sites pour déterminer ceux sur lesquels les *flottangs* ont été ajoutés (Carte 9). Tout d'abord nous avons voulu ajouter un site dans l'étang de Cailla pour ce réseau (S76), cet étang n'étant pas prospecté par les nasses. Les 5 autres sites ont ensuite été répartis parmi les sites utilisés pour les nasses. Deux sites se trouvent plus à l'intérieur du marais (S10 et S11), dans des fossés plus étroits. Deux autres sites correspondent à des points localisés dans les lagunes de part et d'autre de l'étang du vide (S2 au nord et S6 au sud) et le dernier se situe dans l'étang du vide (S4) (Carte 7).

## 2.4. Analyses des résultats

### 2.4.1 Structure du tableur des données

Les données issues des relèves de terrain sont rassemblées dans un tableur Excel. La structure de ce tableur s'inspire de celle du tableur utilisé pour les données des suivis par nasses depuis 2008. Une *relève* correspond à la relève des engins sur un site donné. Il y a donc plusieurs relèves effectuées pour une même journée (les différents sites du marais prospecté ce jour-ci).

Les différentes données sont réparties dans 3 tables différentes : *data\_sites*, *data\_relevés* et *data\_anguilles*. Le contenu détaillé de ces tables est présenté dans la Figure 8 ci-après.

code_site	Code du site
marais	Nom du marais
X_lambert2	Coordonnées du site
Y_lambert2	Coordonnées du site
nom_site	Nom "commun" du site de capture
veg_berge	Présence/absence de végétation sur la berge
veg_eau	Présence/absence de végétation dans l'eau
prof	Profondeur du site
pente_berge	Pente de la berge à proximité du site
rochers	Présence/absence de rochers
noms_f	Désignation pour différencier les deux flottangs

ID_releve	Identifiant de la relève
type_res	Réseau de pièges Entrée ou Répartition
date	Date de la relève
code_site	Code du site
marais	Nom du marais
annee	Année de la relève
mois	Mois de la relève
nb_f_rel	Nombre de flottangs relevés
nb_nuits_pose	Nombre de nuits de pose
capt	Nombre de captures
capt_par_f	Nombre de captures par flottang pour une relève
presence	Présence/absence d'anguilles lors de la relève
gammars	Nombre
sphaeromes	
epinoches	
crabes	
meduses	
autres	Autres espèces
remarques	

ID_anguille	Identifiant de l'anguille
ID_releve	Identifiant de la relève
code_site	Code du site
type_res	Réseau de pièges Entrée ou Répartition
date	Date de la relève
marais	Nom du marais
annee	Année de la relève
mois	Mois de la relève
nb_f_rel	Nombre de flottangs relevés
nb_nuits_pose	Nombre de nuits de pose
position_f	Position du flottang
taille_mm	Taille de l'anguille en mm
classe	Classe de taille
taille_arrondie	Taille arrondie à la dizaine
remarques	

Figure 8 : Contenu des tables *data\_sites*, *data\_relevés* et *data\_anguilles*

#### 2.4.2 Variables d'analyse

Les données brutes issues des relèves concernent la présence ou l'absence d'anguilles dans un piège, et plus largement lors d'une relève, la quantité d'anguilles dans un piège et lors d'une relève ainsi que la taille de chaque anguille. À partir de ces données, on calcule le nombre de captures par *flottang* pour chaque relève, qui correspond au nombre de captures d'une relève divisé par le nombre de *flottangs* effectivement relevés (qui peut être différent de deux suivant les conditions de la relève). De plus, on peut calculer à partir des données de présence une occurrence, qui est égale à la part des relèves d'engins où au moins une anguille est observée sur le nombre total de relèves. Dans la suite du rapport, on emploiera indifféremment les termes occurrence ou part de relèves positives pour désigner cette variable.

#### 2.4.3 Analyse des variables

Le logiciel utilisé pour l'analyse des résultats est le logiciel RStudio (RStudio Team 2016), associé au logiciel R, version 3.4.0 (R Core Team 2017). La liste complète des packages utilisés est en Annexe 8 et le script complet en Annexe 13.

##### 2.4.3.1 Comparaison de deux médianes

Du fait de la structure des données, les conditions de normalité et/ou d'homoscédasticité nécessaires pour réaliser une comparaison de moyennes via un test de Student ne sont pas respectées. Le test non paramétrique de Mann-Whitney-Wilcoxon est alors utilisé pour comparer les médianes des deux échantillons. Si la p-value du test est inférieure à 0,05, on considère alors que les médianes des deux échantillons sont significativement différentes au seuil de 5 %.

##### 2.4.3.2 Comparaison de plusieurs médianes

Dans le cas où la comparaison de médianes a lieu sur plus de deux échantillons, le test de Mann-Whitney-Wilcoxon n'est pas applicable. De plus, de même que précédemment, les conditions pour réaliser une ANOVA ne sont pas respectées. On utilise alors le test non paramétrique de Kruskal-Wallis. Dans le cas où la p-value est inférieure à 0,05 cela signifie qu'au moins deux des médianes sont significativement différentes au seuil de 5 %, mais le test ne donne pas plus de détails. Il faut alors

utiliser un test *post hoc* afin de déterminer quelles sont les médianes qui diffèrent deux à deux (`pairwise.wilcox.test`).

#### 2.4.3.3 Lien entre deux variables

##### *Coefficient de corrélation*

Le lien entre deux variables continues est étudié à l'aide d'un test du coefficient de corrélation de Spearman. Ce test donne la valeur du coefficient de corrélation et si la p-value associée est inférieure à 0,05 on considère que ce coefficient est significativement différent de 0 au seuil de 5 %, donc qu'il y a un lien entre les deux variables.

##### *Modèles de régression*

La régression linéaire simple est utilisée pour étudier la liaison linéaire entre deux variables continues. La variable de présence étant une variable binaire, un modèle de régression logistique est alors utilisé.

#### 2.4.3.4 Représentations graphiques

Les graphiques du rapport ont été générés avec le package `ggplot2` de R (Wickham 2009).

Lorsque des barres d'erreur sont représentées, elles correspondent à l'erreur standard  $se$ , calculée de la manière suivante :  $se = \sigma / \sqrt{n}$  avec  $\sigma$  l'écart-type de la variable et  $n$  le nombre d'observations.

#### 2.4.4 Cartographie

Les cartes de ce rapport ont été réalisées avec la version 2.18.5 du logiciel QGIS (QGIS Development Team 2009).

# 3. Résultats

## 3.1. Captures observées

Dans un *flottang*, le nombre d'anguilles capturées varie entre 0 et 6. D'autres espèces étaient aussi fréquemment piégées (crabes, gammare) (Figure 9). Les civelles et anguillettes capturées correspondent à des stades de pigmentation différents (Figure 10). Pour une même taille deux individus peuvent présenter un stade de pigmentation différent (A et B Figure 10).



Figure 9 : Contenu d'un flottang (site D71 le 10 mai).  
Photo : A. Chenal

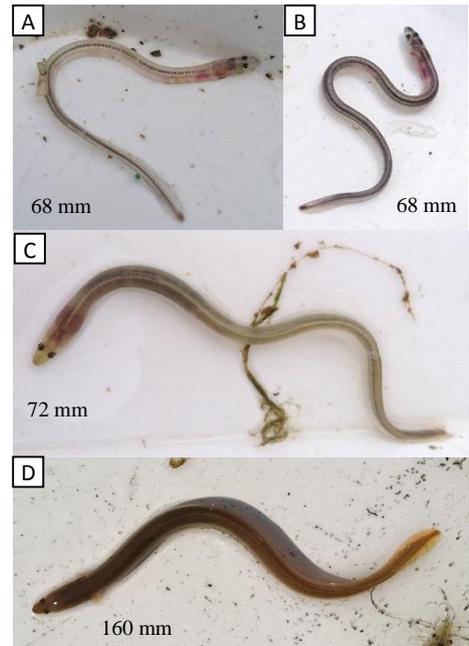


Figure 10 : Exemples d'individus capturés à des stades de pigmentation différents : (A) uniquement colonne vertébrale, (B) pigmentation dorsale, (C) viscères non visibles (=anguillette), (D) anguille jaune. Photos : A. Chenal

La taille des captures par *flottangs* varie entre 40 et 352 mm. La classe de taille dominante correspond aux civelles entre 60 et 70 mm, avec plus globalement 76 % des individus de taille inférieure à 100 mm et 90 % des captures avec une taille inférieure à 150 mm (Figure 11).

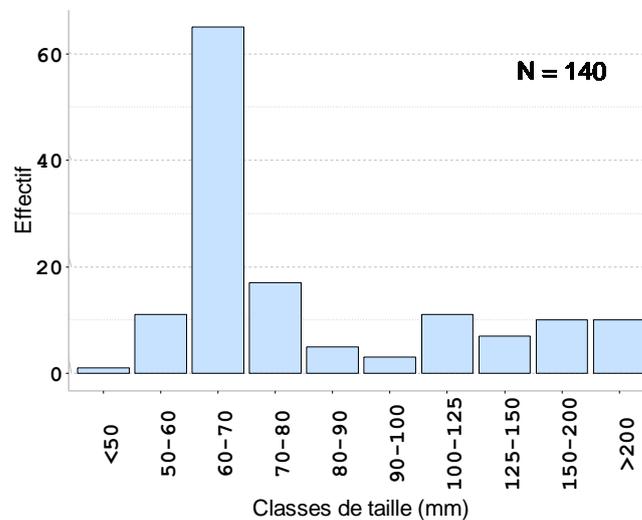


Figure 11 : Histogramme des classes de tailles de toutes les captures par flottangs

### 3.2. Sélectivité des pièges

La Figure 12 montre que la majorité des captures par *flottangs* mesure moins de 190 mm, tandis que les captures par nasses sont majoritairement plus grandes que 190 mm, taille de rétention maximale des nasses utilisées (minimum = 130 mm, maximum = 868 mm).

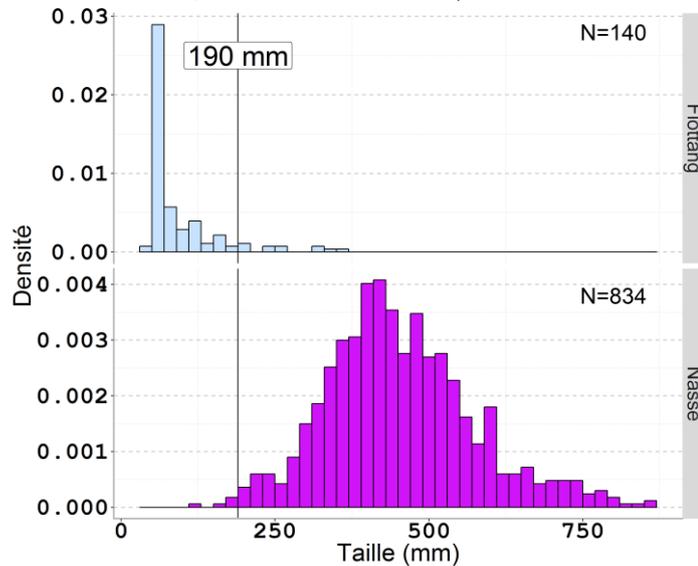


Figure 12 : Comparaison des structures de taille de toutes les captures par flottangs (2017) et par nasses (2008-2017)

### 3.3. Utilisation de l'engin

#### 3.3.1 Relation entre occurrence et abondance

Le test de corrélation de Spearman indique un lien fort entre l'occurrence par site et la moyenne par site du nombre de captures par *flottang* ( $r_{\text{ho}} = 0,96$ ,  $p < 0,01$ ).

#### 3.3.2 Effet du nombre de nuits de pose

La relation entre le nombre de nuits de pose des *flottangs* et la présence ou non d'anguille lors de la relève est analysée à l'aide d'une régression logistique entre ces deux variables. Les données brutes et la prédiction issue du modèle sont présentées Figure 13. La p-value associée au nombre de nuits de pose est égale à 0,06. Les prédictions du modèle montrent une augmentation de la probabilité de présence d'anguilles lors d'une relève si le nombre de nuits de pose des pièges augmente.

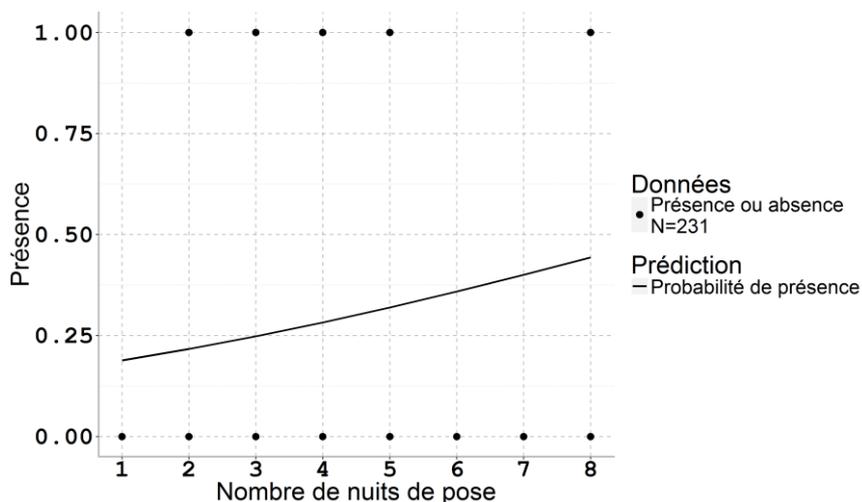


Figure 13 : Données brutes et prédiction de la régression logistique entre le nombre de nuits de pose et la présence

### 3.4. Analyse du plan d'échantillonnage

#### 3.4.1 Comparaison des deux réseaux de suivi

Le réseau Entrée a été prospecté plus fréquemment que le réseau Répartition, qui n'était utilisé qu'une fois par mois (Tableau 2). L'occurrence moyenne du réseau Entrée est significativement supérieure à celle du réseau Répartition (wilcoxon test :  $w = 6792,5$ ,  $p < 0,01$ ) : des anguilles ont été observées sur 28 % des relèves du réseau Entrée contre 7 % des relèves pour le réseau Répartition. Pour les deux réseaux, le marais du Daviaud représente une part importante des captures, et constitue notamment l'intégralité des relèves positives du réseau Répartition. La taille moyenne des anguilles n'est pas significativement différente entre les deux réseaux (wilcoxon test :  $w = 336$ ,  $p = 0,99$ ).

Tableau 2 : Comparaison de l'occurrence dans les deux réseaux de suivi

Réseau	Marais	Nombre de relèves positives		Nombre de relèves effectuées		Occurrence	
Entrée	Daviaud	41	51	76	164	0,54	0,31
	Sébastopol	10		88		0,11	
Répartition	Daviaud	5	5	39	67	0,13	0,07
	Sébastopol	0		28		0	

#### 3.4.2 Résultats du réseau Répartition

Toutes les captures par *flottangs* du réseau Répartition ont eu lieu au Daviaud, au mois de mai. Les captures par *flottangs* ont eu lieu sur 3 sites uniquement : D03, D04bis et D07 (Carte 10 A et B). Pour les sites D03 et D04bis des anguilles ont également été capturées à l'aide des nasses, mais plus souvent. Sur deux sites (D02 et D08) il y a eu des anguilles piégées dans les nasses mais pas de captures dans les *flottangs*, tandis que sur le site D07 aucune anguille n'a été capturée avec les nasses mais une civelle a été observée à l'aide des *flottangs*. Le test de corrélation de Spearman indique qu'il n'y a pas de lien entre l'occurrence par site du suivi par nasses et celle du suivi par *flottangs* ( $r_{ho} = 0,65$ ,  $p = 0,16$ ).

D'après les résultats du piégeage par nasses et par *flottangs*, on peut classer les sites du réseau Répartition en 4 catégories (Tableau 3).

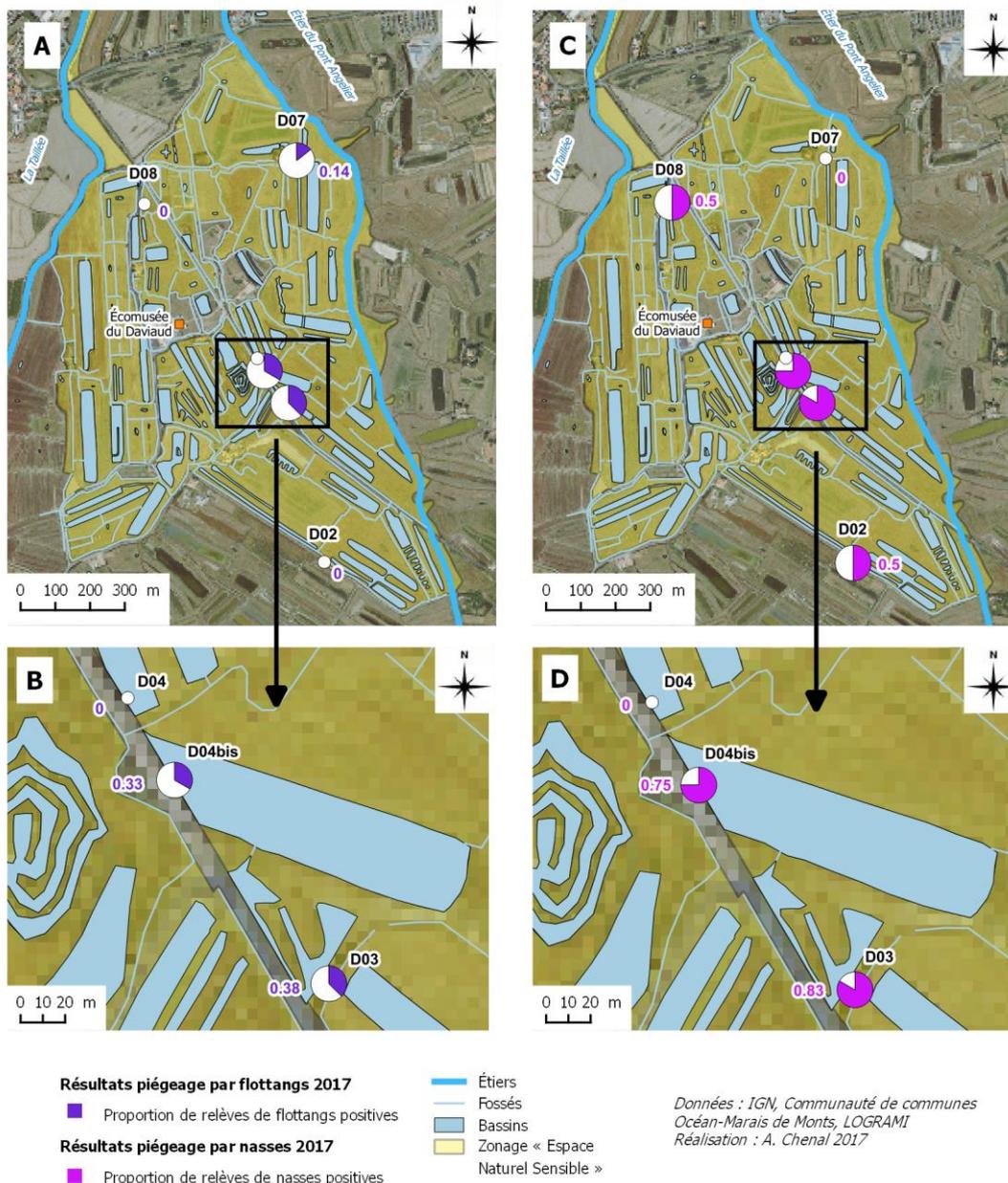
Tableau 3 : Classement des sites du réseau Répartition d'après les résultats du piégeage par nasses et par flottangs

		Flottangs	
		Présence	Absence
Nasses	Présence	D03 D04bis	D02 D08
	Absence	D07	D04

Le site D04 n'a pas permis de capturer d'anguilles, peu importe le type de piège : c'est un site très peu profond et très envasé, sur lequel l'absence de captures a été observée depuis quelques temps. C'est pourquoi ce site a été remplacé à partir du mois de juin par le site D04bis. Les sites D03 et D04bis correspondent à des fossés plutôt larges, avec de la végétation aquatique. Les sites D02 et D08 sont des fossés plus étroits avec également présence de végétation aquatique. Enfin le site D07 est un fossé très envasé sans végétation (voir description détaillée de tous les sites en Annexe 7).

Occurrence Flottangs 2017

Occurrence Nasses 2017



Carte 10 : Résultats en occurrence du piégeage par flottangs en 2017 (A et B) et du piégeage par nasses en 2017 (C et D)

### 3.4.3 Résultats du réseau Entrée

#### 3.4.3.1 Nombre de captures

Il y a eu au total 135 civelles et anguillettes capturées par les flottangs du réseau Entrée, distribuées de manière inégale entre le Daviaud et le polder de Sébastopol puisque lorsqu'on rapporte le nombre de captures au nombre de relèves effectuées on obtient en moyenne 1,55 individus capturés lors d'une relève au Daviaud contre seulement 0,19 au Sébastopol (Tableau 4).

Tableau 4 : Comparaison des captures moyennes par marais (réseau Entrée)

Marais	Nombre total de captures		Nombre de relèves		Nombre de captures moyen par relève	
	Daviaud	Sébastopol				
	118	135	76	164	1,55	0,82
	17		88		0,19	

### 3.4.3.2 Évolution de l'occurrence et de la taille moyenne au cours de la saison de suivi

L'occurrence diminue au cours de la saison, elle est notamment divisée par plus de 2 entre mai et juillet (Figure 14), de manière significative (pairwise wilcoxon test : mai/juillet  $p < 0,01$ ).

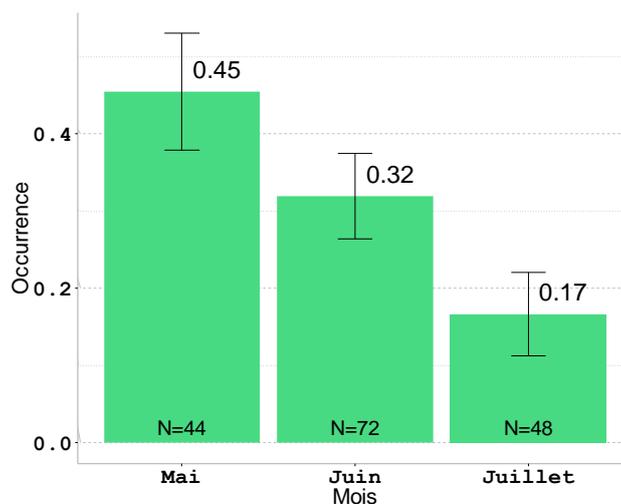


Figure 14 : Évolution par mois de l'occurrence pour le réseau Entrée (barres d'erreur = erreur standard)

La Figure 15 montre qu'en moyenne, les captures du mois de mai étaient plus petites que celles des mois de juin et juillet (pairwise wilcoxon test : mai/juin  $p < 0,01$  ; mai/juillet  $p < 0,01$ ), et de taille plus homogène autour de la moyenne (écart interquartile : mai = 5,25 mm ; juin = 63,8 mm ; juillet = 49 mm).

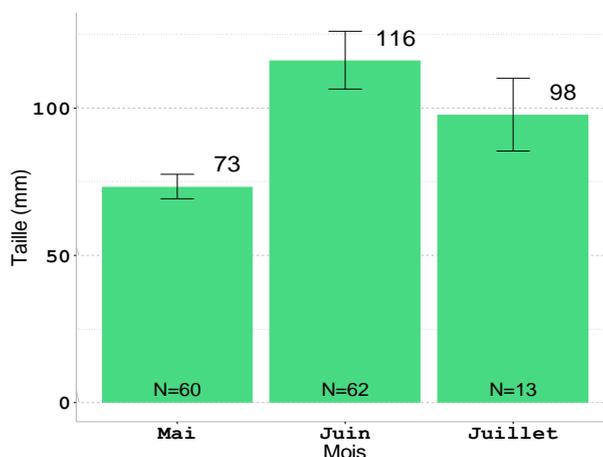


Figure 15 : Évolution par mois de la taille moyenne des captures pour le réseau Entrée (barres d'erreur = erreur standard)

### 3.4.3.3 Évolution journalière de l'occurrence et paramètres extérieurs

La Figure 16 (A) permet d'observer que pour le réseau Entrée l'occurrence au Daviaud est supérieure à celle au polder de Sébastopol tout au long de la période de suivi. La lecture graphique ne permet pas de conclure quant à l'influence du cycle lunaire sur l'occurrence (Figure 16 A et B), des pics d'occurrence étant observés à la fois en phase de nouvelle lune mais aussi de pleine lune. Les pics d'occurrence ne semblent pas suivre de tendance particulière par rapport aux coefficients de marée (Figure 16 A et C): ils ont lieu parfois en même temps que des coefficients importants (pic au Daviaud vers le 24/06), parfois avant (pic au Daviaud vers le 24/05) et parfois lors d'une diminution du coefficient de marée (pic au polder de Sébastopol vers le 20/05). Le résultat de la régression logistique entre le coefficient de marée et la présence d'anguille lors d'une relève n'indique pas d'effet significatif du coefficient de marée ( $p = 0,54$ ).

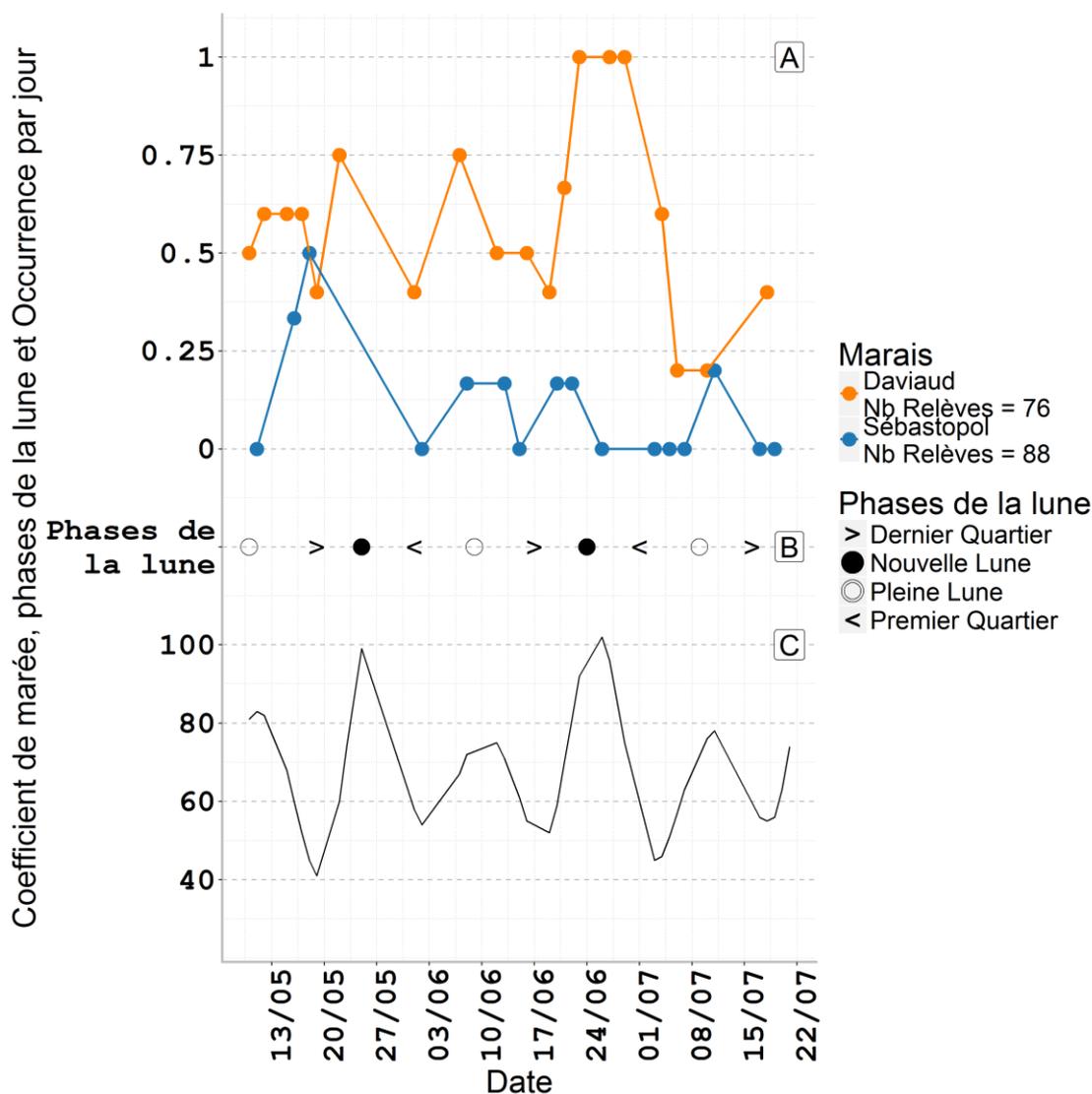


Figure 16 : Évolution chronologique (A) de l'occurrence par jour dans les deux marais pour le réseau Entrée, (B) des phases de la lune, (C) du coefficient de marée

La régression logistique entre la température moyenne et la présence pour les données du réseau Entrée indique un effet significatif ( $p = 0,026$ ) négatif de la température sur la probabilité de présence d'anguilles lors d'une relève. Les prédictions indiquent en effet que pour une température moyenne de 11 °C la probabilité de présence d'anguilles lors d'une relève est de 0,5 alors qu'elle n'est que de 0,25 pour 21 °C et 0,16 pour 26 °C (Figure 17).

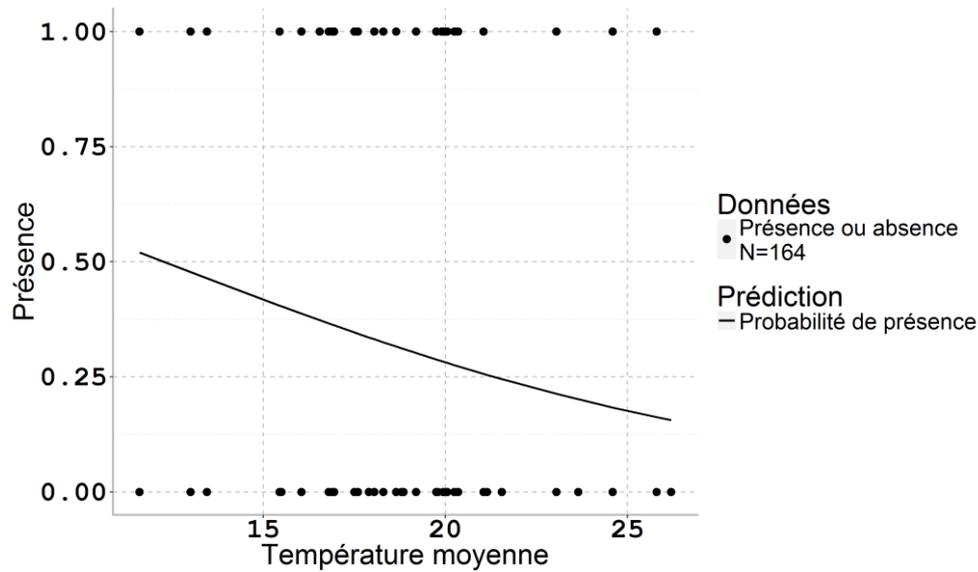


Figure 17 : Données brutes et prédiction de la régression logistique entre la température moyenne journalière (station météo de l'île d'Yeu) et la présence

### 3.4.3.4 Évolutions journalières et prises d'eau au Daviaud

La proportion de relèves positives pour une journée ne semble pas liée à la réalisation des prises d'eau (Figure 18). En effet, alors que vers la fin juin il y a eu une forte occurrence pendant et après les prises d'eau, au moment des autres prises d'eau l'occurrence ne prend pas une valeur particulièrement supérieure à l'occurrence observée pour les autres dates.

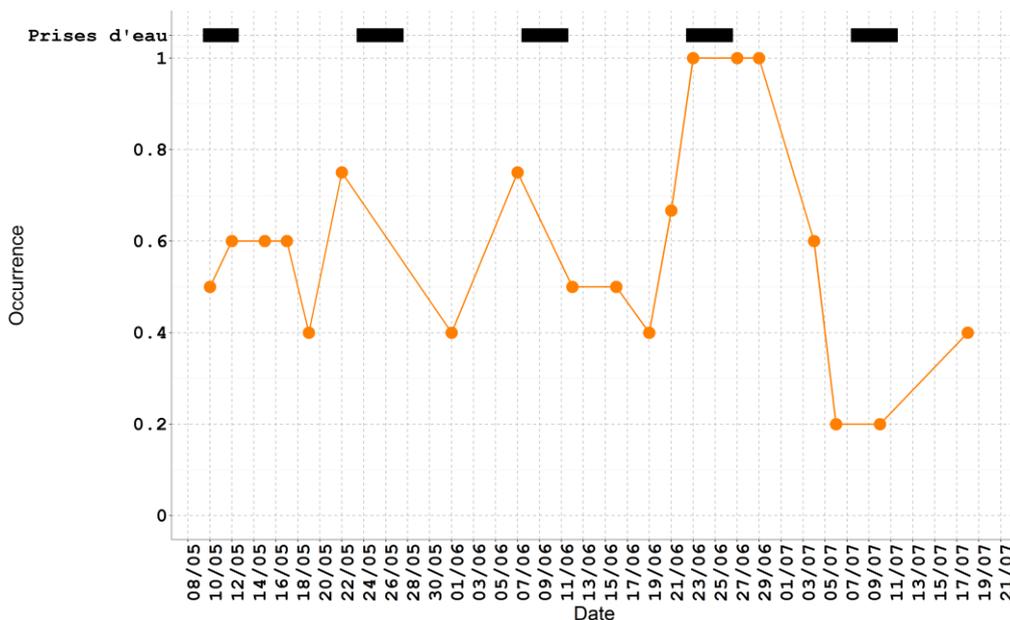
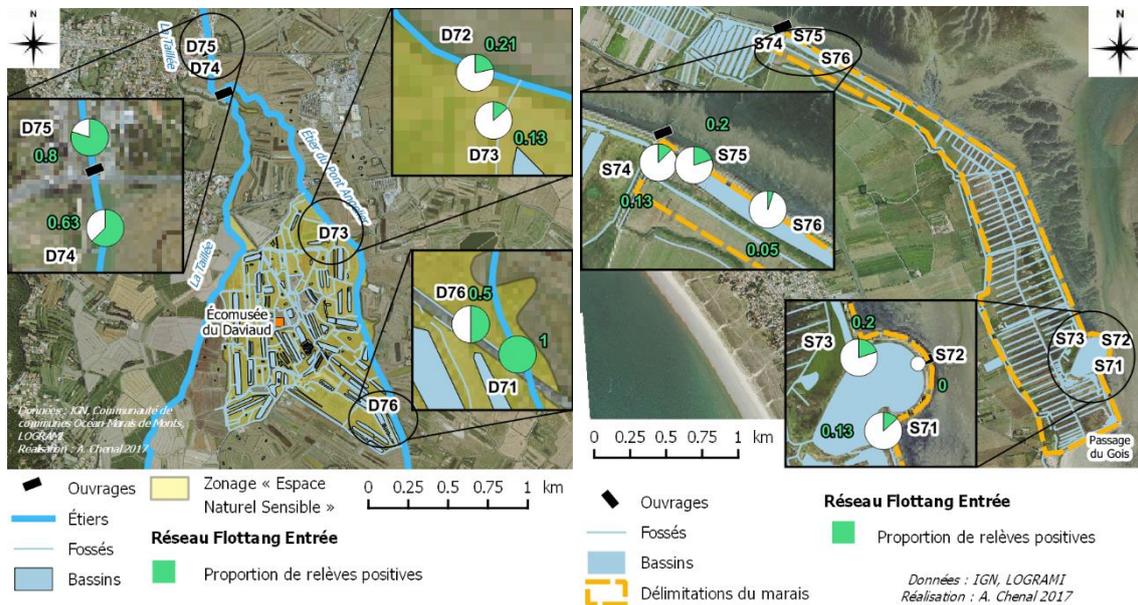


Figure 18 : Évolution chronologique de l'occurrence par jour au Daviaud pour le réseau Entrée et indication des prises d'eau effectuées au Pont Neuf

### 3.4.3.5 Comparaison entre les différents sites

Les sites du polder de Sébastopol ont tous une occurrence inférieure à 0,25, les sites S73 et S75 ayant l'occurrence la plus élevée mais la différence n'est pas significative avec les autres sites (Carte 11). Au Daviaud, l'occurrence est plus élevée, avec notamment le site D71 pour lequel au moins une

anguille était présente lors de chaque relèvement. Ce site est significativement différent des sites D72, D73, et D76 (pairwise wilcoxon test :  $D71/D72 p < 0,01$  ;  $D71/D73 p < 0,01$  ;  $D71/D76 p < 0,01$ ) mais pas des sites D74 et D75 dont l'occurrence est assez élevée également.



Carte 11 : Résultats d'occurrence pour le réseau Entrée (gauche : Marais du Daviaud, droite : Polder de Sébastopol)

Les anguilles capturées sont en moyenne plus petites au Daviaud, notamment dans les sites D75, D74 et D71 où la moyenne des tailles est inférieure à 80 mm et assez homogène sur chaque site (amplitude de taille pour D75 = 15 mm) (Figure 19). La taille moyenne des anguilles pour le site D76 est significativement différente de celle de ces trois sites (pairwise wilcoxon test :  $D76/D71 p < 0,01$  ;  $D76/D74 p < 0,01$  ;  $D76/D75 p < 0,01$ ). Au polder de Sébastopol la moyenne de taille de deux sites est inférieure à 100 mm (S75 : 83 mm et S74 : 105 mm). La moyenne de taille des sites S71 et S74 est plus élevée et leur écart-type est très important (respectivement 88 et 120 mm).

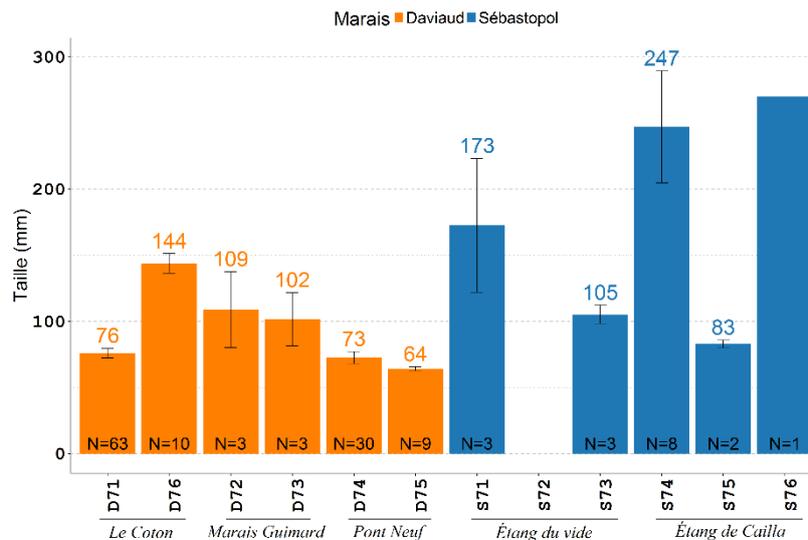


Figure 19 : Moyenne des tailles des captures pour le réseau Entrée (barres d'erreur = erreur standard)

# 4. Discussion

## 4.1. Intérêt de l'utilisation du *flottang*

L'intérêt initial du *flottang* est d'utiliser un engin de piégeage ciblant les petites anguilles (< 150 mm), l'efficacité de la pêche électrique étant limitée pour les anguilles de moins de 120 mm (Schaal 2014). En marais, l'utilisation de la pêche électrique n'étant pas possible à cause de la salinité de l'eau, ces suivis se font à l'aide de nasses ou de verveux. L'utilisation de nasses implique une taille minimale de capture de 150 mm, mais une limite de rétention maximale de seulement 190 mm c'est-à-dire que toutes les anguilles de plus de 190 mm qui entrent dans la nasse ne pourront pas ressortir, contrairement à celles qui mesurent entre 150 et 190 mm. Ainsi, les données issues des nasses ne sont intéressantes que pour les captures de plus de 190 mm (Baisez 2001 ; Roul et Besse 2013).

Les résultats obtenus avec les *flottangs* pour les marais étudiés montrent que 90 % des captures ont une taille inférieure à 150 mm, ce qui est en accord avec l'objectif initial du *flottang*, et 96 % ont une taille inférieure à 190 mm. Le piège *flottang* semble donc adapté pour être utilisé en complément des nasses afin de cibler les anguilles de moins de 190 mm.

## 4.2. Analyses préalables

### 4.2.1 Choix de la variable utilisée pour analyser les résultats

L'analyse de la relation entre l'occurrence et l'abondance a abouti à la décision de ne retenir que l'occurrence comme variable utile dans la suite des résultats. En effet, les données d'abondance sont fortement liées aux données d'occurrence : les sites où l'occurrence est forte sont également les sites où les pièges capturent le plus d'anguilles. De plus, le nombre d'anguilles capturées dans un seul piège varie peu, avec un maximum de 6 individus capturés. C'est une valeur proche d'autres suivis par *flottangs* (voir le tableau récapitulatif des différents essais en Annexe 11).

D'autre part le *flottang* a été conçu initialement pour récolter des données de présence/absence, donc d'occurrence (Schaal 2014). Enfin, même si dans l'étude de Schaal (2014) les pièges semblaient répondre au signal de densité, l'analyse de ce lien n'a pas été plus poussée. Dans notre cas, nous n'avons pas de données de référence sur la densité d'anguilles dans le milieu auxquelles comparer les abondances observées dans les pièges afin d'établir une relation entre l'abondance dans les pièges et la densité d'anguilles dans le milieu environnant. C'est pourquoi les chiffres d'abondance n'ont pas été analysés précisément.

Néanmoins ces données peuvent être intéressantes dans un but de comparaison entre les années, notamment si les ouvrages à la mer font l'objet de plus d'ouvertures, les quantités capturées pouvant alors augmenter. Il est à noter que la capacité maximale de capture d'un *flottang* semble peu limitée, la Fédération de pêche du Morbihan a en effet relevé un *flottang* contenant plus de 300 anguillettes lors d'un essai en aval d'une buse à l'exutoire d'un étang. Cette valeur témoigne d'un problème de franchissabilité de la buse, les captures des *flottangs* des autres sites utilisés lors de cette étude étant plutôt de l'ordre de la dizaine (FDPPMA 56 2017).

### 4.2.2 Influence du nombre de nuits de pose sur la présence d'anguilles lors d'une relève

L'effet du nombre de nuits de pose sur la présence d'anguilles lors d'une relève n'apparaît pas comme significatif. Cela nous permet d'analyser simultanément toutes les données, bien que le nombre de nuits de pose varie. Ce résultat est également observé par Schaal (2014). Cependant, par souci de prudence, il sera recommandé dans le protocole final de limiter la pose à 2 ou 3 nuits afin d'avoir des conditions de suivi homogènes. D'autre part, une étude sur la colonisation d'un axe fluvial par les anguilles en 2016 a montré qu'une relève deux jours après la pose des pièges était suffisante, un deuxième passage deux jours plus tard n'apportant pas d'informations supplémentaires (Rigaud 2017).

### 4.3. Réseau répartition : caractéristiques des sites et taille des captures

L'occurrence et le nombre de captures réalisées sur les sites du réseau Répartition sont faibles (5 anguilles pour 67 relèves). Les interprétations et analyses pour ce réseau sont donc limitées. Cela nous pousse à nous concentrer plutôt sur le réseau Entrée pour définir le futur protocole.

La différence d'occurrence observée entre les résultats par *flottangs* et par nasses peut provenir de la différence comportementale entre les différents stades de l'anguille : en effet Baisez (2001) a montré que les petits individus (< 280 mm) étaient surtout présents dans les fossés confinés et étroits tandis que les plus grandes anguilles (> 440 mm) se trouvaient dans les fossés plus profonds et peu envasés. Les résultats de cette année ont de plus montré la présence de petits individus (capturés par les *flottangs*) dans des fossés plus larges, où des plus grandes anguilles ont aussi été capturées par les nasses (sites D03 et D04bis). Il serait intéressant de continuer à considérer les caractéristiques du site de piégeage par les *flottangs*, avec notamment des mesures plus précises de la hauteur d'eau, la largeur du fossé et la profondeur de vase par exemple, afin de pouvoir peut-être relier les caractéristiques de l'habitat avec la présence ou l'absence des individus de moins de 150 mm.

### 4.4. Résultats du réseau Entrée

#### 4.4.1 Anoxie observée au polder de Sébastopol

Le nombre de captures au Sébastopol est largement inférieur à celui du Daviaud, pour un nombre de relèves pourtant plus élevé. Une part importante (35 %) des captures du polder de Sébastopol est constituée par une seule relève, due à un phénomène particulier d'anoxie à l'étang de Cailla. Cela a entraîné une forte accumulation d'anguilles près des berges. Ainsi, plusieurs dizaines d'anguilles étaient amassées à proximité des *flottangs* du site S74. Une partie de ces anguilles s'est retrouvée dans les *flottangs*, mais ceci est dû à la forte densité d'individus à cet endroit. Ces individus capturés lors de cette relève n'auraient vraisemblablement pas été piégés dans les *flottangs* en temps normal, leur taille étant largement supérieure à celle des captures habituelles (taille moyenne sur cette relève = 308 mm ; taille moyenne de toutes les captures au Sébastopol = 191 mm).

#### 4.4.2 Décalage du suivi 2017 par rapport aux arrivées de civelles

Une diminution d'occurrence est observée entre mai et juillet. Une hypothèse explicative serait le décalage de la période de suivi avec la période d'arrivée des civelles. En effet, l'arrivée des civelles dans les estuaires des côtes atlantiques débute dès le mois d'octobre (Adam *et al.* 2008). En mai, la majorité des civelles est donc déjà arrivée au niveau des côtes françaises et a commencé la colonisation et la remontée des cours d'eau. Il pourrait donc être intéressant de commencer le suivi avec les *flottangs* plus tôt dans l'année, afin de vérifier si l'occurrence est plus forte pendant les mois précédant le mois de mai, ou si le mois de mai constitue un pic d'occurrence.

#### 4.4.3 Pertinence limitée de la taille et intérêt de la pigmentation

La différence de taille moyenne entre le mois de mai et les mois de juin et juillet peut être due au fait que les individus piégés en juin et juillet ont grandi depuis leur arrivée sur les côtes, les individus capturés en mai étant alors plus petits donc plus jeunes. Cependant, l'utilisation de la taille pour déterminer le stade de développement des civelles n'est pas pertinente, car la longueur des civelles diminue au cours de la traversée de l'estuaire (Elie et Rochard 1994 ; De Casamajor *et al.* 2003 ; Adam *et al.* 2008). Un autre critère utilisé pour déterminer le stade de développement des civelles est leur degré de pigmentation. De nombreux auteurs se sont intéressés à la définition et à la description de différents stades pigmentaires chez les civelles (Schmidt, 1906 ; Gilson, 1908 ; Grassi, 1913 ; Strubberg, 1913 ; Panu, 1929 ; Boetius, 1976 ; Elie, 1982) et la classification considérée comme référence actuellement est celle de Elie *et al.* (1982), par exemple reprise par l'Ifremer dans ses documents (Grellier *et al.* 1991) et simplifiée par la Fédération de pêche de Gironde pour ses suivis de passe à anguille (Laharanne et Vassart 2013). Cependant toutes ces classifications nécessitent soit une observation à la loupe binoculaire soit un endormissement des anguilles. Il est donc proposé de ne retenir comme critère d'évaluation du stade d'après la pigmentation que la discrimination entre un individu en cours de

pigmentation (c'est-à-dire une civelle) et un individu totalement pigmenté (c'est-à-dire une anguilette ou même anguille jaune). Pour les anguilletes plus grandes (> 150 mm), le critère utilisé pour déduire le stade biologique est la taille. La déduction de l'âge et du stade des anguilles capturées peut alors se résumer d'après les critères présentés dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Critères de détermination simplifiés du stade biologique (d'après Adam et al. 2008; Roul et Besse 2013)

Critère		Stade biologique
Pigmentation	Taille	
Non totalement pigmenté	< 150 mm	Civelle = 1 <sup>re</sup> année de vie continentale
Totalement pigmenté		
	150 ; 300 mm	Anguille jaune en croissance (2 à 6 étés continentaux) non sexuellement différenciée
	300 ; 450 mm	Anguilles ♂ pouvant s'argenter Anguilles jaunes ♀ en croissance
	> 450 mm	Anguilles ♀ pouvant s'argenter

#### 4.4.4 Pas d'effet marqué des paramètres extérieurs sur la chronologie d'occurrence

La relation entre les phases de la lune et l'occurrence par jour n'a été étudiée que graphiquement. De plus, il existe un biais dans les résultats du suivi par rapport aux phases de la lune. En effet, les relèves du réseau Entrée ont rarement eu lieu lors de la nouvelle lune, à cause du principe même du plan d'échantillonnage défini au début du suivi. Les *flottangs* étant déplacés sur le réseau Répartition au moment des suivis par nasses, aucune relève n'était réalisée sur le réseau Entrée à ce moment-là. Or, pour maximiser les captures par nasses, les dates de suivis ont été choisies lors de la phase de nouvelle lune, lorsque l'activité des anguilles est plus importante (Baisez 2001). Donc à chaque nouvelle lune, les *flottangs* n'étaient pas sur le réseau Entrée.

Le coefficient de marée a été observé comme étant un paramètre influençant la densité de civelles en aval d'un ouvrage : elles arrivent en plus grande quantité lors des forts coefficients donc leur densité augmente lorsqu'elles s'accumulent en aval d'un ouvrage à la mer (Rigaud 2013). Cependant nos résultats ne montrent pas de lien évident entre le coefficient de marée et l'occurrence par jour. En effet, le coefficient de marée n'est pas le seul facteur pouvant jouer sur la densité de civelles qui arrivent au niveau de l'ouvrage. De plus nos sites de suivi sont situés en amont du premier ouvrage à la mer, qui bloque l'effet de la marée. La présence des civelles en amont de cet ouvrage résulte donc sûrement à la fois de l'effet du coefficient de marée mais également de la franchissabilité de cet ouvrage.

Il existe un lien négatif entre la température moyenne quotidienne et l'occurrence. Une hypothèse explicative pourrait être que le *flottang* est un piège flottant en polymère plastique, qui demeure à la surface de l'eau et qui est donc facilement chauffé par le soleil. En cas de température trop élevée dans le *flottang* celui-ci pourrait devenir moins attractif pour les civelles, qui préféreront s'installer dans les abris naturels présents sur le site et potentiellement moins chauffés. Il se peut également que la température n'ait pas d'effet direct sur l'occurrence, mais soit simplement corrélée à un autre paramètre influençant l'occurrence. On peut ainsi supposer que la température est simplement corrélée à la date du suivi (la température augmente au cours de la saison de suivi) et que la diminution d'occurrence serait uniquement liée à la date d'observation, qui en étant de plus en plus tardive s'éloigne de la période d'arrivée des civelles. Il pourrait être intéressant d'étudier plus précisément le lien entre la température et les captures par *flottangs* dans les années qui suivent.

#### 4.4.5 Évolutions journalières et prises d'eau au Daviaud

L'étude de l'effet des prises d'eau sur l'occurrence reste assez limitée. En effet, les manœuvres réalisées au Pont Neuf ne sont pas sans effet sur l'échantillonnage (*flottangs* à sec lors des chasses d'eau), ce qui peut entraîner un premier biais. De plus, les prises d'eau ayant lieu lors des phases de pleine et nouvelle lune, il y a un déficit d'échantillonnage au moment des nouvelles lunes, les *flottangs* étant déplacés sur les sites du réseau Répartition. Ces conditions ont pour conséquence de diminuer la fréquence des suivis, qui n'est alors pas adaptée pour voir un effet des prises d'eau. Cependant les prises d'eau et l'accessibilité pour les civelles constituent le point clé des suivis qui vont être mis en place. Il faudra donc adapter le protocole final de manière à être en mesure d'observer un effet des prises d'eau ou des modifications du mode de gestion des ouvrages hydrauliques sur le recrutement.

#### 4.4.6 Résultats par site

L'occurrence sur les sites du polder de Sébastopol est largement inférieure à celle des sites du Daviaud, et la taille moyenne des anguilles capturées au Sébastopol est supérieure à la taille moyenne des captures au Daviaud. Il semble donc y avoir une différence d'accessibilité des petits individus entre les deux marais. La faible accessibilité du polder de Sébastopol pour les jeunes anguilles pourrait être à l'origine de la diminution et du vieillissement de la population observés par les suivis par nasses (Tenailleau 2009 ; Le Pape 2010). Le problème de recrutement supposé alors semble donc se confirmer d'après les suivis réalisés avec les *flottangs*.

##### 4.4.6.1 Marais du Daviaud

Le site D71 se distingue des autres sites car lors de chaque relève au moins une anguille a été observée. Ce site se trouve juste en aval d'un pont, il se peut donc que celui-ci constitue un obstacle responsable d'une accumulation d'anguilles au niveau du site D71, et donc une présence récurrente d'anguilles dans les pièges. La même anguilllette, reconnaissable par sa queue un peu coupée, a pu être observée sur ce site lors de plusieurs relèves successives (16, 19 et 21 juin). Cette observation pourrait être un signe que le pont représente bien un obstacle pour les anguilles qui remontent l'étier. Sur les autres sites, l'occurrence est plus variable.

La taille moyenne des captures de tous les sites du Daviaud est inférieure à 150 mm. Les sites pour lesquelles la taille moyenne est dans les plus faibles correspondent aux sites qui ont une occurrence parmi les plus élevées (D71, D74 et D75).

##### 4.4.6.2 Polder de Sébastopol

On ne remarque pas de différence particulière entre les sites des deux étangs (étang du vide : S71, S72 et S73 ; étang de Caille : S74, S75 et S76). Pourtant, les prises d'eau étant réalisées au niveau de l'étang de Cailla, on aurait pu s'attendre à plus de captures à cet endroit par rapport à l'étang du vide.

Les moyennes de taille par site sont assez hétérogènes, avec 2 sites dont la moyenne se situe autour de 100 mm (S73 et S75), un dans chaque étang. Dans le cas des autres sites, dont les moyennes sont plus élevées, le site S76 n'a permis d'avoir qu'une seule capture. La moyenne du site S74 est augmentée par les captures obtenues lors de l'épisode d'anoxie du 13 juin. Si on ne prend pas en compte les anguilles de cette relève, 2 captures ont été réalisées sur le site S74, avec une moyenne de taille de 63,5 mm, ce qui se rapproche des plus petites valeurs de taille moyenne du Daviaud.

Des individus de taille inférieure à 100 mm ont donc bien été capturés dans l'étang de Cailla, mais seulement quatre, et à une fréquence assez faible. On peut émettre des hypothèses sur les causes de leur faible densité. Ceci peut être dû au décalage déjà supposé entre la période de suivi et l'arrivée des civelles. Il se peut également que les prises d'eau ne soient pas optimales pour l'entrée des civelles : en effet, la buse est avancée sur l'estran, le débit d'attrait est faible du fait de la taille du bassin versant et la technique de prise d'eau limite ne favorise pas l'entrée des poissons depuis l'océan mais limite l'entrée du goémon et maximise le volume d'eau entrant. Cette hypothèse devrait être testée par les gestionnaires, qui prévoient d'expérimenter d'autres manières de réaliser les prises d'eau, en ouvrant

l'écluse plus tôt au début de la marée montante et non en milieu de marée comme actuellement, avec l'espoir de faire rentrer plus de poissons dans le marais (Marty comm. pers.). L'expérimentation des nouvelles prises d'eau doit être accompagnée de suivis pour pouvoir conclure sur l'efficacité de ces nouvelles techniques ou non. Un suivi à l'aide d'un filet installé au niveau de l'entrée dans l'étang de Cailla est prévu, afin de récupérer le flux entrant d'individus. Les *flottangs* pourront également servir d'outil de suivi lors de ces expérimentations afin de voir si les captures sont plus fréquentes ou plus nombreuses après un test de prise d'eau.

Un test de prise d'eau par l'écluse de l'étang du vide, normalement utilisée pour évacuer l'eau du marais, a été réalisé en 2017 sur deux jours de suite (18 et 19 juillet). Le premier jour le filet utilisé pour récupérer les espèces entrées avec la marée était un filet adapté aux civelles, de maille 4 mm. Pour le second essai le filet utilisé avait une maille plus grande (6 mm). Dans les deux cas, beaucoup d'algues ont été piégées dans le filet, ce qui a imposé de limiter le temps de prise d'eau à 15 minutes au maximum. Les captures obtenues lors du premier essai étaient majoritairement des crevettes et quelques gobies, mais également une civelle de 62 mm et une anguille jaune de 245 mm. Lors de la deuxième journée de test, aucune anguille n'a été capturée, mais les autres espèces piégées étaient plus variées (crevettes, crabes, étoiles de mer, gobies, méduses...). Cette manipulation a été l'occasion de tester le matériel (différents filets, technique pour les installer) et la faisabilité de la manœuvre, qui nécessite au minimum deux personnes pour des raisons de sécurité. Les résultats obtenus en 2017 vis-à-vis de l'anguille ne sont pas très concluants quant à l'intérêt d'une telle manœuvre. Cependant, les conditions pourraient être améliorées pour favoriser l'entrée des anguilles dans l'étang du vide par cette technique. D'abord en effectuant la manœuvre de nuit, ce qui n'était pas le cas lors des tests, et ensuite en la réalisant en hiver, lors des arrivées massives de civelles, et ce qui permettrait aussi de réduire la quantité d'algues piégées et donc d'augmenter la durée de la prise d'eau.

#### **4.5. Remarques sur le protocole de 2017 et améliorations possibles**

##### **4.5.1 Les flottangs**

Une rencontre avec la Cellule Migrateurs Charente Seudre a permis de découvrir une version améliorée du *flottang* : seulement 6 couches de géotextile de 40 × 40 cm ont été utilisées, ce qui réduit la taille et le poids des pièges. De plus, un système d'attache des couches de géotextile a été imaginé afin de pouvoir ouvrir le *flottang* lors de la relève et écarter les différentes couches plus facilement, comme si on lisait un livre (Albert comm.pers.). Cela limite la déchirure du géotextile qui a pu être observée lors de nos essais, due à l'écartement répétitif des couches et la force de traction exercée sur les systèmes d'attache. La phase de relève est aussi facilitée pour l'opérateur, surtout si une seule personne s'occupe du suivi, car les pièges sont plus maniables et moins lourds.

Lors d'essais menés en 2016, l'Irstea a testé deux types de géotextiles différents, l'un étant plus lâche que le treillis utilisé initialement par Schaal (2014) et également utilisé dans nos suivis. Les résultats ont montré que les anguilles capturées avec le treillis plus lâche étaient plus grandes que celles piégées dans les *flottangs* en treillis dense (Rigaud 2017), ce qui incite à garder le matériau initial pour le suivi des anguilles les plus petites qui correspondent au recrutement le plus récent.

L'absence de flotteurs n'a pas posé de problème particulier dans le cadre de nos suivis, car les débits en marais sont très faibles. D'après Rigaud (2017), les flotteurs deviennent nécessaires pour des courants supérieurs à 50 cm/s.

##### **4.5.2 Problèmes rencontrés et améliorations proposées**

Lors de cette année de test, les outils à disposition pour mesurer les anguilles capturées par *flottangs* étaient ceux habituellement utilisés pour la mesure des anguilles piégées par les nasses. Ils n'étaient donc pas adaptés à la mesure d'anguillettes de moins de 20 cm, non endormies donc très mobiles. L'acquisition ou la fabrication d'un ichthyomètre de calibre adapté aux tailles des anguillettes capturées par les *flottangs* permettra de faciliter les conditions de mesure lors des relèves.

Il peut aussi être envisagé d'endormir les anguillettes capturées, notamment si le nombre de captures dépasse largement celui de cette année. Cela implique une quantité de matériel plus importante mais pourrait constituer un gain de temps si le nombre d'anguillettes capturées entraîne des conditions de mesures trop difficiles. Un exemple de dosage d'anesthésiant (eugénol) est présenté en Annexe 9.

L'épisode d'anoxie à l'étang de Cailla témoigne d'un problème de qualité de l'eau. Afin de pouvoir surveiller la qualité de l'eau, il est proposé de réaliser la mesure du dioxygène dissous lors des relèves. Il est également possible de mesurer la température de l'eau, mais la corrélation entre la température de l'air et la température de l'eau est très forte dans les marais à l'échelle d'une journée. Il peut donc être suffisant d'utiliser les données de Météo France pour ce paramètre. D'autres paramètres peuvent également être mesurés, et des analyses plus poussées peuvent être réalisées suite à l'observation de phénomènes particuliers. On se réfèrera aux fiches réalisées par le Forum des marais atlantiques sur les indicateurs en marais et les mesures physico-chimiques (Forum des Marais Atlantiques 2015 ; Anras et Guesdon 2007).

# 5. Propositions de protocoles

**Objectifs** : étudier le recrutement en civelles du marais et pouvoir mettre en évidence les effets sur ce recrutement d'un changement de la gestion des ouvrages hydrauliques.

Trois modalités de suivi sont envisagées en fonction des modes de gestion des ouvrages hydrauliques :

- en régime d'été : suivi inter-annuel, le suivi de 2017 constituant la première année de référence = suivi de routine à mettre en place au minimum
- en régime d'hiver : suivi inter-annuel de la période principale de migration et suivi de l'évolution du recrutement en fonction de modifications de gestion hivernale (ex. installation de vantelles, augmentation de la fréquence des prises d'eau)
- suivi d'une ouverture ou d'une prise d'eau ponctuelle (ex. prise d'eau par l'écluse du vide, ouverture exceptionnelle de nuit...)

## Matériel :

- 1 *flottang* = 6 couches de 40 × 40 cm de géotextile Macmat® + 4 colliers de serrage autobloquants

Coût d'un *flottang* ≈ 3,30 € ; temps de fabrication ≈ 20 min

Pour la technique de fabrication d'un système d'ouverture de type « livre » (2 attaches permanentes et 2 détachables), se renseigner auprès de la Cellule Migrateurs Charente Seudre

- ichtyomètre adapté à des anguilles inférieures à 20 cm
- épuisette à cadre métallique (bord inférieur droit de 60 cm de large) de maille 2 mm
- bac(s) blanc(s)
- ficelle
- piquets

## Plan d'échantillonnage :

Un « site » correspond à la pose de deux *flottangs*.

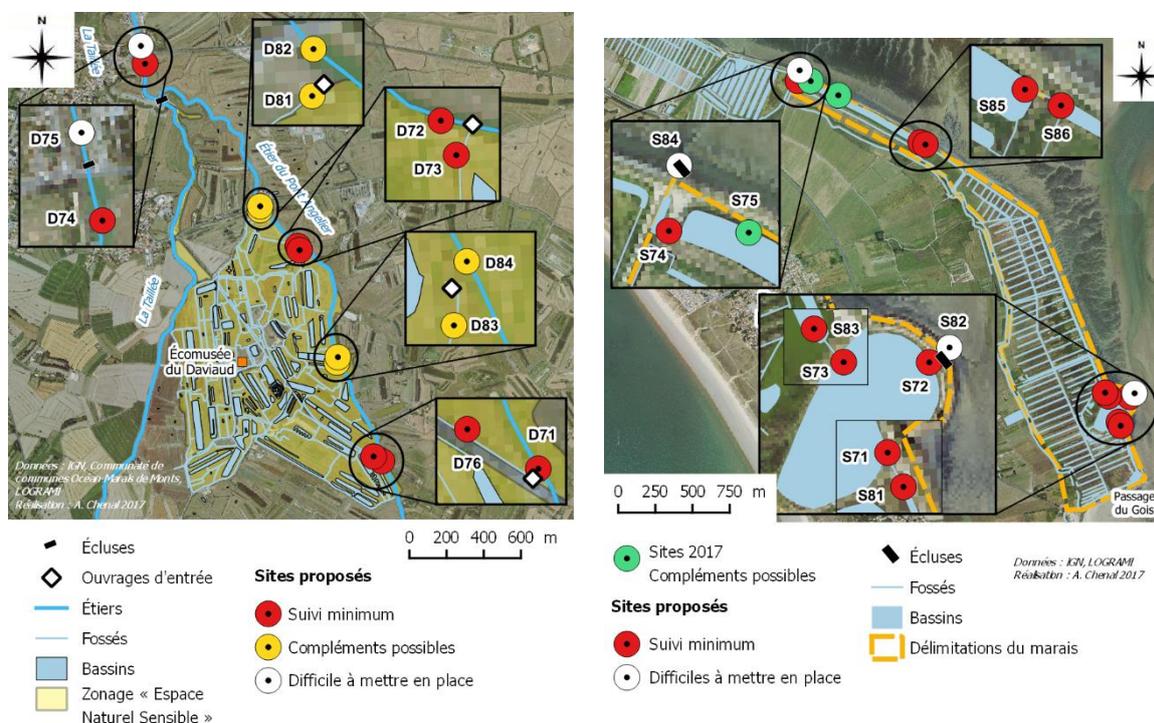
Les sites de suivi sont localisés au niveau des points de passage des premiers obstacles : premier ouvrage à la mer, qui sépare l'océan du réseau primaire du marais, et les deuxièmes ouvrages rencontrés par les civelles, c'est-à-dire ceux qui séparent le réseau primaire du réseau secondaire.

Le principe est de mettre en place des couples de sites au niveau des obstacles considérés, les deux sites étant positionnés de part et d'autre de l'obstacle. Il est possible de mettre en place un seul site de suivi (en amont) dans le cas des ouvrages à la mer si les conditions en aval ne sont pas adaptées (marnage trop important car la zone est soumise à la marée).

Tableau 6 : Caractéristiques des différents suivis proposés

	Régime d'été	Régime d'hiver	Manœuvre ponctuelle
<b>Fréquence minimale</b>	1 relève / mois	2 relèves / mois	À chaque ouverture ponctuelle
<b>Période</b>	Mai - juillet	Décembre - avril	Pose J-2, relève J, relève J+2 : comparaison avant-après
<b>Remarques</b>	Si grosse arrivée, voir points blocages potentiels sur des sites ponctuels (2 <sup>e</sup> ouvrage, connexion entre réseau secondaire et tertiaire, point de débit d'attrait et obstacle potentiel)		Peut servir de complément au suivi direct de flux entrant (filet)

Proposition de sites pour le marais du Daviaud et le polder de Sébastopol (Carte 12)



Carte 12 : Proposition de sites de suivi (gauche : Marais du Daviaud, droite : Polder de Sébastopol)

Estimation du temps nécessaire

Tableau 7 : Estimation du temps de pose et de relève des flottangs par marais

	Pose	Relève
<b>Daviaud</b>	45 min – 1 h	2 h – 3 h
<b>Sébastienopol</b>	1 h	3 h – 3 h 30

Tableau 8 : Estimation du temps total nécessaire pour chaque modalité de suivi

	Régime d'été	Régime d'hiver	Manœuvre ponctuelle
Caractéristiques	1 pose et 1 relève 1 fois / mois Mai – Juillet	1 pose et 1 relève 2 fois / mois Décembre – Avril	1 pose et 2 relèves Ponctuel
Daviaud	12 h	40 h	7 h / manœuvre
Sébastopol	13 h	45 h	8 h / manœuvre

**NB** : les scénarios proposés correspondent à des propositions minimales. Suivant les moyens disponibles et les observations en cours de suivi, il est possible d'augmenter le nombre de sites et/ou la fréquence de relève

### Déroulé d'une relève :

L'installation des *flottangs* sur un site se fait de préférence à un endroit accessible facilement (arrivée sur la berge), avec un marnage assez faible pour éviter que les *flottangs* ne se retrouvent à sec, et avec une profondeur d'eau et de vase pas trop élevée afin de pouvoir récupérer les *flottangs* à l'aide de waders lors de la relève (l'utilisation de bateau n'étant pas envisageable en marais)<sup>1</sup>. Dans la mesure du possible, nous avons essayé d'installer les deux *flottangs* d'un même site de part et d'autre du fossé ou de l'étier, à proximité de chacune des deux berges. Cependant cette méthode peut être modulée d'après la configuration et l'accessibilité au niveau de chaque site (par exemple pour les fossés étroits les deux *flottangs* étaient disposés dans la longueur du fossé). Les *flottangs* doivent être maintenus sur place pour éviter leur dérive à cause du courant : on peut utiliser une ficelle accrochée à un rocher sur la berge, ou à un piquet planté sur la berge ou dans la vase.

La relève des *flottangs* se fait au bout de 2 ou 3 nuits de pose. Il faut récupérer le *flottang* avec l'épuisette, en veillant à minimiser l'échappement : il est donc préférable de ne pas tirer sur la ficelle pour rapprocher le *flottang* mais d'amener l'épuisette en dessous du *flottang* pour le récupérer en le sortant de l'eau. Le contenu du *flottang* est ensuite vidé dans l'épuisette en écartant les différentes couches de géotextile (ou en ouvrant le piège si le système de fabrication le permet). Les civelles et anguillettes sont ensuite transférées dans un bac blanc humide afin de faciliter leur observation. S'il y a trop d'algues, de débris ou de vase dans le contenu de l'épuisette, il est possible de transférer le tout dans un premier bac pour faciliter le repérage des civelles et le tri vers un deuxième bac. Toutes les anguilles capturées doivent être mesurées et leur stade de pigmentation déterminé (partiellement ou totalement pigmenté, voir Annexe 10 pour photos d'exemple). Les individus des autres espèces capturées sont comptés. Une fois la feuille de terrain remplie, le contenu de la relève est relâché au niveau du site de piégeage (veiller à ne pas relâcher trop près du deuxième *flottang* s'il n'a pas encore été relevé).

### Données et analyses :

- Caractéristiques des sites de piégeage : mesurer la hauteur d'eau, la hauteur de vase, la largeur du fossé, présence d'abris (végétation aquatique, rochers...)
- Lors d'une relève : température (données Météo France), nombre d'anguilles capturées, effectifs des autres espèces capturées. Des mesures complémentaires de qualité de l'eau peuvent être réalisées (ex. mesure du dioxygène dissous, pour plus de détails : Anras et Guesdon 2007; Forum des Marais Atlantiques 2015)
- Pour chaque anguille capturée : taille, pigmentation, pathologie (le cas échéant)

<sup>1</sup> Des études sont en cours pour déterminer les caractéristiques du milieu à prendre en compte pour le suivi des anguillettes par *flottangs* (Cellule Migrateurs Charente Seudre, Irstea)

Pour pouvoir comparer avec les données de 2017, des analyses d'occurrence seront privilégiées (ex. occurrence moyenne par mois, Figure 20). L'observation de la pigmentation associée aux données de tailles permettent de déduire un stade biologique pour chaque anguille (voir Tableau 5 page 38) : il pourrait être intéressant d'analyser la proportion des différents stades, chronologiquement ou spatialement. Dans le cas des suivis ponctuels, les données récoltées lors de deux relèves successives correspondent à une comparaison d'un état avant et après la manœuvre. Cette comparaison repose sur l'hypothèse que les conditions environnementales n'ont pas changé entre les deux états. Cependant il faudra être vigilant lors des analyses et garder en tête les effets possibles d'autres paramètres sur les résultats (par exemple la température, dont le lien avec l'occurrence a été observé dans les résultats de cette année).

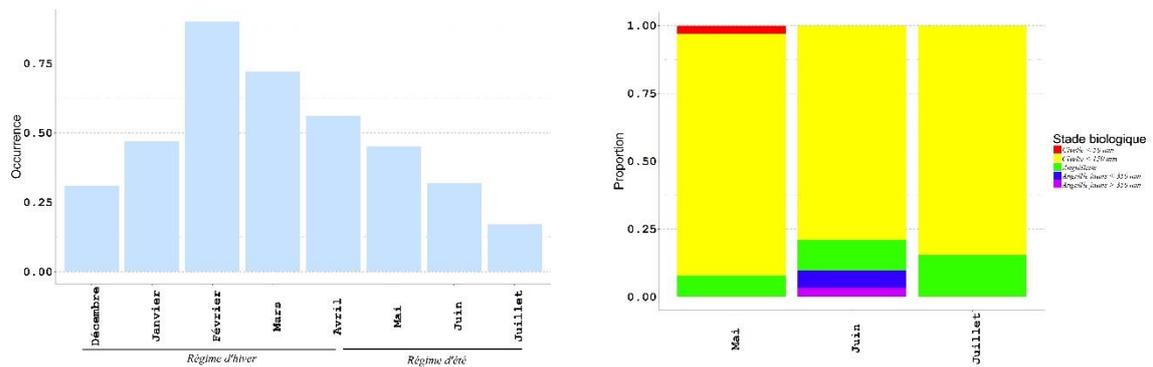


Figure 20 : Exemples d'analyse des données  
Évolution de l'occurrence en fonction du mois (g.) - Proportion des différents stades biologiques en fonction du mois (d.)

# Conclusion

Le suivi mis en place en 2017 a permis d'observer une forte différence d'accessibilité des civelles entre le marais du Daviaud et le polder de Sébastopol. Cependant, même s'il y a eu plus de captures au Daviaud, la densité de capture n'apparaît pas particulièrement élevée. Ce premier aperçu des captures des petites anguilles (moins de 15 cm) semblerait donc confirmer l'hypothèse d'un problème de recrutement dans les deux marais, qui pourrait être à l'origine du vieillissement et de la diminution de la population d'anguilles observés depuis plusieurs années.

Les données récoltées à l'aide du protocole utilisé cette année et leur analyse ont permis d'élaborer une proposition de protocole qui devrait permettre aux gestionnaires de mettre en place un suivi de l'évolution du recrutement au fil des années mais aussi une surveillance des effets des mesures de gestion adoptées afin d'améliorer la continuité écologique et l'accessibilité de leurs marais. Le protocole proposé ici sera amené à être modifié et adapté en fonction des résultats obtenus, notamment si les mesures prévues pour améliorer le recrutement sont efficaces et que la quantité de civelles qui entre dans les marais augmente significativement : il pourrait alors être intéressant d'étudier plus précisément la répartition des civelles à l'intérieur même du marais, après avoir franchi les premiers ouvrages hydrauliques.

Plus globalement, ce suivi s'ajoute aux autres essais utilisant le *flottang*, et participe ainsi au retour d'expérience sur l'utilisation de ce piège dont la création reste encore récente.

# Références bibliographiques

- ADAM Gilles, FEUNTEUN Éric, PROUZET Patrick et RIGAUD Christian. 2008. *L'anguille européenne : Indicateurs d'abondance et de colonisation*. Éditions Quae. <http://books.google.com/books?id=DvjN21Hra6YC&hl=fr>.
- ANRAS Loïc, BLACHIER Philippe, HUSSENOT Jérôme, LAGARDÈRE Jean-Paul, LAPOUYADE Patrick, MASSÉ Jacques, POITEVIN Benoît et RIGAUD Christian. 2004. « Les marais salés atlantiques - Mieux connaître pour mieux gérer ». Cahier technique. Rochefort: Forum des Marais Atlantiques.
- ANRAS Loïc et GUESDON Stéphane. 2007. « Hydrologie des marais littoraux - Mesures physicochimiques de terrain ». Forum des Marais Atlantiques.
- AYCAGUER Julie. 2017. « Fiche descriptive Ramsar. Marais Breton, Baie de Bourgneuf, Île de Noirmoutier et Forêt de Monts ».
- BAISEZ Aurore. 2001. « Optimisation des suivis des indices d'abondances et des structures de taille de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*, L.) dans un marais endigué de la côte atlantique : relations espèce - habitat ». Toulouse : Université de Toulouse III - Paul Sabatier.
- BUARD Éric, BLACHIER Philippe, LEMOIGNE Valérie, ANRAS Loïc et RIGAUD Christian. 2009. « Anguilles et marais littoraux : des liens à redéfinir ». Actes de séminaire. Forum des Marais Atlantiques. Rochefort-sur-mer : CREA (Centre régionale d'expérimentation et d'application aquacole).
- CHANSEAU M., BOSCH S., GALIAY E. et OULES G. 2002. « L'utilisation de l'huile de clou de girofle comme anesthésique pour les smolts de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) et comparaison de ses effets avec ceux du 2-phenoxyethanol ». *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 365/366: 579-89.
- Code de l'environnement. 2006. *Article L214-17*.
- Conseil de l'Union Européenne. 2007. *Règlement (CE) n° 1100/2007 du conseil du 18 septembre 2007 instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes*. L. Vol. 248/23.
- Conseil régional des Pays de la Loire. 2008. « Polder de Sébastopol, Île de Noirmoutier. Un site unique à préserver ».
- DE CASAMAJOR M.N., LECOMTE-FINIGER R. et PROUZET P. 2003. « Caractéristiques biologiques des civelles (*Anguilla anguilla*) lors de la transition en estuaire ». *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 368: 109-24.
- DREAL LR, (Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Languedoc-Roussillon). 2010. « Agir sur les « ouvrages Grenelle » en Languedoc-Roussillon pour restaurer la continuité écologique des cours d'eau ». DREAL LR.
- ELIE P., LECOMTE-FINIGER R., CANTRELLE I. et CHARLON N. 1982. « Définition des limites des différents stades pigmentaires durant la phase civelle d'*Anguilla anguilla* L. (Poisson téléostéen anguilliforme) ». *Vie et Milieu* 32 (3): 179-157.
- ELIE P. et ROCHARD E. 1994. « Migration des civelles d'anguilles (*Anguilla anguilla* L.) dans les estuaires, modalités du phénomène et caractéristiques des individus ». *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 335: 81-98.
- FDPPMA 56, (Fédération du Morbihan pour la pêche et la protection du milieu aquatique). 2017. « Évaluation des peuplements d'anguilles et du recrutement sur les marais littoraux morbihannais (2016) ». Fédération du Morbihan pour la pêche et la protection du milieu aquatique.
- Forum des Marais Atlantiques. 2015. « Mallette d'indicateurs de travaux et de suivis en zones humides ». Agence de l'eau Loire-Bretagne et Conseil régional des Pays de la Loire.
- FOX John. 2005. « The R Commander : A Basic Statistics Graphical User Interface to R ». *Journal of Statistical Software* 14 (9): 1-42.
- FOX John. 2016. « RcmdrMisc : R Commander Miscellaneous Functions ». <https://CRAN.R-project.org/package=RcmdrMisc>.

- FOX John et WEISBERG Sanford. 2011. « An R Companion to Applied Regression ». Sage, Thousand Oaks {CA}. <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>.
- GIRARD Corentin. 2015. « Actions de restauration de la continuité écologique sur l'étier de Sallertaine et l'étier de la Grande Taillée ». Syndicat Mixte des Marais de Saint Jean de Monts et de Beauvoir sur Mer.
- GRELLIER Patrick, HUET Jérôme et DESAUNAY Yves. 1991. « Stades pigmentaires de la civelle *Anguilla anguilla* (L.) dans les estuaires de la Loire et de la Vilaine ». Ifremer.
- Ifremer, (Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer). « Marais Breton-Vendéen ».
- JACOBY D. et GOLLOCK M. 2014. « *Anguilla anguilla*, European Eel ». The IUCN Red List of Threatened Species 2014.
- LAHARANNE Alice et VASSART Anne-Sophie. 2013. « Suivi de la montaison de l'Anguille européenne sur le bassin versant des lacs médocains - Saison de migration 2012 ». Fédération départementale de pêche 33.
- LE PAPE Coline. 2010. « État du peuplement d'anguilles européennes (*Anguilla anguilla*) et franchissabilité des ouvrages en marais breton vendéen ». Rapport de stage Master 1 « Eco-Aménagement des eaux de surface ». Bordeaux : Institut EGID Bordeaux 3.
- LE REUN Lucie. 2017a. « Restauration de la continuité écologique de 9 ouvrages de marais. Études préalables ». Arcadis.
- LE REUN Lucie. 2017b. « Restauration de la continuité écologique de 9 ouvrages de marais. Notice AVP ». Arcadis.
- LOGRAMI, (Loire grands migrants). 2017a. « Migrants-Loire. Présentation ». Consulté le 2 août 2017. <http://www.migrants-loire.fr/presentation/>.
- LOGRAMI, (Loire grands migrants). 2017b. « Qui sommes-nous ? » Consulté le 2 août 2017. <http://www.logrami.fr/qui-sommes-nous/#missions>.
- Ministère de la Transition écologique et solidaire. 2016. « Continuité écologique des cours d'eau ». Consulté le 24 août 2017. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/continuite-ecologique-des-cours-deau-0>.
- MÜLLER Kirill. 2017. « bindrcpp : An "Rcpp" Interface to Active Bindings ». <https://CRAN.R-project.org/package=bindrcpp>.
- Onema, (Office national de l'eau et des milieux aquatiques). 2010. « Plan de gestion anguille de la France - Volet national ».
- QGIS Development Team. 2009. « QGIS Geographic Information System ». Open Source Geospatial Foundation. <http://qgis.osgeo.org>.
- R Core Team. 2017. « R : A Language and Environment for Statistical Computing ». R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- RENAULT Sophie. 2011. « Étude des impacts de deux types d'anesthésies ». In *Thèse - Étude écotoxicologique des impacts des contaminations métalliques et organiques chez l'anguille européenne (Anguilla anguilla L.), dans l'estuaire de la Gironde*, Université Bordeaux 1-Sciences et Environnements, 420. Bordeaux.
- RIGAUD Christian. 2013. « Continuité biologique et ouvrages soumis à marée. Le cas de l'anguille européenne. » GRISAM (Groupement d'intérêt scientifique national sur les poissons migrants).
- RIGAUD Christian. 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 ». IRSTEA, ONEMA.
- RIGHTON David, WESTERBERG Håkan, FEUNTEUN Éric, ØKLAND Finn, GARGAN Patrick, AMILHAT Elsa, METCALFE Julian, LOBON-CERVIA Javier, SJÖBERG Niklas, SIMON Janek, ACOU Anthony, VEDOR Marisa, WALKER Alan, TRANCART Thomas, BRÄMICK Uwe et AARESTRUP Kim. 2016. « Empirical observations of the spawning migration of European eels : The long and dangerous road to the Sargasso Sea ». *Science Advances* 2 (10). doi:10.1126/sciadv.1501694.
- ROUL Marine et BESSE Timothée. 2013. « Suivi de l'anguille dans les marais salés atlantiques ». Tableau de bord Anguille LOGRAMI.

- RStudio Team. 2016. « RStudio : Integrated Development Environment for R ». RStudio, Inc., Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>.
- SCHAAL Alexandre. 2014. « Colonisation de l'anguille : Recherche et mise en place d'une méthode de suivi par piégeage sur le bassin charente ». Rapport de stage Master 2 « Biologie, Ecologie, Environnement ». Grenoble : Université Joseph Fourier.
- SERAMA, (Société d'études pour la restauration et l'aménagement des milieux aquatiques). 2015. « Étude Bilan du Contrat de Restauration et d'Entretien des Rivières et Zone Humide des marais de l'étier de Sallertaine et de l'étier de la Grande Taillée et de leurs bassins versants ».
- Tableau de Bord Anguille du Bassin Loire. a. « Caractérisation des anguilles argentées ».
- Tableau de Bord Anguille du Bassin Loire. b. « Caractérisation des anguilles jaunes ».
- Tableau de Bord Anguille du Bassin Loire. c. « Caractérisation des civelles ».
- TENAILLEAU Quentin. 2009. « Mise en place d'un réseau de suivi de l'anguille dans les marais endigués atlantiques - Année 2009 ». Rapport de stage Master 1 EFCE. Rennes : Université de Rennes 1.
- UICN, (Union internationale pour la conservation de la nature). 2012. « Catégories et critères de la Liste Rouge de l'UICN. Version 3.1 ». Deuxième édition. UICN. Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni.
- VECCHIO Yoann. 2010. « Le plan français de gestion de l'anguille, une réponse au règlement européen ». ONEMA.
- WEINGERTNER Franck et ROUSSEL Claire. 2010. « Pourquoi rétablir la continuité écologique des cours d'eau ? » ONEMA.
- WICKHAM Hadley. 2009. « ggplot2 : Elegant Graphics for Data Analysis ». Springer-Verlag New York. <http://ggplot2.org>.
- WICKHAM Hadley. 2011. « The Split-Apply-Combine Strategy for Data Analysis ». *Journal of Statistical Software* 40 (1): 1-29.
- WICKHAM Hadley. 2017. « stringr : Simple, Consistent wrappers for Common String Operations ». <https://CRAN.R-project.org/package=stringr>.
- WICKHAM Hadley, FRANÇOIS Romain, HENRY Lionel et MÜLLER Kirill. 2017. « dplyr : A Grammar of Data Manipulation ». <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>.
- ZEILEIS Achim. 2004. « Econometric Computing with HC and HAC Covariance Matrix Estimators ». *Journal of Statistical Software* 11 (10): 1-17.

# Liste des contacts

ALBERT François. Animateur Poissons Migrateurs – Groupement des Fédérations de pêche du Poitou-Charentes

05 45 69 40 24 – 06 82 98 63 48

[f.albert@peche16.com](mailto:f.albert@peche16.com)

ARTUR Gwénaél. Responsable pôles technique et développement – Fédération d’Ille-et-Vilaine pour la pêche et la protection des milieux aquatiques

9 rue Louis Kérautet Botmel – CS 26713

35067 Rennes Cedex

02 99 22 81 80 – 06 76 35 25 93

[fede.gwenael.come@wanadoo.fr](mailto:fede.gwenael.come@wanadoo.fr)

BRIDONNEAU Fabien. Syndicat Mixte des Marais de la Vie, du Ligneron et du Jaunay

ZAE du Soleil Levant – 2 impasse de l’Aurore

85800 Givrand

02 28 10 94 39 – 06 76 35 25 93

[f.bridonneau.smmvlj@orange.fr](mailto:f.bridonneau.smmvlj@orange.fr)

BUROT Vincent. Direction Maritime

Gare Maritime de Fromentine La Barre de Monts

02 51 54 11 07 – 06 08 25 35 76

[vincent.burot@vendee.fr](mailto:vincent.burot@vendee.fr)

GERARD Barbara. Chargée de missions – Fédération de Loire-Atlantique pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

11 rue de Bavière

44240 La Chapelle sur Erdre

02 40 73 62 42 – 06 12 61 03 38

[barbara.gerard@federationpeche44.fr](mailto:barbara.gerard@federationpeche44.fr)

MARTY Régis. Service de l’Environnement RNR Polder de Sébastopol

Rue de la Prée au Duc – BP 714

85330 Noirmoutier-en-l’île

Tél : 02 51 35 89 89 – Fax : 02 51 39 51 04

[regis.marty@iledenoirmoutier.org](mailto:regis.marty@iledenoirmoutier.org)

ROBIN Jean-Guy. Chargé de mission scientifique

Communauté de Communes Océan-Marais de Monts

85160 Saint-Jean de Monts

02 51 59 98 94 – 06 87 23 25 93

[jeanguy.robins@omdm.fr](mailto:jeanguy.robins@omdm.fr)

# Table des annexes

<b>Annexe 1</b>	Règlement européen de reconstitution du stock d'anguilles européennes .....	52
<b>Annexe 2</b>	Fiche technique du géotextile MacMat® .....	59
<b>Annexe 3</b>	Détails du coût des <i>flottangs</i> .....	60
<b>Annexe 4</b>	Étiquettes d'information du public installées sur les sites de suivi .....	61
<b>Annexe 5</b>	Fiche de terrain .....	62
<b>Annexe 6</b>	Calendrier des relèves de <i>flottangs</i> .....	63
<b>Annexe 7</b>	Description de tous les sites de suivi par <i>flottangs</i> .....	64
<b>Annexe 8</b>	Liste des packages R utilisés pour les analyses .....	67
<b>Annexe 9</b>	Exemple de préparation d'anesthésiant.....	68
<b>Annexe 10</b>	Aide à la détermination du stade pigmentaire .....	69
<b>Annexe 11</b>	Tableau de synthèse des essais réalisés avec des <i>flottangs</i> .....	70
<b>Annexe 12</b>	Cartes grand format de la localisation des sites de suivi par <i>flottangs</i> .....	72
<b>Annexe 13</b>	Script R complet des analyses.....	74

# Annexe 1 Règlement européen de reconstitution du stock d'anguilles européennes

22.9.2007

FR

Journal officiel de l'Union européenne

L 248/17

## RÈGLEMENT (CE) N° 1100/2007 DU CONSEIL

du 18 septembre 2007

### instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes

LE CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE,

la priorité aux actions des États membres, invités à élaborer des programmes de gestion de l'anguille adaptés aux réalités régionales et locales.

vu le traité instituant la Communauté européenne, et notamment son article 37,

vu la proposition de la Commission,

vu l'avis du Parlement européen <sup>(1)</sup>,

considérant ce qui suit:

(1) Le 19 juillet 2004, le Conseil a adopté les conclusions concernant la communication de la Commission au Conseil et au Parlement européen du 1<sup>er</sup> octobre 2003 relative au développement d'un plan d'action communautaire concernant la gestion des anguilles européennes, conclusions dans lesquelles il invitait la Commission à présenter des propositions de gestion à long terme.

(2) Le 15 novembre 2005, le Parlement européen a adopté une résolution demandant à la Commission de lui soumettre immédiatement une proposition de règlement relatif à la reconstitution des stocks d'anguilles européennes.

(3) Le dernier avis du Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM) relatif à l'anguille européenne indique que le stock ne se situe plus dans les limites biologiques raisonnables et que la pêche actuellement pratiquée n'est pas durable. Le CIEM recommande l'élaboration urgente d'un programme de reconstitution pour l'ensemble du stock d'anguilles européennes et préconise en outre que l'exploitation, ainsi que les autres activités humaines influant sur la pêche ou le stock d'anguilles européennes, soient réduites autant que possible.

(4) Il existe au sein de la Communauté des situations et des besoins variés qui appellent chacun des solutions spécifiques. Il importe de tenir compte de cette diversité lors de l'élaboration et de la mise en œuvre des mesures visant à garantir la protection et l'exploitation durable du stock d'anguilles européennes. Les décisions doivent être prises à un niveau aussi proche que possible des zones d'exploitation de l'anguille. Il convient de donner

(5) La directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages <sup>(2)</sup> et la directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau <sup>(3)</sup> visent, notamment, à protéger, à conserver et à améliorer l'environnement aquatique dans lequel les anguilles passent une partie de leur cycle biologique. Il est nécessaire de coordonner les mesures adoptées au titre du présent règlement et celles adoptées en vertu de ces directives, et d'en assurer la cohérence. Il convient notamment que les plans de gestion de l'anguille couvrent des bassins hydrographiques définis conformément à la directive 2000/60/CE.

(6) Le succès des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes dépend de l'étroite collaboration et de la cohérence des actions aux niveaux communautaire, national, local et régional, ainsi que de l'information, de la consultation et de l'implication des secteurs publics concernés. À cette fin, le soutien du Fonds européen pour la pêche peut contribuer à la mise en œuvre effective des plans de gestion de l'anguille.

(7) Si aucun des bassins hydrographiques situés sur le territoire d'un État membre ne peut être recensé et défini comme constituant l'habitat naturel de l'anguille européenne, cet État membre devrait pouvoir être exempté de l'obligation d'élaborer un plan de gestion de l'anguille.

(8) Afin d'assurer l'efficacité et le caractère équitable des mesures de reconstitution, il est nécessaire que les États membres recensent les mesures qu'ils ont l'intention d'adopter tout comme les zones couvertes, que ces informations soient largement diffusées et que l'efficacité des mesures adoptées soit évaluée.

(9) Les plans de gestion de l'anguille devraient être approuvés par la Commission sur la base d'une évaluation technique et scientifique effectuée par le comité scientifique, technique et économique de la pêche (CSTEP).

<sup>(2)</sup> JO L 206 du 22.7.1992, p. 7. Directive modifiée en dernier lieu par la directive 2006/105/CE (JO L 363 du 20.12.2006, p. 368).

<sup>(3)</sup> JO L 327 du 22.12.2000, p. 1. Directive modifiée par la décision n° 2455/2001/CE du Parlement européen et du Conseil (JO L 331 du 15.12.2001, p. 1).

<sup>(1)</sup> Avis du 16 mai 2006 (non encore paru au Journal officiel).

- (10) Si, à l'intérieur d'un bassin hydrographique donné, la pêche et d'autres activités humaines touchant les anguilles sont susceptibles d'avoir des incidences transfrontalières, il convient que tous les programmes et mesures soient coordonnés au niveau de l'ensemble du bassin concerné. La coordination ne doit toutefois pas se faire au détriment de l'introduction rapide des éléments nationaux des plans de gestion de l'anguille. Pour les bassins hydrographiques s'étendant au-delà des frontières communautaires, la Communauté doit veiller à assurer une coordination appropriée avec les pays tiers concernés.
- (11) Dans le cadre de la coordination transfrontalière, à l'intérieur comme à l'extérieur de la Communauté, il convient d'accorder une attention particulière à la mer Baltique et aux eaux côtières européennes ne relevant pas du champ d'application de la directive 2000/60/CE. La nécessité d'une telle coordination ne doit toutefois pas empêcher les États membres de prendre les mesures d'urgence qui s'imposent.
- (12) Il y a donc lieu de mettre en œuvre, dans le cadre des plans de gestion de l'anguille, des mesures spéciales visant à augmenter le nombre d'anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm lâchées dans les eaux européennes, ainsi qu'à transférer les anguilles d'une longueur inférieure à 20 cm à des fins de repeuplement.
- (13) Pour le 31 juillet 2013 au plus tard, 60 % des anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm capturées chaque année devraient être destinées au repeuplement. L'évolution des prix du marché des anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm devrait faire l'objet d'un suivi annuel. En cas de baisse importante des prix moyens du marché des anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm destinées au repeuplement dans les bassins hydrographiques de l'anguille définis par les États membres, par rapport à ceux des anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm utilisées à d'autres fins, la Commission devrait être autorisée à prendre les mesures nécessaires, qui peuvent inclure une réduction temporaire des pourcentages d'anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm destinées au repeuplement.
- (14) Il y a lieu de diminuer graduellement les captures d'anguilles dans les eaux communautaires situées au large de la limite des bassins hydrographiques de l'anguille définis par les États membres comme constituant l'habitat naturel de l'anguille, en réduisant de 50 % au moins l'effort de pêche ou les captures par rapport à l'effort de pêche moyen ou aux captures moyennes pour la période de 2004 à 2006.
- (15) Sur la base des renseignements qui doivent être fournis par les États membres, il conviendrait que la Commission élabore un rapport sur les résultats de la mise en œuvre des plans de gestion de l'anguille et, si nécessaire, propose toute mesure appropriée en vue de garantir avec une probabilité élevée la reconstitution du stock d'anguilles européennes.
- (16) Chaque État membre devrait établir un système de contrôle et de surveillance adapté aux conditions et au

cadre juridique applicable à la pêche dans ses eaux intérieures, conformément au règlement (CEE) n° 2847/93 du Conseil du 12 octobre 1993 instituant un régime de contrôle applicable à la politique commune de la pêche (?). Dans ce contexte, chaque État membre devrait établir certaines informations et estimations concernant les activités de pêche commerciale et récréative afin d'étayer, si nécessaire, les rapports et l'évaluation concernant les plans de gestion de l'anguille, ainsi que les mesures de contrôle et d'exécution. Il conviendrait en outre que les États membres prennent des mesures pour garantir le contrôle et l'exécution concernant les importations et exportations d'anguilles.

#### A ARRÊTÉ LE PRÉSENT RÈGLEMENT:

##### Article premier

##### Objet

1. Le présent règlement établit un cadre pour la protection et l'exploitation durable du stock d'anguilles européennes de l'espèce *Anguilla anguilla* dans les eaux communautaires, dans les lagunes côtières, dans les estuaires, dans les fleuves et rivières, ainsi que dans les eaux intérieures des États membres communiquant avec ces fleuves et rivières, qui se jettent dans les mers relevant des zones CIEM III, IV, VI, VII, VIII et IX, ou dans la mer Méditerranée.

2. En ce qui concerne la mer Noire et les voies fluviales qui y sont reliées, la Commission prend une décision, conformément à la procédure visée à l'article 30, paragraphe 2, du règlement (CE) n° 2371/2002 du Conseil du 20 décembre 2002 relatif à la conservation et à l'exploitation durable des ressources halieutiques dans le cadre de la politique commune de la pêche (?), après avoir consulté le comité scientifique, technique et économique de la pêche d'ici au 31 décembre 2007, afin de déterminer si ces eaux constituent des habitats naturels pour l'anguille européenne au sens de l'article 3 du présent règlement.

3. Les mesures prévues au présent règlement sont adoptées et mises en œuvre sans préjudice des dispositions pertinentes des directives 92/43/CEE et 2000/60/CE.

##### Article 2

##### Élaboration d'un plan de gestion de l'anguille

1. Les États membres recensent et définissent les différents bassins hydrographiques situés sur leur territoire national qui constituent l'habitat naturel de l'anguille européenne (ci-après dénommés «bassins hydrographiques de l'anguille»); ces bassins peuvent comprendre des eaux marines. Sur présentation des justifications appropriées, un État membre peut désigner l'ensemble de son territoire national ou une unité administrative régionale existante comme constituant un seul bassin hydrographique de l'anguille.

(?) JO L 261 du 20.10.1993, p. 1. Règlement modifié en dernier lieu par le règlement (CE) n° 1967/2006 (JO L 409 du 30.12.2006, p. 11); rectifié au JO L 36 du 8.2.2007, p. 6.

(?) JO L 358 du 31.12.2002, p. 59.

2. Lors de la définition de ces bassins hydrographiques, les États membres prennent en compte, dans toute la mesure du possible, les mesures administratives visées à l'article 3 de la directive 2000/60/CE.
3. Les États membres élaborent un plan de gestion de l'anguille pour chaque bassin hydrographique tel que défini au paragraphe 1.
4. L'objectif de chaque plan de gestion est de réduire la mortalité anthropique afin d'assurer avec une grande probabilité un taux d'échappement vers la mer d'au moins 40 % de la biomasse d'anguilles argentées correspondant à la meilleure estimation possible du taux d'échappement qui aurait été observé si le stock n'avait subi aucune influence anthropique. Le plan de gestion des anguilles est établi dans le but de réaliser cet objectif à long terme.
5. L'objectif visé en matière de taux d'échappement est déterminé de l'une des trois manières suivantes, les données disponibles pour chaque bassin hydrographique de l'anguille étant prises en compte:
- utilisation des données recueillies dans la période la plus appropriée précédant 1980, à condition que leur nombre et leur qualité soient suffisants;
  - estimation, à partir de l'habitat, du potentiel de production, en l'absence de facteurs de mortalité anthropique; ou
  - en fonction de l'écologie et de l'hydrographie de bassins de même type.
6. Chaque plan de gestion de l'anguille présente une description et une analyse de la situation actuelle de la population d'anguilles dans le bassin hydrographique concerné, qu'il relie à l'objectif visé en matière d'échappement au paragraphe 4.
7. Chaque plan de gestion de l'anguille comprend des mesures visant à atteindre, à suivre et à vérifier la réalisation de l'objectif fixé au paragraphe 4. Les États membres définissent les moyens à mettre en œuvre en fonction des conditions locales et régionales.
8. Le plan de gestion de l'anguille comprend, de manière non limitative, les mesures suivantes:
- la réduction de l'activité de pêche commerciale,
  - la limitation de la pêche récréative,
  - les mesures de repeuplement,
  - les mesures structurelles visant à permettre le franchissement des rivières et à améliorer les habitats dans les cours d'eau, conjointement avec d'autres mesures de protection de l'environnement,
  - le transport des anguilles argentées des eaux intérieures vers des eaux d'où elles puissent migrer librement vers la mer des Sargasses,
  - la lutte contre les prédateurs,
  - l'arrêt temporaire des turbines des centrales hydroélectriques,
  - les mesures en faveur de l'aquaculture.
9. Chaque plan de gestion de l'anguille contient le calendrier prévu pour atteindre l'objectif en matière de taux d'échappement fixé au paragraphe 4, selon une approche progressive et en fonction du taux de recrutement envisagé, et comprend les mesures qui seront appliquées à partir de la première année de mise en œuvre du plan de gestion.
10. Dans son plan de gestion de l'anguille, chaque État membre met en œuvre le plus rapidement possible des mesures adéquates en vue de réduire la mortalité des anguilles résultant de facteurs extérieurs à l'activité de pêche, comme les turbines hydroélectriques, les pompes ou les prédateurs, sauf si de telles mesures ne sont pas nécessaires pour atteindre l'objectif du plan.
11. Chaque plan de gestion de l'anguille contient une description des mesures de contrôle et d'exécution qui seront applicables dans les eaux autres que les eaux communautaires conformément à l'article 10.
12. Un plan de gestion de l'anguille constitue un plan de gestion adopté au niveau national dans le cadre d'une mesure de conservation communautaire visée à l'article 24, paragraphe 1, point v), du règlement (CE) n° 1198/2006 du Conseil du 27 juillet 2006 relatif au Fonds européen pour la pêche (?).

(?) JO L 223 du 15.8.2006, p. 1.

**Article 3****Exemption de l'obligation d'élaborer un plan de gestion de l'anguille**

1. Un État membre peut être exempté de l'obligation d'élaborer un plan de gestion de l'anguille sur présentation de justifications appropriées établissant que les bassins hydrographiques ou les eaux marines qui se situent sur son territoire ne constituent pas l'habitat naturel de l'anguille européenne.
2. Les États membres communiquent à la Commission, au plus tard le 1<sup>er</sup> janvier 2008, une demande d'exemption établie conformément au paragraphe 1.
3. Sur la base d'une évaluation technique et scientifique effectuée par le comité scientifique, technique et économique de la pêche ou par un autre organisme scientifique approprié, la demande d'exemption est approuvée par la Commission conformément à la procédure visée à l'article 30, paragraphe 2, du règlement (CE) n° 2371/2002.
4. Dans les cas où une demande d'exemption est approuvée par la Commission, l'article 4 ne s'applique pas à l'État membre concerné.

**Article 4****Communication des plans de gestion de l'anguille**

1. Les États membres communiquent à la Commission, au plus tard le 31 décembre 2008, tous les plans de gestion de l'anguille élaborés conformément à l'article 2.
2. Tout État membre n'ayant pas présenté, au 31 décembre 2008, de plan de gestion de l'anguille à la Commission en vue de son approbation, soit réduit de 50 % au moins l'effort de pêche par rapport à l'effort moyen pour la période allant de 2004 à 2006, soit réduit l'effort de pêche de manière à garantir une réduction des captures d'anguilles de 50 % au moins par rapport aux captures moyennes pour la période de 2004 à 2006, que ce soit en écourtant la saison de pêche de l'anguille ou par d'autres moyens. Cette réduction est mise en œuvre à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2009.
3. La réduction des captures visée au paragraphe 2 peut être remplacée totalement ou partiellement par des mesures immédiates portant sur d'autres facteurs de mortalité anthropique, qui permettent à un nombre d'anguilles argentées équivalent à celui qui serait obtenu par une réduction des captures de migrer vers la mer pour s'y reproduire.

**Article 5****Approbation et mise en œuvre des plans de gestion de l'anguille**

1. Sur la base d'une évaluation technique et scientifique effectuée par le comité scientifique, technique et économique de la

pêche ou par un autre organisme scientifique approprié, le plan de gestion de l'anguille est approuvé par la Commission conformément à la procédure visée à l'article 30, paragraphe 2, du règlement (CE) n° 2371/2002.

2. Les États membres mettent en œuvre les plans de gestion de l'anguille approuvés par la Commission, conformément au paragraphe 1, à partir du 1<sup>er</sup> juillet 2009, ou le plus tôt possible avant cette date.
3. À partir du 1<sup>er</sup> juillet 2009, ou de la date de mise en œuvre d'un plan de gestion de l'anguille avant cette date, la pêche de l'anguille *Anguilla anguilla* est autorisée toute l'année, pour autant qu'elle respecte les conditions et les restrictions définies dans un plan de gestion de l'anguille approuvé par la Commission conformément au paragraphe 1.
4. Tout État membre ayant présenté à la Commission, au plus tard le 31 décembre 2008, en vue de son approbation, un plan de gestion de l'anguille qui ne peut être approuvé par la Commission conformément au paragraphe 1, soit réduit de 50 % au moins l'effort de pêche par rapport à l'effort moyen pour la période de 2004 à 2006, soit réduit l'effort de pêche de manière à garantir une réduction des captures d'anguilles de 50 % au moins par rapport aux captures moyennes pour la période de 2004 à 2006, que ce soit en écourtant la saison de pêche de l'anguille ou par d'autres moyens. Cette réduction est mise en œuvre dans un délai de trois mois à compter de la décision de ne pas approuver le plan.
5. La réduction des captures visée au paragraphe 4 peut être remplacée totalement ou partiellement par des mesures portant sur d'autres facteurs de mortalité anthropique, qui permettent à un nombre d'anguilles argentées équivalent à celui qui serait obtenu par une réduction des captures de migrer vers la mer pour s'y reproduire.
6. Lorsque la Commission ne peut approuver un plan de gestion de l'anguille, l'État membre peut présenter un plan révisé dans un délai de trois mois suivant la décision de ne pas approuver le plan.

Le plan révisé de gestion de l'anguille est approuvé conformément à la procédure prévue au paragraphe 1. La mise en œuvre de la réduction des captures visée au paragraphe 4 ne s'applique pas, à moins que le plan révisé ne soit pas approuvé par la Commission.

**Article 6****Plans transfrontaliers de gestion de l'anguille**

1. Pour les bassins hydrographiques de l'anguille s'étendant sur le territoire de plusieurs États membres, les États membres concernés élaborent conjointement un plan de gestion de l'anguille.

Si la coordination risque d'entraîner un retard tel qu'il devienne impossible de présenter le plan de gestion de l'anguille en temps voulu, les États membres peuvent soumettre le plan de gestion de l'anguille concernant la partie du bassin hydrographique située sur leur territoire.

2. Lorsqu'un bassin hydrographique s'étend au-delà du territoire de la Communauté, les États membres concernés s'efforcent de mettre au point un plan de gestion de l'anguille en coordination avec les pays tiers concernés et dans le respect des compétences de toute organisation régionale de pêche concernée. Si les pays tiers concernés ne participent pas à l'élaboration conjointe d'un plan de gestion de l'anguille, les États membres concernés peuvent présenter un plan de gestion pour la partie du bassin hydrographique de l'anguille qui est située sur leur territoire, dans le but d'atteindre l'objectif en matière de taux d'échappement qui est énoncé à l'article 2, paragraphe 4.

3. Les articles 2, 4 et 5 s'appliquent, mutatis mutandis, aux plans transfrontaliers visés aux paragraphes 1 et 2 du présent article.

#### Article 7

##### Mesures concernant le repeuplement

1. Si un État membre autorise la pêche d'anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm, que ce soit au titre d'un plan de gestion de l'anguille élaboré conformément à l'article 2 ou au titre d'une réduction de l'effort de pêche conformément à l'article 4, paragraphe 2, ou à l'article 5, paragraphe 4, il affecte au moins 60 % de toutes les anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm pêchées dans ses eaux chaque année destinées à la commercialisation en vue de servir au repeuplement dans les bassins hydrographiques de l'anguille tels que définis par les États membres conformément à l'article 2, paragraphe 1, aux fins d'augmenter le taux d'échappement des anguilles argentées.

2. Le pourcentage de 60 % destiné au repeuplement doit être fixé dans un plan de gestion de l'anguille établi conformément à l'article 2. Ce pourcentage sera fixé à au moins 35 % au cours de la première année d'application d'un plan de gestion de l'anguille et il augmentera progressivement par tranches annuelles de 5 % au moins. Le niveau de 60 % est atteint, au plus tard, le 31 juillet 2013.

3. Afin de garantir que les pourcentages des anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm capturées ainsi établis au paragraphe 2 sont destinés à un programme de repeuplement, les États membres doivent établir un système de notification approprié.

4. Le transfert d'anguilles en vue du repeuplement s'inscrit dans le cadre d'un plan de gestion de l'anguille tel que défini à l'article 2. Les plans de gestion des anguilles précisent la quantité d'anguilles d'une longueur inférieure à 20 cm nécessaire au

repeuplement aux fins d'augmenter le taux d'échappement des anguilles argentées.

5. La Commission fait rapport chaque année au Conseil sur l'évolution des prix du marché des anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm. À cette fin, les États membres concernés établissent un système approprié de surveillance des prix et font rapport chaque année à la Commission sur ces prix.

6. En cas de baisse importante des prix moyens du marché des anguilles destinées au repeuplement, par rapport à ceux des anguilles utilisées à d'autres fins, l'État membre concerné en informe la Commission. Celle-ci, conformément à la procédure visée à l'article 30, paragraphe 2, du règlement (CE) n° 2371/2002, prend les mesures nécessaires pour faire face à la situation, mesures qui peuvent inclure une réduction temporaire des pourcentages visés au paragraphe 2.

7. La Commission fait rapport au Conseil, au plus tard le 1<sup>er</sup> juillet 2011, et évalue les mesures de repeuplement, y compris l'évolution des prix du marché. Compte tenu de cette évaluation, le Conseil décide, à la majorité qualifiée et sur proposition de la Commission, des mesures appropriées pour contrebalancer les mesures de repeuplement tout en atteignant les pourcentages visés au paragraphe 2.

8. Le repeuplement est considéré comme une mesure de conservation aux fins de l'article 38, paragraphe 2, du règlement (CE) n° 1198/2006, à condition qu'il:

- s'inscrive dans le cadre d'un plan de gestion de l'anguille établi conformément à l'article 2,
- porte sur des anguilles d'une longueur inférieure à 20 cm, et
- contribue à atteindre l'objectif de 40 % en matière de taux d'échappement visé à l'article 2, paragraphe 4.

#### Article 8

##### Mesures relatives aux eaux marines communautaires

1. Lorsqu'un État membre pratique la pêche de l'anguille dans les eaux communautaires, soit il réduit l'effort de pêche de 50 % au moins par rapport à l'effort moyen déployé entre 2004 et 2006, soit il réduit l'effort de manière à garantir une réduction des captures d'anguilles de 50 % au moins par rapport à la moyenne des captures entre 2004 et 2006. Cette réduction doit être réalisée de manière progressive, dans un premier temps par tranches annuelles de 15 % au cours des deux premières années d'une période de cinq ans, à compter du 1<sup>er</sup> juillet 2009.

2. Aux fins du paragraphe 1, les eaux communautaires sont les eaux situées au large de la limite des bassins hydrographiques de l'anguille qui constituent l'habitat naturel de l'anguille tels que définis par les États membres conformément à l'article 2, paragraphe 1.

**Article 9****Rapports et évaluation**

1. Dans un premier temps, chaque État membre rend compte à la Commission tous les trois ans, le premier rapport devant être présenté avant le 30 juin 2012. La fréquence des rapports est ramenée à un tous les six ans, après les trois premiers rapports trisannuels. Les rapports rendent compte du suivi assuré, de son efficacité et des résultats obtenus, et présentent notamment les meilleures estimations disponibles concernant:

- a) pour chaque État membre, le pourcentage de la biomasse d'anguilles argentées qui s'échappent vers la mer pour s'y reproduire ou le pourcentage de la biomasse d'anguilles argentées qui quittent le territoire de l'État membre et migrent vers la mer pour s'y reproduire par rapport à l'objectif en matière d'échappement fixé à l'article 2, paragraphe 4;
- b) le niveau de l'effort de pêche déployé chaque année pour la capture des anguilles, et la réduction obtenue conformément à l'article 4, paragraphe 2, et à l'article 5, paragraphe 4;
- c) l'importance des facteurs de mortalité extérieurs à l'activité de pêche et la réduction obtenue conformément à l'article 2, paragraphe 10;
- d) la quantité d'anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm qui sont capturées et les pourcentages correspondant à leurs différentes utilisations.

2. La Commission présente au Parlement européen et au Conseil, au plus tard le 31 décembre 2013, un rapport comportant une évaluation statistique et scientifique des résultats de la mise en œuvre des plans de gestion de l'anguille, accompagné d'un avis du comité scientifique, technique et économique de la pêche.

3. En fonction du rapport visé au paragraphe 2, la Commission propose toute mesure appropriée en vue de garantir avec une probabilité élevée la reconstitution du stock d'anguilles européennes, et le Conseil statue à la majorité qualifiée sur d'autres mesures permettant d'atteindre l'objectif en matière d'échappement énoncé à l'article 2, paragraphe 4, ou la réduction de l'effort de pêche obtenue conformément à l'article 4, paragraphe 2, et à l'article 5, paragraphe 4.

**Article 10****Contrôle et exécution dans les eaux autres que les eaux communautaires**

1. Chaque État membre établit un système de contrôle et de surveillance des captures adapté aux conditions et au cadre juridique applicable à la pêche dans ses eaux intérieures, dans le respect des dispositions pertinentes du règlement (CEB) n° 2847/93 du Conseil.

2. Le système de contrôle et de surveillance des captures comprend une description détaillée de tous les systèmes de répartition des droits de pêche dans les bassins hydrographiques de l'anguille qui constituent l'habitat naturel de l'anguille tels que définis par les États membres conformément à l'article 2, paragraphe 1, y compris les eaux privées.

**Article 11****Renseignements concernant les activités de pêche**

1. Au plus tard le 1<sup>er</sup> janvier 2009, chaque État membre établit les informations suivantes concernant les activités de pêche commerciale:

- une liste de tous les navires de pêche battant son pavillon qui sont autorisés à pêcher l'anguille dans les eaux communautaires conformément à l'article 8, quelle que soit la longueur hors tout du navire,
- une liste de tous les navires de pêche, entités commerciales ou pêcheurs autorisés à pêcher l'anguille dans les bassins hydrographiques de l'anguille qui constituent l'habitat naturel de l'anguille tels que définis par les États membres conformément à l'article 2, paragraphe 1,
- une liste de tous les centres de vente aux enchères publiques ou les autres organismes ou personnes agréés par les États membres pour assurer la première mise sur le marché des anguilles.

2. Les États membres procèdent à intervalles réguliers à une estimation du nombre de pêcheurs pratiquant la pêche récréative et de leurs captures d'anguilles.

3. Sur demande de la Commission, les États membres lui communiquent les informations visées aux paragraphes 1 et 2.

**Article 12****Contrôle et exécution concernant les importations et exportations d'anguilles**

Au plus tard le 1<sup>er</sup> juillet 2009, les États membres:

- prennent les mesures nécessaires pour déterminer l'origine et garantir la traçabilité de toutes les anguilles vivantes qui sont importées ou exportées depuis leur territoire,
- déterminent si les anguilles qui sont récoltées dans la zone communautaire et exportées depuis leur territoire ont été capturées dans le respect des mesures de conservation de la Communauté,
- prennent des mesures en vue de déterminer si les anguilles récoltées dans les eaux d'une organisation régionale de pêche concernée et importées depuis leur territoire ont été capturées dans le respect des règles convenues au sein de l'organisation régionale de pêche en question.

## Article 13

**Entrée en vigueur**

Le présent règlement entre en vigueur le troisième jour suivant celui de sa publication au Journal officiel de l'Union européenne.

Le présent règlement est obligatoire dans tous ses éléments et directement applicable dans tout État membre.

Fait à Bruxelles, le 18 septembre 2007.

*Par le Conseil*  
*Le président*  
R. PEREIRA

# Annexe 2

Fiche technique du géotextile MacMat®

## MACCAFERRI

FICHE TECHNIQUE

Rev 12 : 03/11/2015

**MACMAT®**  
GEOMATS

Les Macmat sont certifiés CE en conformité avec le Règlement des Produits de la Construction UE 305/2011.

MACMAT®		9.1	13.1	19.1
<b>PROPRIETES DU POLYMERE</b>				
Polymère		POLYPROPYLENE		
Point de fusion	°C	150		
Densité (ISO 1183)	kg/m³	900		
Inflammabilité (EN ISO 11925-2)	classe	F		
Résistance aux UV		STABILISE		
<b>PROPRIETES MECANIQUES - VALEURS TYPES</b>				
Résistance à la traction - sens longitudinal (EN ISO 10319)	kN/m	2.0 (±0.3)	2.0 (±0.3)	2.3 (±0.3)
Allongement - sens longitudinal (EN ISO 10319)	%	80 (±30)	55 (±25)	55 (±25)
Résistance à la traction - sens transversal (EN ISO 10319)	kN/m	1.0 (±0.2)	1.0 (±0.2)	1.1 (±0.3)
Allongement - sens transversal (EN ISO 10319)	%	40 (±25)	60 (±25)	50 (±25)
<b>PROPRIETES PHYSIQUES— VALEURS TYPES</b>				
Structure		Forme pointe biconique		
Masse surfacique (EN ISO 9864)		430 (±50)	490 (±50)	550 (±50)
Diamètre du filament	µm	500 (±30%)	500 (±30%)	500 (±30%)
Couleur du Geomat <sup>(1)</sup>		Vert (RAL 6020)		
Indice de vides	%	>90	>90	>90
Epaisseur sous 2 kPa (EN ISO 9863-1)	mm	9 (±2.0)	13 (±2.0)	19 (±2.0)
Longueur du rouleau <sup>(2)</sup>	m	50	50	45
Largeur du rouleau <sup>(2 &amp; 3)</sup>	m	4.2		
Surface	m²	210	210	189

(1) Selon la quantité et les disponibilités usines, possibilité de couleurs marron (RAL 8102) ou noir (RAL 9005)

(2) Différentes dimensions sont disponibles sur demande.

(3) Disponible également en largeur 2.1 sur demande.



Pour l'optimisation et l'évolution des caractéristiques techniques des produits, MACCAFERRI se réserve le droit de modifier les caractéristiques des produits sans communication préalable. Il appartient à l'utilisateur de vérifier les spécifications qu'il exige.



E n g i n e e r i n g   a   B e t t e r   S o l u t i o n

FRANCE MACCAFERRI S.A.S

8, rue Pierre Michain - CS80028  
26901 VALENCE Cedex 9 - FRANCE  
Tel: (33) 04 75 86 19 99  
Fax: (33) 04 75 86 09 19

commercial@maccaferrifrance.com - www.maccaferrifrance.com



## Annexe 3 Détails du coût des flottangs

Tableau 9 : Calcul du coût d'un flottang

<b>Matériel</b>	<b>Fournisseur</b>	<b>Prix unitaire</b>	<b>Quantité/flottang</b>	<b>Prix/flottang</b>
Géotextile	Specimat	3,62 €/m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	9,05 €
Colliers de serrage	Magasin de bricolage	0,06 € (6 € les 100)	4	0,24 €
			<b>TOTAL</b>	<b>9,29 €</b>

Remarque : compter 1 à 2 € par flotteur si on décide d'en ajouter

**Annexe 4** Étiquettes d'information du public installées sur les sites de suivi

**Suivi scientifique  
de la faune aquatique**  
**Défense de toucher**

Pour tout renseignement : 06.87.23.25.93



**Suivi scientifique  
de la faune aquatique**  
**Défense de toucher**

Pour tout renseignement : 02.51.35.89.89





## Annexe 6 Calendrier des relèves de flottangs

### Avril

24	25	26	27	28	29	30
----	----	----	----	----	----	----

### Mai

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

### Juin

			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

### Juillet

					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23

	Daviaud	Sébastopol
Réseau Entrées		
Réseau Répartition		

## Annexe 7 Description de tous les sites de suivi par flottangs

Tableau 10 : Photos et description des sites de suivi par flottangs. Photos : A. Chenal

<p style="text-align: center;"><b>D02</b></p>  <p>Fossé &lt; 50 cm de profondeur, très ensasé, un peu de végétation</p>	<p style="text-align: center;"><b>D03</b></p>  <p>Pente faible, entre 50 cm et 1 m de profondeur, végétation aquatique, ensasé</p>
<p style="text-align: center;"><b>D04</b></p>  <p>Fossé très peu profond &lt; 50 cm de profondeur, très ensasé</p>	<p style="text-align: center;"><b>D04bis</b></p>  <p>Pente faible, &lt; 50 cm de profondeur, végétation aquatique, ensasé</p>
<p style="text-align: center;"><b>D07</b></p>  <p>Fossé, faible profondeur &lt; 50 cm, très ensasé</p>	<p style="text-align: center;"><b>D08</b></p>  <p>Fossé, entre 50 cm et 1 m de profondeur, végétation aquatique</p>
<p style="text-align: center;"><b>D71</b></p>  <p>Étier, pente moyenne, environ 1 m de profondeur, quelques rochers</p>	<p style="text-align: center;"><b>D72</b></p>  <p>Étier, pente moyenne, environ 1 m de profondeur</p>

<p style="text-align: center;"><b>D73</b></p>  <p>Fossé, &lt; 50 cm de profondeur, très envasé</p>	<p style="text-align: center;"><b>D74</b></p>  <p>Étier, faible pente, &lt; 50 cm, rochers</p>
<p style="text-align: center;"><b>D75</b></p>  <p>Étier, digue, soumis à la marée (profondeur variable)</p>	<p style="text-align: center;"><b>D76</b></p>  <p>Fossé, environ 50 cm de profondeur, végétation aquatique, très envasé</p>
<p style="text-align: center;"><b>S02</b></p>  <p>Lagune, profondeur importante &gt; 1 m</p>	<p style="text-align: center;"><b>S04</b></p>  <p>Étang, pente faible, entre 50 cm et 1 m de profondeur, rochers au niveau de la berge</p>
<p style="text-align: center;"><b>S06</b></p>  <p>Lagune, pente faible, entre 50 cm et 1 m de profondeur, rochers au niveau de la berge</p>	<p style="text-align: center;"><b>S10</b></p>  <p>Fossé, &gt; 1 m de profondeur</p>

<p style="text-align: center;"><b>S11</b></p>  <p style="text-align: center;">Fossé, &lt; 50 cm de profondeur</p>	
<p style="text-align: center;"><b>S71</b></p>  <p style="text-align: center;">Étang, pente très faible, &lt; 50 cm de profondeur</p>	<p style="text-align: center;"><b>S72</b></p>  <p style="text-align: center;">Étang, pente faible, &lt; 50 cm de profondeur, rochers</p>
<p style="text-align: center;"><b>S73</b></p>  <p style="text-align: center;">Étang, environ 1 m de profondeur, rochers</p>	<p style="text-align: center;"><b>S74</b></p>  <p style="text-align: center;">Étang, entre 50 cm et 1 m de profondeur, rochers</p>
<p style="text-align: center;"><b>S75</b></p>  <p style="text-align: center;">Étang, pente faible, environ 50 cm de profondeur, envasé, végétation aquatique</p>	<p style="text-align: center;"><b>S76</b></p>  <p style="text-align: center;">Étang, pente faible, &lt; 50 cm de profondeur, envasé, végétation aquatique</p>

## **Annexe 8** Liste des packages R utilisés pour les analyses

Les analyses réalisées dans RStudio ont nécessité l'utilisation des packages suivants :

- ggplot2 (Wickham 2009)
- Rcmdr (Fox 2005)
- plyr (Wickham 2011)
- dplyr (Wickham *et al.* 2017)
- stringr (Wickham 2017)
- bindrcpp (Müller 2017)
- RcmdrMisc (Fox 2016)
- sandwich (Zeileis 2004)
- car (Fox et Weisberg 2011)

## **Annexe 9** Exemple de préparation d'anesthésiant

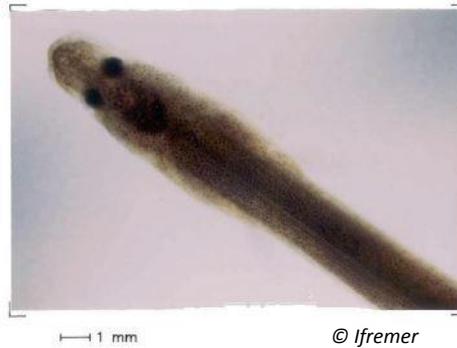
Pour 10 L d'eau, une dose d'environ 0,4 mL d'huile essentielle de clou de girofle permet d'anesthésier correctement les poissons (Chanseau *et al.* (2002) sur les saumons, Renault (2011) sur les anguilles), c'est-à-dire avec un temps d'endormissement et de récupération faibles tout en n'étant pas nocif pour le poisson.

Il est nécessaire d'ajouter 10 mL d'éthanol pour améliorer la solubilité de l'eugénole dans l'eau, surtout lorsque la température est faible.

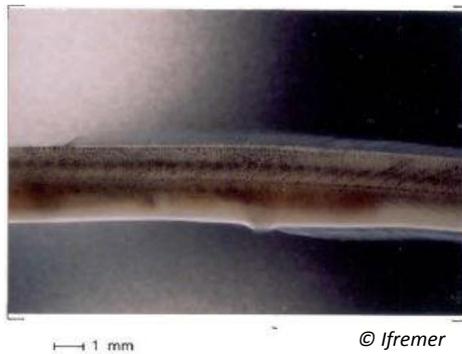
# Annexe 10

Aide à la détermination du stade pigmentaire

**Stade VI** : dernier stade partiellement pigmenté → civelle

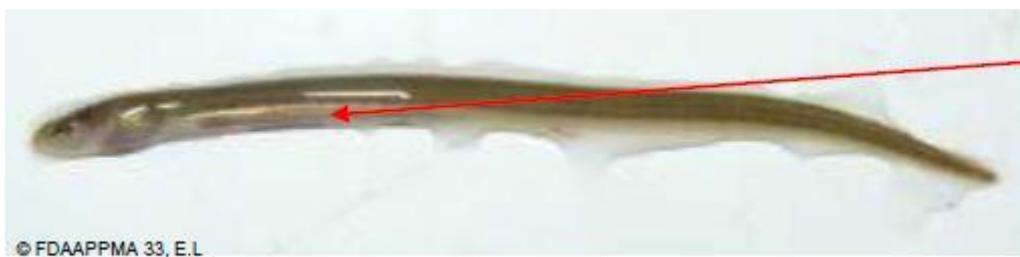


Pigmentation dorsale généralisée



Opacification de la partie ventrale mais organes apparents

**Stade VII** : totalement pigmentée → anguillette



Pigmentation de la partie ventrale (pigments jaunes) et disparition de la transparence, les viscères ne sont plus visibles (flèche rouge)

Sources : Grellier, Huet, et Desaunay 1991 ; Laharanne et Vassart 2013

# Annexe 11

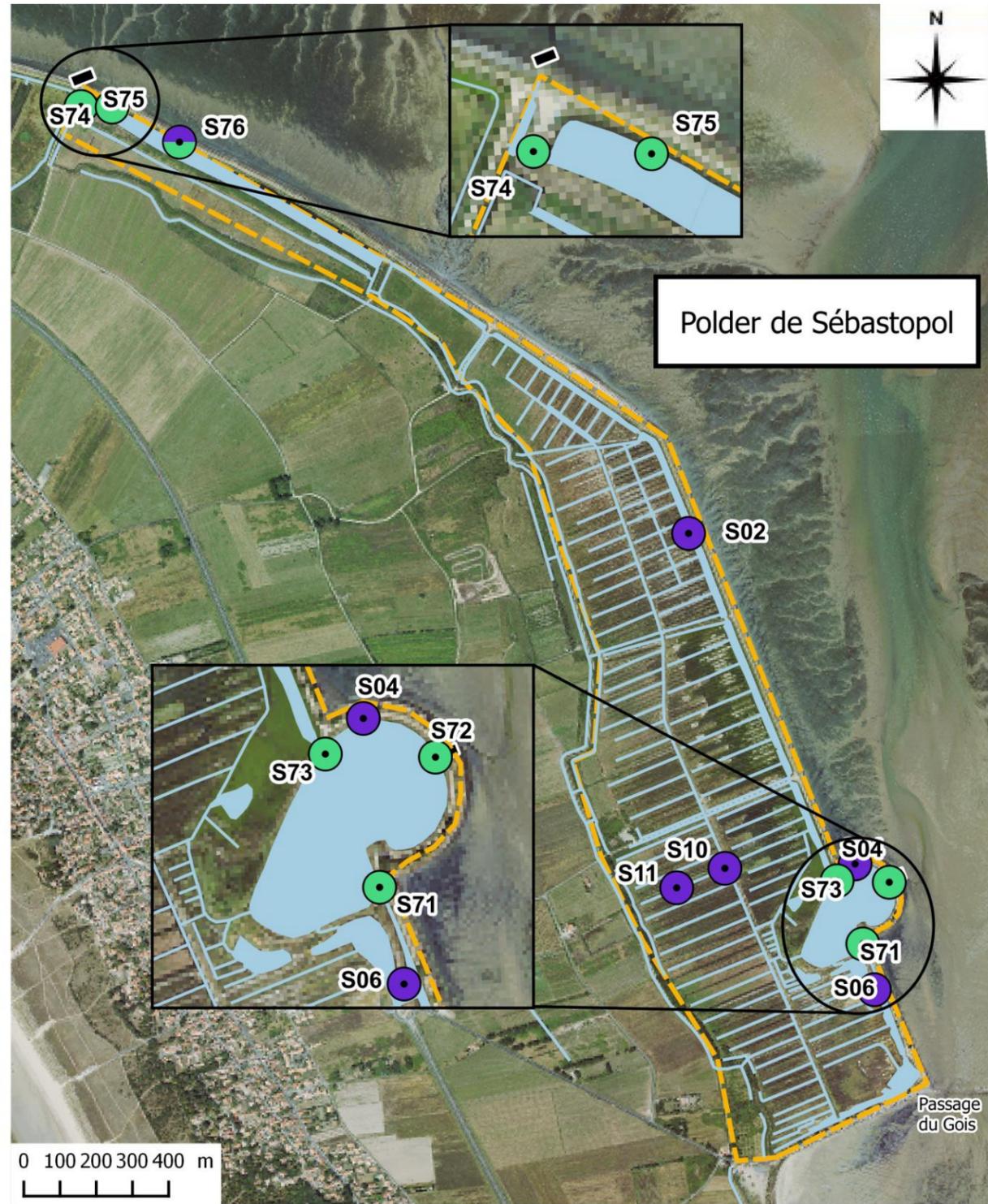
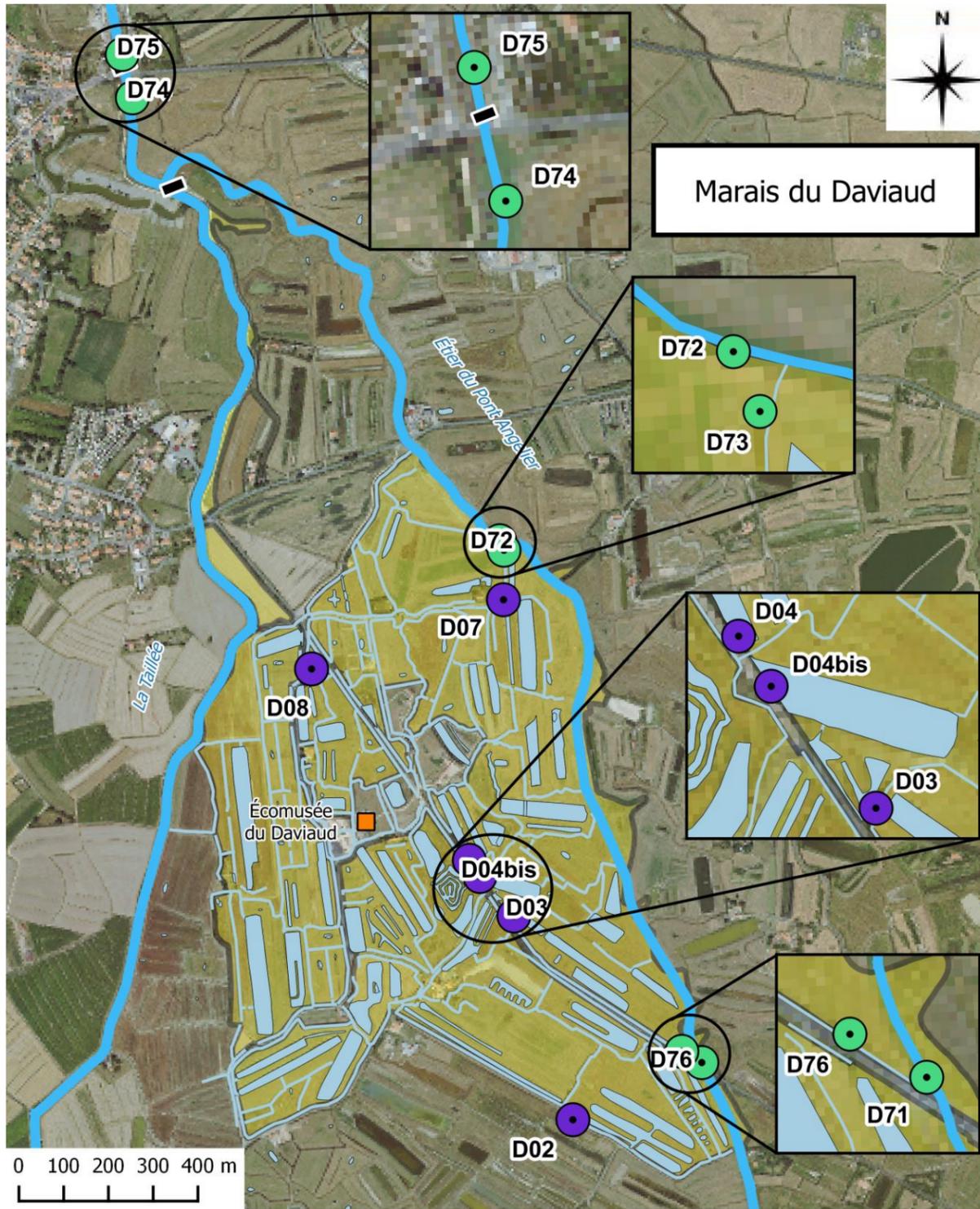
Tableau de synthèse des essais réalisés avec des *flottangs*

Structure responsable	Année	But du suivi	Milieu	Nombre de <i>flottangs</i> , nombre de sites	Principe de relève			Résultats	
					Période	Durée de pose	Nombre de relèves	Analyses des données	Chiffres
Cellule Migrateurs Charente Seudre (Schaal 2014)	2014	Suivi du front de colonisation	Fluvial (Charente)	3 <i>flottangs</i> /station 28 stations ; environ 1 station tous les 10 km		2 à 5 nuits	1-3 relève/site	Présence/absence pour anguilles <10cm et <15cm Distance de disparition	5,71 captures par relève en moyenne (lors des tests des pièges)
Cellule Migrateurs Charente Seudre (Albert, comm. pers.)	2017	Définir un cadre de l'utilisation des <i>flottangs</i> en pied d'ouvrage	Fluvial	En pied d'ouvrage, 12 <i>flottangs</i> répartis sur 20 m en aval de l'ouvrage	Mai – Juin			Présence/absence Nombre Taille	
Fédération de pêche du Morbihan (FDPPMA 56 2017; Caudal, comm. pers.)	2016 et 2017	Préciser le recrutement en anguillettes	Etangs, marais, ruisseau	1 à 2 f/site 1 site/étang : en amont et aval d'exutoires	Juin	1 à 3 nuits	1 relève/site	Présence/absence Répartition des classes de taille	Une dizaine de captures par <i>flottang</i> (sauf accumulation : 371 dans un piège) 55 – 130 mm
Fédération de pêche d'Ille-et-Vilaine (Artur, comm. pers.)	2017	État des lieux du recrutement (dans le cadre de l'état des lieux piscicole)	Marais doux	3 <i>flottangs</i> /sites 3 sites (=3 types de canaux différents)	2 – 15 mai	3 à 4 nuits	5 relèves/site	Occurrence (répétition de présence) Répartition par classes de taille	0 à 2 anguilles par piège
				3 <i>flottangs</i> en aval ouvrage	15 – 30 mai	4 à 7 nuits	3 relèves	Occurrence (répétition de présence) Répartition par classes de taille	4 à 31 anguilles par piège 60 – 140 mm
Fédération de pêche de Loire Atlantique (Gérard, comm. pers.)	2016 et 2017	Complément aux autres suivis piscicoles en zone estuarienne	Zone estuarienne	1 <i>flottang</i> par site	Mai	1 nuit	Tous les jours pendant une semaine	Présence/absence Taille	2 à 10 captures par piège
	2017	Évaluation de la continuité écologique	Étang	2 <i>flottangs</i> en aval de la vanne 2 <i>flottangs</i> en amont					Phénomène de blocage observé
Syndicat mixte des marais de la Vie, du Ligneron et du Jaunay (Bridonneau, comm. pers.)	2016 et 2017	Suivi de l'évolution biologique suite à programme de gestion d'une écluse (complément pour un point non faisable par pêche électrique)	Marais	2 <i>flottangs</i> par site 1 site	Mai – Septembre	1 nuit	Tous les jours pendant une semaine	Occurrence CPUE Structure de tailles	Pas de captures en 2016
Irstea (Rigaud 2017)	2016	Évaluer l'influence de différents facteurs sur la nature et la qualité du signal recueilli	Fluvial	En général un couple de <i>flottangs</i> dans conditions différentes par site (fond/surface ou treillis lâche/dense) 2 canaux étudiés, 3 ouvrages par canal Différents sites par ouvrage, en fonction distance et caractéristiques	Avril – Juillet	2 nuits		Test différents treillis Test surface vs profondeur Test placement dans le canal Occurrence, taille, abondance	Jusqu'à 122 individus dans un piège Pic de captures en mai-juin 50 – 360 mm (seulement 7 individus supérieurs à 200 mm sur presque 4 000 captures)



# Annexe 12

Cartes grand format de la localisation des sites de suivi par flottangs



<b>Sites Flottangs 2017</b>	Ouvrages	<b>Daviaud</b>	<b>Sébastienopol</b>
Réseau Entrée	Fossés	Étiers	Délimitation du marais
Réseau Répartition	Bassins	Zonage « Espace Naturel Sensible »	

Données : IGN, Communauté de communes Océan-Marais de Morits, LOGRAMI  
Réalisation : A. Chenal 2017



# Annexe 13

## Script R complet des analyses

```
#----- Chargement des packages -----
library(Rcmdr) # Interface de chargement des données et d'analyses
library(ggplot2) # Graphiques ggplot
library(plyr)
library(dplyr)
library(stringr)

### Définition des Fonctions
## summarySE : Gives count, mean, standard deviation, standard error of the
mean, and confidence interval (default 95%).
## data: a data frame.
## measurevar: the name of a column that contains the variable to be
summarized
## groupvars: a vector containing names of columns that contain grouping
variables
## na.rm: a boolean that indicates whether to ignore NA's
## conf.interval: the percent range of the confidence interval (default
is 95%)
## source de la fonction : http://www.cookbook-
r.com/Manipulating\_data/Summarizing\_data/
summarySE <- function(data=NULL, measurevar, groupvars=NULL, na.rm=TRUE,
                      conf.interval=.95, .drop=TRUE) {
  library(plyr)

  # New version of length which can handle NA's: if na.rm==T, don't count
  them
  length2 <- function(x, na.rm=FALSE) {
    if (na.rm) sum(!is.na(x))
    else length(x)
  }

  # This does the summary. For each group's data frame, return a vector
  with
  # N, mean, and sd
  datac <- plyr::ddply(data, groupvars, .drop=.drop,
                      .fun = function(xx, col) {
                        c(N = length2(xx[[col]], na.rm=na.rm),
                          mean = mean (xx[[col]], na.rm=na.rm),
                          sd = sd (xx[[col]], na.rm=na.rm)
                        )
                      },
                      measurevar
  )

  # Rename the "mean" column
  datac <- plyr::rename(datac, c("mean" = measurevar))

  datac$se <- datac$sd / sqrt(datac$N) # Calculate standard error of the
  mean

  # Confidence interval multiplier for standard error
  # Calculate t-statistic for confidence interval:
  # e.g., if conf.interval is .95, use .975 (above/below), and use df=N-1
  ciMult <- qt(conf.interval/2 + .5, datac$N-1)
  datac$ci <- datac$se * ciMult
}
```

```

    return(datac)
}

#----- Import des données -----#
fichier_excel <- "C:/Users/Alice/LYCEE/AgroPT/3A/-
STAGE/Rapport/Données/Flottangs/données_flottangs.xlsx"

# Sites
sites <-
  readXL(fichier_excel,
         rownames=FALSE, header=TRUE, na="", sheet="data_sites",
         stringsAsFactors=TRUE)

# Relèves
releves <-
  readXL(fichier_excel,
         rownames=FALSE, header=TRUE, na="NA", sheet="data_releves",
         stringsAsFactors=TRUE)
releves$capt_par_f<-as.numeric(as.character(releves$capt_par_f))

# Anguilles
anguilles <-
  readXL(fichier_excel,
         rownames=FALSE, header=TRUE, na="", sheet="data_anguilles",
         stringsAsFactors=TRUE)

# données météo
meteo_excel<- "C:/Users/Alice/LYCEE/AgroPT/3A/-
STAGE/Rapport/Données/donnees_meteo_ileyeu.xlsx"
meteo <- readXL(meteo_excel,
               rownames=FALSE, header=TRUE, na="", sheet="meteo",
               stringsAsFactors=TRUE)
releves <- merge(releves, meteo, by="date", all.x=T)
anguilles <- merge(anguilles, meteo, by="date", all.x=T)

# données lune
lune_excel <- "C:/Users/Alice/LYCEE/AgroPT/3A/-
STAGE/Rapport/Données/phases_lune.xlsx"
phases_lune <-
  readXL(lune_excel,
         rownames=FALSE, header=TRUE, na="NA", sheet="Feuill1",
         stringsAsFactors=TRUE)

phases_lune$phase <- factor(phases_lune$phase,
levels=c("PQ", "PL", "DQ", "NL"))
phases_lune$phase_etendue <- factor(phases_lune$phase_etendue,
levels=c("PQ", "PL", "DQ", "NL"))

releves <- merge(releves, phases_lune, by="date", all.x=T)
anguilles <- merge(anguilles, phases_lune, by="date", all.x=T)

# prises eau
prises_excel <- "C:/Users/Alice/LYCEE/AgroPT/3A/-
STAGE/Rapport/Données/prises_eau.xlsx"
prises_eau <-
  readXL(prises_excel,
         rownames=FALSE, header=TRUE, na="NA", sheet="Feuill1",
         stringsAsFactors=TRUE)

releves <- merge(releves, prises_eau, by="date", all.x=T)
anguilles <- merge(anguilles, prises_eau, by="date", all.x=T)

```

```

#----- Correction des données -----#

# Correction de la variable classe
anguilles$classe <- ordered(anguilles$classe, levels = c("<50", "50-60", "60-70", "70-80", "80-90", "90-100", "100-125", "125-150", "150-200", ">200"))

# Correction de la variable mois
releves$mois <- ordered(releves$mois, levels = c("Avril", "Mai", "Juin", "Juillet"))
anguilles$mois <- ordered(anguilles$mois, levels = c("Avril", "Mai", "Juin", "Juillet"))

# Création d'une variable facteur pour presence
releves$pres_fac=as.factor(releves$presence)

# Tableau releves sans les données NA
# Tout réseau
relnoNAtt <- filter(releves, presence!="NA")
# Réseau Entrée
relnoNA <- filter(releves[releves$type_res=="Entrée",], presence!="NA")

## Données des nasses
fichier_excel_nasses <- "C:/Users/Alice/LYCEE/AgroPT/3A/-
STAGE/Rapport/Données/Nasses/data_anguilles_marais_vendeens 2008-
2014_MAJ2017.xlsx"

# Sites_nasses
sites_nasses <-
  readXL(fichier_excel_nasses,
         rownames=FALSE, header=TRUE, na="", sheet="Data_sites",
         stringsAsFactors=TRUE)

# Relèves_nasses
releves_nasses <-
  readXL(fichier_excel_nasses,
         rownames=FALSE, header=TRUE, na="", sheet="Data_releves",
         stringsAsFactors=TRUE)

# Anguilles_nasses
anguilles_nasses <-
  readXL(fichier_excel_nasses,
         rownames=FALSE, header=TRUE, na="", sheet="Data_anguilles",
         stringsAsFactors=TRUE)

#----- Correction des données -----#

# Correction de la variable Classe
anguilles_nasses$Classe <- ordered(anguilles_nasses$Classe, levels = c("<150", "150-300", "300-450", "450-600", ">600"))

# Sélection des données
# Uniquement marais du Daviaud et Sébastopol
releves_nasses <- dplyr::filter(releves_nasses, Marais=="Daviaud" |
Marais=="Sébastienopol")
anguilles_nasses=anguilles_nasses[anguilles_nasses$Marais=="Daviaud" |
anguilles_nasses$Marais=="Sébastienopol",]
releves_nasses$Marais=factor(releves_nasses$Marais,
levels=c("Daviaud", "Sébastienopol"))

```

```

anguilles_nasses$Marais=factor(anguilles_nasses$Marais,
levels=c("Daviaud","Sébastopol"))
# Uniquement les sites communs avec 2017
relevés_nasses <- relevés_nasses[relevés_nasses$Site=="D02" |
relevés_nasses$Site=="D03" | relevés_nasses$Site=="D04" |
                                relevés_nasses$Site=="D04bis" |
relevés_nasses$Site=="D07" | relevés_nasses$Site=="D08" |
                                relevés_nasses$Site=="S01" |
relevés_nasses$Site=="S02" | relevés_nasses$Site=="S03" |
                                relevés_nasses$Site=="S04" |
relevés_nasses$Site=="S05" | relevés_nasses$Site=="S06" |
                                relevés_nasses$Site=="S10" |
relevés_nasses$Site=="S11",]
relevés_nasses$Site=factor(relevés_nasses$Site,
levels=c("D02","D03","D04","D04bis","D07","D08",
"
S01","S02","S03","S04","S05","S06","S10","S11"))
anguilles_nasses <- anguilles_nasses[anguilles_nasses$Site=="D02" |
anguilles_nasses$Site=="D03" | anguilles_nasses$Site=="D04" |
                                anguilles_nasses$Site=="D04bis" |
anguilles_nasses$Site=="D07" | anguilles_nasses$Site=="D08" |
                                anguilles_nasses$Site=="S01" |
anguilles_nasses$Site=="S02" | anguilles_nasses$Site=="S03" |
                                anguilles_nasses$Site=="S04" |
anguilles_nasses$Site=="S05" | anguilles_nasses$Site=="S06" |
                                anguilles_nasses$Site=="S10" |
anguilles_nasses$Site=="S11",]
anguilles_nasses$Site=factor(anguilles_nasses$Site,
levels=c("D02","D03","D04","D04bis","D07","D08",
"
S01","S02","S03","S04","S05","S06","S10","S11"))
# Uniquement les mois entre Avril et Juillet
relevés_nasses <- dplyr::filter(relevés_nasses, Mois=="Avril" | Mois=="Mai"
| Mois=="Juin" |
                                Mois=="Juillet")
relevés_nasses$Mois=factor(relevés_nasses$Mois,
levels=c("Avril","Mai","Juin","Juillet"))
relevés_nasses$Mois <- ordered(relevés_nasses$Mois, levels =
c("Avril","Mai","Juin","Juillet"))
anguilles_nasses <- dplyr::filter(anguilles_nasses, Mois=="Avril" |
Mois=="Mai" | Mois=="Juin" |
                                Mois=="Juillet")
anguilles_nasses$Mois=factor(anguilles_nasses$Mois,
levels=c("Avril","Mai","Juin","Juillet"))
anguilles_nasses$Mois <- ordered(anguilles_nasses$Mois, levels =
c("Avril","Mai","Juin","Juillet"))

##### ANALYSE DES DONNEES #####

#----- Structure de taille de toutes les captures -----#
ggplot(data=anguilles, aes(classe)) +
  geom_bar(fill="slategray1", color="black") +
  theme(panel.grid.major = element_line(colour = "grey", size=.5,
linetype="dashed"),
        panel.grid.major.x=element_blank(),
        panel.grid.minor = element_line(colour = "grey", size=.3,
linetype="dotted"),
        axis.text = element_text(family = "mono", face="bold",
color="black", size=25),
        axis.text.x = element_text(angle=90),

```

```

    text = element_text(family="sans", size=25),
    legend.position="none",
    panel.background=element_blank(),
    axis.line.x=element_line(colour="grey", size=1),
    axis.line.y=element_line(colour="grey", size=1)) +
  labs(x="Classes de taille (mm)", y="Effectif") +
  geom_text(label="N = 140", aes(x=9, y=57), size=10)

ggsave("strflo.emf", width = 10, height = 8) # enregistrement du graphique
pour word

#----- Comparaison des structures de tailles nasses vs flottangs -----#
## Création d'un tableau avec toutes les données de taille
# récupération des données flottangs
tf <- dplyr::select(anguilles,
one_of(c("ID_anguille", "taille_mm", "marais", "annee")))
tf[,5]="flottang"
# récupération des données nasses
tn <- dplyr::filter((dplyr::select(anguilles_nasses,
one_of(c("ID_anguille", "Taille_mm", "Marais", "Annee"))), Marais !=
"Mullembourg")
tn[,5]="nasse"
tn <- dplyr::rename(tn, taille_mm = Taille_mm, marais=Marais, annee=Annee)
# création du tableau global
tailles <- bind_rows(tf,tn)
tailles <- dplyr::rename(tailles, piege = V5)
# création du graphique
se_Ttout <- summarySE(data=tailles, measurevar="taille_mm",
groupvars=("piege"))
pos.y <- c(0.028,0.0038)
se_Ttout <- cbind(se_Ttout, pos.y)
ggplot (data=tailles, aes(x=taille_mm, fill=piege)) +
  geom_histogram(binwidth = 20, colour="black", aes(y=..density..)) +
  facet_grid(piege~., scales="free_y",
labeller=labeller(piege=c(flottang="Flottang", nasse="Nasse"))) +
  scale_fill_manual(values=c("slategray1", "#d014fa")) +
  geom_vline(xintercept=190) +
  geom_label(x=190, y=0.025, label="190 mm", fill="white", size=10) +
  geom_text(data=se_Ttout, aes(x=800, y=pos.y, label=str_c("N=", N)),
size=8) +
  theme(panel.grid.major = element_line(colour = "grey", size=.5,
linetype="dashed"),
        panel.grid.major.x=element_blank(),
        panel.grid.minor = element_line(colour = "grey", size=.3,
linetype="dotted"),
        axis.text = element_text(family = "mono", face="bold",
color="black", size=25),
        text = element_text(family="sans", size=25),
        legend.position="none",
        panel.background=element_blank(),
        axis.line.x=element_line(colour="grey", size=1),
        axis.line.y=element_line(colour="grey", size=1)) +
  labs(x="Taille (mm)", y="Densité")

ggsave("strflovsnasses.emf", width = 10, height = 8) # enregistrement du
graphique pour word

#----- Relation entre occurrence et abondance -----#
# Tableau de synthèse de l'occurrence par site

```

```

# et de la moyenne par site des captures par flottangs (abondance)
occab <- as.data.frame(relevés %>%
  dplyr::group_by(type_res) %>%
  dplyr::group_by (code_site, add = TRUE) %>%
  dplyr::summarise(occ= mean(presence, na.rm=TRUE),
moy_ab=mean(capt_par_f, na.rm=TRUE)))
# Test de corrélation
cor.test(occab$moy_ab, occab$occ, method="spearman")

#----- Effet du nombre de nuits de pose sur l'occurrence -----#
# Régression logistique
reg <- glm(pres_fac ~ nb_nuits_pose,
  data = relnoNAtt, family = binomial(logit))
summary(reg)
# Calcul des prédictions du modèle
lin.pred <- predict(reg)
pi.hat <- exp(lin.pred)/(1 + exp(lin.pred))
relnoNAtt$pred <- pi.hat
# Graphique des données et prédictions
ggplot(data=relnoNAtt, aes(x=nb_nuits_pose)) +
  geom_point(aes(y=presence, fill="Présence ou absence\nN=231"), size=3) +
  geom_line(aes(y=pred, color="Probabilité de présence"), size=1) +
  theme(legend.position="bottom") +
  scale_x_continuous(breaks=c(1,2,3,4,5,6,7,8)) +
  scale_fill_manual(name="Données", values=c("Présence ou absence\nN=231" =
"slategray", "Probabilité de présence" = "black")) +
  scale_color_manual(name="Prédiction", values=c("Présence ou
absence\nN=231" = "slategray", "Probabilité de présence" = "black")) +
  theme(panel.grid.major = element_line(colour = "grey", size=.5,
linetype="dashed"),
  panel.grid.minor.y = element_line(colour = "grey", size=.3,
linetype="dotted"),
  axis.text = element_text(family = "mono", face="bold",
color="black", size=25),
  text = element_text(family="sans", size=25),
  axis.line.x=element_line(colour="grey", size=1),
  axis.line.y=element_line(colour="grey", size=1),
  legend.position="right",
  panel.background=element_blank()
) +
  labs(x="Nombre de nuits de pose",y="Présence")

ggsave("nb_niuts_occnoNA.emf", width = 12, height = 7) # enregistrement du
graphique pour word

#----- Comparaison des deux réseaux -----#
## Test de comparaison de l'occurrence moyenne entre les deux réseaux
wilcox.test(relevés$presence~relevés$type_res, conf.int=TRUE)
## Test de comparaison de la taille moyenne par réseau
wilcox.test(anguilles$taille_mm~anguilles$type_res, conf.int=TRUE)

#----- Réseau Répartition -----#
## Relation entre l'occurrence par site du piégeage par nasses et celle du
piégeage par flottangs
occN <- as.data.frame(relevés_nasses %>%
  dplyr::filter(Année==2017, Marais=="Daviaud") %>%
  dplyr::group_by(Site) %>%
  dplyr::summarise(occnasse=mean(Presence,

```

```

na.rm=TRUE))
occN <- rename(occN, code_site=Site)
occF <- as.data.frame(relevés %>%
  dplyr::filter(année==2017, marais=="Daviaud",
                type_res=="Répartition") %>%
  dplyr::group_by(code_site) %>%
  dplyr::summarise(occflo=mean(presence,
na.rm=TRUE))
occNF <- merge(occN, occF, by="code_site")
# Test de corrélation
cor.test(occNF$occnasse, occNF$occflo, method="spearman")

#----- Réseau Entrée -----#
#### Occurrence par mois ####
# Calcul des moyennes et écart-type de présence par mois
se_pres <- summarySE(data=relevés[relevés$type_res=="Entrée",],
  measurevar="presence", groupvars=c("mois"), na.rm=TRUE)
code_mois <- c(1,2,3) # pour positionnement
se_pres <- cbind(se_pres, code_mois)
# Tracé du graphique
ggplot(data=relevés[relevés$type_res=="Entrée",], aes(x=mois)) +
  geom_bar(stat="summary", fun.y="mean", aes(y=presence), fill="#48da82") +
  geom_errorbar(data=se_pres, aes(ymin=presence-se, ymax=presence+se),
width=.2,
  position=position_dodge(.9)) +
  theme(panel.grid.major = element_line(colour = "grey", size=.5,
linetype="dashed"),
  panel.grid.major.x=element_blank(),
  panel.grid.minor = element_line(colour = "grey", size=.3,
linetype="dotted"),
  axis.text = element_text(family = "mono", face="bold",
color="black", size=25),
  text = element_text(family="sans", size=25),
  legend.position="none",
  panel.background=element_blank(),
  axis.line.x=element_line(colour="grey", size=1),
  axis.line.y=element_line(colour="grey", size=1)) +
  labs(x="Mois",y="Occurrence") +
  geom_text(data=se_pres, aes(label=round(presence, 2), x=code_mois+.2,
y=presence+0.03),
  size=10) +
  geom_text(data=se_pres, aes(label=str_c("N=",N), x=code_mois, y=0.02),
size=8)

ggsave("occ_mois_ent.emf", width = 10, height = 8) # enregistrement du
graphique pour word
## Tests de comparaison de l'occurrence par mois
with(relevés[relevés$type_res=="Entrée",],
  kruskal.test(presence ~ mois)) # significatif
with(relevés[relevés$type_res=="Entrée",],
  pairwise.wilcox.test(presence,mois,p.adj="bonf"))

#### Taille par mois ####
# Calcul des moyennes et écart-type de taille par mois
se_taille <- summarySE(data=anguilles[anguilles$type_res=="Entrée",],
  measurevar="taille_mm", groupvars=c("mois"))
code_mois <- c(1,2,3) # pour positionnement texte
se_taille <- cbind(se_taille, code_mois)
# Tracé du graphique
ggplot(data=anguilles[anguilles$type_res=="Entrée",], aes(x=mois)) +

```

```

geom_bar(stat="summary", fun.y="mean", aes(y=taille_mm), fill="#48da82")
+
geom_errorbar(data=se_taille, aes(ymin=taille_mm-se, ymax=taille_mm+se),
width=.2,
            position=position_dodge(.9)) +
theme(panel.grid.major = element_line(colour = "grey", size=.5,
linetype="dashed"),
        panel.grid.major.x=element_blank(),
        panel.grid.minor = element_line(colour = "grey", size=.3,
linetype="dotted"),
        axis.text = element_text(family = "mono", face="bold",
color="black", size=25),
        text = element_text(family="sans", size=25),
        legend.position="none",
        panel.background=element_blank(),
        axis.line.x=element_line(colour="grey", size=1),
        axis.line.y=element_line(colour="grey", size=1)) +
labs(x="Mois",y="Taille (mm)") +
geom_text(data=se_taille, aes(label=round(taille_mm), x=code_mois+.3,
y=taille_mm+8),
        size=10) +
geom_text(data=se_taille, aes(label=str_c("N=",N), x=code_mois, y=5),
size=8)

ggsave("taille_mois_ent.emf", width = 10, height = 8) # enregistrement du
graphique pour word
## Tests de comparaison de taille par mois
with(anguilles[anguilles$type_res=="Entrée",],
      kruskal.test(taille_mm ~ mois)) # significatif
with(anguilles[anguilles$type_res=="Entrée",],
      pairwise.wilcox.test(taille_mm,mois,p.adj="bonf"))

#### Occurrence par marais ####
# Test de comparaison de l'occurrence par marais
with(relevés[relevés$type_res=="Entrée",],
      wilcox.test(presence~marais, conf.int=TRUE)) # significatif

#### Taille par marais ####
## Test de comparaison des tailles par marais
with(anguilles[anguilles$type_res=="Entrée",],
      wilcox.test(taille_mm~marais, conf.int=TRUE))

#### Occurrence par jour et paramètres extérieurs ####
# Définition des couleurs par marais
cols <- c("Daviaud\nNb Relèves = 76" = "#ff7f00", "Sébastopol\nNb Relèves =
88"="#1f78b4")
# Définition des symboles par phase de lune
sh <- c("Premier Quartier" = 60, "Pleine Lune"=1, "Dernier Quartier"=62,
"Nouvelle Lune"=19)
## Occurrence et phases de la lune + coefficients de marée
ggplot(data=relevés[relevés$type_res=="Entrée",], aes(x=date, y=presence))
+

stat_summary(data=relevés[relevés$type_res=="Entrée"&relevés$marais=="Davia
ud",],
            fun.y = mean, geom = "point", size=5, aes(color="Daviaud\nNb
Relèves = 76")) +

stat_summary(data=relevés[relevés$type_res=="Entrée"&relevés$marais=="Sébas
topol",],
            fun.y = mean, geom = "point", size=5,

```

```

aes(color="Sébastienop1\nNb Relèves = 88")) +

stat_summary(data=relevés[relevés$type_res=="Entrée"&relevés$marais=="Davidaud"],,
             fun.y = mean, geom = "line", size=1, aes(color="Daviaud\nNb Relèves = 76")) +

stat_summary(data=relevés[relevés$type_res=="Entrée"&relevés$marais=="Sébastienop1"],,
             fun.y = mean, geom = "line", size=1,
             aes(color="Sébastienop1\nNb Relèves = 88")) +

scale_x_datetime(limits=c(min(relevés[relevés$type_res=="Entrée","date"]),
                           as.POSIXct("2017-07-21", format="%Y-%m-%d", tz="UTC")),
                 date_breaks="7 days", date_labels="%d/%m") +
scale_y_continuous(limits=c(-1.2,1), breaks=c(-1.1,-.9,-.7,-0.5,-0.25,0,0.25,0.5,0.75,1),
                  labels=c("40","60","80","100","Phases de\nla lune","0","0.25","0.5","0.75","1")) +
geom_line(data=relevés, aes(x=date, y=coeff_maree/100-1.5)) +
geom_point(data=phases_lune[phases_lune$phase=="PQ"],,
           aes(x=date, shape="Premier Quartier", y=-.25), size=8) +
geom_point(data=phases_lune[phases_lune$phase=="DQ"],,
           aes(x=date, shape="Dernier Quartier", y=-.25), size=8) +
geom_point(data=phases_lune[phases_lune$phase=="NL"],,
           aes(x=date, shape="Nouvelle Lune", y=-.25), size=6) +
geom_point(data=phases_lune[phases_lune$phase=="PL"],,
           aes(x=date, shape="Pleine Lune", y=-.25), size=6) +
scale_color_manual(name="Marais", values=cols) +
scale_shape_manual(name="Phases de la lune", values=sh) +
theme(panel.grid.major = element_line(colour = "grey", size=.5,
linetype="dashed"),
      panel.grid.major.x=element_line(colour = "grey", size=.3,
linetype="dotted"),
      panel.grid.minor = element_line(colour = "grey", size=.3,
linetype="dotted"),
      axis.text = element_text(family = "mono", face="bold",
color="black", size=25),
      text = element_text(family="sans", size=25),
      axis.text.x = element_text(angle=90),
      legend.position="right",
      panel.background=element_blank(),
      axis.line.x=element_line(colour="grey", size=1),
      axis.line.y=element_line(colour="grey", size=1)) +
labs(x="Date",y="Coefficient de marée, phases de la lune et Occurrence par jour") +
guides(color = guide_legend(order=1),
       shape = guide_legend(order=2)) +
geom_label(aes(label="A", y=1, x=as.POSIXct("2017-07-21", format="%Y-%m-%d", tz="UTC")), size=8) +
geom_label(aes(label="B", y=-.25, x=as.POSIXct("2017-07-21", format="%Y-%m-%d", tz="UTC")), size=8) +
geom_label(aes(label="C", y=-.5, x=as.POSIXct("2017-07-21", format="%Y-%m-%d", tz="UTC")), size=8)

ggsave("ChronoLuneMareeOCC.emf", width = 12, height = 12) # enregistrement du graphique pour word

## Régression logistique entre Tmoy et présence
reg <- glm(pres_fac ~ tmoy,
          data = relnoNA, family = binomial(logit))

```

```

summary(reg)
# Calcul des prédictions du modèle
lin.pred <- predict(reg)
pi.hat <- exp(lin.pred)/(1 + exp(lin.pred))
relnoNA$pred <- pi.hat
# Tracé des données et des prédictions du modèle
ggplot(data=relnoNA, aes(x=tmoy)) +
  geom_point(aes(y=presence, fill="Présence ou absence\nN=164"), size=3) +
  geom_line(aes(y=pred, color="Probabilité de présence"), size=1) +
  scale_fill_manual(name="Données", values=c("Présence ou absence\nN=164" =
"slategray", "Probabilité de présence" = "black")) +
  scale_color_manual(name="Prédiction", values=c("Présence ou
absence\nN=164" = "slategray", "Probabilité de présence" = "black")) +
  theme(panel.grid.major = element_line(colour = "grey", size=.5,
linetype="dashed"),
  panel.grid.minor.y = element_line(colour = "grey", size=.3,
linetype="dotted"),
  axis.text = element_text(family = "mono", face="bold",
color="black", size=25),
  text = element_text(family="sans", size=25),
  axis.line.x=element_line(colour="grey", size=1),
  axis.line.y=element_line(colour="grey", size=1),
  legend.position="right",
  panel.background=element_blank()
) +
  labs(x="Température moyenne",y="Présence")

ggsave("t_occnoNA.emf", width = 12, height = 7) # enregistrement du
graphique pour word

## Prises d'eau au Daviaud et occurrence par jour
ggplot(data=relevés[relevés$marais=="Daviaud"&relevés$type_res=="Entrée",],
aes(x=date, y=presence)) +
  stat_summary(fun.y = mean, geom = "line", size=1, color="#ff7f00") +
  stat_summary(fun.y = mean, geom = "point", size=7, color="#ff7f00") +
  geom_point(data=prises_eau, aes(shape=prises_Daviaud, y=1.05, x=date),
size=8) +
  scale_shape_manual(values=15) +

scale_x_datetime(limits=c(min(relevés[relevés$type_res=="Entrée", "date"]),
max(relevés[relevés$type_res=="Entrée", "date"])),
  date_breaks="2 days", date_labels="%d/%m") +
  theme(panel.grid.major = element_line(colour = "grey", size=.5,
linetype="dashed"),
  panel.grid.minor.y = element_line(colour = "grey", size=.3,
linetype="dotted"),
  axis.text = element_text(family = "mono", face="bold",
color="black", size=25),
  text = element_text(family="sans", size=25),
  axis.text.x = element_text(angle=90),
  axis.line.x=element_line(colour="grey", size=1),
  axis.line.y=element_line(colour="grey", size=1),
  legend.position="none",
  panel.background=element_blank()
) +
  labs(x="Date", y="Occurrence") +
  scale_y_continuous(limits=c(0,1.05), breaks=c(0,0.2,0.4,0.6,0.8,1,1.05),
labels=c("0", "0.2", "0.4", "0.6", "0.8", "1", "Prises d'eau"))

ggsave("ChronprisesDdate.emf", width = 18, height = 11) # enregistrement
du graphique pour word

```

```

#### Comparaison entre les sites ####
## Occurrence par site
# Calcul des moyennes et écart-type de l'occurrence par site
se_pres <- summarySE(data=relevés[relevés$type_res=="Entrée",],
measurevar="presence", groupvars=c("marais","code_site"))
# Création du graphique
ggplot (data=relevés[relevés$type_res=="Entrée",], aes(x=code_site,
y=presence)) +
  stat_summary(fun.y = mean, geom = "bar", size=1, aes(fill=marais)) +
  geom_errorbar(data=se_pres, aes(ymin=presence-se, ymax=presence+se),
width=.2,
              position=position_dodge(.9)) +
  theme(panel.grid.major = element_line(colour = "grey", size=.5,
linetype="dashed"),
        panel.grid.major.x=element_blank(),
        panel.grid.minor = element_line(colour = "grey", size=.3,
linetype="dotted"),
        axis.text = element_text(family = "mono", face="bold",
color="black", size=25),
        text = element_text(family="sans", size=25),
        axis.text.x = element_text(angle=90),
        legend.position="bottom",
        panel.background=element_blank(),
        axis.line.x=element_line(colour="grey", size=1),
        axis.line.y=element_line(colour="grey", size=1)) +
  scale_fill_manual(values=c("#ff7f00","#1f78b4")) +
  scale_color_manual(values=c("#ff7f00","#1f78b4")) +
  labs(x="Site",y="Occurrence", fill="Marais") +
  geom_text(data=se_pres, aes(x=code_site, y=presence+se+.04,
label=round(se_pres$presence,2),
color=marais), size=10, show.legend=FALSE) +
  geom_text(data=se_pres, aes(x=code_site, y=-0.05, label=str_c("N=",N)),
size=8)

ggsave("occsites.emf", width = 15, height = 10)
## Tests de comparaison de l'occurrence par site
# Daviaud
with(relevés[relevés$type_res=="Entrée"&relevés$marais=="Daviaud",],
kruskal.test(presence ~ code_site)) # significatif
with(relevés[relevés$type_res=="Entrée"&relevés$marais=="Daviaud",],
pairwise.wilcox.test(presence,code_site,p.adj="bonf"))
# Sébastopol
with(relevés[relevés$type_res=="Entrée"&relevés$marais=="Sébastienopol",],
kruskal.test(presence ~ code_site)) # non significatif

## Taille par site
se_taille <- summarySE(data=anguilles[anguilles$type_res=="Entrée",],
measurevar="taille_mm", groupvars=c("marais","code_site"))
ordre_sites <-
c("D71","D76","D72","D73","D74","D75","S71","S72","S73","S74","S75","S76")
ggplot (data=anguilles[anguilles$type_res=="Entrée",], aes(x=code_site,
y=taille_mm)) +
  stat_summary(fun.y = mean, geom = "bar", size=1, aes(fill=marais)) +
  geom_errorbar(data=se_taille, aes(ymin=taille_mm-se, ymax=taille_mm+se),
width=.2,
              position=position_dodge(.9)) +
  scale_x_discrete(limits=ordre_sites) +
  theme(panel.grid.major = element_line(colour = "grey", size=.5,
linetype="dashed"),

```

```

    panel.grid.major.x=element_blank(),
    panel.grid.minor = element_line(colour = "grey", size=.3,
linetype="dotted"),
    axis.text = element_text(family = "mono", face="bold",
color="black", size=25),
    text = element_text(family="sans", size=25),
    axis.text.x = element_text(angle=90),
    axis.title.x=element_blank(),
    legend.position="top",
    panel.background=element_blank(),
    axis.line.x=element_line(colour="grey", size=1),
    axis.line.y=element_line(colour="grey", size=1),
    plot.margin= unit(c(0,0,3,0), "lines")) +
scale_fill_manual(values=c("#ff7f00", "#1f78b4")) +
scale_color_manual(values=c("#ff7f00", "#1f78b4")) +
labs(y="Taille (mm)", fill="Marais") +
geom_text(data=se_taille, aes(x=code_site, y=taille_mm+se+10,
label=round(taille_mm), color=marais),
size=10, show.legend=FALSE) +
geom_text(data=se_taille, aes(x=code_site, y=8, label=str_c("N=", N)),
size=8)

ggsave("taillesites2.png", width = 15, height = 10) # enregistrement du
graphique
## Tests de comparaison des moyennes de taille par site
# Daviaud
with(anguilles[anguilles$type_res=="Entrée"&anguilles$marais=="Daviaud",],
kruskal.test(taille_mm ~ code_site)) # significatif
with(anguilles[anguilles$type_res=="Entrée"&anguilles$marais=="Daviaud",],
pairwise.wilcox.test(taille_mm, code_site, p.adj="bonf"))
# Sébastopol
with(anguilles[anguilles$type_res=="Entrée"&anguilles$marais=="Sébastienopol",
],
kruskal.test(taille_mm ~ code_site)) # non significatif

```



