



- RAPPORT D'ETUDE -

2019 N° 7/15

Étude du recrutement en civelles et de leur devenir dans l'étang du Vaccarès

Cohorte 2018-2019 - Tendances 2004-2019

LAMBREMON J., NICOLAS D., CRIVELLI A.J., CONTOURNET P.,
CAMPTON P., PERRIER C. • Février 2020



Photo de couverture
© MRM / 2018

Référence à citer

LAMBREMON J., NICOLAS D., CRIVELLI A.J., CONTOURNET P., CAMPTON P., PERRIER C., 2020.
Étude du recrutement en civelles et de leur devenir dans l'étang du Vaccarès. Campagne
d'études 2018-2019. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée, Fondation Tour du Valat.
61p + annexes

Remerciements

L'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée (MRM) tient à remercier vivement tous ceux qui, par leur collaboration technique ou financière, ont contribué à la réalisation de cette étude.

PARTENAIRES FINANCIERS

- Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse,
- Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur
- Département des Bouches-du-Rhône
- Fédération Nationale pour la Pêche en France (FNPF),

MEMBRES MRM

- Fédérations Départementales des Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique (FDAAPPMA) de l'Ain, des Alpes de Haute Provence, des Hautes-Alpes, des Alpes-Maritimes, de l'Ardèche, de l'Aude, des Bouches-du-Rhône, de la Corse, de la Drôme, du Gard, de l'Hérault, de l'Isère, de la Loire, des Pyrénées-Orientales, du Rhône, de la Savoie, de Haute-Savoie, de Haute-Saône, de la Saône et Loire, du Var et du Vaucluse
- Association Régionale des Fédérations de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique PACA (ARFPPMA PACA)
- Association Régionale des Fédérations de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique Auvergne-Rhône-Alpes (ARPARA)

PARTENAIRES TECHNIQUES

- Station biologique de la Tour du Valat
- Commune des Saintes-Maries-de-la-Mer
- Parc Naturel Régional de Camargue
- Réserve Naturelle Nationale de Camargue
- Commission Exécutive de l'Eau en Camargue (animée par le Parc Naturel Régional de Camargue)
- DDTM 13

Résumé

L'Anguille européenne (*Anguilla anguilla* - Linné, 1758) est un poisson migrateur amphihalin thalassotoque dont les stocks n'ont fait que chuter ces vingt dernières années. Son déclin a conduit à l'instauration en 2007 d'un règlement européen visant à ramener la population à ses valeurs historiques et transcrit dans un Plan National de Gestion de l'Anguille. Le PLAN de GEstion des POissons MIgrateurs 2016-2021 (PLAGEPOMI 2016-2021) souhaite pallier le manque de connaissances sur la dynamique de population de l'Anguille afin de répondre en tout ou partie au Plan National de Gestion de l'Anguille.

En région méditerranéenne française, il n'existe aucun suivi sur le recrutement des civelles en lagunes, sa pêche étant interdite. Aussi, en 2000, un classement des sites favorables sur ce territoire a été établi pour l'installation d'une passe-piège à civelles. Premier site retenu, le Grau de la Fourcade, situé en Camargue, bénéficie ainsi depuis l'automne 2003 d'un dispositif de piégeage des civelles suivi par l'Association MRM depuis janvier 2004.

Avec plus de 495 000 individus dénombrés, le recrutement 2018-2019 est relativement faible et ne représente que 30% de la tendance observée ces 5 dernières années (1 541 472 individus en moyenne entre 2013 et 2018).

Les premières captures significatives ont été observées le 6 février 2019, avec plus d'un mois de retard en comparaison des précédentes saisons. Ce début de migration tardif s'explique par un attrait significatif d'eau douce en mer survenu seulement fin décembre suivi par des conditions de température trop froides en janvier. De manière plus locale, le fonctionnement important des pompes de la station de l'Éolienne ainsi que d'importantes sorties d'eau au pertuis de la Fourcade en janvier ont également pu contraindre le déplacement des civelles en début d'année.

La migration s'est alors majoritairement concentrée en février (87%) avec plus de 430 000 individus comptabilisés et dans une moindre mesure en mars qui concentre 13% des captures.

Les résultats de cette saison semblent être corrélés avec les tendances observées sur la façade atlantique (barrage d'Arzal sur la Vilaine) mais semblent cependant se distinguer des tendances européennes (indice WGEEL).

Par ailleurs, la saison 2018-2019 représente la première année d'échantillonnage via la pose d'un verveux à alevins en amont du pertuis (faisabilité en 2017-2018). Cet échantillonnage vise à apporter des éléments de réponse à l'identification des périodes et configurations hydrauliques favorables au recrutement naturel et ainsi adapter la gestion de l'ouvrage. Des problèmes survenus sur les appareils de mesures ne permettent malheureusement pas une analyse fine des captures réalisées au filet en lien avec les conditions hydrauliques (volumes entrants et sortants). La poursuite de ce suivi est donc essentielle et permettra à terme d'apprécier l'efficacité de la future passe à poissons et ainsi nuancer les éventuelles variations de captures à la passe-piège. Dans ce sens, des sessions de marquage de civelles par Rouge Neutre ont été lancées en 2019 dans le but final d'apprécier la répartition du flux au sein du grau et l'importance du recrutement naturel selon les conditions environnementales. Des évolutions du protocole sont néanmoins nécessaires (stabulation des individus, concentration du colorant, etc.) afin d'obtenir des résultats permettant de répondre à l'objectif fixé.

Sommaire

Introduction	7
CONTEXTE DE L'ETUDE	8
1 Contexte biologique	8
1.1 Cycle biologique	8
1.2 Paramètres environnementaux influençant le flux entrant de civelles	10
1.3 Capacités spécifiques de l'Anguille	11
1.4 Principales menaces	12
a) Menaces d'origine naturelle	12
b) Menaces d'origine anthropique	12
2 Contexte institutionnel	14
2.1 À l'échelle internationale	14
2.2 À l'échelle européenne	14
2.3 À l'échelle nationale	15
2.4 À l'échelle du bassin hydrographique Rhône-Méditerranée	16
3 Contexte géographique	16
3.1 Le delta de Camargue	16
3.2 Le pertuis de la Fourcade	17
3.3 La station de l'Éolienne	18
METHODES	20
1 Recrutement des civelles	20
1.1 Suivi du recrutement au travers de la passe-piège	20
1.2 Période de fonctionnement et fréquence de suivi	20
1.3 Protocole de suivi	21
1.4 Évolution du recrutement naturel	21
1.5 Analyse des données	21
a) Effectifs capturés	21
b) Données environnementales	22
2 Suivi des individus dans le Vaccarès	22
2.1 Échantillonnage des anguilles	23
2.2 Mesures biométriques	23
2.3 Analyse des données	23

RESULTATS	24
1 Captures au sein de la passe-piège	24
1.1 Recrutement 2018-2019	24
a) Évolution journalière et mensuelle des captures	24
b) Attraits et conditions hydrologiques du suivi	25
c) Mobilité et progression des civelles vers la passe	30
d) Périodes supposées favorables au recrutement naturel	33
e) Caractéristiques de la population migrante	34
f) Synthèse du recrutement 2018-2019	36
1.2 Évolution des résultats sur la période 2004-2019	38
a) Fonctionnement de la passe-piège	38
b) Évolution des captures	39
c) Évolution des tailles moyennes annuelles	42
2 Captures au sein de l'étang du Vaccarès, à la station de la Capelière	43
2.1 Effort de pêche	43
2.2 Captures de civelles par unité d'effort (CPUE)	44
2.3 Captures d'anguilles jaunes et argentées	47
a) Évolution des captures	47
b) Caractéristiques et dynamique de la population	47
Conclusion et Perspectives	51
Bibliographie	53
Table des figures	58
Table des Tableaux	61
Table des Annexes	61

Introduction

De 1993 à 2003, le Plan Migrateurs Rhône-Méditerranée visait le retour d'un autre migrateur amphihalal, l'Alose, sur le Bas-Rhône en aval de l'Ardèche et ses affluents de rive droite. Fin 2003, le Comité de Gestion des Poissons Migrateurs (COGEPOMI) du bassin Rhône-Méditerranée & Corse (RMC) a validé le deuxième volet 2004-2009 du Plan Migrateurs, étendant le programme aux affluents de rive gauche du Rhône et aux fleuves côtiers méditerranéens ainsi qu'aux autres espèces amphihalales, dont l'Anguille (COGEPOMI RMC, 2004). Le PLAN de GEStion des POissons Migrateurs (PLAGEPOMI) 2010-2014 reprenait quant à lui les dispositions du volet Rhône-Méditerranée du plan de gestion Anguille de la France (COGEPOMI RMC, 2011). Ainsi, des zones d'actions prioritaires et des ouvrages prioritaires ont été définis quant à la restauration de la continuité écologique des cours d'eau. Des dispositifs de suivi sur des rivières et lagunes index ont également été mis en place.

En particulier, le suivi des captures de passes à anguilles doit permettre de mieux connaître la dynamique migratoire de l'espèce, d'améliorer et de qualifier le recrutement et de collecter des données qui alimentent l'Observatoire des poissons migrateurs du bassin Rhône-Méditerranée et plus largement le réseau de surveillance européen de cette espèce (conformément au règlement de l'Union Européenne n° 1100/2007 du 18 Septembre 2007 transcrit dans le plan de gestion Anguille de la France).

Sur les côtes atlantiques françaises, il existe un suivi annuel des captures de civelles, principalement grâce à la pêche et dans une moindre mesure grâce à quelques passe-pièges. Au contraire, en région méditerranéenne française, il n'existait aucun suivi pérenne sur les civelles, puisque la pêche y est interdite et qu'aucune passe-piège n'avait été installée jusqu'en 2003.

Après une étude de faisabilité couvrant toute la France méditerranéenne y compris la Corse (Barral, 2001), un classement des sites favorables pour l'installation d'une passe-piège à civelles a été établi. Le premier site retenu a été le Grau de la Fourcade dans le delta du Rhône et une passe-piège y a été installée à l'automne 2003. Le suivi de l'ouvrage, commencé en janvier 2004, a pour objectifs (1) de faire un suivi interannuel du recrutement en civelles ; (2) de favoriser la colonisation naturelle du Vaccarès par les civelles ; (3) d'en étudier les conséquences en faisant le suivi de la population en place d'anguilles.

Ce suivi revêt donc un intérêt majeur pour la préservation et la restauration de la population d'Anguille européenne et a ainsi été inscrit dans le programme de suivi pérenne des populations de poissons migrateurs du PLAGEPOMI 2016-2021 (orientation 3) et comme site index du Plan de Gestion National. Il est également inscrit au Contrat de Delta Camargue, un outil animé par le Parc Naturel Régional de Camargue et visant une gestion globale et partagée de l'eau.

Le présent rapport reprend les données et analyses associées au suivi 2018-2019 des captures au sein de la passe-piège du Grau de la Fourcade et du Vaccarès ainsi que les perspectives liées aux futures années de suivi.

CONTEXTE DE L'ETUDE

1 Contexte biologique

L'Anguille européenne est le seul grand migrateur thalassotoque européen et présente une large distribution géographique, de l'Europe septentrionale (Islande, Îles Féroé) en passant par l'Europe occidentale et méridionale (Açores, Canaries, Maroc) et l'ensemble du bassin méditerranéen (Annexe A). C'est une espèce opportuniste et ubiquiste capable de s'adapter à tous les types d'habitats accessibles (Chancerel, 1994 ; Elie & Rigaud, 1984 ; Ximenes *et al.*, 1986, Tzeng *et al.*, 1995, Feunteun *et al.*, 1998).

1.1 Cycle biologique

L'Anguille a un cycle de vie unique et encore mystérieux sur de nombreux points (Figure 1).

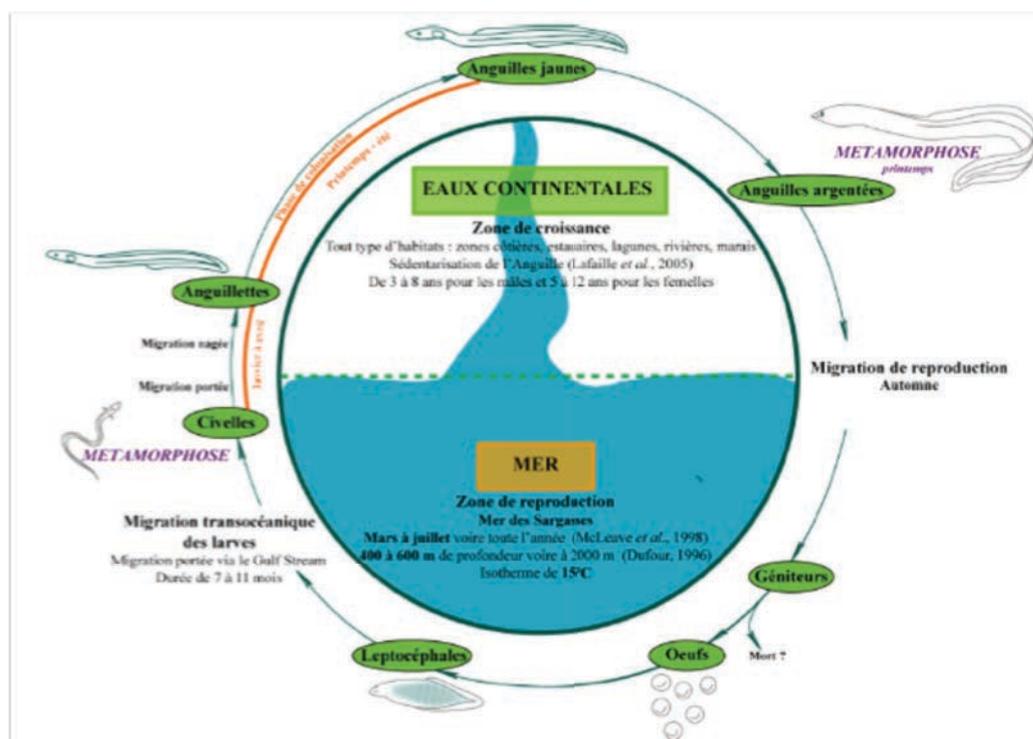


Figure 1 : Cycle de vie de l'Anguille (MRM)

Espèce vraisemblablement semelpare (une seule reproduction) (Tesch, 1977 ; Westerberg, 1979 *in* Acou, 2006) et panmictique (population où tous les gépéteurs sont susceptibles de se croiser et de se reproduire au hasard) (Wirth & Bernatchez, 2001 ; Als *et al.*, 2011), l'Anguille se reproduirait en Mer des Sargasses de mars à juillet (McLeave *et al.*, 1998 ; Tesch & Wegner, 1990).

À l'éclosion, les larves **leptocéphales** (en forme de feuille de saule) (*Figure 2*) sont portées par les courants océaniques (Gulf-Stream) de manière passive et accomplissent ainsi une migration de 6 000 km pendant 200 à 500 jours (Tesch *et al.*, 1986 ; Tesch & Niermann, 1992 ; Lecomte Finiger, 1994 ; Antunes & Tesch, 1997 ; McLeave *et al.*, 1998 ; Tesch, 1998).



Figure 2 : Leptocéphale (cpie authie)



Figure 3 : Civelles (MRM)

À l'approche du plateau continental et à une longueur moyenne de 6 cm, les leptocéphales se métamorphosent en **civelles** (Elie *et al.*, 1994 ; de Cassamajor, 1997 ; Elie, 1998).

La durée de cette métamorphose est évaluée entre 33 et 76 jours et s'accompagne d'une série de changements morphologiques, anatomiques et physiologiques (de Cassamajor, 1997 ; Elie, 1998) (*Figure 3*).

Le corps aplati latéralement des leptocéphales devient sub-cylindrique, elles perdent leurs dents larvaires et cessent de s'alimenter durant la phase civelle. Elles puisent alors dans leurs ressources énergétiques ce qui engendre une perte de poids et de taille des individus. Les fibres musculaires sont peu développées et la vessie natatoire n'est pas encore fonctionnelle ce qui semble limiter les capacités de nage des civelles lors de leur entrée en estuaire. Elles se laissent porter par les courants et utilisent le flot pour y pénétrer (de Cassamajor, 1997). La modification du fonctionnement hormonal au cours de la métamorphose se traduit par une perte hydrique, qui pousse les individus à rechercher des eaux moins salées (Elie *et al.*, 1994 ; de Cassamajor, 1997).

Après une courte phase de stabulation dans la zone littorale, les civelles entament une migration portée, utilisant les courants de marée (transport tidal sélectif), puis nagée dans les estuaires entre janvier et juin sur la façade méditerranéenne (Finiger, 1976).

Les civelles se pigmentent progressivement jusqu'à atteindre le stade **Anguilette** (*Figure 4*) (Elie *et al.*, 1982, in Edeline, 2005) durant lequel elles poursuivent leur migration vers l'amont en colonisant les hydrosystèmes continentaux accessibles. S'ensuit le stade **Anguille jaune**, phase de croissance essentiellement sédentaire jusqu'à la maturation sexuelle. Cette phase varie de 4 à 20 ans pour les femelles et de 2 à 15 ans pour les mâles.



Figure 4 : Anguilette (MRM)



Figure 5 : Anguille argentée (MRM)

Au terme de sa période continentale, l'Anguille subit une dernière métamorphose pour atteindre le stade **Anguille argentée** (Figure 5). Des changements physiologiques (changement de couleur, augmentation de la taille des yeux, de la taille des nageoires pectorales et de l'épaisseur de la peau...) préparent l'Anguille à son retour vers la mer des Sargasses. La dévalaison des anguilles débute généralement à l'automne et se poursuit jusqu'au début du printemps (Durif *et al.*, 2009).

1.2 Paramètres environnementaux influençant le flux entrant de civelles

- Le débit fluvial et la salinité :

L'intensité du courant se traduit par des conditions plus ou moins favorables à la migration des civelles. Creutzberg (1961) a montré que les civelles manifestent une rhéotaxie positive (i.e. nage à contre-courant) pour des courants de 0,2 m/s, mais qu'elles nagent près du fond ou bien s'enfouissent pour des courants supérieurs à 0,36 m/s. Les débits importants peuvent alors provoquer un blocage hydrodynamique similaire à l'effet de blocage des obstacles physiques, comme les barrages (Lafaille *et al.*, 2007).

Enfin, les civelles en période de remontée présentent une hyperactivité thyroïdienne (Fontaine *et al.*, 1941) qui leur permet par rhéotropisme et par halophobie consécutive à la métamorphose, une nage active en direction des eaux les moins salées. Ainsi, l'accroissement du débit fluvial semble provoquer l'apparition d'un important panache d'eau douce en milieu marin, qui attire vraisemblablement les civelles présentes sur le plateau continental vers les embouchures (Leconte-Finiger, 1978).

- La température de l'eau :

La température de l'eau peut affecter fortement la migration puisque, comme pour toute espèce poïkilotherme, elle agit sur le métabolisme et notamment sur la vitesse de conduction de l'influx nerveux et sur la rapidité de la contraction musculaire, donc sur la nage. Ainsi, les températures douces sont favorables au maintien de la migration (Elie, 1998) et les températures basses arrêtent la progression des individus. Pour des températures inférieures à 6°C la migration semble stoppée et devient optimale entre 10 et 12°C (Crivelli *et al.*, 2008).

Par ailleurs, il semblerait que le seuil thermique absolu soit à relativiser en fonction de la température de l'eau de mer. En effet, une différence thermique de 3-4°C entre les eaux marines et continentales pourrait être bloquante (Gandolfi *et al.*, 1984).

- La marée :

Sur la façade Atlantique, l'ampleur des marées est positivement corrélée aux captures de civelles en estuaire (Elie, 1979). Cet effet est probablement mécanique puisque la migration est passive dans un premier temps, et que les civelles se laissent porter en utilisant les courants de marée (transport tidal sélectif). Cependant, ce paramètre est négligeable au niveau du littoral camarguais, peu influencé par les marées.

- Le vent :

Le vent provoque une circulation des eaux superficielles et joue sur le mélange des eaux, notamment douces et salées. La vitesse du vent doit être supérieure à 10 m/s pour activer le mélange des eaux douces et marines (Leconte-Finiger, 1978 ; Elie, 1979 ; Weber, 1986).

En Méditerranée, lorsqu'il vient de la mer (Sud), il est principalement à l'origine de la pénétration des eaux marines dans les lagunes côtières ou dans les embouchures. Il influence la température de l'eau et peut ainsi influencer sur le comportement des individus en migration.

1.3 Capacités spécifiques de l'Anguille

- La nage :

L'Anguille possède une faible capacité de nage, largement inférieure à celle des autres espèces migratrices. Elle diffère selon la taille et donc le stade de développement. Les individus les plus grands présentent les capacités de nage les plus importantes. Pour une anguille présentant une taille de l'ordre de 8 cm, la vitesse maximale de nage est de 0,5 m/s contre 1,14 m/s pour un individu de 60 cm. Les capacités de franchissement d'une civelle pour un écoulement laminaire et un substrat lisse sont donc assez restreintes. Pour une vitesse de 0,3 m/s, la distance maximale parcourue serait de 3 m et ne serait que d'une trentaine de centimètres pour une vitesse de 0,5 m/s (Porcher, 1992).

- L'exondation :

L'Anguille peut vivre hors de l'eau durant un temps exceptionnellement long pour un poisson à condition qu'elle ne se dessèche pas. Cette survie aérienne est rendue possible grâce notamment à l'existence d'échanges gazeux cutanés (Berg & Steen, 1965 in Legault 1988).

- La reptation :

Les anguillettes, avec leur corps allongé et leur faible poids, peuvent ramper notamment sur des murs verticaux à condition que ceux-ci soient humides et présentent des aspérités suffisantes (Figure 6). Cette capacité de reptation diminue avec l'augmentation de la taille des individus (Legault, 1988).



Figure 6 : Civelles en reptation sur une paroi rugueuse (MRM)

1.4 Principales menaces

a) Menaces d'origine naturelle

- Les infections :

Les anguilles peuvent être porteuses d'un grand nombre de parasites tels que les protozoaires, trématodes ou nématodes, sans toutefois subir d'épizooties graves dans les milieux naturels. Les anguilles peuvent également être infestées par des bactéries dont les plus rencontrées appartiennent aux familles des *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Edwardsiella* et *Vibrio* (Bruslé, 1994), responsables de maladies touchant le tégument, les nageoires, les branchies, les muscles et les principaux viscères (foie, rein, rate). *Pseudomonas* est, par exemple, la bactérie qui provoque l'infection appelée « peste rouge ».

Anguillicolloïdes crassus est un parasite nématode hématophage de la vessie natatoire. Il peut infester des anguilles de toutes tailles en adaptant la sienne à celle de la vessie de l'hôte (Banning & Haenen, 1990 in Amilhat, 2007). Ce parasite réduirait la vitesse de nage des anguilles avec des conséquences importantes sur le succès de la migration des géniteurs et donc sur le stock d'anguilles reproductrices (Crivelli, 1998).

Les Acantocéphales provoquent une anémie et un amaigrissement chez les anguilles infestées et les monogènes peuvent provoquer une détresse respiratoire.

- La prédation :

Les larves leptocéphales ont été observées dans l'estomac de poissons marins comme les thons, les églefins, les congres et les morues (Bruslé, 1994). Au stade civelle, il semble que les prédateurs soient le bar en milieu saumâtre et les poissons blancs en eau douce. Les anguilles sub-adultes sont des proies communes des oiseaux piscivores (Cormorans, Hérons, etc.) mais également de mammifères tels que les loutres. Au cours de leur migration transatlantique, les anguilles argentées subissent également un effet de la prédation, sans toutefois pouvoir en estimer l'importance. La prédation s'exerce donc à tous les stades du cycle biologique de l'Anguille.

b) Menaces d'origine anthropique

- Les obstacles à la migration :

La présence d'obstacles sur un cours d'eau peut se traduire par des retards voire des blocages à la migration de montaison de l'Anguille. Ces blocages plus ou moins importants sont susceptibles d'induire des mortalités par prédation, compétition (liée à la densité d'individus) et stabulation dans des milieux aval moins fonctionnels (Adam *et al.*, 2008). Lors de la migration de dévalaison, la présence d'ouvrages peut également provoquer des retards mais aussi des mortalités ou des blessures causées par le passage des anguilles dans les prises d'eau, notamment dans les turbines de centrales hydroélectriques.

- La dégradation de la qualité de l'eau :

La contamination par les micropolluants est identifiée comme l'un des principaux facteurs responsables du déclin de l'Anguille européenne par Amilhat en 2007. Deux voies de contamination sont possibles : la première est directe par la peau et les branchies et la deuxième par transfert trophique.

- La dégradation de la qualité des milieux :

Les travaux ayant un impact sur la qualité des substrats (extraction de granulat, dragage, remodelage des lits des cours d'eau, drainage des zones humides...) sont susceptibles de perturber les populations d'anguilles en modifiant les populations d'invertébrés et poissons qu'elles consomment, en détruisant les zones de refuge et en réactivant les polluants par remise en suspension (Muchiut *et al.*, 2002).

- La surpêche :

L'Anguille européenne est exploitée sur toute son aire de répartition, en eau douce, dans les milieux saumâtres et en zones côtières, à toutes les phases de son cycle biologique et particulièrement aux stades civelle et anguille argentée (Freyhof & Kottelat, 2008 *in* IUCN, 2008).

- Les modifications hydroclimatiques :

Les conditions océanographiques (force et direction des courants marins, température de l'eau, salinité, etc.), affectées par le changement climatique, peuvent impacter le recrutement lors de la migration transatlantique. Le réchauffement des eaux marines entraîne une baisse du taux de survie suite à une baisse de la productivité océanique et donc une baisse de la ressource alimentaire des leptocéphales (Desaunay et Guerrault, 1997).

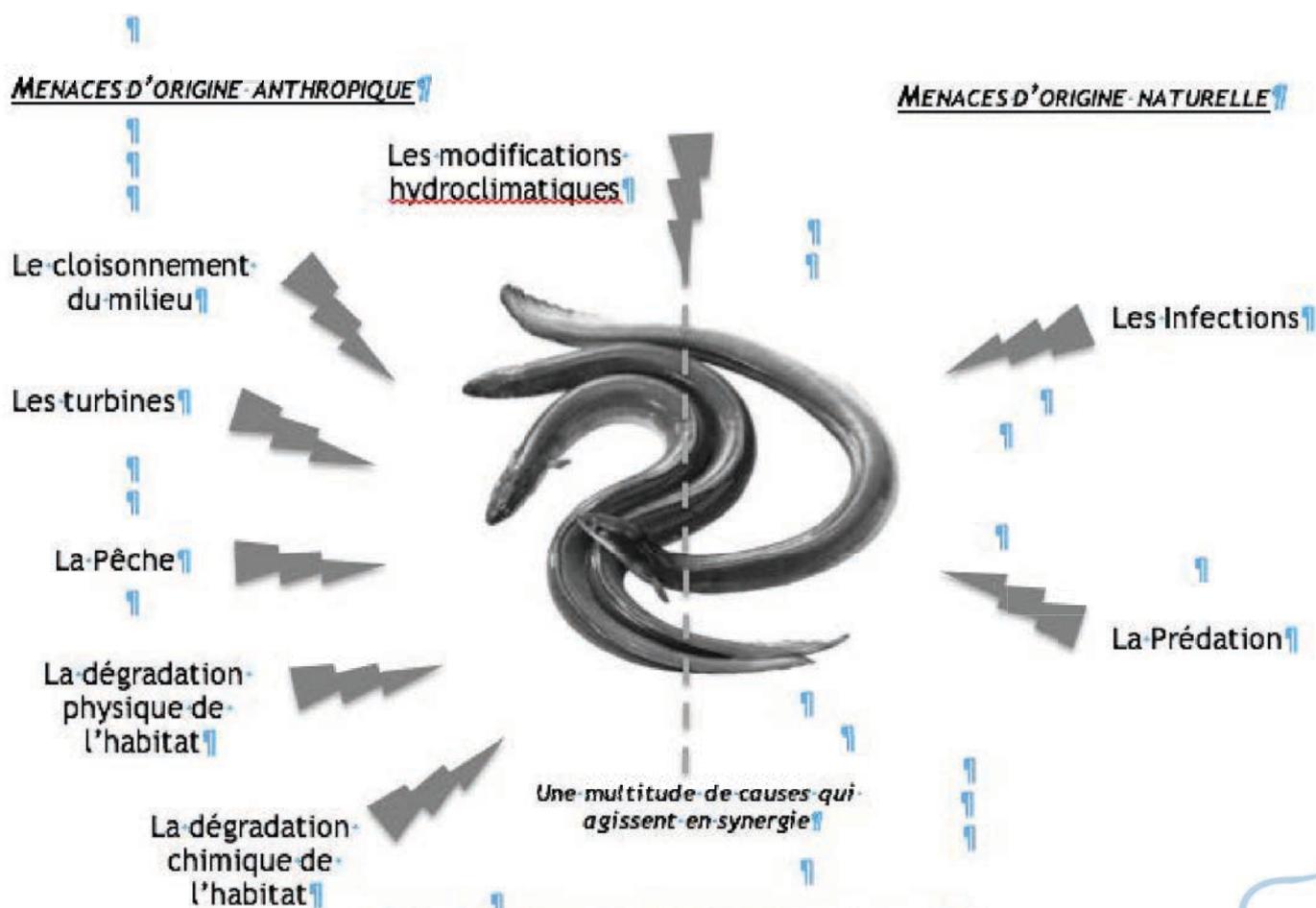


Figure 7 : Différentes menaces agissant sur l'Anguille

2 Contexte institutionnel

Un déclin progressif des populations d'anguilles européennes est observé depuis les années 1970 sur l'ensemble de l'aire de répartition (ICES, 2008) (Figure 8).

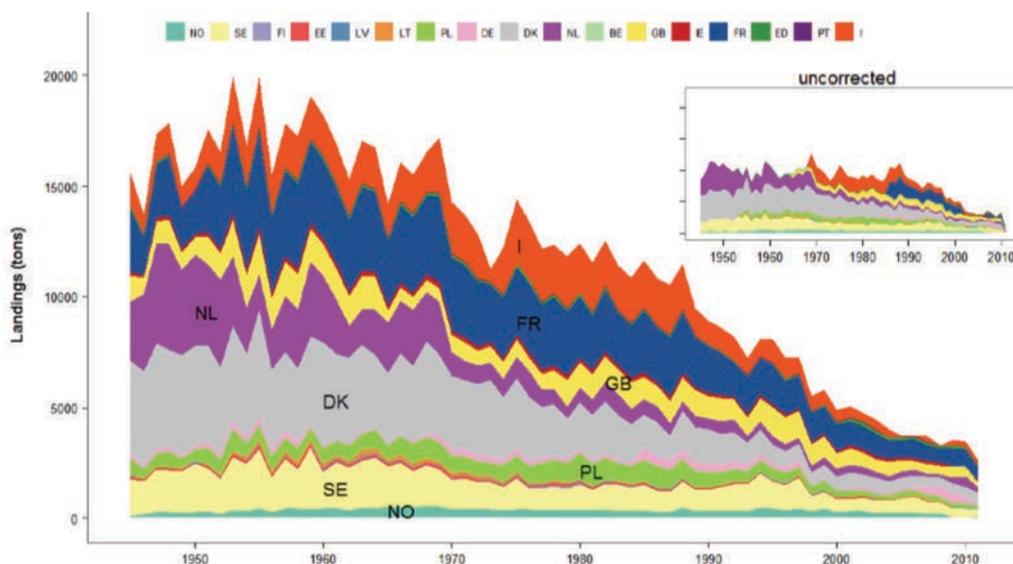


Figure 8 : Évolution des tonnages et des CPUE de civelles des pêcheurs professionnels et amateurs sur le bassin de la Gironde de 1978 à 2007 (source CEMAGREF in ICES 2011)

Ces dernières années, de nombreux outils juridiques ont ainsi vu le jour pour la mise en place de mesures de préservation et de plans de gestion favorables à la population d'anguilles.

2.1 À l'échelle internationale

La situation préoccupante du stock a conduit à l'inscription de l'Anguille européenne à l'Annexe II de la Convention sur le Commerce International des Espèces de faunes et de flores Sauvages (CITES) en 2007, garantissant ainsi que sa commercialisation ne nuise pas à la survie de l'espèce (ICES Advice, 2008).

De plus, en 2008, l'Anguille a été classée comme espèce en danger critique d'extinction sur la liste rouge des espèces menacées de l'IUCN (International Union for Conservation of Nature) (IUCN, 2008).

2.2 À l'échelle européenne

- La Directive Cadre Européenne (DCE) sur l'eau 2000/60/CE (du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000) :

Elle préconise le retour au bon état écologique des masses d'eau à l'horizon 2015. Ainsi, la libre circulation des poissons, élément fondamental de la qualité des eaux superficielles, fait à ce titre l'objet d'une attention renforcée.

- Le règlement européen n° 1100/2007 en faveur de l'Anguille (voté le 18 septembre 2007 par le Conseil des ministres) :

Il prévoit l'élaboration par chaque état membre d'un plan national de gestion (adopté par la France en février 2010) dont le principal objectif est de réduire la mortalité d'origine anthropique afin d'assurer l'échappement vers la mer d'au moins 40 % de la biomasse des géniteurs du stock qui n'aurait subi aucune influence anthropique.

En France, sur chaque unité de gestion anguille (UGA) ont été identifiées un site index (rivière, marais ou lagune). Il s'agit de sites sur lesquels un outil de monitoring visant à estimer le taux d'échappement est mis en place. Il s'agit donc de sites sur lesquels on peut évaluer la montaison et la dévalaison des anguilles.

Sur le bassin Rhône-Méditerranée, une rivière et une lagune index ont été identifiées et sont respectivement le Rhône (via l'usine-écluse de Beaucaire) et le Vaccarès (via le Grau de la Fourcade). L'objectif de ces sites est d'estimer le taux d'échappement et à terme d'assurer un taux d'échappement de 40 % conformément au règlement européen CE 1100/2007. Le suivi de la passe-piège du grau de la Fourcade constitue donc un intérêt majeur.



Figure 9 : Localisation des stations des sites index par unité de gestion Anguille en France (ONEMA)

2.3 À l'échelle nationale

- La Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA n° 2006/1772 du 30 décembre 2006) :

Elle a pour fonction principale de transposer en droit français la DCE. Ainsi, elle impose notamment de rétablir la continuité écologique sur certains cours d'eau (classements Liste 1 et Liste 2 de l'article L214-17 du code de l'environnement), de maintenir un débit réservé de 10% du débit moyen (article L214-18) ou encore de mettre en place des plans d'actions afin de lutter contre les pollutions diffuses.

- La loi Grenelle (du 3 août 2009 complétée par la loi Grenelle 2 du 12 juillet 2010) :

Elle préconise de prendre à long terme des décisions en matière d'environnement et de développement durable. Ainsi, un des objectifs est de retrouver une bonne qualité écologique des cours d'eau notamment par l'effacement ou l'équipement des obstacles les plus problématiques pour la migration des poissons via la création d'une « Trame bleue » (L371-1). Cette loi intègre donc les cours d'eau figurant sur les listes établies en application de l'article L214-17.

2.4 À l'échelle du bassin hydrographique Rhône-Méditerranée

- Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE, loi sur l'eau du 3 janvier 1992) :

Il fixe les orientations fondamentales pour une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau et des objectifs de qualité et de quantité des eaux. Il doit servir par ailleurs de référence à tous les documents de gestion locaux (SAGE, contrat de rivière, etc.).

- Le Plan de Gestion des Poissons Migrateurs (PLAGEPOMI, décret n°94-157 du 16 février 1994 ; COGEPOMI RMC, 2004) :

Il s'intéresse aux conditions de production, de circulation et d'exploitation des poissons migrateurs. Il est instigateur d'enquêtes visant à mieux connaître la ressource et, au besoin, précurseur en matière d'opérations de restauration et de modalités de gestion visant à concilier les usages et le maintien des populations sur le long terme. L'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée (MRM) a été créée en 1993 pour gérer et coordonner le plan sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse.

- Le plan d'actions pour la restauration de la continuité des cours d'eau (13 novembre 2009) :

Il a été engagé par le Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, afin de coordonner au mieux les politiques portées par l'État et ses établissements publics (Agence de l'Eau, ONEMA...) et de répondre aux objectifs fixés par la DCE (bon état des eaux d'ici à 2015), par le Grenelle de l'environnement et par le plan de gestion de l'Anguille (MEEDDM, 2010).

3 Contexte géographique

3.1 Le delta de Camargue

L'île de Camargue comprend un système d'étangs composé, au Nord, de l'étang du Vaccarès connecté au Sud au complexe des étangs inférieurs. Ces étangs inférieurs, qui assurent la transition vers la mer, sont composés de deux sous-unités : les Impériaux à l'Ouest (Malagroy, Monro et Impérial) et le Lion à l'Est (Lion et Dame). L'ensemble de ce système d'étangs représente une superficie totale de 12 000 ha et un volume de 163 millions de m³ d'eau pour une cote maximale de 0,5 m NGF (Figure 10).

Ce système d'étangs est séparé de la mer par une digue équipée de trois pertuis (d'Est en Ouest : La Comtesse, Rousty et la Fourcade). À ce jour, seul celui de la Fourcade, situé à l'Est des Saintes Maries de la Mer et à l'extrémité ouest de la digue à la mer, est fonctionnel.



grau de la Fourcade

Depuis 2008, un vaste territoire de 6 500 ha situé au Sud-Est des étangs du Lion et de la Dame a été vendu par la Compagnie des salins du midi au Conservatoire du Littoral. Cet espace, renommé les étangs et marais des Salins de Camargue, dédié jusqu'en 2009 à l'activité salicole retrouve progressivement un fonctionnement naturel typique des milieux côtiers méditerranéens.

Depuis 2011, l'action de la mer *via* la multiplication de brèches dans les digues a fortement contribué à cette renaturation. De plus, des travaux entrepris dans le cadre d'un projet européen (LIFE + MC-SALT) et d'un projet soutenu par l'association WWF France sont entrepris depuis 2015 afin d'améliorer la reconnexion de ces anciens salins avec les étangs intérieurs et *in fine* l'étang du Vaccarès. Aujourd'hui, cette reconnexion entre la mer et l'étang du Vaccarès à l'Est de l'île de la Camargue ouvre une nouvelle voie migratoire pour l'Anguille. Un suivi mensuel est effectué par la Tour du Valat afin d'en déterminer l'ampleur depuis octobre 2016.

3.2 Le pertuis de la Fourcade

Les possibilités d'échanges entre les étangs et la mer se font *via* 13 martelières et reposent exclusivement sur une gestion anthropique du grau de la Fourcade (Figure 11). Toutefois, la gestion de cet ouvrage doit prendre en compte les différentes contraintes liées au delta de Camargue et à ses usagers.

Les orientations de gestion des vannes du pertuis sont, depuis les importantes inondations de 1993 et 1994, déterminées au sein de la Commission Exécutive de l'Eau (CEDE), réunissant divers acteurs de la gestion de l'eau en Camargue, institutionnels ou privés. Cette commission se regroupe environ tous les 2 mois pour établir des consignes de gestion. La gestion opérationnelle du pertuis est quant à elle assurée par un technicien des services de la mairie des Saintes Maries de la Mer.

Parmi ces contraintes, celles liées aux risques naturels sont les principales. En effet, la vulnérabilité du territoire face au risque inondation amène la commission à prendre en compte en priorité les éléments climatiques notamment dans un contexte de changement global qui entraîne l'élévation du niveau marin.

Viennent ensuite les enjeux sociaux et humains, puisque la pêche et l'agriculture (riziculture surtout) représentent des secteurs d'activités importants en Camargue et ont des nécessités particulières quant aux besoins en eau (quantitatif et qualitatif).



Figure 11 : Vannes coulissantes du pertuis de la Fourcade (MRM)

Enfin, les enjeux écologiques sont pris en compte dans les décisions d'ouvertures et de fermetures des vannes. Les échanges biologiques étant possibles uniquement au niveau de ce grau, un maximum d'ouvertures doit favoriser les échanges biologiques entre le delta et la Méditerranée. Durant les périodes propices au recrutement des civelles et à la dévalaison des anguilles argentées, l'Association MRM préconise ainsi une ouverture maximale des vannes pour favoriser le passage des individus.

Dans le cadre du projet d'augmentation de la capacité d'évacuation et l'automatisation des vannes du pertuis de la Fourcade et en lien avec le SDAGE Rhône-Méditerranée 2016-2021, la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer a également lancé une étude visant à déterminer les modalités techniques permettant l'amélioration de la continuité écologique au niveau du pertuis. Le dispositif permettra un franchissement des espèces dans les deux sens d'écoulement entre la mer et les étangs et consistera en un radier agrémenté de plots béton couplé à une passe spécifique pour les civelles (travaux à l'horizon 2022).

3.3 La station de l'Éolienne

À l'ouest immédiat du pertuis se trouve la station de drainage de l'Éolienne, équipée de deux pompes d'un débit maximum de 1 500 l/s chacune, qui assure le drainage pluvial de certains marais de la commune des Saintes Maries de la Mer (*Figure 12*).



Figure 12 : Station de l'Éolienne (MRM)

Lorsque les martelières sont fermées, le débit d'attrait en mer est constitué essentiellement par celui de l'exutoire du canal des eaux pluviales. Il attire ainsi les civelles qui se retrouvent prises dans un cul-de-sac, sans espoir de pouvoir atteindre le système Vaccarès.

Ce site a ainsi été retenu comme prioritaire pour la mise en place d'un suivi pérenne de la dynamique migratoire des civelles par la mise en place d'une passe-piège à Anguille (Barral, 2001). Ce site a en effet pour intérêts de :

- Constituer un point de blocage,
- Procurer un débit d'attrait au niveau du grau,
- Être à proximité de la mer,
- Bénéficier d'une alimentation électrique et d'un bâtiment fermé.

Par ailleurs, les données récoltées mensuellement par la Tour du Valat dans le Vaccarès (pêches scientifiques) montrent qu'il existe le plus souvent un fort déficit du recrutement en civelles dans le système (Crivelli *et al.*, 2008). Afin de tester cette hypothèse, une passe-piège à civelles a été installée par Fish-Pass à l'automne 2003 à côté des pompes de l'exutoire du canal des eaux pluviales et des marais (Figure 13).

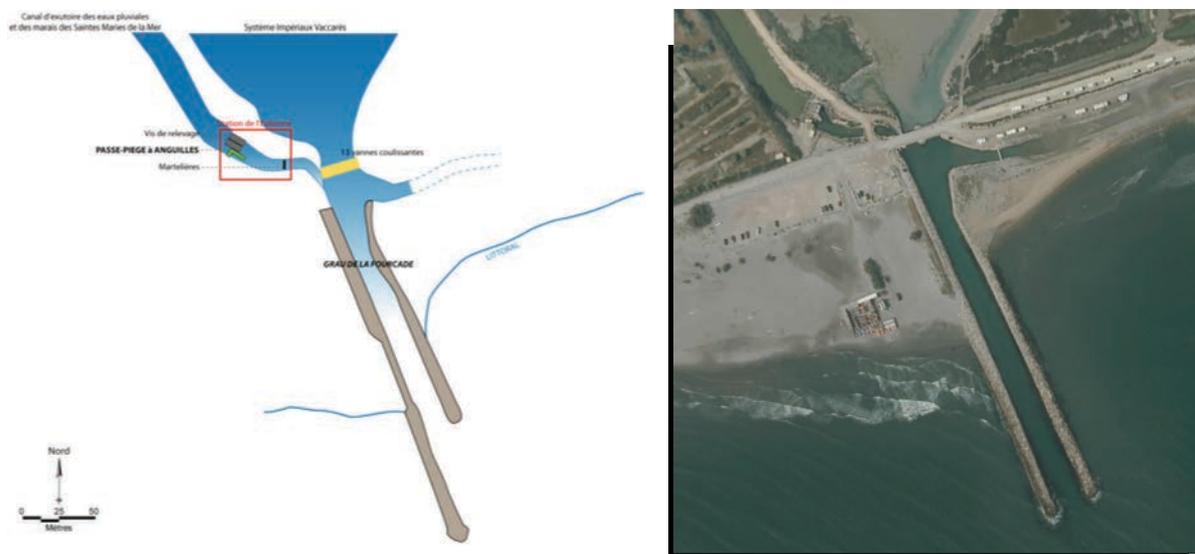


Figure 13 : Localisation de la passe-piège à civelles (MRM, GEOPORTAIL)

Cette passe constitue aujourd'hui un site index du Plan de Gestion de l'Anguille (PGA) et s'intègre dans le cadre d'un suivi pérenne au sein du PLAGEPOMI 2016-2021.

De plus, en lien avec les captures associées à la passe-piège, la question du recrutement naturel est également prise en compte depuis 2016. Le recrutement naturel fait référence aux individus ayant colonisé le système des étangs directement via l'ouverture des martelières du pertuis de la Fourcade. Des tests d'échantillonnages en amont du pertuis sont ainsi réalisés depuis 2016 afin de mieux appréhender l'identification de périodes favorables au recrutement et ainsi adapter la gestion de l'ouvrage.

Ce suivi est également pensé de manière à apprécier la part du recrutement naturel dans le recrutement global dans le but d'apporter des éléments de réponse quant à l'efficacité de la future passe à poissons et ainsi nuancer les éventuelles variations de captures à la passe-piège.

METHODES

1 Recrutement des civelles

1.1 Suivi du recrutement au travers de la passe-piège

Les individus sont attirés à proximité du système de capture par un débit d'attrait constant fourni par une pompe immergée dans le canal. Le flux d'eau est réparti au niveau du système de capture par deux canalisations équipées de vannes. La première canalisation alimente un bac entonnoir qui renouvelle à la fois l'eau du bac de capture et crée une lame d'eau sur la rampe de reptation. La seconde canalisation se déverse dans une goulotte qui aboutit à l'aval de la rampe de reptation, dans le but de créer le débit d'attrait.

Les rampes de reptation sont constituées de plaques PVC lisses de 40 cm de large sur lesquelles sont implantées des brosses de filaments synthétiques rigides. Le substrat utilisé pour la réalisation des rampes est dit mixte puisque favorisant la reptation des individus de petite taille en son centre (espacement entre les brosses 1,5 cm) et des individus de grande taille sur les bords (espacement de 2,5 cm). Les rampes de reptation sont fixées sur des goulottes en polyester qui canalisent le flux d'eau humidifiant la rampe et orientent les anguilles vers le bac de capture.

Après avoir gravi la rampe, les anguilles tombent dans un bac de capture, d'une capacité de 200 litres (Figure 14). Le flux créant la lame d'eau sur la rampe se déverse en partie dans ce bac et permet le renouvellement de l'eau, et ainsi sa réoxygénation.

Suite à des travaux réalisés sur le barrage d'Arzal dans l'estuaire de la Vilaine (Morbihan), il est apparu que l'eau en contact avec des anguilles "attirait" d'autres individus. Ainsi, le trop plein du vivier de capture se déverse sur la rampe de reptation de la passe-piège (Briand *et al.*, 2002).

Au fond du bac de capture, un système de vidange obturé par une grille permet d'évacuer l'eau tout en conservant les anguilles. Ce système est une sécurité qui évite les débordements. Une fois le bac vidangé, les anguilles sont capturées manuellement par l'intervenant.

1.2 Période de fonctionnement et fréquence de suivi

Au regard des résultats des années antérieures, la passe-piège est opérationnelle systématiquement de janvier à avril puis d'octobre à décembre depuis l'année 2006. Elle est en revanche désactivée de mai à octobre pour des raisons de coûts de fonctionnement et de personnel par rapport aux effectifs susceptibles d'être piégés.



Figure 14 : Local de la passe et bac de captures (MRM)

La passe est visitée à *minima* deux fois par semaine mais la fréquence des visites varie en fonction des captures. Ainsi, en période de pic de migration, une visite journalière s'impose.

1.3 Protocole de suivi

Les civelles capturées sont pesées, puis relâchées en amont des martelières, au niveau du canal reliant les martelières à l'étang des Impériaux.

Durant toute la période de suivi, un sous-échantillon de civelles (N= 50) est prélevé chaque semaine afin de déterminer la longueur et le poids des civelles ainsi que leur stade de pigmentation (permettant de renseigner le temps de résidence en eau douce ainsi que le comportement alimentaire et migratoire) (Annexe 2). 6 sous-échantillons hebdomadaires de 30 civelles sont également prélevés et pesés afin d'estimer un poids moyen représentatif de la totalité des individus capturés et ainsi d'évaluer l'effectif total.

1.4 Évolution du recrutement naturel

De **janvier à mars** (période favorable à la migration), lors de périodes « types » (définies par des conditions de température, flux entrant ou sortant, mistral ou vent de sud, pic ou non observé à la passe-piège), un **verveux à alevin** (maille 1,5 mm) est placé en amont immédiat du pertuis.

La relève du verveux s'effectue en même temps que celle de la passe et l'ensemble des individus capturés est pesé. De même, lors de chaque session de piégeage, 50 individus sont gardés pour effectuer une biométrie individuelle et déterminer leur stade pigmentaire. Ces résultats sont comparés à l'échantillonnage et aux captures observées à la passe-piège.

Dans l'optique de pouvoir évaluer la répartition du flux et l'importance du recrutement naturel en comparaison des captures à la passe, quelques lots de civelles sont récupérés dans la passe-piège et sont marqués à l'aide d'un colorant vital (rouge neutre).

Les civelles marquées sont d'abord déversées au pied de la passe et en amont du pertuis afin d'évaluer l'efficacité des différents dispositifs de piégeage (passe et verveux). Selon le retour d'expérience de cette manipulation, dans un second temps, des lots de civelles marquées seront déversés à différents endroits du grau (rive droite / rive gauche...) et dans des conditions environnementales variées (flux hydrauliques entrant ou sortant, fermeture des martelières, etc.).

Si le retour d'expérience est positif, la réalisation de ces opérations sera poursuivie après l'aménagement de la future passe à poissons afin d'apprécier, d'une part, l'efficacité de l'aménagement et, d'autre part, de nuancer les éventuelles variations de captures à la passe-piège.

1.5 Analyse des données

a) Effectifs capturés

Depuis la cohorte 2011-2012, les données sont analysées en termes de cohorte afin d'avoir une meilleure compréhension des mécanismes migratoires.

Ces données étaient auparavant analysées par an mais ne donnaient pas une image représentative du recrutement. La période de fonctionnement de la passe-piège reste la même, seules les données sont analysées différemment. La période de suivi s'étale donc d'octobre de l'année N-1 à avril de l'année N.

Les données étant disponibles dans les rapports d'études précédents, une comparaison entre cohortes est faite dans la suite de ce rapport. Le suivi des captures annuelles permet également de connaître les périodes de migration de chaque cohorte.

b) Données environnementales

L'entrée des civelles sur le domaine continental sur un certain nombre de site est connue, mais le contexte méditerranéen et en particulier celui du système Impériaux/Vaccarès soulèvent encore de nombreuses interrogations. Afin d'analyser le recrutement des civelles et d'essayer d'en comprendre le mécanisme sur ce site, un ensemble de données est recueilli ou mis à disposition :

- Évolution de la température de l'eau du débit d'attrait avec un thermomètre enregistreur. Ces données recueillies par MRM depuis plusieurs années permettent d'observer l'effet de la température sur le recrutement et d'estimer la plage la plus propice à la remontée des civelles.
- Paramètres de fonctionnement des pompes du canal. Les données horaires sont relevées à chaque passage de MRM. En cas de fermeture des martelières ces pompes constituent le seul débit d'attrait. Une confrontation entre fonctionnement des pompes et recrutement des civelles permet de voir s'il y a ou non une relation entre ces deux éléments.
- Évolution des ouvertures des vannes de l'ouvrage. En fonction du niveau des étangs et de celui de la mer, l'ouverture des martelières permet de créer un flux d'eau qui peut être attractif. L'analyse de ces données transmises par le parc naturel régional de Camargue permet donc de vérifier si une relation existe entre ouverture des vannes et recrutement.
- La Tour du Valat transmet également certaines données à MRM, telles que le volume entrant ou sortant en m³/jour, la vitesse moyenne enregistrée dans le chenal en m/s et au sein des martelières ou encore le débit moyen journalier du pertuis en m³/s. Ces données sont confrontées au recrutement afin d'observer si elles ont une influence ou non.
- Évolution de la salinité au sein du système Impériaux/Vaccarès et direction et intensité du vent, transmis par la SNPN, gestionnaire de la Réserve Naturelle Nationale de Camargue afin d'évaluer l'éventuel attrait chimique lorsque les martelières sont ouvertes.
- Évolution du panache du Rhône via les débits journaliers au niveau de la station hydrologique de Beaucaire à partir de la base de données de la Banque Hydro et de la salinité en mer (Prévimer).

2 Suivi des individus dans le Vaccarès

L'objectif à long terme du Plan National de Gestion de l'Anguille étant d'assurer l'échappement de 40% des géniteurs vers l'océan par rapport à une situation sans impact anthropique, il est essentiel de pouvoir estimer la quantité de civelles ayant colonisé le système ainsi que leur devenir.

L'objectif ici est d'estimer la proportion de civelles entrées naturellement et déduire la quantité totale de civelles ayant colonisé le système.

Une fois les civelles relâchées dans le système Impériaux-Vaccarès, il faut également suivre leur devenir jusqu'à leur départ en migration sous forme d'anguilles argentées.

2.1 Échantillonnage des anguilles

La Tour du Valat réalise un échantillonnage dans le Vaccarès sur le site dit de la Capelière et sur les Impériaux sur le site de Malagroy depuis 1993 (Figure 15).

Depuis 2015, le suivi sur la station du Malagroy a été stoppé en raison du plan de charge de travail de la Tour du Valat. De plus, ce site moins profond et présentant souvent des salinités très élevés, est moins propice aux captures d'anguilles que le site de la Capelière.

Une capétchade (Annexe 3) à alevins (paradière orientant les individus vers un piège constitué de deux verveux de maille de 1 mm) a été installée de 1993 à 2003. 3 capétchades à alevins ont ensuite été installées depuis 2004 une semaine par mois à la Capelière entre les mois de février et Avril. Au Malagroy, une seule capétchade à alevins a été posée de novembre 1996 jusqu'en 2014. Elles étaient visitées tous les jours et capturaient aussi bien les civelles que les petites anguilles.

Des capétchades palavasiennes (paradière orientant les individus vers un piège constitué de 1 à plusieurs verveux de maille de 6 mm en queue) sont également installées chaque année à la Capelière et aux Impériaux une semaine par mois, d'avril à juin et de septembre à novembre. Elles ne capturent pas les civelles mais les anguillettes, les anguilles jaunes et les anguilles argentées.

Selon les conditions météorologiques, les capétchades sont calées dans la mesure du possible durant la lune noire, période qui favorise généralement le mouvement des individus.

2.2 Mesures biométriques

Toutes les civelles et anguilles capturées sont au minimum mesurées et pesées. Depuis 2005, un sous-échantillon de civelles capturées dans le Vaccarès est également analysé pour leur stade de pigmentation. Pour toutes les anguilles supérieures à 30 cm, les diamètres des yeux horizontaux et verticaux sont mesurés depuis septembre 1997. Depuis Avril 2008, la longueur de la nageoire pectorale est également mesurée afin de déterminer l'indice d'argenture (Eelrep) (Beaulaton, 2009).

2.3 Analyse des données

Les données relatives aux captures de civelles et d'anguilles sont disponibles sur une longue période et permettent de comparer les différentes années, mais aussi de donner une évolution générale de ces captures. L'analyse de ces données permet également de vérifier si un lien existe entre les civelles capturées dans la passe-piège et les civelles ou anguilles capturées lors des pêches dans les étangs.

La comparaison des captures entre les différents sites de pêches permet également de formuler certaines hypothèses.

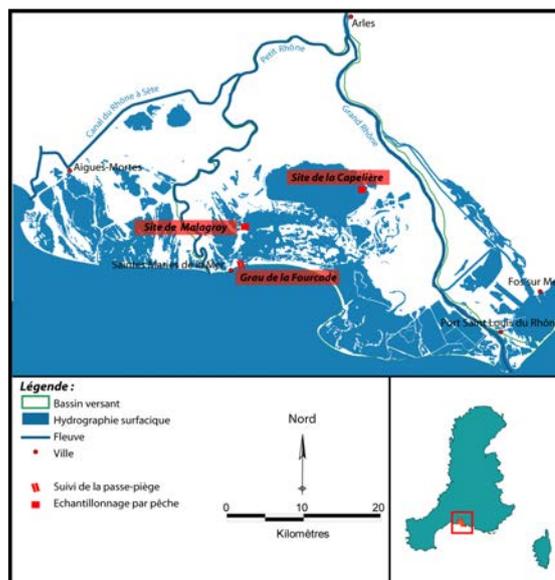


Figure 15 : Localisation des sites d'échantillonnage sur les étangs du Vaccarès et des Impériaux (MRM)

RESULTATS

1 Captures au sein de la passe-piège

1.1 Recrutement 2018-2019

a) Évolution journalière et mensuelle des captures

La passe-piège a été mise en fonctionnement le **9 octobre 2018** et a été arrêtée le **26 avril 2019**. Durant cette période, **70 relèves** ont été effectuées et le suivi n'a été interrompu qu'entre le 22 décembre et le 2 janvier (congé annuel). Le suivi 2018-2019 a donc été réalisé sur **189 jours effectifs**.

Au total, près de **134 kg** de civelles ont été capturés au sein de la passe-piège cette saison, soit environ **495 000 individus**.

Les premières captures significatives ont été observées le **6 février**, avec plus d'un mois de retard en comparaison des premières observations des précédentes saisons. La majorité des captures ont été réalisées jusqu'au 5 mars avec en moyenne près de 16 000 civelles capturées par jour sur la période de migration (représentée par une fourchette comprise entre 5 % et 95 % des captures totales) (Figure 16).

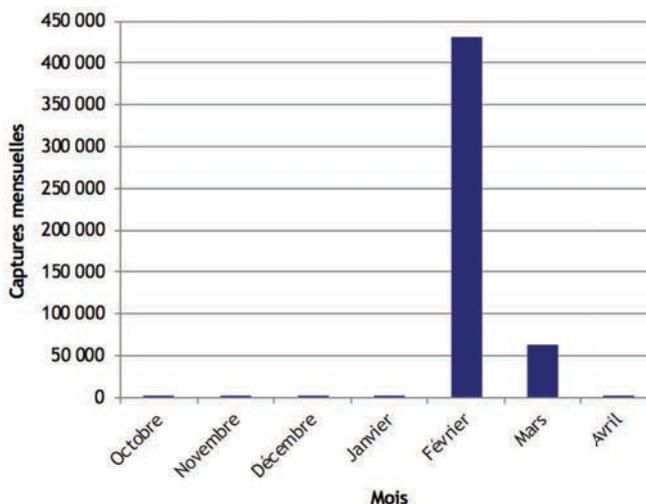


Figure 16 : Nombre de captures mensuelles observées

La migration s'est effectuée quasiment exclusivement entre les mois de février et mars et le mois de **février** enregistre le plus grand nombre de captures cette saison avec plus de **430 000** individus soit **87%** des captures totales (Figure 17).

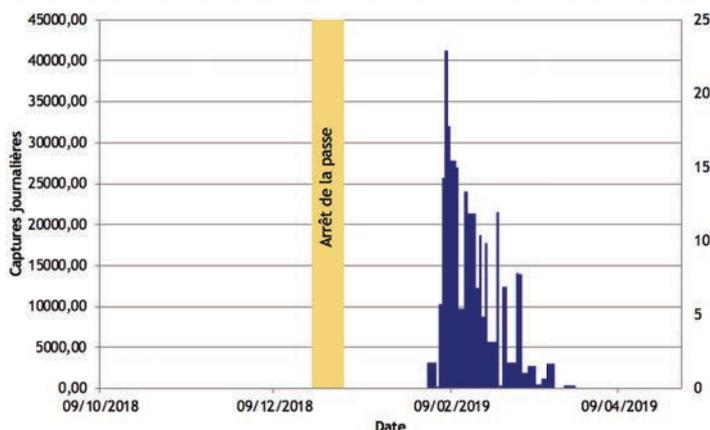


Figure 17 : Nombre de captures journalières de civelles estimées au cours du suivi 2018-2019

b) Attraits et conditions hydrologiques du suivi

- Le Panache du Rhône :

Le panache du Rhône peut participer à l'attrait des civelles en mer, notamment par l'apport d'eau douce qui crée un gradient de salinité. Il est influencé à la fois par son débit, les vents (intensité et direction), la force de Coriolis (déviation par rapport à la rotation de la Terre) et l'hydrodynamie du plateau (courant liguro-provençal). Ainsi, selon ces différents paramètres l'attrait en mer peut varier fortement.

Évolution du débit

Entre les mois d'octobre et d'avril, le débit du Rhône au niveau de Beaucaire a oscillé entre **347 m³/s** (2 octobre) et **4 040 m³/s** (24 novembre) (Figure 18). Le débit moyen sur la période de suivi s'élève quant à lui à **1 403 m³/s** révélant ainsi une saison relativement sèche en comparaison aux moyennes (1 930 m³/s). La première partie de saison, jusqu'au 31 octobre, se caractérise par des débits globalement faibles (631 m³/s en moyenne, module non dépassé sur l'ensemble de la période concernée). La seconde partie de saison, entre le 1^{er} novembre et le 30 avril, se caractérise quant à elle par des débits plus importants (1 536 m³/s en moyenne, module dépassé 31,5% du temps), avec quelques épisodes de crues réparties sur l'ensemble de la période.

Évolution de la salinité du littoral camarguais

Certaines tendances de l'évolution de la salinité peuvent se dégager par l'analyse des débits du Rhône (apport d'eau douce) et du vent (direction des apports). Ainsi, de manière générale, l'intensité du débit influence l'étendue du panache (Figure 19), allant de quelques centaines de mètres lorsque le débit est faible (3 ; 4 et 6) à plusieurs kilomètres lorsqu'il est important (1 ; 2 et 5).

Le vent, quant à lui, oriente le panache. Lorsqu'il vient du Nord, le panache s'étire au large vers le sud et le mélange avec les eaux marines est accéléré (2 et 3). Au contraire, il est plaqué aux côtes ouest du Golfe du Lion lorsqu'il vient du Sud (1 et 4). Enfin, en absence de vent la force de Coriolis prédomine et le panache s'étire en direction du sud-ouest (5 et 6).

Synthèse

Le début du suivi est caractérisé par des débits faibles alliés à un vent du Nord ou du Sud (configurations 3 et 4), configurations qui sembleraient moins favorables à l'attractivité des civelles.

Le pic de capture de civelles est observé 4 jours à la suite de l'épisode de crue du 2 février. Les vents du Nord, assez importants de janvier à début février, ont sans doute contribué à l'extension du panache rhodanien en mer (configuration 2 majoritairement) et donc à l'attrait des civelles en direction de la Camargue. Les captures de civelles cessent juste avant le dernier épisode de crue de mars sans pouvoir attester s'il s'agit d'un effet du débit ou du taux de civelles en mer.

L'analyse des volumes entrants et sortants au niveau du grau de la Fourcade présentée dans les chapitres suivants tendent néanmoins à souligner que d'autres facteurs, indépendants du débit, régissent généralement les captures plus localement.

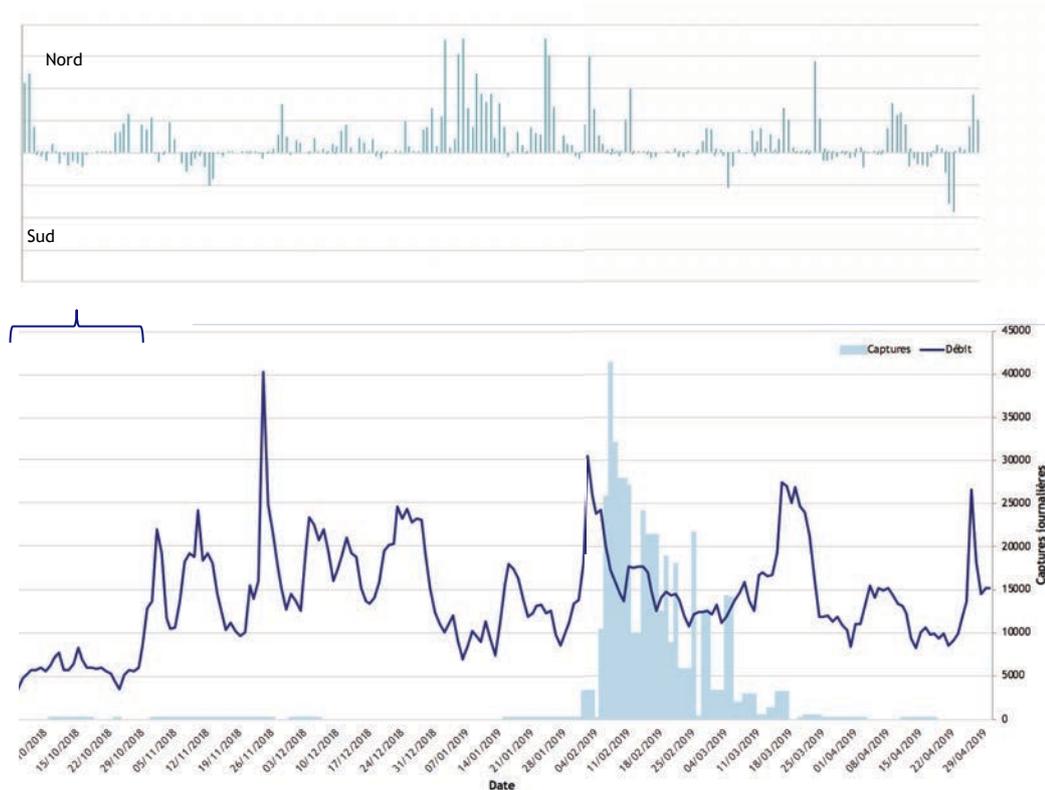


Figure 18

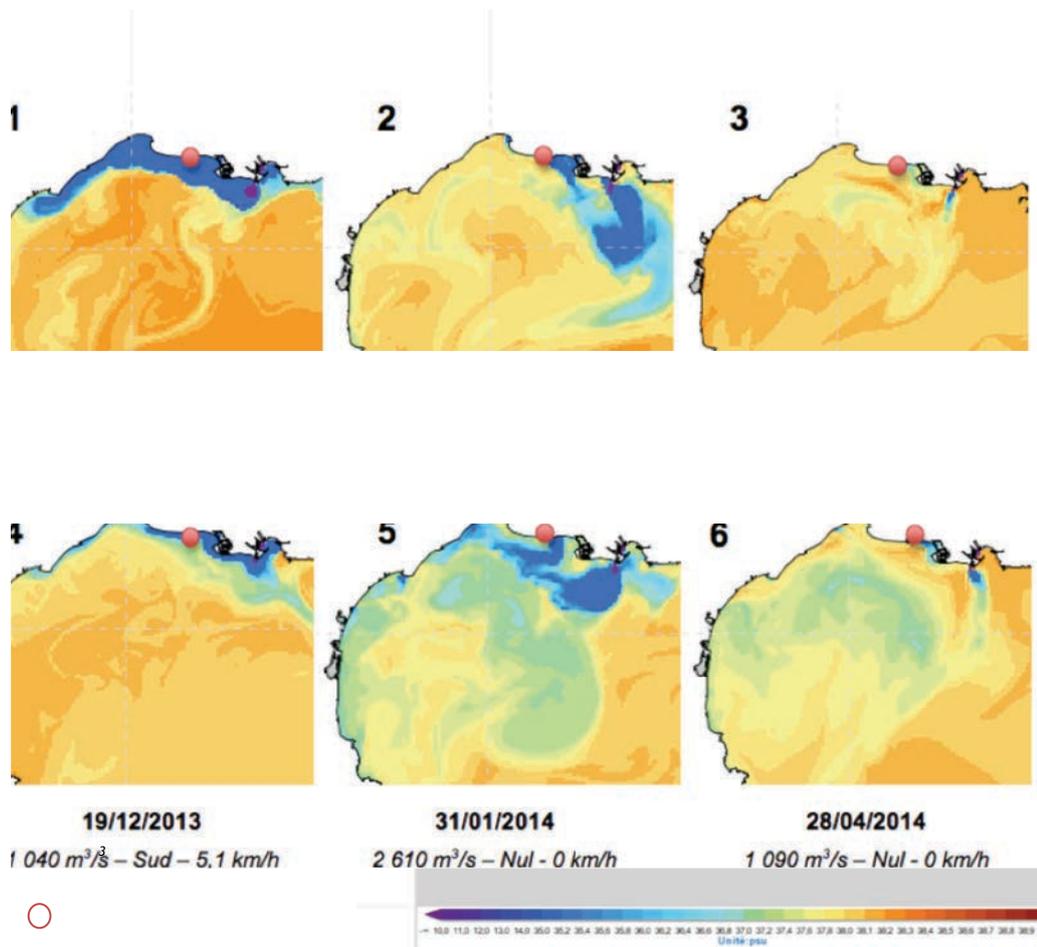


Figure 19 : Illustration du panache du Rhône

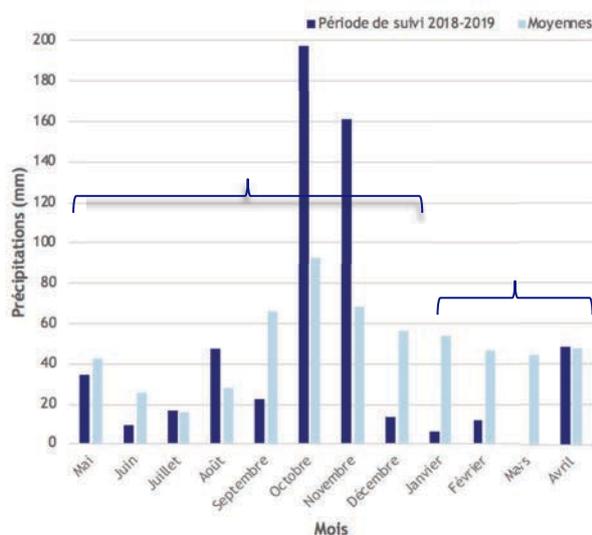
- Le Panache du Grau de la Fourcade :

Au niveau de la côte camarguaise, il a été identifié que pour avoir un attrait effectif des civelles vers le grau de la Fourcade, un débit minimum de 200 000 m³/jour durant au moins 5 jours consécutifs était nécessaire (Crivelli *et al.*, 2008a).

Toutefois, cet attrait ne peut être réalisé que lorsque les conditions sont favorables aux sorties d'eau, à savoir : lorsque les martelières sont ouvertes (défini par les consignes de gestion établies en CEDE) et lorsque le niveau de l'étang en amont du pertuis est supérieur à la mer. La surcote des étangs est ainsi essentiellement influencée d'une part, par les arrivées d'eau dans le système *via* notamment les précipitations et le drainage agricole et, d'autre part, par le mistral. En effet, le vent provoque, lorsqu'il est de secteur nord, un basculement du plan d'eau des étangs et augmente ainsi la côte de la ligne d'eau au sud du système du Vaccarès. Il provoque, en même temps, un abaissement du niveau marin, favorisant alors les sorties d'eau.

Évolution des niveaux d'eau :

L'année hydrologique précédant la période de suivi (septembre 2017 à septembre 2018) a été relativement sèche (un total de précipitations de 479 mm ; la moyenne s'élevant à 590 mm) (Figure 20). Le niveau des étangs avait fortement diminué et les mois de septembre et de décembre 2017 suite aux faibles précipitations (10 mm contre 284 en moyenne). Après avoir rencontré une hausse début 2018, le niveau des étangs a à nouveau connu un important abaissement suite aux faibles précipitations estivales de 2018 modérées et couplées à une importante évaporation. Une surcote marine est ainsi observée à la première partie du suivi pour les mois d'octobre et de novembre 2018 (Figure 21).



de suivi confrontée aux valeurs moyennes

Les premières précipitations survenues au mois d'octobre 2018 n'ont pas permis l'augmentation du niveau des étangs du fait des faibles niveaux des nappes. La poursuite des précipitations au mois de novembre a quant à elle permis une remontée significative du niveau des étangs (jusqu'à + 32 cm pour le Vaccarès, source SNPN), remontée qui se poursuit jusqu'en décembre et qui, couplée à des épisodes de Mistral, se traduit par une surcote de l'étang sur la majorité du mois de décembre et jusqu'à la mi-janvier.

Par la suite, les données de janvier à avril ne sont pas interprétables du fait de pannes et de vandalisme survenus sur les appareils de mesure.



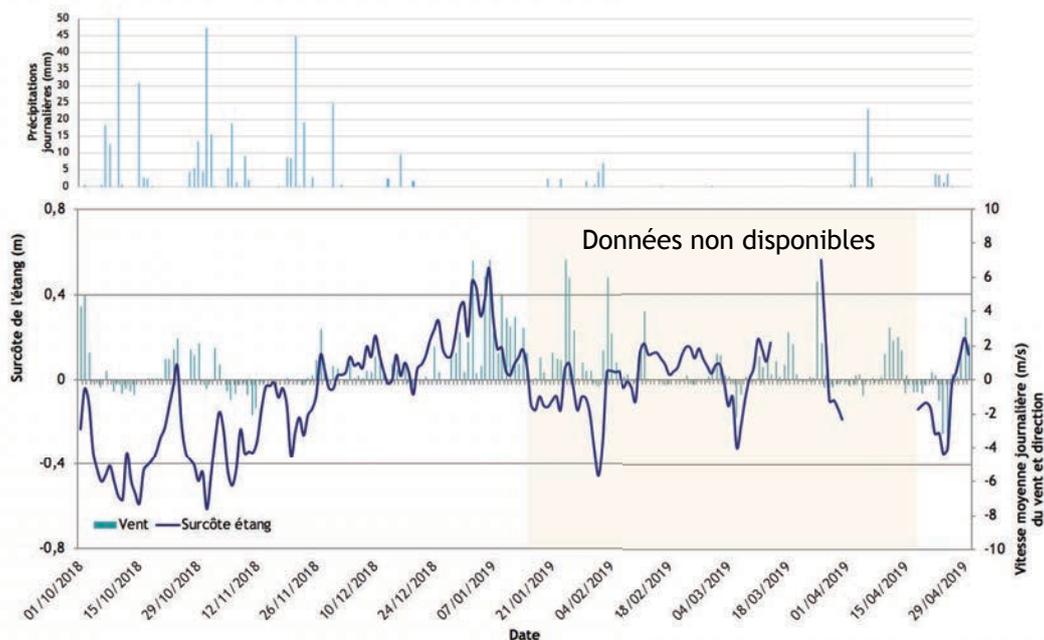


Figure 21 : Évolution de la surcote de l'étang en fonction du vent et des précipitations au cours de la saison 2018-2019

Ouverture du pertuis :

Compte tenu d'une évaporation intense en saison estivale et du niveau relativement bas des étangs couplés à une forte salinité en début de suivi, les consignes de gestion visaient dans un premier temps à limiter les entrées d'eau de mer et attendre une remontée des niveaux afin de favoriser les sorties d'eau vers la mer et exporter du sel hors du système. Le maintien d'une connexion biologique étang/mer était également visée pour des différentiels de niveau entre la mer et les étangs faibles. Ainsi, les proportions d'ouvertures du pertuis pour les mois d'octobre et novembre 2018 restent faibles (Figure 22).

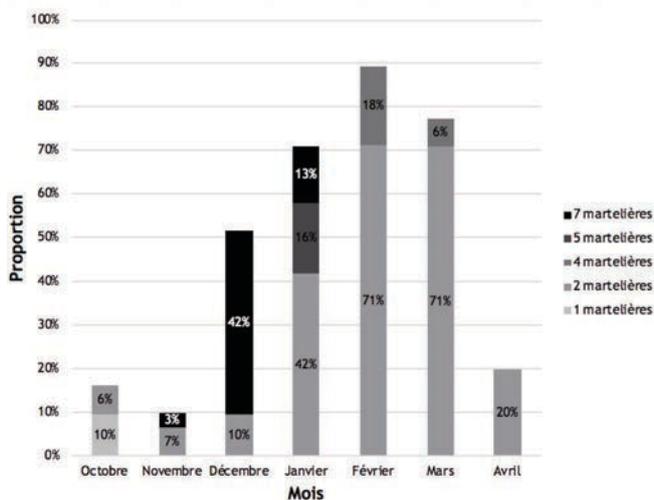


Figure 22 : Proportions mensuelles d'ouverture du pertuis (Source PNR Camargue)

Suite aux précipitations conséquentes du mois d'octobre et du début du mois de novembre, les consignes de gestion ont été modifiées de manière à favoriser les sorties d'eau vers la mer (permettant d'assurer la sécurité des biens et des personnes, la diminution du stock de sel dans le système et de générer les conditions d'attrait en mer pour les civelles). Ces préconisations visaient jusqu'à l'atteinte du niveau +15 cm NGF de l'étang des Impériaux, l'ouverture de 7 martelières pour une surcote des étangs, supérieure à 10 cm et 2 martelières pour un différentiel étang/mer compris entre -10 cm et +10 cm. Les martelières étaient néanmoins fermées pour une surcote marine supérieure à 10 cm pour éviter l'entrée de sel dans le système. Les consignes d'ouverture pour une surcote des étangs, supérieure à 10 cm ont été revues par la suite à 5 puis 4 vannes de manière à limiter les trop grandes sorties d'eau et pouvoir maintenir des possibilités d'ouverture du pertuis plus longtemps.

Ainsi, entre les mois d'octobre et d'avril, couvrant l'ensemble de la période de suivi, le pertuis a été ouvert (minimum une vanne) durant 101 jours soit **48% du temps** dont la majorité des ouvertures concerne 2 martelières (32%) et dans une moindre mesure 7 martelières (8%). L'ouverture mensuelle varie, quant à elle, entre 89% en février et 10% en novembre.

Volumes sortants du pertuis :

L'importante ouverture du pertuis corrélée à une remontée du niveau des étangs a conduit à un bilan hydrologique en faveur des sorties marines (environ 5,6 millions de m³) par rapport aux entrées d'eau (plus de 540 000 m³) en première partie de suivi (Figure 23). Les données des mois de janvier, février, mars et avril ne sont néanmoins pas disponibles en lien avec les pannes et vandalisme survenus sur les instruments de mesure. Les conditions d'attrait préconisées au niveau du pertuis de la Fourcade ont ainsi pu être atteintes cette saison. La valeur seuil de 200 000 m³/jour pendant 5 jours consécutifs nécessaire à l'attrait des civelles en mer a en effet été atteinte au 30 décembre (Figure 24). Ces conditions d'attrait ne sont pas directement corrélées à un pic de captures à la passe (premières captures significatives le 6 février), ce qui serait potentiellement lié à des sorties d'eau journalières supérieures à 300 000 m³ en janvier (bilans entrées/sorties de -4,784 Mm³ en décembre et -5,008 Mm³ en janvier d'après une estimation de la Tour du Valat à partir des données de niveaux d'eau de la SNPN), qui auraient limité l'avancée des civelles en créant des vitesses d'écoulement trop importantes au sein du grau.

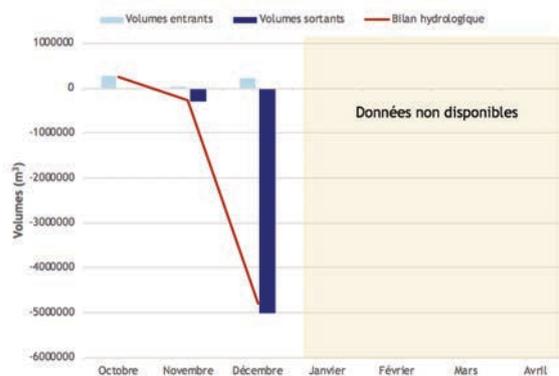


Figure 23 : Bilan hydrologique mensuel du pertuis de la Fourcade durant la saison 2018-2019 (Sources : SNPN, Tour du Valat)

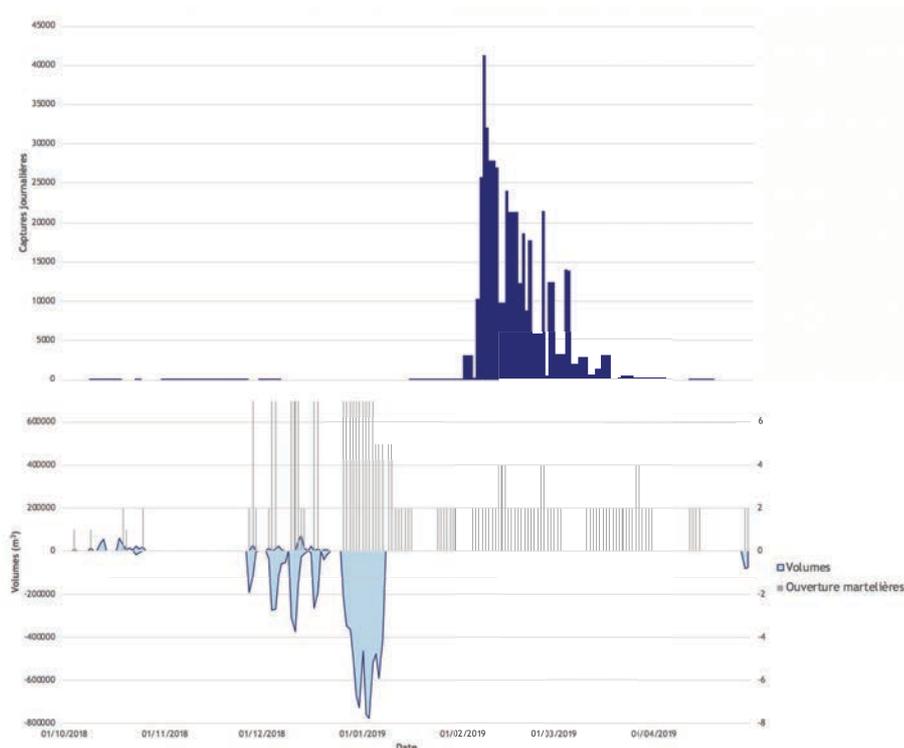


Figure 24 : Estimation des volumes moyens journaliers transitant au sein du pertuis au cours de la saison 2018-2019

Évolution de la salinité du Système Impériaux-Vaccarès : Les civelles étant attirées par les eaux moins salées suite à leur métamorphose, il est intéressant d'étudier l'attrait chimique engendré par les sorties d'eau du Vaccarès.

Les fortes précipitations survenues en octobre et novembre ont fait chuter sensiblement la salinité du Malagroy (station la plus proche du pertuis) passant ainsi de 58 g/l en octobre à 36,5 g/l en novembre. Bien que les précipitations deviennent déficitaires par la suite, la faible évaporation a permis une baisse continue de la salinité avec une valeur moyenne inférieure à celle de la mer jusqu'à la fin du suivi (Figure 25). Dès lors, les sorties d'eau ont potentiellement été attractives d'un point de vue chimique.

Toutefois, ne connaissant pas précisément la salinité de la mer au niveau du littoral camarguais fortement influencé par les apports d'eau douce du Rhône, il faut rester prudent sur ces interprétations.

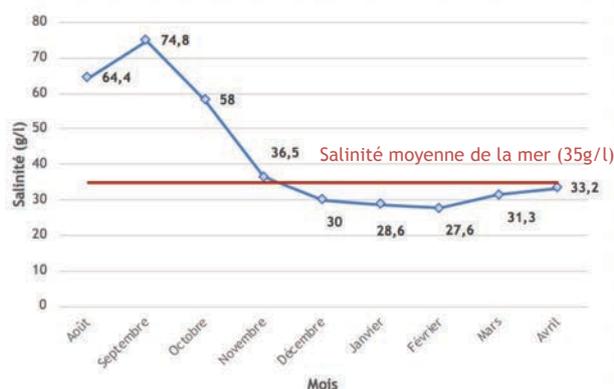


Figure 25 : Évolution de la salinité moyenne mensuelle au sein du Malagroy (SNPN Réserve Naturelle Nationale de Camargue)

c) Mobilité et progression des civelles vers la passe

- Influence de la température :

Agissant directement sur le métabolisme des organismes poïkilothermes, la température influence la mobilité des civelles. Les observations effectuées sur la chronique de suivi montrent une quasi-absence de captures en dessous d'une température seuil de 6°C. Au contraire, les températures optimales se situeraient entre 9 et 12°C (Crivelli *et al.*, 2008a).

La température de l'eau connaît une grande variabilité au cours du suivi avec des changements qui peuvent être importants et rapides. Les faibles hauteurs d'eau, caractéristiques des milieux lagunaires, répondent alors rapidement aux conditions météorologiques (ensoleillement, température, vent, etc.). Ainsi, des chutes de températures, souvent courtes et brutales, sont généralement liées à des épisodes de Mistral, alors qu'au contraire un vent de sud réchauffe les températures. Par conséquent, la direction du vent impacte significativement la température de l'eau et peut donc influencer indirectement la migration des civelles.

Au cours de la saison 2018/2019, la température moyenne journalière a oscillé entre 2,9°C (le 11 janvier) et 20,6°C (le 13 octobre) et les premières captures significatives ont été enregistrées à une température comprise entre 5,8°C et 8,4°C le 6 février (Figure 26).

La fin d'année 2018 se caractérise par des températures favorables au mouvement des civelles (12,5°C en moyenne jusqu'au 2 janvier) sans pour autant que des captures soient observées à la passe. Par la suite, la température connaît des fluctuations autour du seuil des 6°C avant de connaître une hausse dès fin janvier en lien avec la diminution du Mistral qui se traduit par le début des captures à la passe. Les températures augmentent progressivement jusqu'à la fin du suivi (12,8°C en moyenne du 31 janvier au 30 avril). La majorité des captures pour cette période est observée en février pour des températures oscillant autour de 9,6°C (Figure 26).

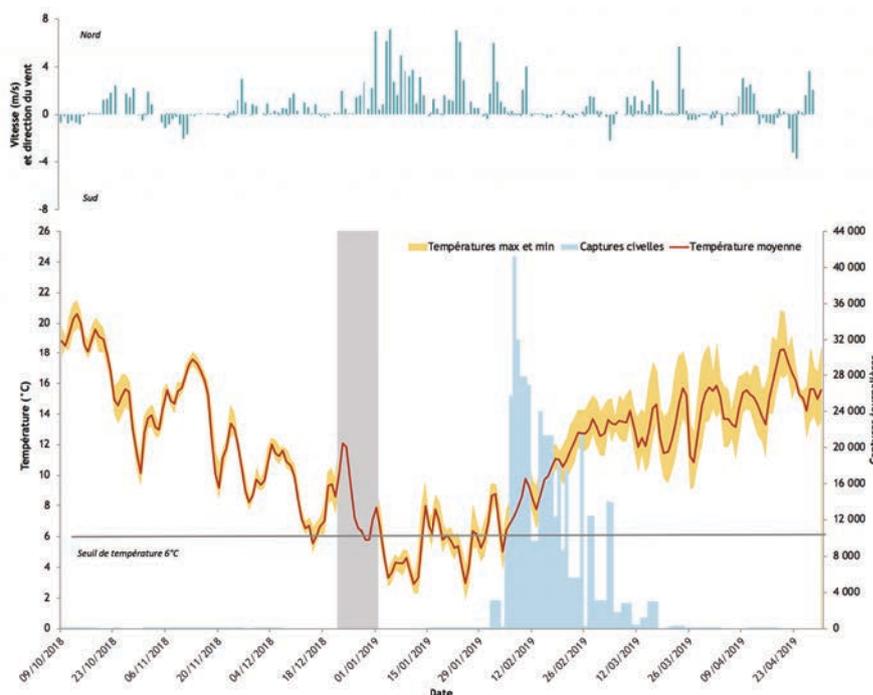


Figure 26 : Évolution de la température et du vent comparés à l'évolution des captures journalières au cours du suivi 2018-2019

L'analyse des captures par gammes de températures montre que **76%** des captures totales de civelles ont été observées pour des températures comprises entre **6 °C et 12 °C** cette saison. La gamme de température comprise entre 9 °C et 12 °C et considérée optimale dans la littérature concentre 37% des captures. La gamme inférieure de température concentre la plus importante part des captures cette saison avec plus de 5 150 civelles en moyenne par jour. Il s'avère également que les captures sont très faibles lorsque la température est inférieure à 6 °C ou supérieure à 15 °C.

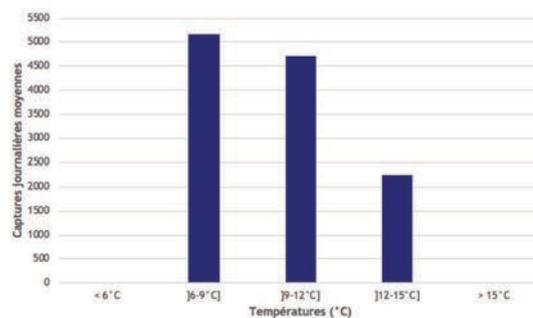


Figure 27 : Captures journalières par gamme de température en 2018-2019

Ainsi, en considérant la gamme de température comprise entre 6 et 12 °C, le mois de février est le mois durant lequel la température a été la plus favorable aux captures (75% du temps). Au contraire, les mois d'octobre (74% du temps supérieure à 15 °C) et le mois de janvier (65% du temps inférieure à 6 °C) sont les mois durant lesquels la température a été la moins favorable.

- Progression vers la passe-piège :

Les travaux de McLeave (1980) montrent que les capacités de franchissement d'une civelle pour un écoulement laminaire sont très limitées. Pour une vitesse de 0,3 m/s, la distance maximale parcourue serait de 3 m, elle ne serait que d'une trentaine de centimètres pour une vitesse de 0,5 m/s et des écoulements plus rapides deviendraient infranchissables. Le passage dans des buses ou des déversoirs serait alors impossible en l'absence d'hétérogénéité de l'écoulement (Porcher, 1992).

Vitesses des écoulements au sein du grau :

Les variations des vitesses moyennes journalières d'écoulement au niveau du grau de la Fourcade sont fortement corrélées aux volumes sortants du pertuis (Figure 28), et donc indirectement liées au niveau de l'étang et au vent. Il apparaît d'après une analyse menée en 2015 que les volumes sortants supérieurs à 300 000 m³ par jour limitent la progression des civelles dans le chenal en produisant des vitesses d'écoulement supérieures à 0,3 m/s.

Bien que les données de volumes sortants du pertuis ne soient pas disponibles sur l'ensemble de la saison, 14 jours entre le 10 décembre et le 7 janvier sont concernés par des volumes sortants supérieurs à 300 000 m³, ce qui aurait potentiellement limité la progression des civelles.

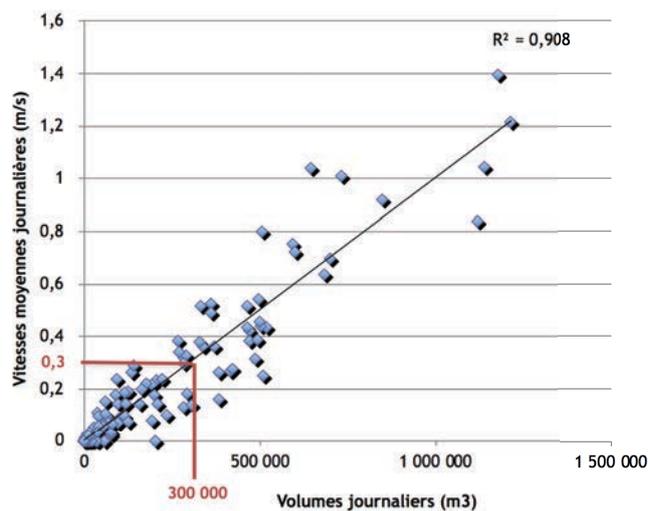


Figure 28 : Corrélation entre volumes sortants du pertuis et vitesses d'écoulement

Fonctionnement des pompes du canal de l'Éolienne :

Dépendant du niveau du canal et des marais communaux, le fonctionnement des pompes est par conséquent fortement lié aux conditions hydroclimatiques. Par ailleurs, une analyse fine du fonctionnement est impossible, puisque le compteur horaire n'est relevé que lors des passages de MRM, ce qui permet de connaître la durée de fonctionnement sur une période plus ou moins longue. De même, il est impossible de savoir si les pompes ont fonctionné simultanément ou pas et l'analyse prend donc en compte la pompe qui a le plus fonctionné entre deux relèves.

Des mesures ponctuelles au courantomètre des vitesses d'écoulements au niveau de l'exutoire du canal en 2015 font état de vitesses nettement supérieures à la limite identifiée par McLeave.

En effet, les vitesses observées oscillaient entre 0,8 m/s (1 pompe en fonctionnement) et 1 m/s (2 pompes) sur une distance proche de 9 m.

Il apparaissait ainsi une forte corrélation entre le maximum de captures observé à la passe et le fonctionnement moyen des pompes, illustrant ainsi l'effet bloquant des écoulements engendrés par ces pompages en période de migration (Figure 29).

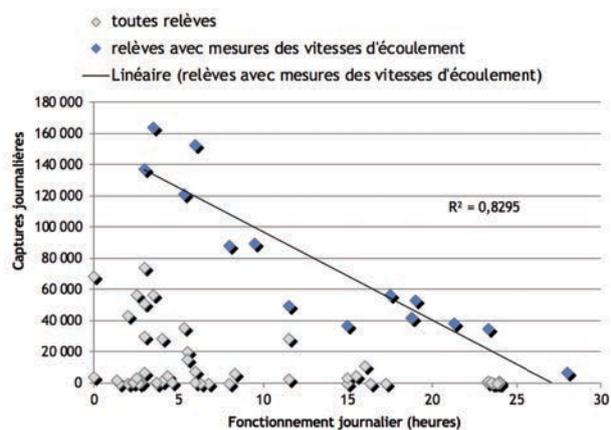


Figure 29 : Corrélation entre le fonctionnement des pompes et le maximum de captures observé à la passe en 2015

La saison 2018-2019 se caractérise par un fonctionnement relativement faible des pompes en moyenne sur la saison (5 heures par jour en moyenne). Le fonctionnement des pompes a cependant dépassé les 12 heures de fonctionnement par jour à 19 reprises à partir du 23 octobre. Les périodes concernées par ces taux de fonctionnement plus importants se concentrent majoritairement du 20 novembre au 24 janvier sur 4 jours consécutifs en moyenne. Par conséquent, le fonctionnement des pompes aurait potentiellement impacté la progression des civelles vers la passe-piège sur cette partie du suivi (Figure 30).

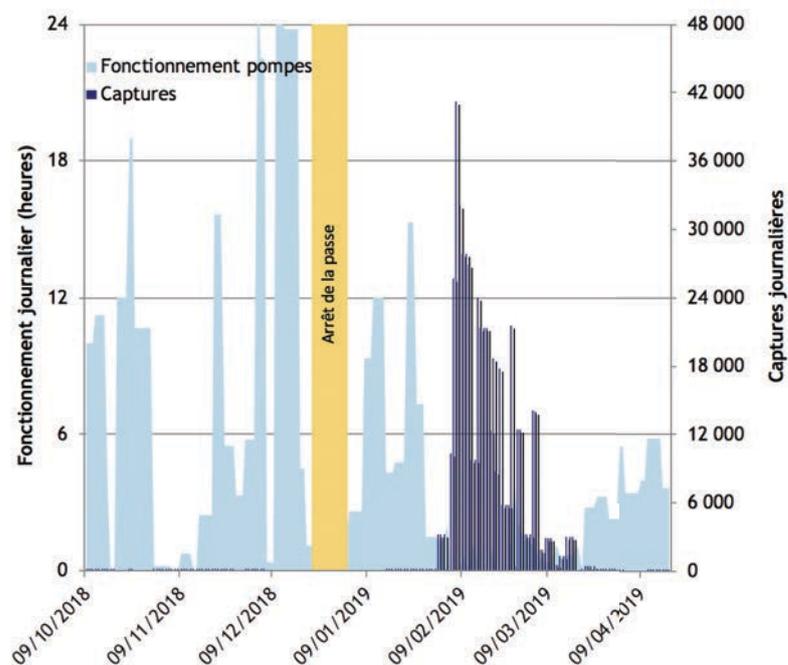


Figure 30 : Évolution des captures journalières confrontée au fonctionnement horaire des pompes de la station de l'Éolienne

d) Périodes supposées favorables au recrutement naturel

Le recrutement naturel dépend également pour partie de la franchissabilité du pertuis de la Fourcade et donc de l'ouverture des martelières et des vitesses d'écoulement qui y sont présentes.

Les vitesses d'écoulement, lors de l'ouverture des martelières, ont donc régi la pénétration des civelles dans l'étang. Ainsi, compte tenu de la largeur du pertuis (8 m) et l'absence de rugosité au sein des martelières, il est très probable que les sorties d'eau et les vitesses induites dans les martelières, même minimales, soient bloquantes pour les civelles. Dès lors, le recrutement naturel se ferait donc principalement par des entrées d'eau et une migration passive *via* le pertuis.

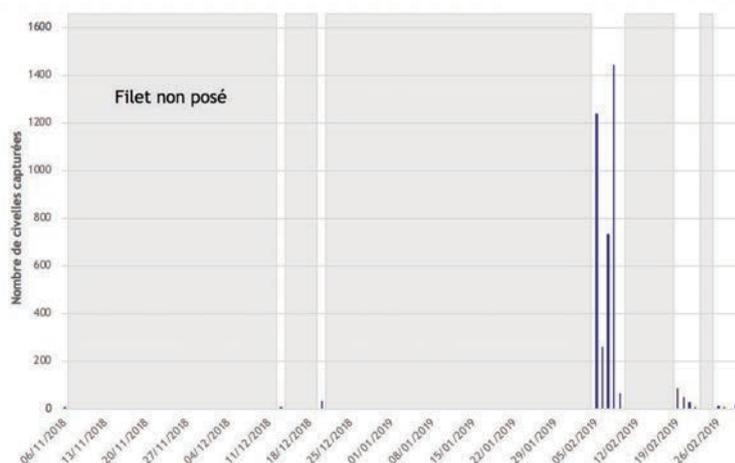


Figure 31 : Résultats des échantillonnages au filet réalisés sur la saison 2018-2019 en amont du pertuis de la Fourcade

15 relèves du filet positionné en amont du pertuis ont été réalisées cette saison du 6 novembre 2018 au 1^{er} mars 2019. Un total de 3974 civelles a été comptabilisé majoritairement du 5 au 8 février (Figure 31).

L'analyse des flux présents au sein du pertuis montre une quasi-absence de sortie d'eau jusqu'au 27 novembre. D'importantes sorties d'eau sont ensuite enregistrées en décembre avec notamment une phase d'attrait en mer complétée au 30 décembre 2018. L'analyse fine des volumes entrants et sortants au sein du pertuis n'est pas disponible pour la suite de la saison en lien avec les problèmes de matériel évoqués précédemment. Une estimation de ces volumes a néanmoins été calculée par la Tour du Valat à partir des données de niveaux d'eau de la SNPN. Ces calculs montrent des sorties d'eau moins importantes en février par rapport aux mois de décembre et de janvier (bilan entrées/sorties de -1,412 Mm³ en février contre -4,784 Mm³ et -5,008 Mm³ respectivement en décembre et janvier). Les résultats des relèves du filet montrant un maximum de captures du 5 au 8 février en lien avec les résultats observés à la passe (*Figure 32*), il est possible que ces captures soient intervenues à la suite d'entrées marines ayant favorisé le déplacement des civelles au sein du pertuis (ouverture de 2 martelières à partir du 4 février).

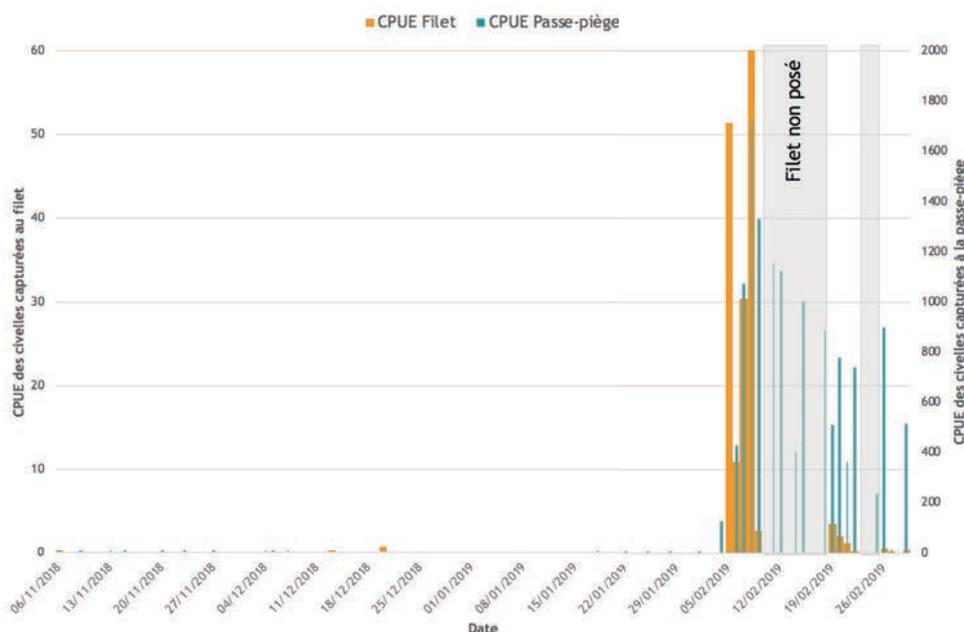


Figure 32 : Comparaison des CPUE (Captures par Unité d'Effort) des civelles capturées via le filet et la passe-piège pour la saison 2018-2019

e) Caractéristiques de la population migrante

L'analyse des tailles, poids et stades pigmentaires des civelles empruntant la passe a été réalisée sur **582** individus cette saison, le nombre d'analyses mensuelles variant en fonction des captures (Tableau 1).

Tableau 1 : Nombre d'individus analysés chaque mois à la passe-piège lors de la campagne 2018-2019

Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	TOTAL
43	32	3	100	200	201	3	582

L'analyse des tailles, poids et stades pigmentaires des civelles issues du recrutement naturel a quant à elle été réalisée sur **65** individus au cours du mois de février.

Stades pigmentaires

Les pics de captures cette saison correspondent à des individus arrivés récemment de la mer. La principale période de captures comprise entre la semaine 6 et la semaine 11 présente en effet des proportions non négligeables d'individus non pigmentés (de 7,8 % à 44,9 % avec une moyenne de 28,6 % de civelles aux stades VB et VIA0) (Figure 33). Ces résultats viendraient tempérer l'hypothèse d'un potentiel blocage en début du suivi entre le flux de civelles arrivant de la mer et la passe-piège.

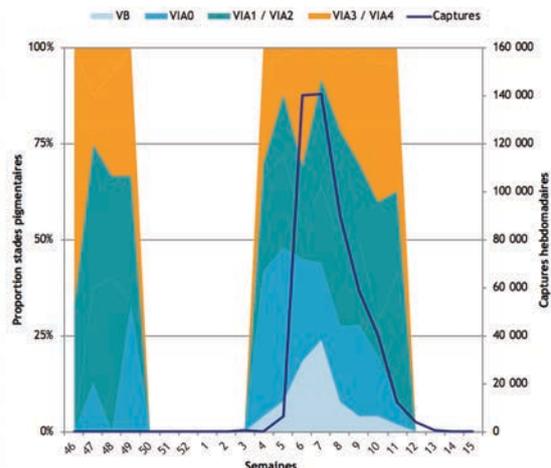
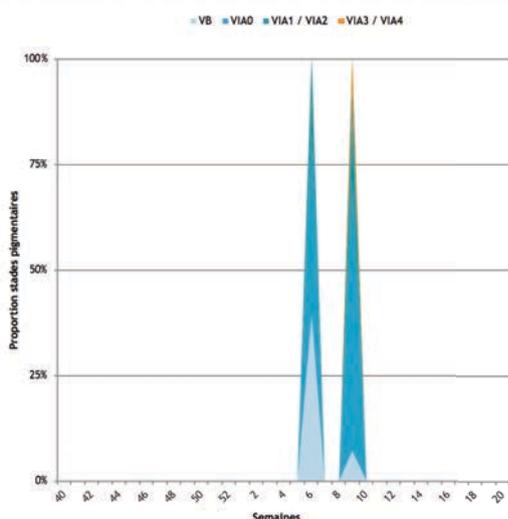


Figure 33 : Evolution des stades pigmentaires des individus capturés à la passe-piège au cours du suivi 2018-2019



Les analyses des stades pigmentaires des civelles capturées au filet en février montrent également une prépondérance d'individus non pigmentés (80 % d'individus de civelles aux stades VB et VIA0) (Figure 34). Ces résultats corroborent ceux obtenus à la passe-piège qui montrent une arrivée récente de civelles de la mer début février.

Figure 34 : Évolution des stades pigmentaires des individus capturés au filet au cours du suivi 2018-2019

Évolution de la taille et du poids des civelles

La taille moyenne annuelle de la cohorte 2018-2019 est de **66,1 mm** avec des tailles comprises entre 55 (le 4 mars) et 80 mm (le 2 janvier) (Figure 35A).

Le poids moyen annuel est de **216,8 mg** avec un poids minimum de 96 mg (le 20 mars) et un maximum de 418 mg (le 27 novembre) (Figure 35B).

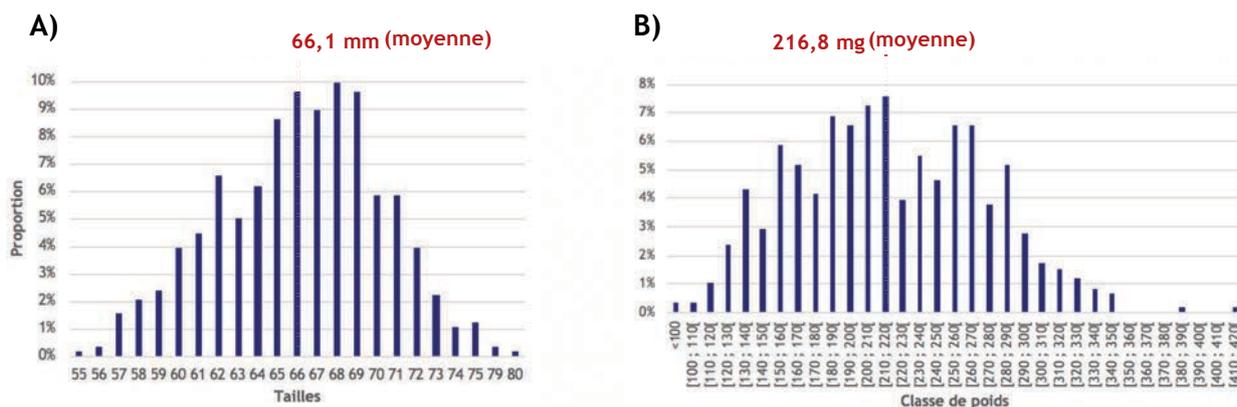


Figure 35 : Structure en tailles (A) et poids (B) de la cohorte 2018-2019

À titre de comparaison, la taille moyenne des civelles capturées au filet est de **64,2 mm** (comprise entre 55 et 71 mm) pour un poids moyen de **202,3 mg** (compris entre 128 et 287 mg).

Les résultats de la cohorte 2018-2019 montrent une diminution de la taille moyenne et du poids moyen au cours de la saison (*Figure 36A*) notamment à partir de la deuxième partie de suivi comme c'est le cas pour chaque année. Ainsi, les individus piégés en fin de saison ont un coefficient de condition (rapport taille/poids) plus faible que ceux capturés en début de saison, la population de civelles qui se présente à la passe s'amaigrit donc durant le suivi (*Figure 36B*).

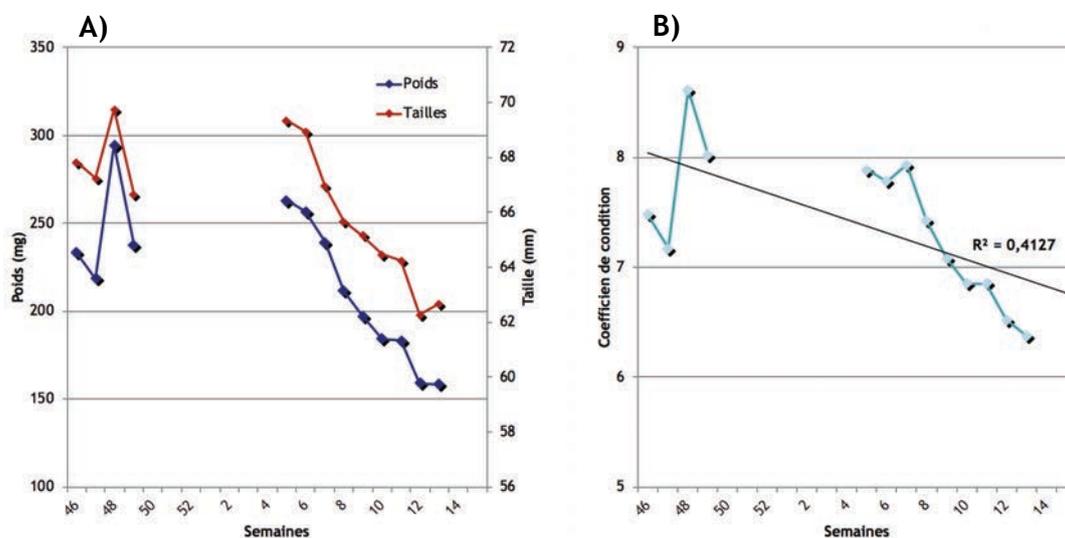


Figure 36 : Évolution de la taille moyenne, du poids moyen (A) et de l'indice de condition moyen mensuels (B) des civelles capturées à la passe-piège

Les civelles qui arrivent sur le plateau continental ne se nourrissent pas jusqu'à ce qu'elles deviennent anguillettes. Celles capturées en fin de migration, plus petites et plus pigmentées correspondraient donc à des civelles arrivées depuis un certain temps sur la frange littorale.

Wilson expliquerait ce phénomène par le fait que les plus grands individus auraient une meilleure capacité de nage et seraient donc les premiers à se présenter sur les côtes (Wilson *et al*, 2007). D'autres auteurs considèrent que les variations saisonnières de production phytoplanctonique dans l'océan influenceraient la croissance des larves (McLeave, 1993 ; Desaunay et Gueraut, 1997 ; Jellyman et Lambert, 2003) donc la taille en fonction de la saison.

f) Synthèse du recrutement 2018-2019

Les premières captures significatives ont été observées début février avec plus d'1 mois de retard en comparaison des autres années de suivi et les effectifs comptabilisés en 2018-2019 ont été faibles en se référant à la moyenne de ces 5 dernières années (495 122 civelles contre 1 541 472 en moyenne sur les 5 dernières années).

Le mois de février s'est caractérisé par des températures favorables à la migration continentale des civelles, corrélées par des baisses d'intensité du Mistral et se traduisant par un maintien des captures représentant 87 % de l'ensemble des captures de la saison 2018-2019. Ces captures présentent en moyenne 16 000 individus, ce qui révèle l'absence de véritables pics mais des captures continues le long de la période de migration.

Les premières sorties d'eau significatives ont eu lieu en décembre et auraient permis l'attrait en mer pour les civelles. Durant le mois de février où le maximum de captures a été observé, il est probable que l'ouverture des martelières (71 % du temps avec 2 martelières ouvertes) ait favorisé les entrées marines et probablement le recrutement

naturel du système par les civelles. Les données de volumes entrants et sortants du pertuis de la Fourcade n'étant pas disponibles à partir du mois de janvier, les interprétations restent toutefois délicates pour la saison 2018-2019.

- Premiers résultats des expériences de marquage

3 sessions de marquage ont été réalisées en 2019 afin d'apporter des premiers éléments quant à l'estimation de l'efficacité de nos systèmes de piégeage (passe-piège et verveux). 2 sessions de marquage ont été effectuées en aval immédiat de la passe-piège, la troisième session de marquage ayant été réalisée en aval du filet (Tableau 2)

Tableau 2 : Caractéristiques des sessions de marquage réalisées pour la saison 2018-2019

19/02/2019 - 22/02/2019	Aval passe-piège	10,5	0,005	91,10%
05/03/2019 - 08/03/2019	Aval passe-piège	12,7	0,01	4,30%

Les sessions localisées en aval de la passe-piège se sont déroulées du 19 au 22 février puis du 5 au 8 mars 2019.

Lors de la première session, et en partant du principe que les retours d'expériences sont faibles sur le colorant utilisé, une concentration de 0,005 g/l de Rouge Neutre a été utilisée afin de tester la durée de la coloration et le comportement des civelles pour de faibles concentrations. Au cours de cette session, 91,1 % des civelles marquées puis relâchées en aval de la passe a été recapturé.

Ces résultats montrent ainsi une bonne efficacité de notre piège « passe-piège ». Cependant, la coloration n'ayant été visible que sur les deux premiers jours du suivi (contre 5 jours voulus pour ce suivi), il a été choisi d'utiliser une concentration plus importante en Rouge Neutre sur la deuxième session de marquage.

En lien avec la bibliographie, une concentration de 0,01 g/l a ainsi été choisie pour la session du 19 au 22 février. Cette concentration semble en effet présenter le meilleur compromis entre la durée de la coloration et le faible impact sur le comportement et les capacités de nage des individus marqués (Briand *et al.*, 2006).

Bien que la coloration ait été visible sur les 5 jours de cette deuxième session de marquage, seulement 4,3 % des civelles marquées a été recapturé dans la passe-piège. Étant donné que les deux sessions ont été réalisées en aval immédiat de la passe, les seules conditions qui auraient pu influencer le déplacement des civelles indépendamment du marquage (respectivement 0 % et 2 % de mortalité constatée sur les lots témoins de la 1^{ère} et 2nde session), sont la température et le fonctionnement des pompes de la station de l'Éolienne. La température était a priori autant favorable sur la première session (10,5 °C en moyenne) que sur la seconde (12,7 °C). En ce qui concerne le fonctionnement des pompes de la station de l'Éolienne, les pompes ont seulement tourné 1h lors de la 1^{ère} session et 2h20 lors de la 2nde session. Ainsi, ni la température ni le fonctionnement des pompes ne semble avoir conditionné le déplacement des civelles sur ces sessions. Il semblerait alors qu'en dépit de la bibliographie, une concentration de 0,01 g/l puisse être limitante vis-à-vis du comportement de nage des individus.

La session de marquage en aval du filet a eu lieu du 6 au 9 février 2019. Une coloration de 0,01 g/l de Rouge Neutre a été utilisée et 3,2 % des individus initialement marqués et relâchés en aval du filet a été recapturé.

Les sessions de marquage reconduites pour la saison 2019-2020 seront soumises à des améliorations du protocole (marquage des individus sur site afin d'éviter le transport des individus) et viendront attester ou non de la pertinence de la méthode pour l'objectif (caractériser la part du recrutement naturel).

1.2 Évolution des résultats sur la période 2004-2019

a) Fonctionnement de la passe-piège

Installée à l'automne 2003, la passe a été mise en fonctionnement à partir de janvier 2004 et a fonctionné toute l'année. Afin de comparer les résultats à ceux obtenus les autres années, seule la période de janvier à avril a été analysée. Ainsi, en comparaison aux autres cohortes, les mois de novembre et de décembre 2004 n'ont pas été suivis ce qui explique un nombre de jours suivi inférieur (soit environ 60 jours) (Figure 37).

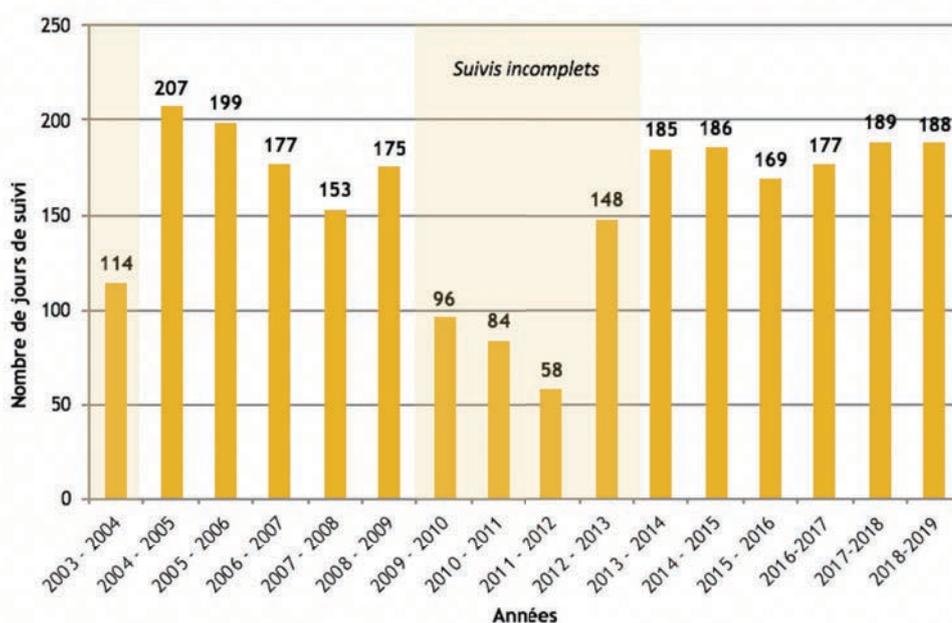


Figure 37 : Comparaison du nombre de jours de suivi sur la période 2004-2019

D'octobre 2009 à janvier 2010, un dysfonctionnement de la pompe a engendré un arrêt du suivi. Le suivi de la cohorte 2009-2010 a donc été réalisé seulement sur un peu plus de 3 mois, soit 96 jours.

De février 2011 à février 2012, un abaissement du canal de l'Éolienne a été réalisé sur demande de la commune des Saintes Maries de la Mer, afin d'assécher les marais communaux pour reminéraliser les fonds et favoriser la repousse des herbiers. La pompe d'alimentation du dispositif hydraulique de la passe-piège s'est donc retrouvée hors d'eau durant un an et a donc compromis le suivi des cohortes 2010-2011 et 2011-2012.

Ainsi, le suivi de la cohorte 2011-2012 réalisé entre février et mars 2012 présente le nombre de jours suivis le plus faible depuis l'installation de la passe (58 jours). Il en est de même, mais dans une moindre mesure, pour le suivi de la cohorte 2010-2011 (84 jours), qui a été réalisé uniquement entre les mois d'octobre 2010 et janvier 2011.

Enfin, le suivi de la cohorte 2012-2013 a été interrompu durant 1 mois (du 25 mars au 15 avril) suite à des travaux d'enrochement du canal de l'Éolienne en amont immédiat de la passe-piège.

Une année de suivi réalisée sans interruption oscille donc entre 153 (cohorte 2007-2008) et 207 jours (cohorte 2004-2005 dont le suivi avait débuté 1 mois plus tôt).

b) Évolution des captures

Captures annuelles

La comparaison entre les cohortes fait apparaître une grande disparité entre les années (Figure 38). Après une première saison encourageante en 2003-2004 (1 350 000 civelles), le recrutement de la passe piège s'effondre au cours du suivi 2004-2005, enregistrant la plus mauvaise année de la chronique avec moins de 100 000 individus.

Ensuite, les résultats sont en augmentation et atteignent à nouveau la hauteur des premières saisons en 2012-2013 (1 265 000). Cependant, l'interprétation de la tendance entre les cohortes 2009-2010 et 2011-2012 est délicate puisque les suivis n'avaient été réalisés que partiellement.

Depuis la saison 2012-2013 les résultats sont en nette hausse et un record a été établi avec la cohorte 2013-2014 (près de 4 420 000 civelles capturées).

Malgré un résultat nettement inférieur à celui de la saison précédente, la saison 2014-2015 est dans la continuité des bons recrutements des années précédentes avec plus de 1 million d'individus capturés et représente la seconde meilleure année de la chronique (1 646 000).

Après un recrutement 2015-2016 faible (plus de trois fois inférieur au recrutement précédent et le plus faible enregistré depuis la saison 2007-2008), celui de 2016-2017 était similaire aux résultats observés depuis la saison 2012-2013 (plus d'un million d'individus). Les cohortes suivantes viennent contraster cette dynamique avec les plus faibles captures observées de toute la chronique en 2017-2018 en lien avec un manque d'attrait en mer (96 847 individus).

Cette tendance à la baisse se confirme avec le recrutement 2018-2019 bien que l'absence de données de volumes entrants et sortants au sein du pertuis de la Fourcade sur la deuxième partie du suivi rend les analyses délicates.

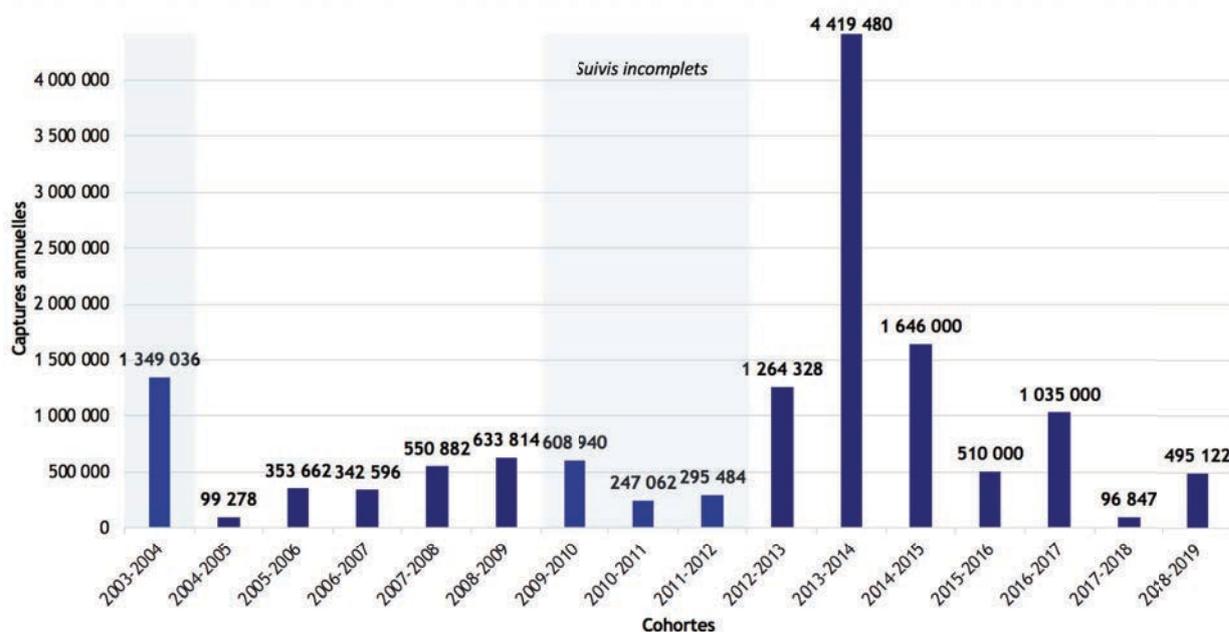


Figure 38 : Évolution du nombre de captures saisonnières depuis 2004

Comparaison des tendances avec les autres sites de suivi en France

Bien que, pour une même chronique, les résultats puissent présenter des variations entre différents sites pour des raisons climatiques, de fonctionnement ou encore de pêcheries, il semble intéressant de comparer les résultats obtenus sur la chronique disponible avec un suivi de même type installé sur la façade Atlantique. Parmi les sites index du Plan de Gestion Anguille, le barrage d'Arzal sur la Vilaine est le suivi dont le protocole et la distance à la mer de l'installation se rapprochent le plus du suivi réalisé au grau de la Fourcade.

De même, il est intéressant de comparer ces tendances à l'indice de recrutement élaboré par le WGEEL, qui intègre des données sur l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce. Cet indice se base sur les captures enregistrées *via* la pêcherie civelière des années 1960 - 1980 et illustre alors un pourcentage par rapport à cette référence.

L'évolution des résultats est globalement comparable entre les trois indicateurs, bien que la tendance entre les saisons 2003-2004 et 2010-2011 soit différente (baisse pour l'indice de recrutement européen et relative stabilité pour les 2 sites index) (Figure 39). Cette différence pourrait s'expliquer sur le site d'Arzal par une pêcherie civelière à l'aval du barrage plus intense avant la mise en place du Plan de Gestion (périodes de pêche et quotas).

À partir de la saison 2011-2012, une tendance à l'augmentation est observée pour les 3 indicateurs ainsi qu'une baisse observée en 2015. Depuis, de fortes variations interannuelles sont observées. Ainsi, Les résultats enregistrés à la Fourcade en 2015-2016 diffèrent des tendances observées sur la façade atlantique et plus généralement à l'échelle européenne. Les résultats enregistrés à la Fourcade et sur la façade Atlantique en 2018-2019 se distinguent également de la tendance européenne. De manière plus globale, une tendance à la baisse est néanmoins notée depuis la cohorte 2014/2015.

Les variations interannuelles sont généralement identiques entre les sites et seraient donc liées au stock de civelles en mer. Les paramètres locaux (température, gestion des ouvrages, hydrologie, etc.), structureraient le flux migratoire (période de pics, intensité, durée, etc.) et non les variabilités interannuelles. Toutefois, des différences de tendance peuvent être observées les années durant lesquelles les mauvaises conditions hydroclimatiques perdurent, tel que ça été le cas durant les saisons 2015-2016 sur le Vaccarès.

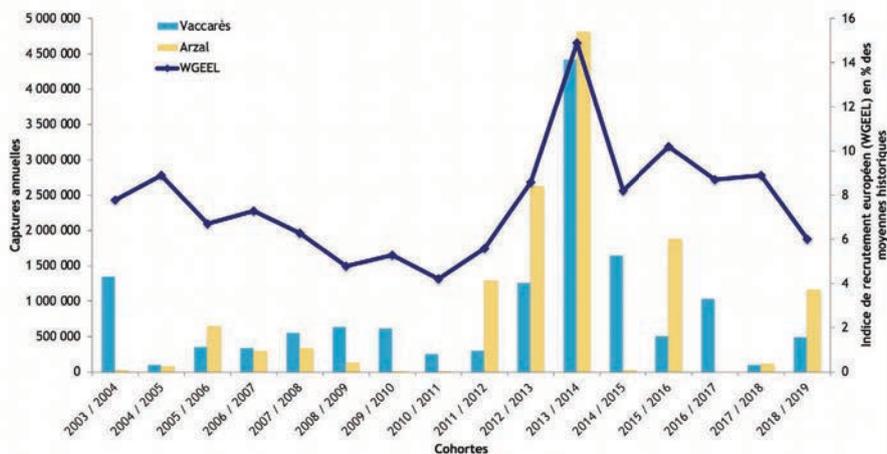


Figure 39 : Évolution de l'indice de recrutement et des captures de civelles sur les sites d'Arzal et du Vaccarès depuis 2004

Périodes de migration

La période de migration de chaque cohorte est identifiée en considérant le début de migration à 5 % de l'effectif total capturé dans la saison et sa fin à 95 % de cet effectif. L'analyse de ces différentes périodes de migration ne tient donc pas compte des années dont le suivi n'a pas été complet (2003-2004 et 2009 à 2012).

Les migrations 2004-2005 et 2005-2006 sont les plus étalées avec respectivement 129 et 165 jours de migration (*Figure 40*). Au contraire, la cohorte 2018-2019 est la plus condensée avec seulement 27 jours de migration. La durée moyenne de la migration au niveau de la passe piège est de 71 jours soit environ 2 mois et demi.

La migration des cohortes 2004-2005 et 2005-2006 est toutefois très déséquilibrée avec un pic de captures (respectivement de 6 000 et 13 000 individus) très précoce, quelques jours à peine après l'ouverture de la passe, puis une longue période écoulée avant que la migration ne reprenne (mi-janvier pour la cohorte 2004-2005 et mi-février pour la cohorte 2005-2006).

Ainsi, ne tenant pas compte de ces exceptions pour les cohortes 2004-2005 et 2005-2006, le début de migration se situe en général entre fin décembre et début janvier (mise à part la cohorte 2008-2009 très tardive avec un début de migration début mars). Il semble cependant que le début de migration des trois dernières saisons (2016 à 2019) soit moins précoce que les précédentes avec les premières captures observées fin janvier - début février. Ces conditions seraient à attribuer à la gestion locale des martelières du Grau de la Fourcade qui, en lien avec la remontée du niveau marin et les épisodes récurrents de sécheresse, ne permet pas un attrait en mer tôt dans la saison.

La fin de migration, quant à elle, se situe en moyenne mi-mars (le 10 février 2005 pour la plus précoce et le 28 mars 2014 pour la plus tardive) alors que la médiane se situe aux environs du 15 février. Par conséquent, la moitié des effectifs sont généralement capturés en un mois, entre février et mars.

Les périodes de recrutement des cohortes de 2015 à 2019 diffèrent de celles de ces dernières années puisqu'elles sont plus condensées, avec un début de migration tardif et une fin de migration plus précoce (notamment pour 2018-2019 avec près de 90 % des captures obtenues sur le mois de février).

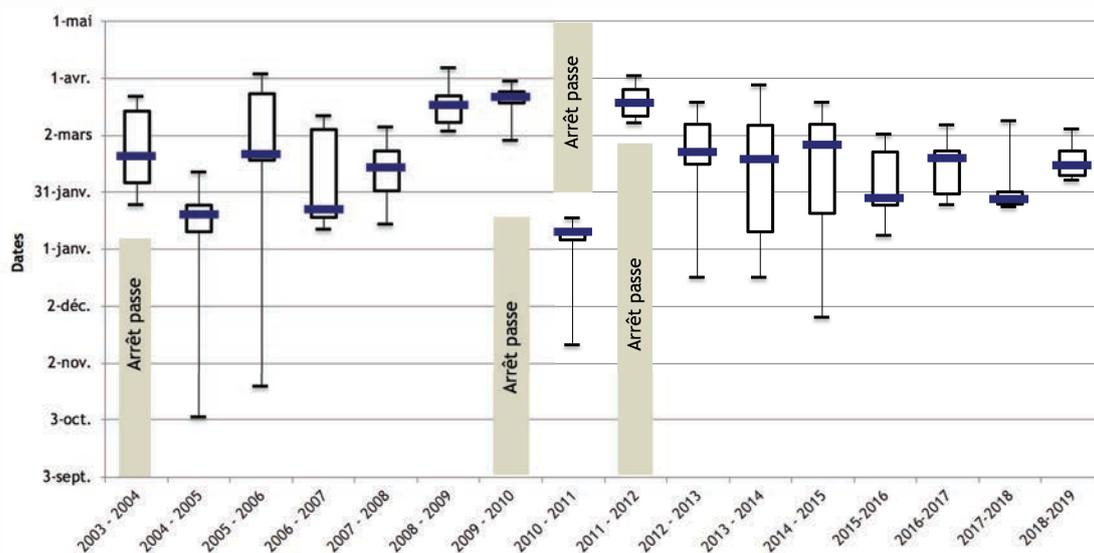


Figure 40 : Comparaison des flux migratoires des différentes cohortes depuis 2004

L'analyse du cumul des captures mensuelles sur l'ensemble de la chronique confirme cette tendance puisque 92% des captures sont réalisées en 3 mois, entre janvier et mars, avec un maximum de captures pour le mois de mars (4 996 176 soit 35 %) et dans une moindre mesure le mois de février (4 788 642 soit 34 %) (Figure 41).

Les mois de décembre et avril sont nettement plus faibles (facteur 10) avec près de 450 000 captures au total pour chacun de ces mois.

Il s'avère enfin que les mois d'octobre (50 000) et de novembre (170 000) sont ceux présentant le plus faible nombre de captures.

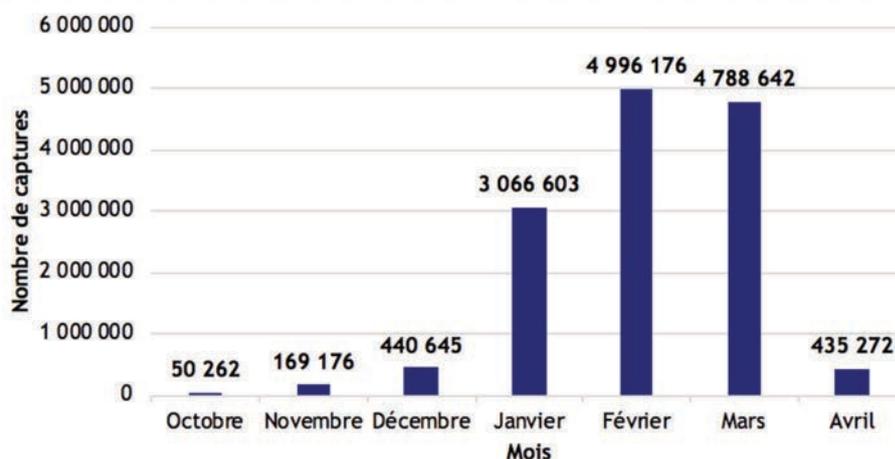


Figure 41 : Cumul des captures mensuelles depuis 2004

c) Évolution des tailles moyennes annuelles

Depuis le début du suivi, les tailles moyennes annuelles sont stables (66,25 mm en moyenne) avec des variations mensuelles observées chaque année. Les plus petites tailles ont été enregistrées au cours de la cohorte 2007-2008 (62,3 mm) et 2011-2012 (63,2 mm) (Figure 42). Le début de saison tardif (mars 2011) peut être une explication pour la cohorte 2010-2011 alors qu'aucun élément particulier ne semble expliquer les petites tailles de la cohorte 2007-2008.

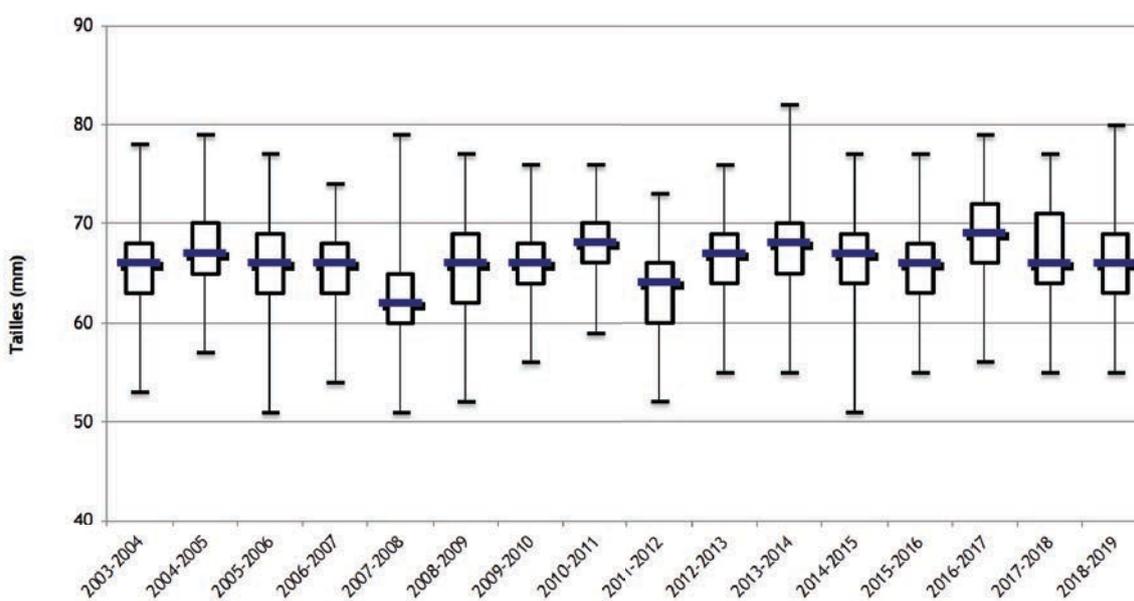


Figure 42 : Évolution des tailles moyennes mensuelles depuis 2004

2 Captures au sein de l'étang du Vaccarès, à la station de la Capelière

2.1 Effort de pêche

Le nombre de relèves de filets valides par an fluctue, en raison d'aléas météorologiques (filets décalés à cause du vent, étang gelé ou niveau d'eau trop élevé ou insuffisant, *Figure 43*). En moyenne, le taux de validité des filets à civelles s'élève à 78 % (78 ± 25 % pour le filet 1_2, 78 ± 18 % pour le filet 3_4 et 79 ± 22 % pour le filet 7_8) et à 96 ± 5 % pour la capétchade. En 2016, les filets à civelles étant manquants, la station historique (Filet 3_4) a été privilégiée au détriment des stations 1_2 et 7_8. En 2019, 100% des filets ont été calés comme prévu, sauf pour le filet à civelles 7_8 pour lequel un seul événement de pêche a été manqué en raison d'un niveau d'eau trop élevé (3/11/2019).



Figure 43 : Pourcentage de relèves de filets valides par an et par station par rapport au nombre total de relèves théoriquement attendues pour les mois d'avril à juin et de septembre à novembre pour la capétchade et les mois de février à avril pour les 3 filets à civelles (F_alevin 1_2, 3_4 et 7_8), depuis 1996. Seules les relèves avec captures sont disponibles dans la base pour les années 1993-1995.

Les filets de pêche sont relevés en moyenne toutes les 24h (1437 ± 138 min, *Figure 44*). Seule une relève a été assurée au bout de 48h en raison d'un jour férié (en mai 2017).

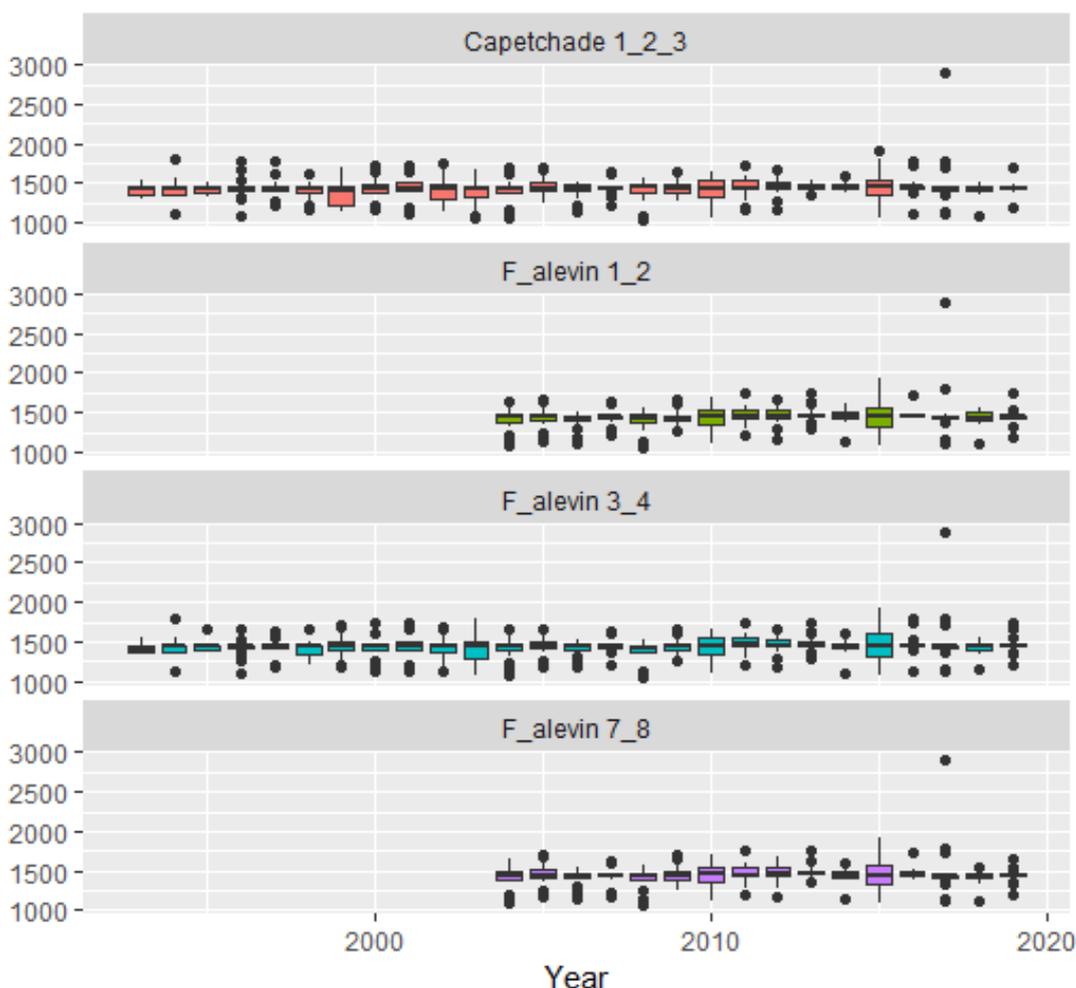


Figure 44 : Boxplot représentant l'effort de pêche (le temps de pose d'un filet entre chaque visite) par filet et par année à la station de la Capelière. La capêchade 1-2-3 correspond à la capêchade de 6mm de maille et les 3 filets à alevins aux filets à civelles de 1.5mm de maille).

2.2 Captures de civelles par unité d'effort (CPUE)

Les captures de civelles dans l'étang du Vaccarès à la Capelière montrent une grande variation interannuelle (*Figure 45*). Ces variations dépendent d'une part des entrées de civelles dans le système et d'autre part de la météo lors de l'échantillonnage. Par exemple, entre février et mars 2010 et en février 2011, aucune civelle n'a été capturée à cause du froid.

En comparaison avec les années de 2015 à 2018, les captures de civelles de 2019 sont observées en augmentation, et équivalentes par rapport aux années 2013 et 2014. Cependant, ce recrutement reste très faible par rapport aux forts recrutements observés en 1994, 1998 et 2000.

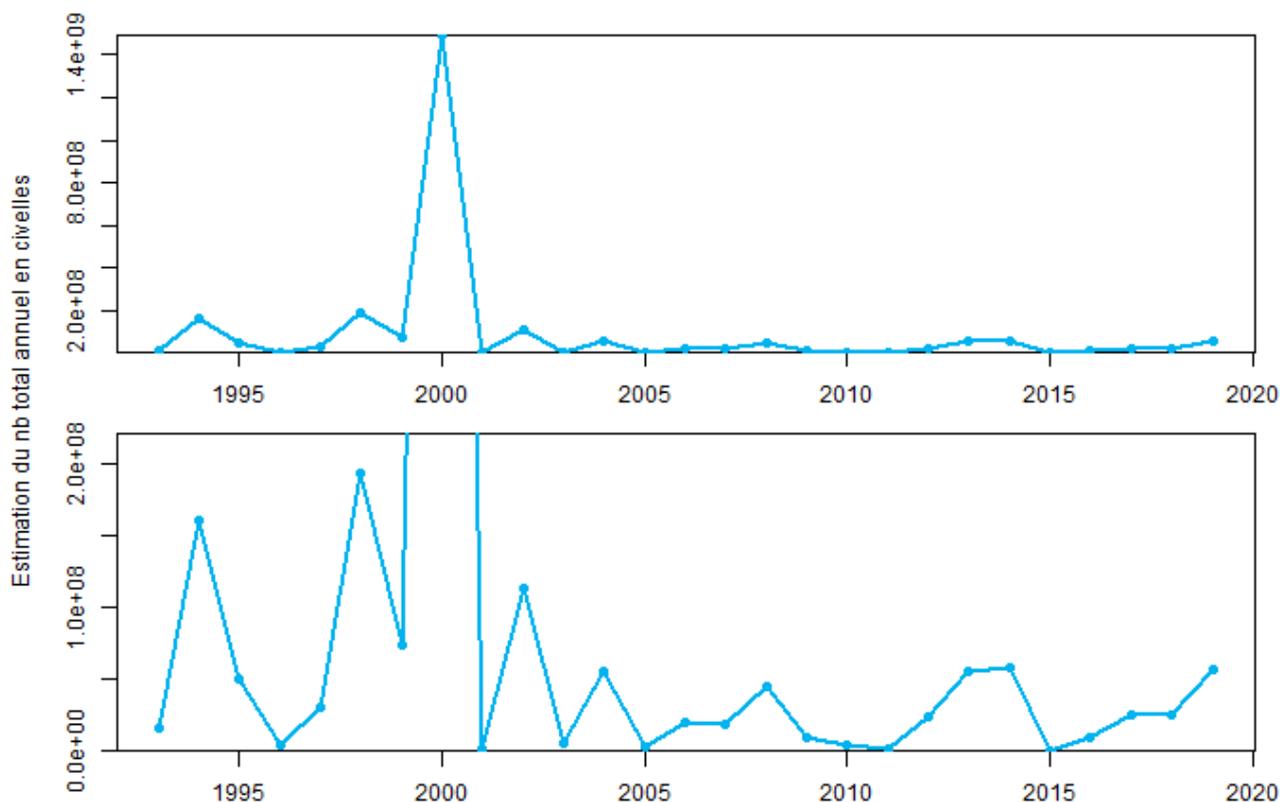


Figure 45 : Nombre total de civelles recrutées dans le système Vaccarès par année estimé à partir d'un modèle de capture-recapture réalisé entre 2004 à 2006 et basé sur les captures de civelles à la Capelière de Février à Avril de 1993 à 2018 (données Tour du Valat)

La relation entre les captures effectuées à la passe-piège et les captures de civelles effectuées à la station de la Capelière demeure positive mais très faiblement significative (Figure 46).

En 2010 et en 2015, les recrutements observés à la Capelière sont bien plus faibles que ceux de la passe. Il est possible qu'en 2015 la température élevée ait joué un rôle sur les faibles captures du Vaccarès cette saison-ci : les civelles de la Fourcade auraient grandi et se seraient pigmentées plus rapidement le temps de leur remontée vers l'étang du Vaccarès.

En 2005, les deux suivis s'accordent pour un très faible recrutement. Les trois dernières années, des tendances de recrutement similaires sont observées aux deux sites d'échantillonnage, avec une diminution du recrutement en 2018 en comparaison avec 2017 et 2019.

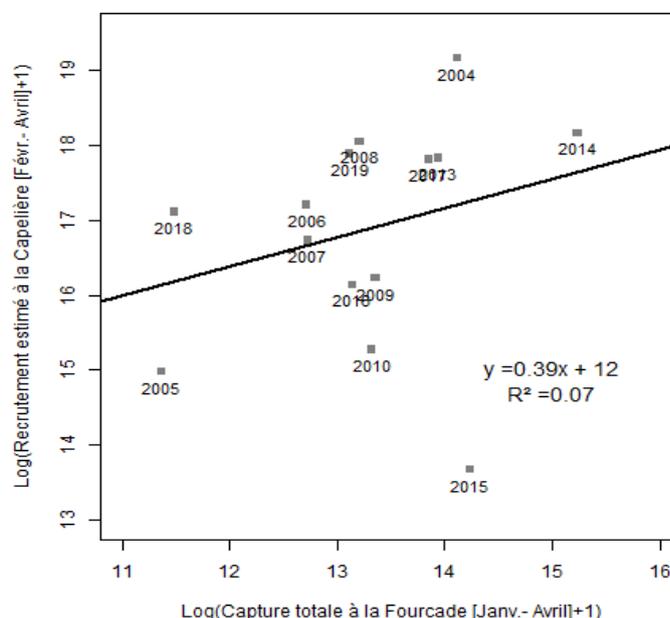
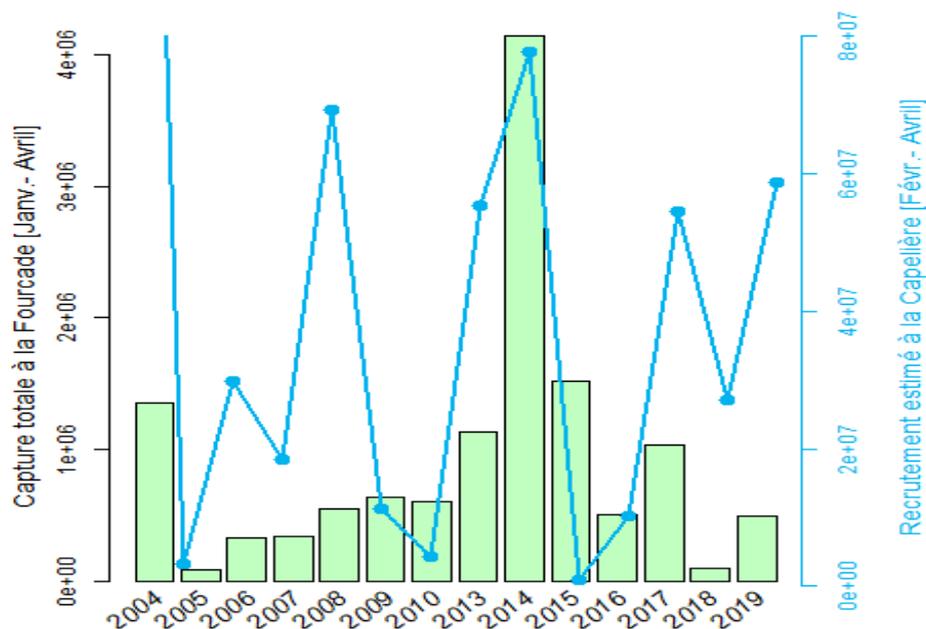


Figure 46 : A gauche, comparaison interannuelle des captures totales effectuées à la passe à civelles au grau de la Fourcade de Janvier à Avril (données MRM) et des estimations du nombre total de civelles obtenu à la Capelière entre Février et Avril (données Tour du Valat). Les années 2011 et 2012 où la passe à civelles n'a pas fonctionné pendant les mois de Janvier à Avril ont été otées. A droite, relation linéaire entre les captures log-transformées de la passe-piège et celle de la Capelière.

Afin de mieux déterminer si les captures à la Capelière reflètent correctement le recrutement en civelles à l'échelle du système Vaccarès, il est nécessaire de suivre davantage le recrutement naturel, surtout au niveau du grau de la Fourcade (voir § Périodes supposées favorables au recrutement naturel), mais également via les étangs et les marais des Salins de Camargue (suivis TDV mensuels d'octobre à juin de 2016 à 2020) et le système de pompage du Rhône (action MRM depuis 2018). De plus, une analyse à l'échelle du delta des paramètres environnementaux (débits, vitesse et sens du courant, niveaux d'eau, physico-chimie, etc.) influençant le recrutement des civelles de la mer et leur remontée dans le système civelles est préconisée (projet d'analyse du recrutement à l'échelle du delta qui démarre en 2020).

2.3 Captures d'anguilles jaunes et argentées

a) Évolution des captures

Les captures d'anguilles ces 27 dernières années sont globalement stables dans le Vaccarès (Figure 47), même si des variations interannuelles parfois importantes sont observées (coefficient de variation de 13.7% pour les captures en biomasse et de 28.8% pour les captures en nombre - données log-transformées). Toutefois, les résultats de ces 9 dernières années sont supérieurs à la moyenne établie sur l'ensemble de la chronique de données. Aucune relation n'a pu être établie entre les captures de civelles à la passe-piège et les captures d'anguilles jaunes et argentées, à l'heure actuelle.

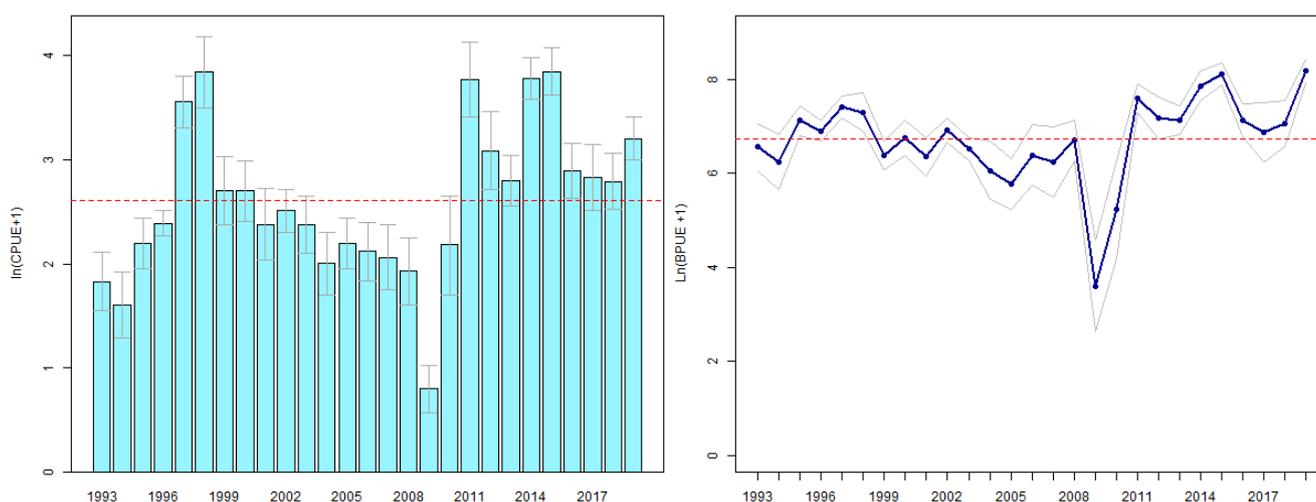
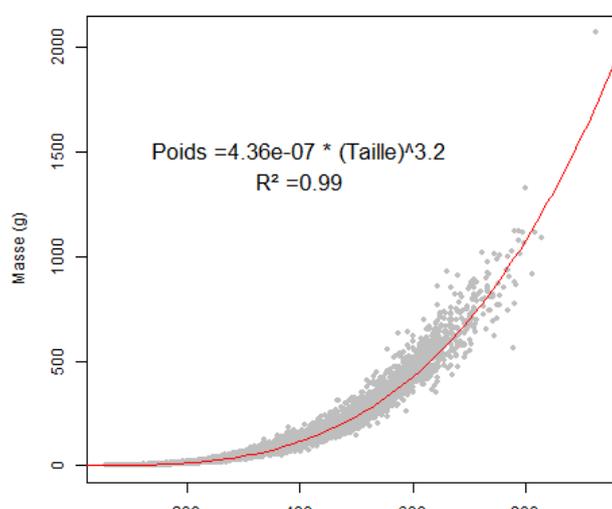


Figure 47 : Captures par unité d'effort en nombre (A, CPUE) et en biomasse (B, BPUE) d'une capétchade sur six mois de l'année (avril-juin et septembre-novembre) de 1993 à 2018 à la station de la Capelière. Les données sont log-transformées et moyennées par mois puis par année. La moyenne interannuelle est indiquée en rouge pointillé. Les intervalles de confiance en gris ont été calculés par une méthode de ré-échantillonnage bootstrap (Données Tour du Valat)

b) Caractéristiques et dynamique de la population



La taille moyenne rencontrée sur le site de la Capelière est de 275 ± 124 mm et le poids moyen de 66 ± 115 g. La relation taille-poids s'exprime par l'équation suivante : $Pds = a \cdot Lt^b$ où Pds représente le Poids de l'individu, Lt la longueur totale, à la condition ou embonpoint et b le coefficient d'allométrie.

Ainsi sur le Vaccarès l'équation est du type :
 $Pds = 4.36 \times 10^{-7} Lt^{3,2352}$

La population présente donc une allométrie majorante ($b = 3,2352$) illustrant une croissance du poids plus rapide que la longueur.

Figure 48 : Relation entre la taille et le poids des anguilles capturées à la Capelière entre 2008 et 2017 (données Tour du Valat)

La Figure 49 montre la proportion relative des différents stades d'anguilles observés par année. L'évolution des protocoles de mesures ont permis d'affiner au fil du temps la détermination de ces stades. A partir de 1997, l'indice de Pankhurst permet de différencier les anguilles jaunes des anguilles argentées (taille supérieure à 300 mm et indice oculaire supérieur à 8).

À partir de 2008, l'indice d'EELREP est appliqué et permet de différencier les stades jaunes et argentées et d'en déduire le sexe. Cet indice EELREP ne permet pas de distinguer les anguilles jaunes mâles. Afin de pouvoir mieux comparer les résultats dans le temps, les anguillettes de plus de 30 cm de sexe non déterminé sont classées dans la catégorie « jaune non déterminé ». Jusqu'en 2011, le sexe des individus a pu être déterminé par dissection, une étude des parasites de la vessie natatoire ayant été alors menée.

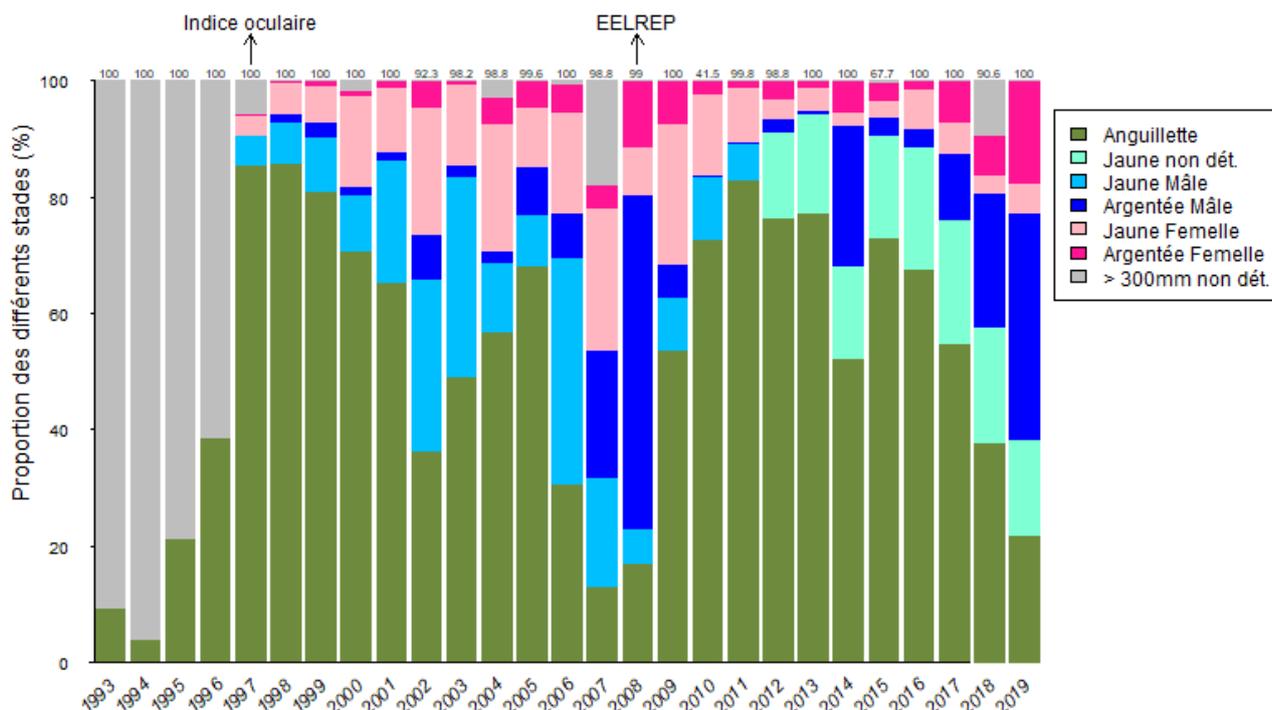


Figure 49 : Barplot représentant la proportion relative des différents stades d'anguilles identifiés par an obtenu dans la capêchade à la Capelière pour 6 mois de l'année (avril-juin et septembre-novembre). A partir de 1997, le diamètre des yeux est réalisé et permet de calculer l'indice de Pankhurst pour différencier les anguilles jaunes des anguilles argentées. A partir de 2008, la longueur de la nageoire pectorale est également mesurée, ce qui permet d'appliquer l'indice d'EELREP (données Tour du Valat). La proportion des individus avec des mesures complètes (taille, poids, diamètres des yeux et longueurs de la pectorale pour les individus supérieurs à 30 cm à partir de 2008) par rapport au nombre total de captures par an est indiqué en haut de chaque barre.

Depuis 1997, les captures d'anguilles sont largement dominées par les anguillettes (59.7 ± 21.3 % en moyenne interannuelle), sauf entre 2006 et 2008 où elles ne représentent qu'en moyenne 20.3 ± 9.2 % des captures. En 2019, les anguillettes sont à nouveau moins représentées (22 % des captures d'anguilles).

Depuis 2008, les individus de taille supérieure à 30 cm représentent en moyenne 42.2 ± 21.6 % de la population échantillonnée (Figure 49 et Figure 50), avec un minimum de 17 % en 2011 et un maximum de 82.8 % en 2008. Entre 2008 et 2019, les individus argentés représentent en moyenne 35.4 ± 26.8 % des individus de plus de 30 cm de longueur. Les captures d'anguilles argentées sont très variables d'année en année, surtout pour les argentées mâles, avec un minimum de 0.2 % des captures totales en 2010 et un maximum

de **69 % en 2008**. Les mois d'octobre 2008 et 2014 et de novembre 2018 ont été marqués par des pics de dévalaison d'anguilles argentées, avec la capture de 194 individus (soit 68.1 % des captures de l'année), 414 individus (soit 21.7 %) et 153 individus (soit 19.2 %) respectivement.

En 2019, les anguilles argentées mâles dominent le total des captures (39 %) sans qu'aucun pic de dévalaison n'ait été détecté : entre 29 et 55 individus ont été capturés par mois de suivi. Les anguilles **argentées femelles** représentent en moyenne $5.6 \pm 5 \%$ des captures depuis 2008.

En moyenne, depuis 2008, les anguilles **argentées mâles** ont une taille de 387.3 ± 37.2 mm pour un poids de 106.0 ± 35.7 g. Tandis que les **femelles** présentent en moyenne une taille de 604.9 ± 74.0 mm pour un poids de 473.2 ± 209.4 g (Figure 50A).

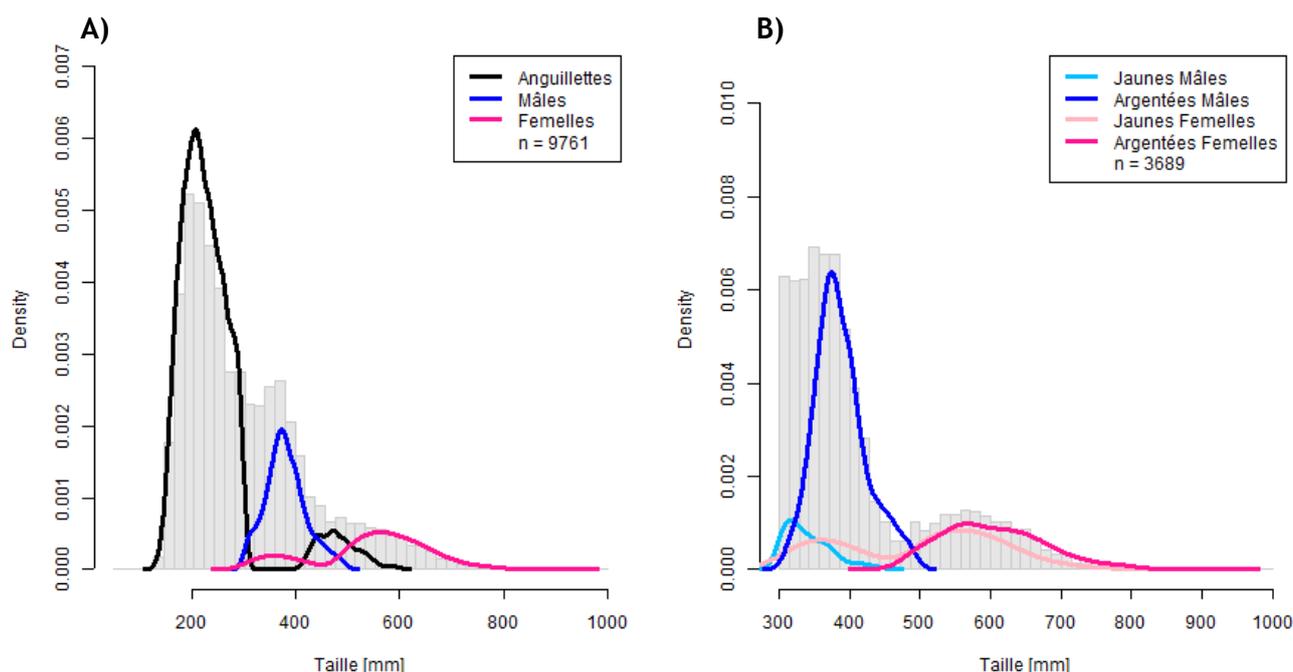


Figure 50 : Distribution en tailles des anguilles, (A) des stades anguillettes à argentées et (B) des stades jaunes à argentées (supérieures ou égales à 300 mm), capturées à la Capelière avec la capêchade depuis 2008 (données Tour du Valat).

La structuration en taille et les taux de croissance de la population dépendent de la densité d'individus présents dans le milieu, de l'abondance et de la qualité de la nourriture disponible et de la compétition avec les autres espèces (Panfili, 1993).

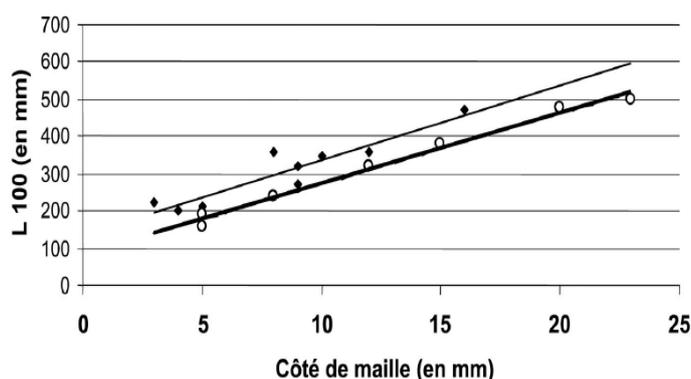


Figure 51 : Relation entre L100 et la dimension des mailles rigides (Ximenes, 1986 ; Baisez, 2001) ou en filet (Adam, 1997 ; Naismith et Knight, 1990), Source : Rigaud et Lafaille 2008

De plus, l'activité de pêche particulièrement développée sur le Vaccarès, notamment sur le stade jaune, introduit une pression supplémentaire sur la population. Une sélection des classes de tailles pêchées se fait alors par le biais de la maille des filets utilisés. Ainsi, pour une maille de 10 mm, 100% (L100) des anguilles capturées dont la taille est supérieure à 275 mm ne pourront pas s'en échapper (Baisez, 2001) (Figure 51).

Le sex-ratio observé chez les anguilles argentées du Vaccarès est en faveur des mâles ($53.6 \pm 24.2 \%$), caractéristique des lagunes méditerranéennes (de 58% à 80% selon Malawa, 1987). Les milieux saumâtres, comme les lagunes, sont des milieux plus productifs que les milieux dulçaquicoles et les taux de croissances sont donc plus élevés (Panfili et Ximenes, 1994). Ces milieux présentent alors de fortes densités d'individus, ce qui influencerait la différenciation sexuelle en faveur des mâles (Crivelli, 1998).

Une étude menée sur le Vaccarès a identifié l'âge de la différenciation sexuelle à environ 2 ans pour une longueur comprise entre 210 et 220 mm (Melia et al, 2006). Cette étude estime également que les mâles présents dans le Vaccarès sont susceptibles de quitter la lagune (ou de mourir naturellement ou par pêche) au cours des 3 premières années alors que les femelles peuvent rester jusqu'à 5 ans. Ces estimations sont comparables aux résultats obtenus par Acou et al. (2003) qui considèrent l'argenture de la majorité des femelles du Vaccarès (83,3%) à un âge compris entre 4 et 5 ans. Ces résultats sont nettement inférieurs à ceux observés dans la lagune de Comacchio en Italie où l'argenture est acquise en moyenne à 8 ans pour les mâles et 15 ans pour les femelles (De Leo & Gatto, 1995) (lagune dans laquelle seul le stade argenté est pêché).

Il semble donc que, d'une part, la forte productivité du milieu et la faible distance à la mer, favorisant un bon recrutement du système, permettent d'obtenir une très forte abondance d'anguilles et favoriseraient la production de mâles. D'autre part, l'activité de pêche, en exerçant une pression essentiellement sur les individus de taille supérieure à 280 mm, influence également fortement la structuration en taille de la population. Ces différents paramètres agiraient alors sur la dynamique de la population en produisant rapidement des géniteurs ce qui, en réduisant le temps de génération, limiterait les risques de mortalité avant la reproduction (Acou et al, 2003).

Conclusion et Perspectives

Commencée en 2004, cette étude a pour objectifs de faire un suivi interannuel du recrutement en civelles, de favoriser la colonisation naturelle du Vaccarès par les civelles et d'en étudier les conséquences sur la population en place d'anguilles (variations d'abondance, contaminations, croissance ...).

La cohorte 2018-2019, avec plus de **495 000 civelles** dénombrées, présente un recrutement relativement faible en ne représentant que 30% de la moyenne observée ces 5 dernières années (1 541 472 individus en moyenne entre 2013 et 2018).

Les premières captures significatives ont été observées le **6 février 2019**, avec plus d'un mois de retard en comparaison aux premières observations des précédentes saisons. Ces captures tardives seraient expliquées par un attrait significatif d'eau douce en mer réalisé que fin décembre et par les conditions de température du mois de janvier non favorables au mouvement des civelles. De manière plus locale, le fonctionnement important des pompes de la station de l'Éolienne ainsi que d'importantes sorties d'eau au pertuis de la Fourcade en janvier auraient potentiellement contraint le déplacement des civelles cette saison. A partir du mois de février, les captures se sont maintenues avec en moyenne près de 16 000 civelles capturées par jour sur la période de migration. La migration s'est effectuée quasiment exclusivement entre les mois de février et mars et le mois de **février** enregistre le plus grand nombre de captures cette saison avec plus de **430 000** individus soit **87%** des captures totales.

Les analyses plus fines du fonctionnement hydraulique du grau de la Fourcade ces dernières années ont montré que le simple indicateur « nombre de vannes ouvertes » ne suffit plus à expliquer la variabilité du recrutement mais qu'une moyenne de 200 000 m³/jour pendant 5 jours est nécessaire pour générer un attrait en mer significatif. Des réserves sont donc à émettre dans la façon d'aborder la notion d'attractivité et de conditions favorables au recrutement des civelles. Les préconisations de gestion telles qu'elles étaient données par le passé au travers uniquement des ouvertures de vannes ne suffisent donc plus actuellement.

Par ailleurs, dans un contexte de changement global et d'élévation progressive du niveau de la Méditerranée, les possibilités d'ouvertures pour créer un appel en mer sont limitées et la gestion du grau doit être abordée différemment. Dans ce contexte, l'ouvrage de la Fourcade ne répond plus aux enjeux locaux, que ce soit les échanges biologiques ou la sécurité des biens et des personnes comme cela a été mentionné dans les conclusions de l'étude de ressuyage des digues du Petit Rhône.

Dans ce contexte, le SYMADREM a engagé une étude en 2015 visant à apporter des solutions techniques afin d'augmenter la capacité d'évacuation gravitaire du pertuis. En parallèle, la mairie des Sainte Maries de la Mer a engagé une étude pour le rétablissement de la libre circulation piscicole dont les solutions seront intégrées à l'étude du SYMADREM afin de concilier les usages. Ce projet a abouti à une proposition d'aménagement visant le franchissement dans les deux sens d'écoulement entre la mer et les étangs selon les différences de cotes entre les deux milieux. La solution retenue consiste en un radier agrémenté de plots béton couplé à une passe spécifique pour les civelles (travaux à l'horizon 2022).

Enfin, ce dispositif de piégeage de civelles étant unique sur la façade méditerranéenne française et inscrit comme site index du PGA, la poursuite du suivi est indispensable afin de mieux comprendre la dynamique de la population d'Anguille en lagune méditerranéenne.

Par ailleurs, la saison 2018-2019 représente la première année d'échantillonnage via la pose d'un verveux à alevins en amont du pertuis (faisabilité en 2017-2018). Cet échantillonnage vise à apporter des éléments de réponse à l'identification des périodes et configurations hydrauliques favorables au recrutement naturel et ainsi adapter la gestion de l'ouvrage. Des problèmes survenus sur les appareils de mesures ne permettent malheureusement pas une analyse fine des captures réalisées au filet en lien avec les conditions hydrauliques (volumes entrants et sortants). La poursuite de ce suivi est donc essentielle et permettra à terme d'apprécier l'efficacité de la future passe à poissons et ainsi nuancer les éventuelles variations de captures à la passe-piège. Dans ce sens, des sessions de marquage de civelles par Rouge Neutre ont été lancées en 2019 dans le but final d'apprécier la répartition du flux au sein du grau et l'importance du recrutement naturel selon les conditions environnementales. Des évolutions du protocole sont néanmoins nécessaires (stabulation des individus, concentration du colorant, etc.) afin d'obtenir des résultats permettant de répondre à l'objectif fixé.

De plus, de nouvelles investigations sont menées afin d'estimer l'échappement des géniteurs dans un système où les échanges hydrologiques sont entièrement contrôlés par l'Homme. En ce sens, la Tour du Valat ayant initié en 2018 l'installation d'antennes RFID entre le canal du Fumemorte et le Vaccarès, des réflexions sont engagées quant à l'extension de ce suivi au travers de l'échappement des géniteurs via le pertuis de la Fourcade. L'université de Perpignan expérimente également un suivi de la dévalaison des anguilles par sonar multifaisceaux dans le cadre du projet FLUX sur la lagune de Bages-Sigean qui sera suivi en lien avec les investigations prévues. Aussi, il serait intéressant de mettre en place un suivi équivalent sur une lagune non contrôlée afin de pouvoir comparer l'efficacité du recrutement.

Bibliographie

ACOU A., LEFEBVRE F., CONTOURNET P., POIZAT G., PANFILI J., CRIVELLI A. J., 2003. Silvering of female eels (*Anguilla anguilla*) in two sub-population of the Rhône delta. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 368 : 55-68.

ACOU A., 2006. Bases biologiques d'un modèle pour estimer la biomasse féconde de l'anguille européenne en fonction des recrues fluviales et du contexte de croissance : approche comparative à l'échelle de petits bassins versants. Thèse Université Rennes 1. 333p.

ADAM G., 1997. L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) : dynamique de la sous-population du lac de Grand-Lieu en relation avec les facteurs environnementaux et anthropiques. Université Paul Sabatier, Toulouse II, spécialité hydrobiologie, thèse de doctorat, 353p.

ADAM G., FEUNTEUN E., PROUZET P., RIGAUD C., 2008. L'Anguille européenne : indicateurs de présence et de colonisation, éditions Quae, 393p.

ALS T., HANSEN M., MAES G., CASTONGUAY M., RIEMANN L., ARESTRUP K., MUNK P., SPARHOLT H., REINHOLD H., BERNATCHEZ L., 2011. All roads lead to home: panmixia of European eel in the Sargasso Sea. Molecular Ecology (2011) 20, 1333-1346. 14p.

AMILHAT E., 2007. État sanitaire de l'Anguille européenne *Anguilla anguilla* dans le bassin Rhône Méditerranée Corse : synthèse bibliographique. Rapport Pôle lagunes et Ceparlmar. CBETM, Université de Perpignan, 88 p.

ANTUNES C., TESCH F-W., 1997. A critical consideration of the metamorphosis zone when identifying daily rings in otoliths of European eels, *Anguilla anguilla* (L.). Ecology of Freshwater Fish, 6 : 102-107.

BAISEZ Aurore, 2001. Optimisation des suivis des indices d'abondances et des structures de taille de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) dans un marais endigué de la côte atlantique : Relations espèces - habitat. Thèse, Université de Toulouse III et Cemagref de Bordeaux.

BARRAL M., 2001. Étude préliminaire à la mise en place d'« un tableau de bord anguille » sur le bassin Rhône-Méditerranée-Corse, campagne d'études 2000. MRM, Fiche signalétiques des différents obstacles expertisés, 86p+ annexes.

BANNING P., HAENEN O., 1990. Effects of the swimbladder nematode *Anguillicola crassus* in wild and farmed eel, *Anguilla anguilla*. Pathology in Marine Science. PAMAQ 3 Proceedings. Virginia, USA, 1988. Academic Press., 317-330.

BEAULATON L., PENIL C., 2009. Protocole anguille : indice oculaire. Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, 6p.

BRIAND C., FATIN D., FONTENELLE G. et FEUNTEUN E., 2006. Estimating the stock of glass eels in an estuary by mark-recapture experiments using vital dyes. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 378: 23-46.

BRIAND C., FATIN D., LEGAULT A. 2002. Role of eel odor on the efficiency of an eel leader and trap. Publication Environmental Biology of Fishes.

BRUSLE J., 1994. L'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) un poisson sensible aux stress environnementaux et vulnérable à diverses atteintes pathogènes. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 335: 237-260.

CASSAMAJOR (de) M.N., 1997. Cycle biologique de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*). *Dixièmes rencontres interrégionales de l'AGLIA*, Saint Jean de Luz, 37-45.

CHANCEREL F., 1994. La répartition de l'Anguille en France. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 335 : 289-294.

COGEPOMI RMC, 2004. Plan de gestion du Bassin Rhône-Méditerranée-Corse 2004-2008, 49p+ annexes.

COGEPOMI RMC, 2011. Plan de Gestion des Poissons Migrateurs du bassin Rhône Méditerranée Corse 2010-2014. DIREN Rhône-Alpes, délégation de bassin RMC.

CRIVELLI A.J, 1998. L'Anguille dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse : une synthèse bibliographique. DIREN-DB RMC, publication COGEPOMI RMC, 83p.

CRIVELLI A.J., AUPHAN N., CONTOURNET P., MENELLA J.Y., 2004. Étude de l'amélioration du recrutement en civelles de la lagune du Vaccarès. Campagne d'étude 2004, Association MRM, 20p.+annexes.

CRIVELLI A.J., AUPHAN N., CONTOURNET P., MENELLA J.Y., 2005. Étude de l'amélioration du recrutement en civelles de la lagune du Vaccarès. Campagne d'étude 2005, Association MRM, 20p.

CRIVELLI A.J., AUPHAN N., DELHOM J., CONTOURNET P., LEBEL I., 2006. Étude de l'amélioration du recrutement en civelles de la lagune du Vaccarès. Campagne d'étude 2006., Association MRM, 34p.

CRIVELLI A.J., VANEL N., CONTOURNET P., BLANC X., AUPHAN N., LEBEL I., 2007. Étude de l'amélioration du recrutement en civelles de la lagune du Vaccarès. Campagne d'étude 2007, Association MRM, 34p.

CRIVELLI A. J., AUPHAN N., CHAUVELON P., SANDOZ A., MENELLA J. Y., POIZAT G., 2008a. Glass eel recruitment, *Anguilla anguilla*, in a Mediterranean lagoon assessed by a glass eel trap : factors explaining the catches, *Hydrobiologia*, 602: 79-86.

CRIVELLI A.J., VANEL N., CONTOURNET P., BLANC X., AUPHAN N., LEBEL I., 2008. Étude de l'amélioration du recrutement en civelles de la lagune du Vaccarès - Campagne d'étude 2008., Association MRM, 34p.

CRIVELLI A.J., CAMPTON P., LEBEL I., LE GURUN L., CONTOURNET P., 2009. Étude du recrutement des civelles et de leur devenir dans l'Étang du Vaccarès. Campagne 2009., Association MRM, 39p.+ annexes.

CRIVELLI A.J., CAMPTON P., LEBEL I., LE GURUN L., CONTOURNET P., 2010. Étude du recrutement des civelles et de leur devenir dans l'Étang du Vaccarès. Campagne 2010., Association MRM, 45p.+ annexes.

CRIVELLI A.J., CAMPTON P., LEBEL I., LE GURUN L., CONTOURNET P., 2011. Étude du recrutement des civelles et de leur devenir dans l'Étang du Vaccarès. Campagne 2011., Association MRM, 55p.+ annexes

CRIVELLI A.J., RIVOALLAN D., LABEL I., CONTOURNET P., 2012. Étude du recrutement des civelles et de leur devenir dans l'Étang du Vaccarès. Campagne 2012, Cohorte 2011-2012. Association MRM, Station biologique de la Tour du Valat 51p+ annexes.

CRIVELLI A.J., RIVOALLAN D., LABEL I., CONTOURNET P., 2013. Étude du recrutement des civelles et de leur devenir dans l'Étang du Vaccarès. Campagne 2013, Cohorte 2011-2012. Association MRM, Station biologique de la Tour du Valat 41p+ annexes.

DEKKER W., 2003. Worldwide decline of eel resources necessitates immediate action. *Fisheries*, 28(12): 28-30.

DE LEO, G. A. & GATTO M., 1995. A size and age-structured model of the European eel (*Anguilla anguilla*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52: 1351-1367.

DESAUNAY Y., GUERRAULT D., 1997. Seasonal and long-term changes in biometrics of eel larvae: a possible relationship between recruitment variation and North Atlantic ecosystem productivity. *Journal of Fish Biology.*, 51 (supplément A) : 317-339.

EDELIN E., 2005. Facteurs de contrôle de la dispersion continentale chez l'anguille., Thèse Université de Toulouse II, 144p.

ELIE P., 1979. Contribution à l'étude des montées de civelles d'*Anguilla anguilla* dans l'estuaire de la Loire : pêche écologie, écophysiologie et élevage. Thèse de 3^{ème} cycle, 372p, Université de Rennes

ELIE P., 1998. Vie d'anguille. *Eaux libres*, 24 : 4-7

ELIE P., LECOMTE-FINIGER R., CANTRELLE I., CHARLON N., 1982. Définition des limites des différents stades pigmentaires durant la phase civelle d'*Anguilla anguilla* L. (poisson téléostéen anguilliforme)., *Vie et Milieu* 32: 149-157.

ELIE P. & RIGAUD C., 1984. Étude de la population d'anguilles de l'estuaire et du bassin versant de la Vilaine : pêche, biologie, écologie. Examen particulier de l'impact du barrage d'Arzal sur la migration anadrome. Rapport CEMAGREF, 174 p.

FINIGER, 1976. Contribution à l'étude biologique et écologique des civelles (*Anguilla anguilla* Linné 1758) lors de leur pénétration dans un étang méditerranéen. *Vie Milieu* 26: 123-144.

FONTAINE M. et CALLAMAND O., 1941. Sur l'hydrotropisme des civelles. *Bulletin de l'institut océanographique*, 811: 1-6.

FEUNTEUN E., ACOU A., GUILLOUET J., LAFAILLE P. LEGAULT A., 1998. Spatial distribution of an eel population (*Anguilla anguilla*) in a small coastal catchment of northern Brittany (France)., *Consequences of hydraulic works. Bulletin Français de Pêche et Pisciculture*, 349: 129-139.

FREYHOF J. & KOTTELAT M., 2008, *Anguilla anguilla*, in IUCN 2008. IUCN 2008 Red List of Threatened Species, www.iucnredlist.org

GEORGEON M., NICOLAS D., CRIVELLI A.J., CONTOURNET P., 2017. Étude du recrutement des civelles et de leur devenir dans l'étang du Vaccarès, Cohorte 2016-2017. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée, Fondation Tour du Valat. 46 p.+ Annexes

GEORGEON M., NICOLAS D., CRIVELLI A.J., CONTOURNET P., 2018. *Étude du recrutement des civelles et de leur devenir dans l'étang du Vaccarès, Cohorte 2015-2016*. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée, Fondation Tour du Valat. 45 p.+ Annexes

ICES. 2018. Report of the Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL), 5-12 September 2018, Gdańsk, Poland. ICES CM 2018/ACOM:15. 152p.

ICES *Advice 2008*, Book 9, 9.4.9, European eel.123-129.

IUCN, 2008. Red List of Threatened Species, www.iucnredlist.org

JELLYMAN D. et LAMBERT J. G. D., 2003. Factors affecting recruitment of glass eels into the Grey River, New Zealand. *Journal of Fish Biology*, 63: 1067-1079.

LAFAILLE P., CRAGUELJ.M. et LEGAULT A., 2007. Temporal patterns in the upstream migration of European glass eels (*Anguilla anguilla*) at the Couesnon estuarine dam. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*

LEGAULT A., 1988. Le franchissement des barrages par l'escalade de l'Anguille, Étude en Sèvre Niortaise, *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 308: 1-10.

LECOMTE-FINIGER R., 1994. The early life of the European eel. *Nature*, 370: 424 p.

MCCLEAVE J.D., 1993. Physical and behavioral control on the oceanic distribution and migration of leptocephali. *Journal of Fish Biology*, 43: 243-273

MCCLEAVE J.D., BRICKLEY P.J., O'BRIEN K.M., KISTNER D.A., WONG M.W., GALLAGHER M., WATSON S.M., 1998. Do leptocephali of the European eel swim to reach continental waters? Status of the question., *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 78, 285-306.

MEEDDM, 2010. Circulaire du 25 janvier 2010 relative à la mise en œuvre par l'État et ses établissements publics d'un plan pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau, 43p.

MELIA P, BEVACQUA D., CRIVELLI A.J., DE LES G. A., PANFILI J., GATTO M., 2006. Age and growth of *Anguilla anguilla* in the Camargue lagoons. *Journal of Fish Biology* 68, 876-890.

MUCHIUT S., GALLET F., AUBIN D., BARANGER L., LE BIHAN V., PERREAUDEAU Y., 2002. Principaux facteurs à prendre en compte pour une meilleure gestion de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*). Rapport Observatoire des pêches et des cultures marines du golfe de Gascogne, Aglia edition, 82p.

NAISMITH I.A., KNIGHTS B., 1990. Studies of sampling methods and of techniques for estimating populations of eels, *Anguilla anguilla*. *Aquaculture and Fisheries Management*, 21: 357-367.

PANFILI J., 1993. Estimation de l'âge individuel des poissons : méthodologies et applications à des populations naturelles tropicales et tempérées. ORSTOM, Travaux et Documents Microédités n° 112, 456p.

PANFILI J., XIMENES M.C., 1994. Évaluation de l'âge et de la croissance de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) en milieu continental : méthodologie, validation, application en Méditerranée et comparaison en Europe. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 335 : 43-66.

PORCHER J.P., 1992. Les passes à Anguilles, Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 326-327: 134-142.

TESCH F.W., 1977. The eel. Biology and management of anguillid eels. London, Chapman & Hall. 434 p.

TESCH F.W., NIERMANN U., PLAGA A., 1986. Differences in development stage and stock density of larval *Anguilla anguilla* off the west coast of Europe. Vie et Milieu, 36: 255-260.

TESCH F.W., NIERMANN U., 1992. Stock density of eel larvae (*Anguilla anguilla*) on the European continental slope, based on collections made between 1985 and 1989. Ir. Fish. Invest. (Ser. A), 36: 110-113.

TESCH F.W., 1998. Age and growth rates of North Atlantic eel larvae (*Anguilla ssp.*), based on published length data. Helgoländer Meeresunters., 52: 75-83.

TESCH F.W., WEGNER G., 1990. The distribution of small larvae of *Anguilla* Sp. Related to hydrographic conditions between Bermuda and Puerto Rico, Internationale revue der gesamten Hydrobiologie, 6 :845-858.

TZENG W.N., CHENG P.W., LIN F.Y., 1995. Relative abundance, sex ratio and population structure of the Japanese eel *Anguilla japonica* in the Tanshui River system of northern Taiwan., Journal of Fish Biology, 46: 183-201.

WESTERBERG H., 1979. Counter-current orientation in the migration of the European eel. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer, 174 : 134-143.

WILSON J. M., REIS-SANTO P., FONSECA A. V., ANTUNES C., BOUCA P. D. et J. C., 2007. Seasonal change in ionoregulatory variables of the glass eel *Anguilla anguilla* following estuarine entry: comparison with resident elvers. Journal of Fish Biology, 70: 1239-1253.

WIRTH T., BERNATCHEZ L., 2001. Genetic evidence against panmixia in the European eel. Nature, Vol.409, 6823, 1037-1040.

XIMENESM.C., 1986. L'anguille européenne en Méditerranée française. Aspects écobiologiques et halieutiques. Cemagref Montpellier, rapport, 166p.

XIMENES M.C., LE CORRE G., LECOMTE-FINIGER R., MALLAWA R., SAGLIOCCO M., 1986. L'anguille en Méditerranée française. Aspects écobiologiques et halieutiques. Rapport CEMAGREF, Secrétariat d'État de la Mer, 99p + annexes.

Table des figures

Figure 1 : Cycle de vie de l'Anguille (MRM)	8
Figure 2 : Leptocéphale (cpie authie).....	9
Figure 3 : Civelles (MRM)	9
Figure 4 : Anguilllette (MRM)	9
Figure 5 : Anguille argentée (MRM)	10
Figure 6 : Civelles en reptation sur une paroi rugueuse (MRM)	11
Figure 7 : Différentes menaces agissant sur l'Anguille	13
Figure 8 : Évolution des tonnages et des CPUE de civelles des pêcheurs professionnels et amateurs sur le bassin de la Gironde de 1978 à 2007 (source CEMAGREF in ICES 2011).....	14
Figure 9 : Localisation des stations des sites index par unité de gestion Anguille en France (ONEMA)	15
Figure 10 : Delta de Camargue et localisation du grau de la Fourcade	16
Figure 11 : Vannes coulissantes du pertuis de la Fourcade (MRM)	17
Figure 12 : Station de l'Éolienne (MRM).....	18
Figure 13 : Localisation de la passe-piège à civelles (MRM, GEOPORTAIL)	19
Figure 14 : Local de la passe et bac de captures (MRM)	20
Figure 15 : Localisation des sites d'échantillonnage sur les étangs du Vaccarès et des Impériaux (MRM)	23
Figure 16 : Nombre de captures mensuelles observées.....	24
Figure 17 : Nombre de captures journalières de civelles estimées au cours du suivi 2018-2019	24
Figure 18 : Évolution du débit du Rhône et du vent (direction et intensité) au cours du suivi 2018-2019 confronté aux captures journalières.....	26
Figure 19 : Illustration du panache du Rhône et de la salinité de la Méditerranée en fonction du débit et du vent (Prévimer)	26
Figure 20 : Précipitations mensuelles de la période de suivi confrontée aux valeurs moyennes (Source SNPN).....	27
Figure 21 : Évolution de la surcote de l'étang en fonction du vent et des précipitations au cours de la saison 2018-2019	28
Figure 22 : Proportions mensuelles d'ouverture du pertuis (Source PNR Camargue).....	28
Figure 23 : Bilan hydrologique mensuel du pertuis de la Fourcade durant la saison 2018-2019 (Sources : SNPN, Tour du Valat).....	29
Figure 24 : Estimation des volumes moyens journaliers transitant au sein du pertuis au cours de la saison 2018-2019	29
Figure 25 : Évolution de la salinité moyenne mensuelle au sein du Malagroy (SNPN Réserve Naturelle Nationale de Camargue)	30

Figure 26 : Évolution de la température et du vent comparés à l'évolution des captures journalières au cours du suivi 2018-2019	31
Figure 27 : Captures journalières par gamme de température en 2018-2019	31
Figure 28 : Corrélation entre volumes sortants du pertuis et vitesses d'écoulement	32
Figure 29 : Corrélation entre le fonctionnement des pompes et le maximum de captures observé à la passe en 2015.....	32
Figure 30 : Évolution des captures journalières confrontée au fonctionnement horaire des pompes de la station de l'Éolienne	33
Figure 31 : Résultats des échantillonnages au filet réalisés sur la saison 2018-2019 en amont du pertuis de la Fourcade	33
Figure 32 : Comparaison des CPUE (Captures par Unité d'Effort) des civelles capturées via le filet et la passe-piège pour la saison 2018-2019	34
Figure 33 : Évolution des stades pigmentaires des individus capturés à la passe-piège au cours du suivi 2018-2019	35
Figure 34 : Évolution des stades pigmentaires des individus capturés au filet au cours du suivi 2018-2019	35
Figure 35 : Structure en tailles (A) et poids (B) de la cohorte 2018-2019.....	35
Figure 36 : Évolution de la taille moyenne, du poids moyen (A) et de l'indice de condition moyen mensuels (B)des civelles capturées à la passe-piège	36
Figure 37 : Comparaison du nombre de jours de suivi sur la période 2004-2019	38
Figure 38 : Évolution du nombre de captures saisonnières depuis 2004	39
Figure 39 : Évolution de l'indice de recrutement et des captures de civelles sur les sites d'Arzal et du Vaccarès depuis 2004.....	40
Figure 40 : Comparaison des flux migratoires des différentes cohortes depuis 2004.....	41
Figure 41 : Cumul des captures mensuelles depuis 2004	42
Figure 42 : Évolution des tailles moyennes mensuelles depuis 2004	42
Figure 43 : Pourcentage de relèves de filets valides par an et par station par rapport au nombre total de relèves théoriquement attendues pour les mois d'avril à juin et de septembre à novembre pour la capétchade et les mois de février à avril pour les 3 filets à civelles (F_alevin 1_2, 3_4 et 7_8), depuis 1996. Seules les relèves avec captures sont disponibles dans la base pour les années 1993-1995.	43
Figure 44 : Boxplot représentant l'effort de pêche (le temps de pose d'un filet entre chaque visite) par filet et par année à la station de la Capelière. La capétchade 1-2-3 correspond à la capétchade de 6mm de maille et les 3 filets à alevins aux filets à civelles de 1.5mm de maille).	44

Figure 45 : Nombre total de civelles recrutées dans le système Vaccarès par année estimé à partir d'un modèle de capture-recapture réalisé entre 2004 à 2006 et basé sur les captures de civelles à la Capelière de Février à Avril de 1993 à 2018 (données Tour du Valat) 45

Figure 46 : A gauche, comparaison interannuelle des captures totales effectuées à la passe à civelles au grau de la Fourcade de Janvier à Avril (données MRM) et des estimations du nombre total de civelles obtenu à la Capelière entre Février et Avril (données Tour du Valat). Les années 2011 et 2012 où la passe à civelles n'a pas fonctionné pendant les mois de Janvier à Avril ont été otées. A droite, relation linéaire entre les captures log-transformées de la passe-piège et celle de la Capelière. 46

Figure 47 : Captures par unité d'effort en nombre (A, CPUE) et en biomasse (B, BPUE) d'une capétchade sur six mois de l'année (avril-juin et septembre-novembre) de 1993 à 2018 à la station de la Capelière. Les données sont log-transformées et moyennées par mois puis par année. La moyenne interannuelle est indiquée en rouge pointillé. Les intervalles de confiance en gris ont été calculés par une méthode de ré-échantillonnage bootstrap (Données Tour du Valat)..... 47

Figure 48 : Relation entre la taille et le poids des anguilles capturées à la Capelière entre 2008 et 2017 (données Tour du Valat) 47

Figure 49 : Barplot représentant la proportion relative des différents stades d'anguilles identifiés par an obtenu dans la capétchade à la Capelière pour 6 mois de l'année (avril-juin et septembre-novembre). A partir de 1997, le diamètre des yeux est réalisé et permet de calculer l'indice de Pankhurst pour différencier les anguilles jaunes des anguilles argentées. A partir de 2008, la longueur de la nageoire pectorale est également mesurée, ce qui permet d'appliquer l'indice d'EELREP (données Tour du Valat). La proportion des individus avec des mesures complètes (taille, poids, diamètres des yeux et longueurs de la pectorale pour les individus supérieurs à 30 cm à partir de 2008) par rapport au nombre total de captures par an est indiqué en haut de chaque barre..... 48

Figure 50 : Distribution en tailles des anguilles, (A) des stades anguillettes à argentées et (B) des stades jaunes à argentées (supérieures ou égales à 300mm), capturées à la Capelière avec la capétchade depuis 2008 (données Tour du Valat). 49

Figure 51 : Relation entre L100 et la dimension des mailles rigides (Ximenes, 1986 ; Baisez, 2001) ou en filet (Adam, 1997 ; Naismith et Knight, 1990), Source : Rigaud et Lafaille 2008..... 49

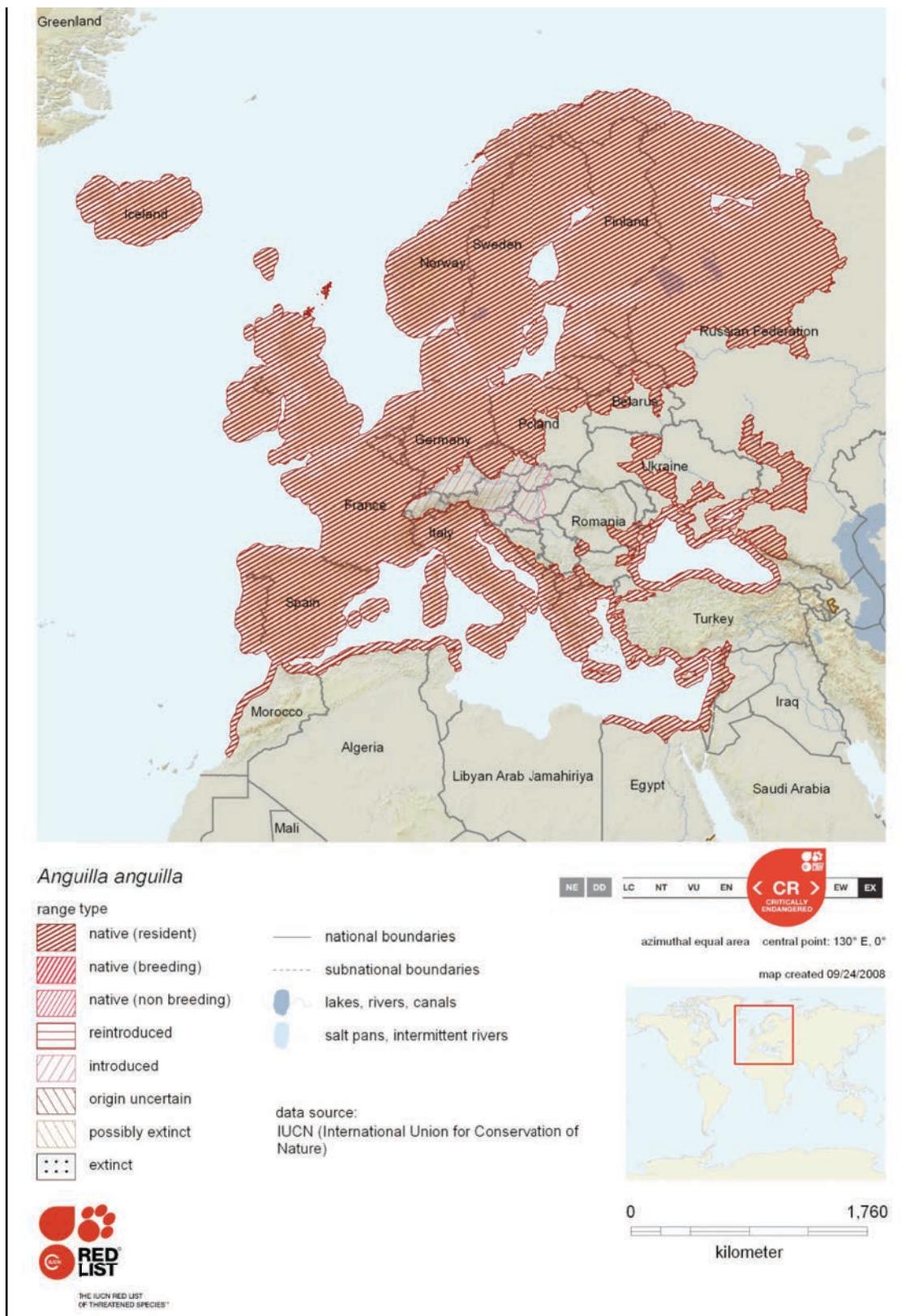
Table des Tableaux

Tableau 1 : Nombre d'individus analysés chaque mois à la passe-piège lors de la campagne 2018-2019	34
Tableau 2 : Caractéristiques des sessions de marquage réalisées pour la saison 2018-2019	37

Table des Annexes

Annexe 1 : AIRE DE REPARTITION DE L'ANGUILLE EUROPEENNE (ANGUILLA ANGUILLA)	62
Annexe 2 : DESCRIPTION SOMMAIRE DES STADES PIGMENTAIRES DE LA CIVELLE (BRIAND ET AL, 2005)	63
Annexe 3 : SCHEMA D'UNE CAPETCHADE (MRM)	64
Annexe 4 : Compte -rendus des réunions de la CEDE du 11/09/2018, 29/11/2018 et 5/02/2019...	65

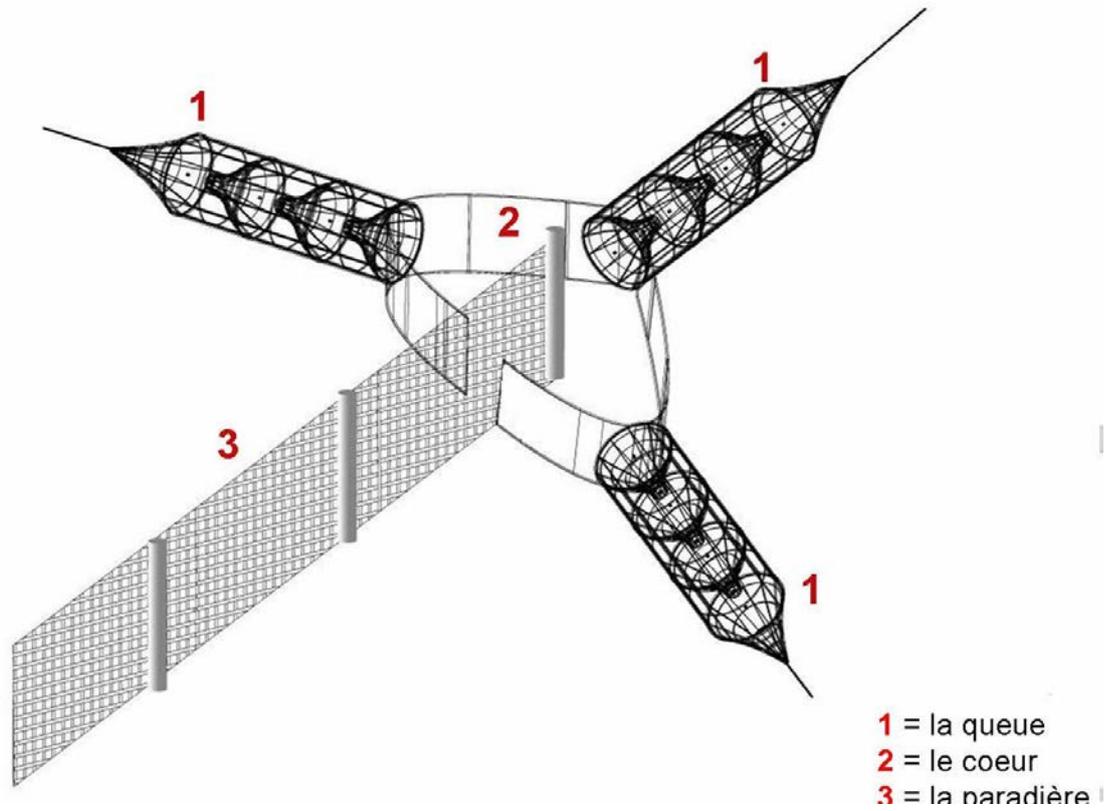
Annexe 1 : AIRE DE REPARTITION DE L'ANGUILLE EUROPEENNE (ANGUILLA ANGUILLA)



Annexe 2 : DESCRIPTION SOMMAIRE DES STADES PIGMENTAIRES DE LA CIVELLE (BRIAND ET AL, 2005)

Stades pigmentaires	Description
VA	apparition des 1 ^{er} pigments sur la caudale de la civelle
VB	Progression de la pigmentation le long du corps
VIA0	Progression de la pigmentation derrière la tête
VIA1	Pigmentation dorso-latérale
VIA2	Pigmentation dorso-latérale plus développée
VIA3	Pigmentation dorso-latérale complète mais absence au niveau ventro-latéral
VIA4	Développement au niveau ventro-latéral
VIB	Distribution indistincte des pigments le long du corps
VII	Développement généralisé des cellules à pigments jaune

Annexe 3 : SCHEMA D'UNE CAPETCHADE (MRM)



Annexe 4 : Compte -rendus des réunions de la CEDE du 11/09/2018, 29/11/2018 et 5/02/2019



**Relevé de décisions de la réunion de C.E.D.E.
du mardi 11 septembre 2018
Etang des Aulnes - St-Martin-de-Crau**

ALLEGRE Lionel	CD 13
BENOIT Jean-Claude	Prud'homie de Martigues
BOUSTRON Olivier	Tour du Valat
CHERAIN Yves	SNPN / Réserve de Camargue
DALLE Léa	DDTM 13
DERVIEUX Alain	DESMID (ESPACE CNRS - AMU)
GHIONE Dominique	CD 13
GRANIER Marie	Parc naturel régional de Camargue
JACOB Caroline	DDTM 13
LUNA-LAURENT Emilie	Tour du Valat
MARCOS Claire	SMGAS Pays d'Arles
RAVIOL Pierre	SMGAS Pays d'Arles

Excusés :

DE PARIS Céline	SYMADREM
HENAULT Isabelle	Mairie des Saintes-Maries-de-la-Mer
LAMBREMON Jordane	MRM
MARTIN Aline	Ville d'Arles

Point 1 : État de la situation et préconisation de gestion

Ouverture du pertuis de la Fourcade :

Sur 17 semaines écoulées du 14 mai au 9 septembre 2018, le pertuis a été ouvert comme suit :

7 ou 4 vannes	3 jours (hors consignes)
3 vannes	2 heures
2 vannes	28 jours
1 vanne	7 jours (2 pour poissons, 5 hors consignes)
0 vanne	80 jours

Au début du mois de juillet, la consigne d'ouverture de 7 vannes en cas de flux sortant a été supprimée pour ne maintenir que la consigne d'ouverture de 2 vannes pour un différentiel situé entre -10 et +10 cm.

Début août, il a été précisé à la commune des Stes-Maries-de-la-Mer que l'agent responsable des manipulations pouvait, en cas d'observation de poissons en souffrance en amont de l'ouvrage, procéder à l'ouverture d'une vanne (sur des plages de temps limitées et de préférence lorsque la différence de niveau entre mer et étang est peu importante). De telles ouvertures ont été pratiquées à partir de la fin du mois d'août.

Par ailleurs, des ouvertures intempestives hors consignes (une, quatre ou sept vannes) ont été constatées à huit reprises entre le 13 juillet et le 6 septembre.

Éléments hydrologiques (Tour du Valat – détails en annexe 2) :

Sur la période de juin à août 2018, l'évaporation a été équivalente aux moyennes. Le point à noter sur les précipitations de ces trois mois est que le cumul du mois d'août a représenté le double de la moyenne de ce mois.

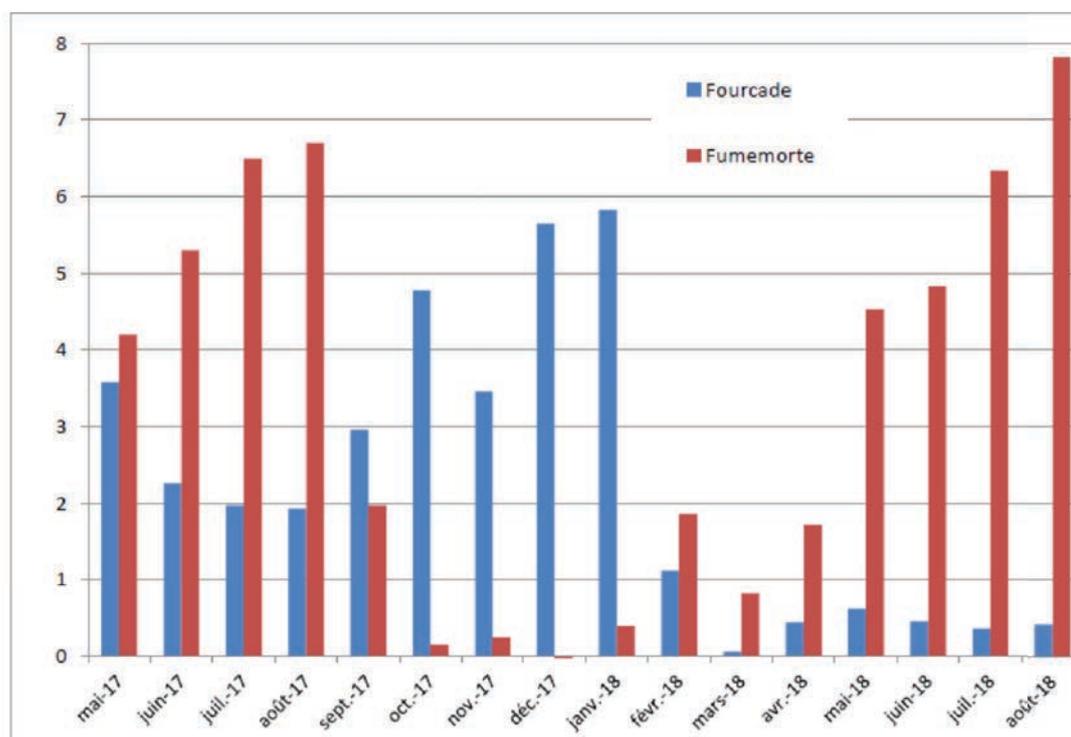
Le bilan au niveau du pertuis de la Fourcade est en faveur des entrées d'eau de mer mais peu importantes (environ 1,2 millions de m³ sur la période considérée) du fait des ouvertures limitées de l'ouvrage.

Le canal de Fumemorte a quant à lui apporté près de 20 millions de m³ au système Vaccarès. Il est précisé que le débitmètre du canal de Fumemorte a connu un dysfonctionnement au mois de juillet, ayant probablement légèrement faussé les calculs de volumes.

Marie Granier complète l'information sur les apports au système lagunaire avec une synthèse des volumes entrés via le pertuis et le canal de Fumemorte depuis mai 2017 (voir ci-dessous).

Volume total sur la période :

Fourcade : 35,9 Mm³ Fumemorte : 53,3 Mm³



Lionel Allegre informe les membres que la pompe des Cinq gorges a été vandalisée fin mai et que les apports d'eau aux Impériaux ont été stoppés à cette date.

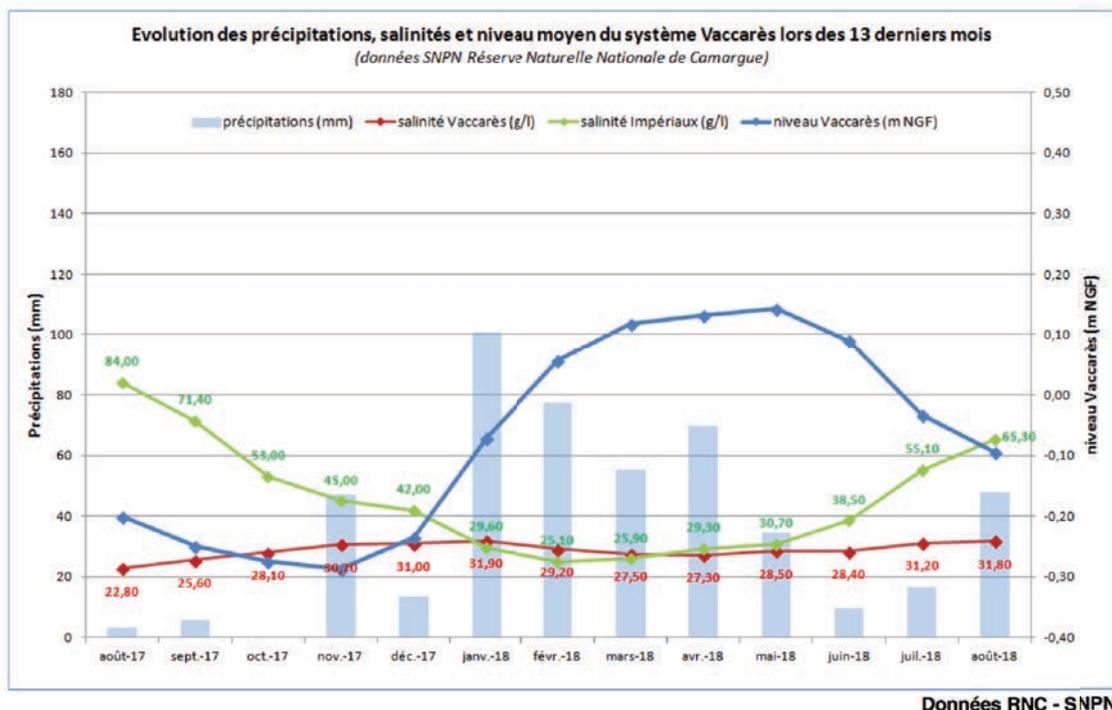
Suivis de la Réserve de Camargue :

Le niveau moyen des étangs présente une nette baisse sur la période considérée du fait d'une évaporation intense à cette saison.

Les salinités sont quasi stables dans le Vaccarès mais augmentent considérablement dans les étangs inférieurs par effet de concentration du à l'évaporation (phénomène limité en août par les précipitations supérieures à la moyenne).

Le stock de sel de l'ensemble est stable aux environs de 3,4 millions de tonnes, dépassant le maximum de 3 millions de tonnes défini comme acceptable.

Par rapport aux valeurs observées en août sur la période de référence (depuis 1951 pour le niveau, depuis 1970 pour la salinité), le niveau moyen du Vaccarès est supérieur de 7 cm à la moyenne et sa salinité est supérieure de 16,8 g/l à la moyenne d'août. Il s'agit de la deuxième plus forte salinité relevée en août depuis près de 50 ans (après août 1984 : 35 g/l, mais avec un niveau bien plus faible).



Les préconisations de gestion du pertuis de la Fourcade sont établies avec les objectifs de :

- limiter les entrées d'eau de mer pour stabiliser le stock de sel du système,
- maintenir, pour de faibles différences de niveau, une connexion biologique entre mer et étangs (2 vannes),
- viser une remontée des niveaux avant de favoriser les sorties d'eau vers la mer pour exporter du sel

Préconisations de gestion du pertuis de la Fourcade (voir diagrammes en annexe) :

Jusqu'à atteinte du niveau zéro NGF (par temps calme)

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| $\Delta H > 10$ | toutes vannes fermées |
| $-10 < \Delta H < 10$ | 2 vannes ouvertes |
| $\Delta H < -10$ | toutes vannes fermées |

$\Delta H = \text{niveau étang} - \text{niveau mer}$

Après atteinte du niveau zéro coté étangs (par temps calme)

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| $\Delta H > 10$ | 7 vannes ouvertes |
| $-10 < \Delta H < 10$ | 2 vannes ouvertes |
| $\Delta H < -10$ | toutes vannes fermées |

De plus, afin de favoriser les apports d'eau douce via la reconnexion du bassin versant au système Vaccarès, l'ASCO Corrège Camargue Major sera autorisée à procéder, à partir du 1^{er}

octobre, à l'ouverture des clapets de Rousty si les niveaux le permettent et à l'ouverture du « shunt » de Roquemaure lors des mises en charge du réseau par les précipitations.

Point 2 : questions diverses

- Claire Marcos informe les membres de la réalisation, à partir de janvier 2019, d'un schéma directeur sur le bassin de Fumemorte. Ce schéma sera élaboré en s'appuyant sur un comité de pilotage auquel des membres de la CEDE seront associés.
- Lionel Allegre apporte l'information de la réalisation courant septembre d'inventaires en kayak par le Conservatoire Botanique National méditerranéen.

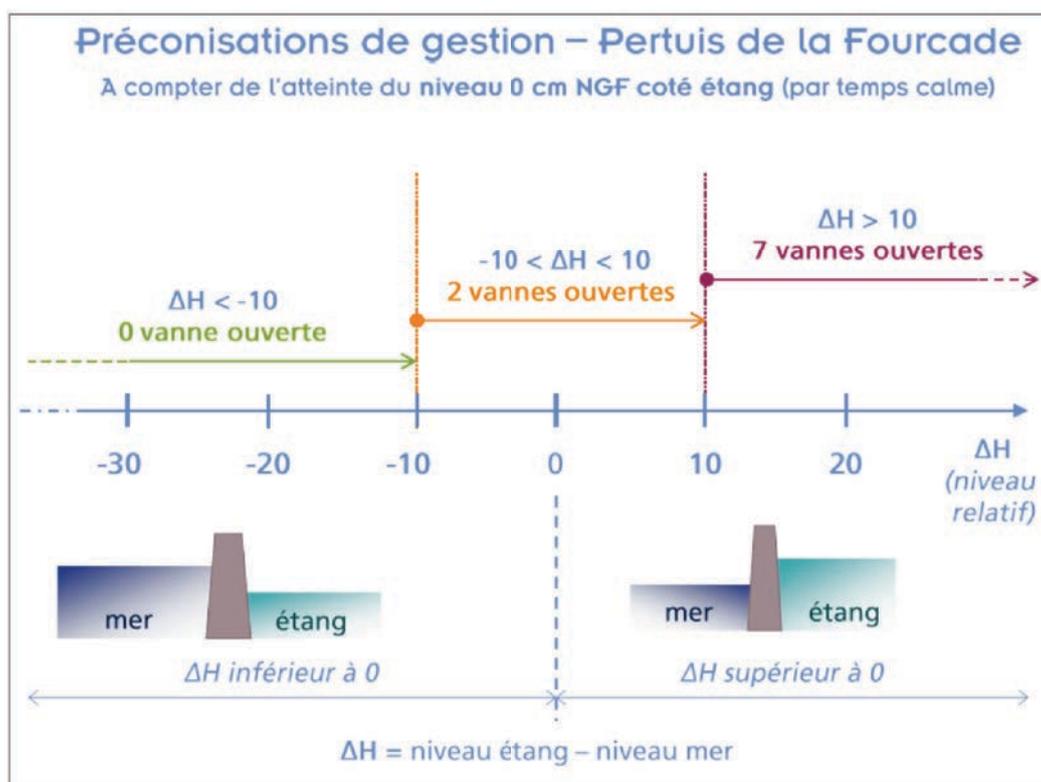
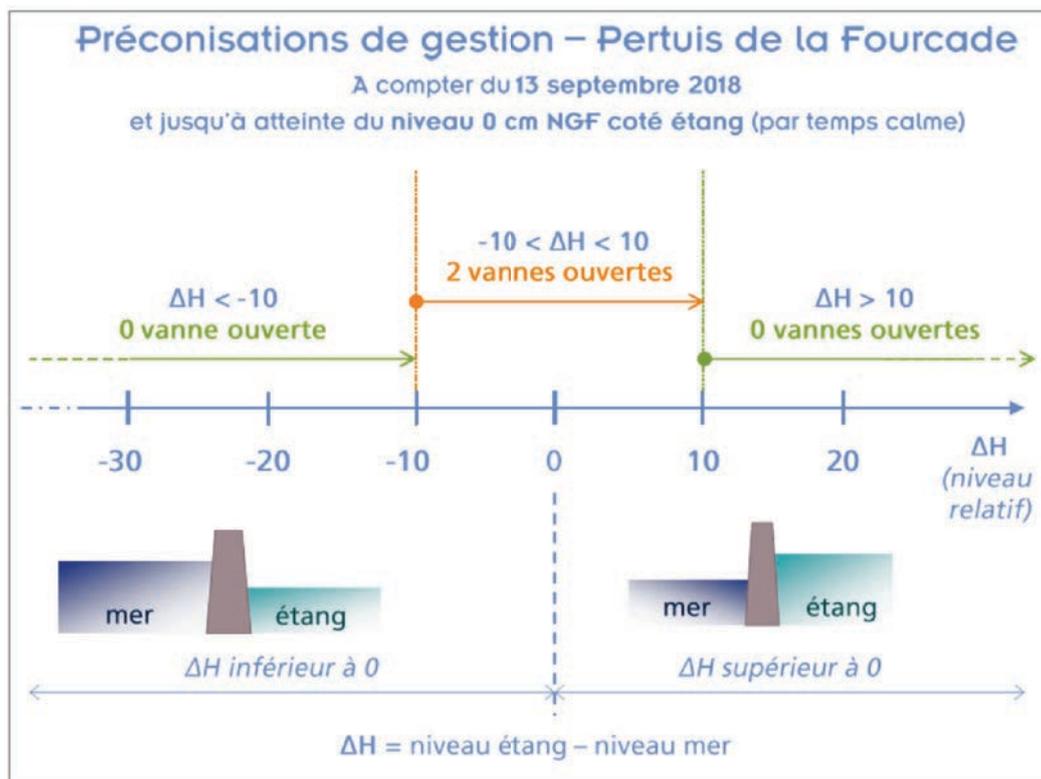
La prochaine réunion de la CEDE est fixée le jeudi 29 novembre 2018 à 14 heures 30,
Au Mas du Pont de Rousty (siège du Parc naturel régional de Camargue).

Ce relevé de décision ne fait état que des points principaux abordés lors de la réunion. Pour toute information, demande de modification ou de transmission de documents vous pouvez contacter :

Marie Granier, Chargée de mission « Eau et milieux aquatiques »
Parc naturel régional de Camargue / 04 90 97 19 26 / eau@parc-camargue.fr

Documents joints :

- préconisations de gestion du 11 septembre 2018 (1 page)
- éléments hydrologiques sur les mois de juin à août 2018 - Tour du Valat (6 pages)





**Relevé de décisions de la réunion de C.E.D.E.
du jeudi 29 novembre 2018
Parc de Camargue - Mas du Pont de Rousty**

ALLEGRE Lionel	CD 13
BENOIT Jean-Claude	Prud'homme de Martigues
CHERAIN Yves	SNPN / Réserve de Camargue
DALLE Léa	DDTM 13
DERVIEUX Alain	DESMID (ESPACE CNRS - AMU)
GRANIER Marie	Parc naturel régional de Camargue
HENAULT Isabelle	Commune des Stes-Maries-de-la-Mer / PNRC
JACOB Caroline	DDTM 13
LAMBREMON Jordane	MRM
LUNA-LAURENT Emilie	Tour du Valat
MARCOS Claire	SMGAS Pays d'Arles
MIGNE Emmanuelle	SNPN / Réserve de Camargue
POMBO Pascal	Pêcheur
RIVOALLAN Damien	MRM

Excusés :
DE PARIS Céline

SYMADREM

Point 1 : État de la situation et préconisation de gestion

Ouverture du pertuis de la Fourcade :

Suite aux précipitations conséquentes du mois d'octobre et du début du mois de novembre, le niveau moyen du système Vaccarès s'est retrouvé proche de + 15 cm le 8 novembre (connées Réserve de Camargue). Aussi, en application des décisions de la CEDE du 11 septembre, les consignes de gestion du pertuis ont été modifiées pour favoriser les sorties vers la mer, en préconisant l'ouverture de 7 vannes pour un différentiel supérieur à 10 cm.

Sur 11 semaines écoulées du 10 septembre au 25 novembre 2018, le pertuis a été ouvert comme suit :

6 vannes	1 jour (intempestif)
3 vannes	quelques heures (poissons)
1 ou 2 vannes	15 reprises (1 intempestif, 14 pour poissons)
0 vanne	60 jours

De plus, suite à l'autorisation faite à l'ASCO Corrège Camargue Major de procéder, à partir du 1er octobre, à l'ouverture de ses ouvrages pour favoriser les apports d'eau douce au système Vaccarès :

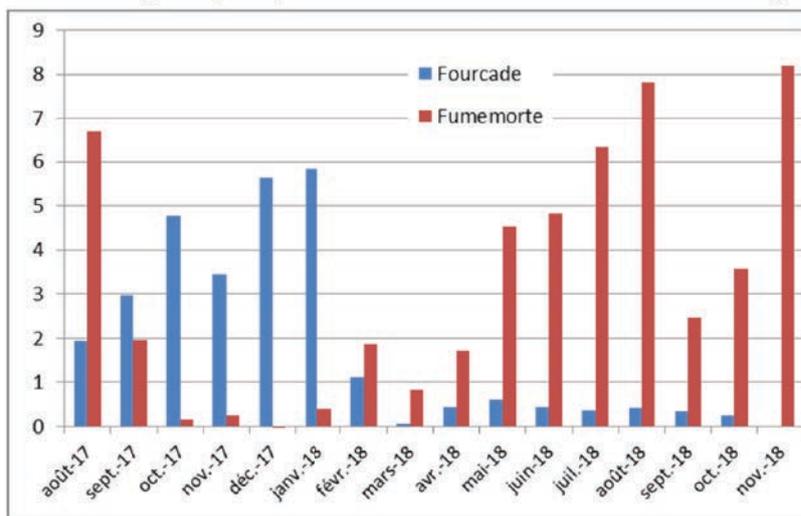
- les clapets de Rousty ont été ouverts à 4 reprises, pour un total de 10 jours au mois d'octobre et 1 jour en novembre : du 8 au 11, les 16 et 17, du 23 au 26 octobre et le 20 novembre.
- une vanne du « shunt » de Roquemaure est ouverte depuis les pluies de début octobre.

Éléments hydrologiques (Tour du Valat – détails en annexe 2) :

Sur la période de septembre à novembre 2018 les points importants à noter sont :

- l'importance des précipitations, largement supérieures à la moyenne à partir du mois d'octobre,
- en conséquence, les apports considérables à l'étang du Vaccarès via le canal de Fumemorte (drainage pluvial) ; pour le mois de novembre 2018 ces volumes sont équivalents voire supérieurs aux eaux agricoles drainées en août (voir synthèse ci-dessous),
- le bilan au niveau du pertuis légèrement en faveur des entrées d'eau de mer (environ 0,6 millions de m³ sur la période), liées aux ouvertures autorisées pour « soulager » les poissons en amont du pertuis.

Bilans totaux des volumes apportés par le pertuis de la Fourcade et le canal de Fumemorte au système Vaccarès



Suivis de la Réserve de Camargue :

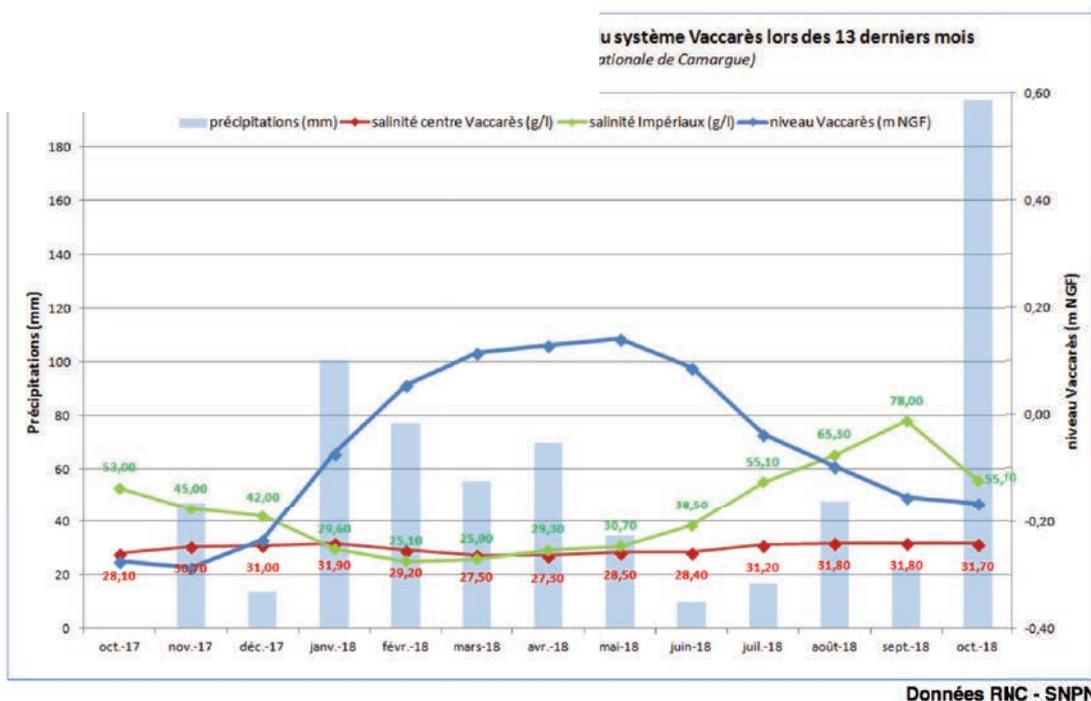
Les mois d'octobre et de novembre ont connu des précipitations très fortes, d'abord sans effets sur les niveaux des étangs du fait des faibles niveaux des nappes. Les remontées de niveaux ont été visibles et très marquées en novembre.

Logiquement par effet de dilution, les salinités (relevées en milieu de mois de novembre) sont largement en baisse dans le Vaccarès et les Impériaux. Néanmoins le stock de sel du système Vaccarès est relativement stable (et même en légère augmentation) aux environs de 3,6 millions de tonnes.

(graphique de synthèse page suivante)

Suivi de la passe à civelles (MRM) :

La passe-piège à civelles au pertuis de la Fourcade a été mise en route le 9 octobre. Les prises effectuées depuis cette date ont été très faibles (une centaine d'individus).



Les préconisations de gestion du pertuis de la Fourcade sont établies avec les objectifs de :

- favoriser les sorties d'eau vers la mer pour exporter du sel et pour assurer une baisse des niveaux garantissant une marge pour la sécurité des personnes et des biens,
- maintenir, pour de faibles différences de niveau, une connexion biologique entre mer et étangs.

Préconisations de gestion du pertuis de la Fourcade (voir diagrammes en annexe) :

Jusqu'à atteinte du niveau +15 cm NGF (par temps calme)

$\Delta H > 10$	7 vannes ouvertes
$-10 < \Delta H < 10$	2 vannes ouvertes
$\Delta H < -10$	toutes vannes fermées

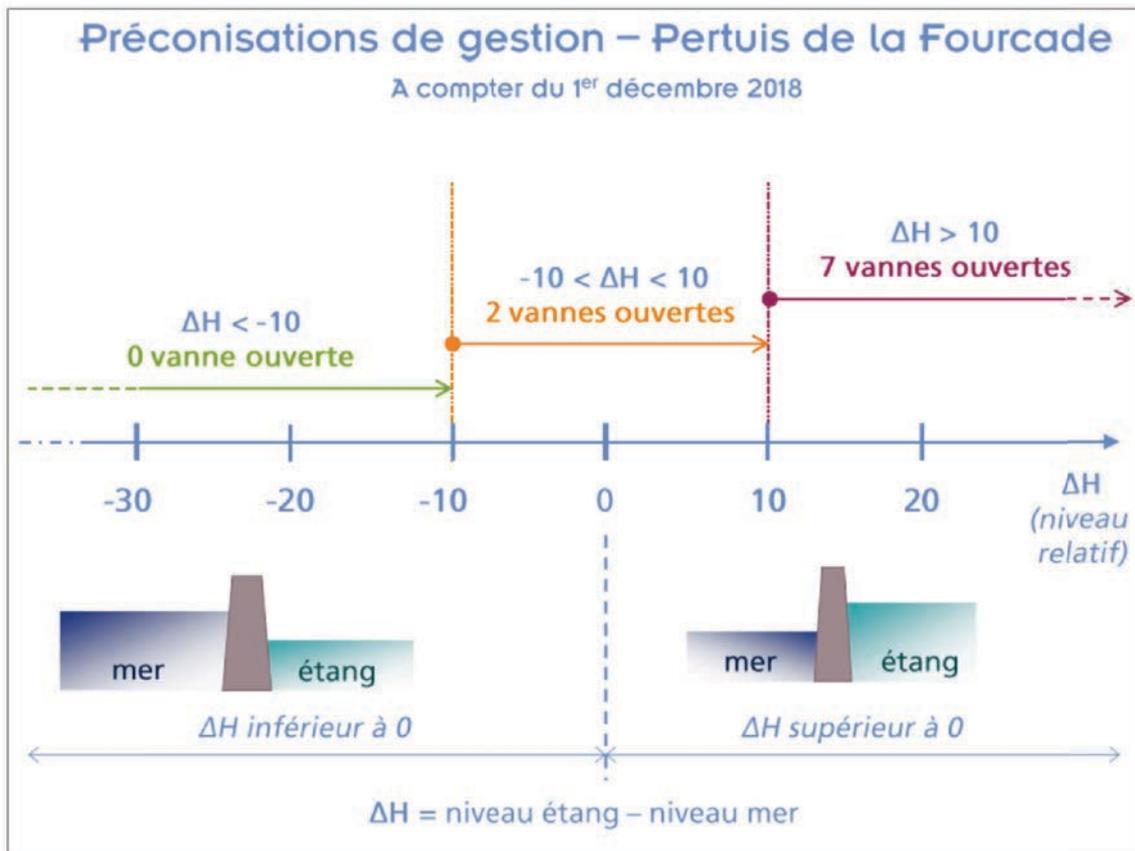
ΔH = niveau étang - niveau mer

De plus, afin de favoriser les apports d'eau douce via la reconnexion du bassin versant au système Vaccarès, la CEDE reconduit l'autorisation donnée à l'ASCO Corrèges Camargue Major de procéder à l'ouverture des clapets de Rousty si les niveaux le permettent et à l'ouverture du « shunt » de Roquemaure lors des mises en charge du réseau par les précipitations.

Point 2 : questions diverses

Des échanges ont lieu suite à l'épisode de mortalité de poissons dans les étangs survenu au mois d'octobre. Il est rappelé que la commune était autorisée à procéder à des ouvertures ponctuelles en cas de constat de poissons « en souffrance » en amont de l'ouvrage, ce qui a été fait à maintes reprises à partir de la mi-septembre.

Dans de tels cas, il reste préférable que les manipulations soient réalisées par un agent communal et consignées dans les relevés de gestion de l'ouvrage. Un membre de la Commission ou un tiers qui constaterait une nécessité peut contacter la Mairie des Saintes-Maries-de-la-Mer (Mme Henault ou services techniques) ou le Parc de Camargue.





**Relevé de décisions de la réunion de C.E.D.E.
du mardi 5 février 2019
Locaux du SMGAS du Pays d'Arles**

ALLEGRE Lionel	CD 13
BENOIT Jean-Claude	Prud'homie de Martigues
BERTRAND Stéphanie	CD 13
DALLE Léa	DDTM 13
DERVIEUX Alain	DESMID (ESPACE CNRS - AMU)
GRANIER Marie	Parc naturel régional de Camargue
LAMBREMON Jordane	MRM
MARCOS Claire	SMGAS Pays d'Arles
RAVIOL Pierre	SMGAS Pays d'Arles
VANDEWALLE Philippe	SNPN / Réserve de Camargue

Excusés :

BOUSTRON Olivier	Tour du Valat
CESARI Marion	SYMADREM
LUNA-LAURENT Emilie	Tour du Valat

Point 1 : État de la situation et préconisation de gestion

Ouverture du pertuis de la Fourcade :

Suite au long épisode de vent fort qui s'est produit de fin décembre 2018 à quasiment fin janvier 2019, et afin de réguler les sorties d'eau pour pouvoir les maintenir plus longuement, les consignes ont été modifiées à deux reprises. Pour un différentiel supérieur à 10 cm (sorties d'eau), la consigne d'ouvertures est passée de 7 vannes (CEDE du 29 novembre) à 5 vannes (le 4 janvier) puis à 2 vannes (le 14 janvier).

Sur les 10 semaines écoulées du 26 novembre 2018 au 3 février 2019, le pertuis a été ouvert comme suit :

7 vannes	18 jours
5 vannes	6 jours
2 vannes	19 jours
0 vanne	27 jours

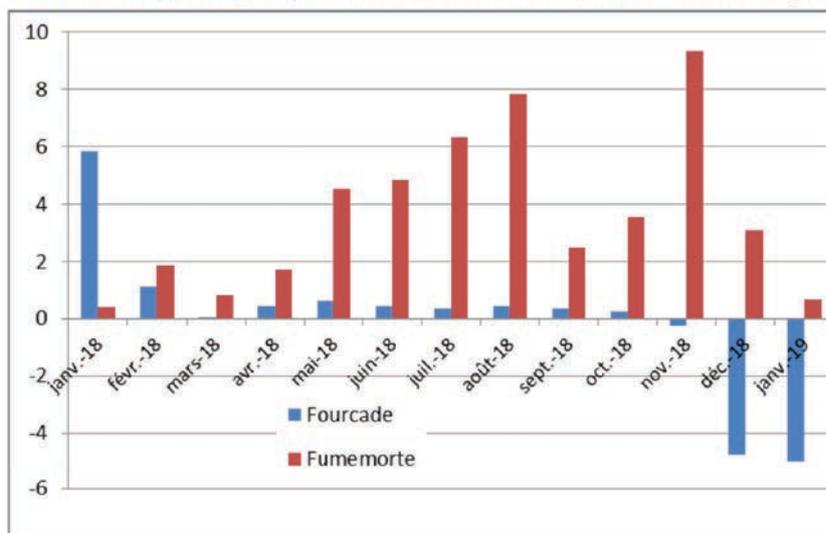
De plus, la pompe des Cinq gorges a été mise en service le 14 janvier 2019 (niveau de l'étang de Consécanière à +10 cm) mais arrêtée ensuite pour cause de panne.

Éléments hydrologiques (Tour du Valat – détails en annexe 2) :

Sur la période de novembre 2018 à janvier 2019 les points importants à noter sont :

- concernant les précipitations, un mois de novembre largement supérieur à la moyenne (le double) suivi de décembre et janvier très inférieurs aux moyennes,
- en conséquence, les apports à l'étang du Vaccarès via le canal de Fumemorte (drainage pluvial) sont importants pour les mois de novembre et décembre 2018,
- le bilan au niveau du pertuis très largement en faveur des sorties d'eau pour décembre 2018 et janvier 2019.

Bilans totaux des volumes apportés par le pertuis de la Fourcade et le canal de Fumemorte au système Vaccarès



Suivis de la Réserve de Camargue : (graphique de synthèse page suivante)

L'année 2018, avec un total d'un peu plus de 800 mm de pluie, a constitué une année clairement humide (même ordre de grandeur que l'année 2014).

En conséquence, le niveau du Vaccarès était de +32 cm à la fin décembre 2018. Au moment de la réunion et grâce aux sorties d'eau, il était redescendu autour de +17 cm.

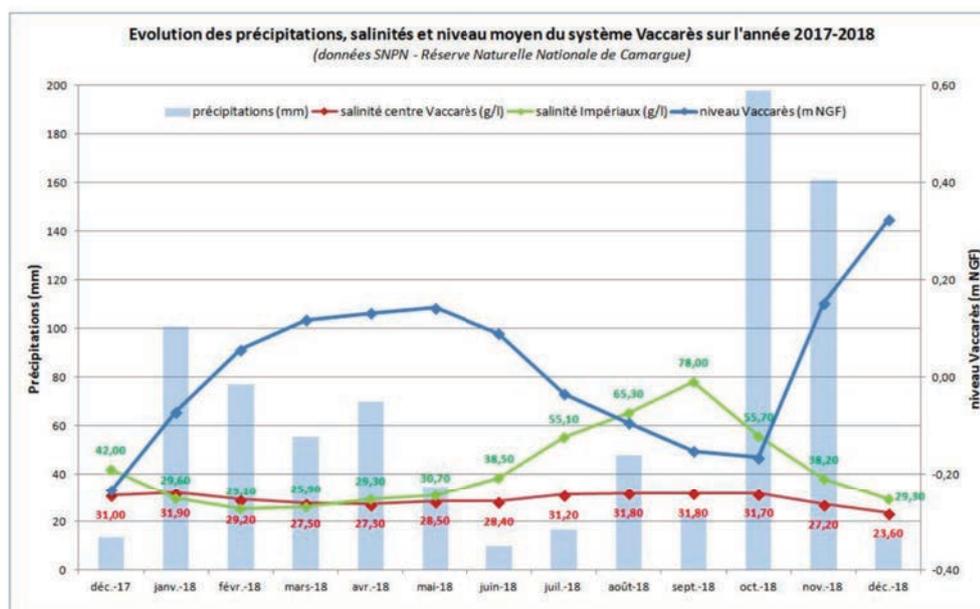
Cette situation a également permis une forte dessalure par dilution, en particulier dans les étangs des Impériaux (baisse de près de 10 g/L). Néanmoins à la fin décembre, le stock de sel du système ne montre pas de baisse significative et demeure élevé.

Des échanges plus généraux sur la gestion et l'évolution du système à moyen terme concluent sur l'intérêt d'une réunion de CEDE spécifique à la présentation des travaux de modélisation prospective en cours de réalisation par la Tour du Valat pour la Réserve de Camargue. Par ailleurs, le SMGAS confirme le lancement en 2019 du schéma directeur de drainage sur le bassin de Fumemorte.

Suivi de la passe à civelles (MRM) :

La passe-piège à civelles au pertuis de la Fourcade a été mise en route le 9 octobre. Les prises effectuées ont été très faibles (une centaine d'individus) jusqu'à fin janvier. Les premières captures significatives, bien que toujours faibles (3 000 individus par jour pendant 3 jours), ont été observées sur les premiers jours de février, soit avec plus d'un mois de retard en comparaison à la moyenne interannuelle.

Il est rappelé (suite à la réunion) que la valeur seuil pour permettre un attrait des civelles en mer se situe autour de 200 000 m³ par jour sur 5 jours consécutifs, et que les volumes sortants supérieurs à 300 000 m³ / jour semblent limiter la progression des civelles dans le chenal en produisant des vitesses d'écoulement trop importantes.



Données RNC - SNPN

Les préconisations de gestion du pertuis de la Fourcade sont établies avec les objectifs de :

- favoriser les sorties d'eau vers la mer pour exporter du sel et tenter de créer un attrait en mer pour la montaison des civelles,
- maintenir, pour de faibles différences de niveau, une connexion biologique entre mer et étangs.

Préconisations de gestion du pertuis de la Fourcade (voir diagrammes en annexe) :

Jusqu'à atteinte du niveau +10 cm NGF (par temps calme)

$\Delta H > 10$	4 vannes ouvertes
$-10 < \Delta H < 10$	2 vannes ouvertes
$\Delta H < -10$	toutes vannes fermées

A partir du niveau +10 cm NGF (par temps calme)

$-10 < \Delta H$	2 vannes ouvertes
$\Delta H < -10$	toutes vannes fermées

$\Delta H = \text{niveau étang} - \text{niveau mer}$

La prochaine réunion de la CEDE est fixée le mardi 14 mai 2019 à 14 heures 30, au Mas Elair, commune des Stes-Maries-de-la-Mer.

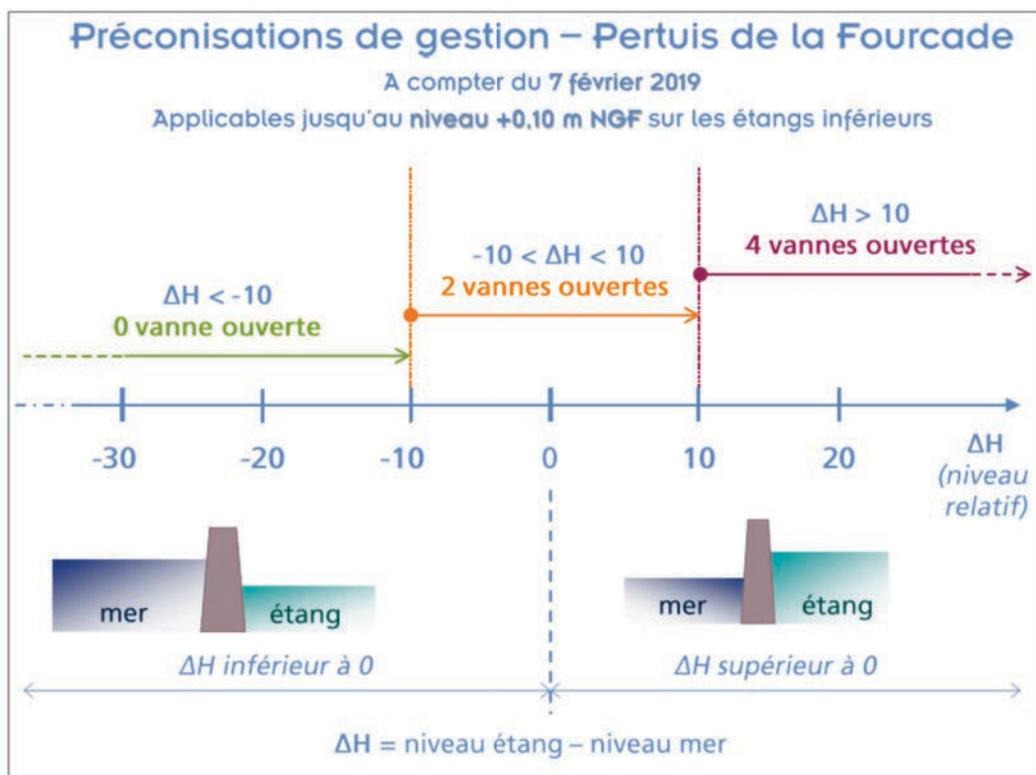
Un temps de présentation du site puis un repas pris en commun seront organisés. Un lieu de rendez-vous en fin de matinée sera communiqué avec l'invitation.

Ce relevé de décision ne fait état que des points principaux abordés lors de la réunion. Pour toute information, demande de modification ou de transmission de documents vous pouvez contacter :

Marie Granier, Chargée de mission « Eau et milieux aquatiques » / 04 90 97 10 40 / eau@parc-camargue.fr

Documents joints :

- préconisations de gestion du 5 février 2019 (1 page)
- éléments hydrologiques sur les mois de novembre 2018 à janvier 2019 (Tour du Valat) (6 pages)



Financeurs

L'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée ne pourrait agir sans l'engagement durable de ses partenaires financiers



Membres de l'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée

Fédérations Départementales des Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique :

- Ain
- Alpes de Haute-Provence
- Hautes-Alpes
- Alpes-Maritimes
- Ardèche
- Aude
- Bouches-du-Rhône
- Corse
- Drôme
- Gard
- Hérault
- Isère
- Loire
- Pyrénées-Orientales
- Rhône
- Haute-Saône
- Saône et Loire
- Savoie
- Haute-Savoie
- Var
- Vaucluse

Association Régionale des Fédérations de Pêche de PACA (ARFPPMA PACA)

Association Régionale des Fédérations de Pêche Auvergne Rhône-Alpes (ARPARA).

ASSOCIATION MIGRATEURS
RHÔNE-MÉDITERRANÉE

ZI Nord, rue André Chamson, 13200 Arles
contact@migrateursrhonemediterranee.org
Tél. : 04 90 93 39 32
www.migrateursrhonemediterranee.org

