

- RAPPORT D'ETUDE -



2021 N°7/16

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

Cohorte 2020-2021 - Tendances 2004-2021

LAMBREMON J., NICOLAS D., CONTOURNET P., RIVOALLAN D., • Février 2022



Photo de couverture
© MRM / 2020

Référence à citer

LAMBREMON J., NICOLAS D., CONTOURNET P., RIVOALLAN D., 2022. Étude du recrutement en civelles et de leur devenir dans l'étang du Vaccarès. Campagne d'études 2020-2021. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée, Fondation Tour du Valat. 16p

1 Contexte et objectifs

L'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) est un poisson migrateur amphihalín thalassotoque en danger critique d'extinction. Elle est classée en liste rouge de l'UICN et subit de nombreuses pressions (d'origines anthropiques et naturelles) qui affectent chaque phase de son cycle biologique. Les caractéristiques générales de l'espèce ainsi que des précisions sur ses différents stades de développement sont disponibles à ce lien : <https://www.migrateursrhonemediterranee.org/anguille/>

Jusqu'en 2003, il n'existait aucun suivi pérenne sur les civelles en région méditerranéenne française, puisque la pêche y est interdite et qu'aucune passe-piège n'y avait été installée. Un suivi scientifique du recrutement en civelles au sein de la Réserve Naturelle Nationale de Camargue a néanmoins été mis en place dans l'étang du Vaccarès à partir de 1993 par la Tour du Valat. 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, en étendant notamment le programme à l'Anguille (COGEPOMI RMC, 2004¹). Des zones d'actions prioritaires et des ouvrages prioritaires ont ainsi 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.

Après une étude de faisabilité couvrant toute la France méditerranéenne², 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 avec l'installation d'une passe-piège 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 delta de la Grande Camargue par les civelles ; (3) d'en étudier les conséquences en faisant le suivi de la population en place d'anguilles. Le suivi des captures de civelles permet également 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). 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 protocole et modalités d'échantillonnage associés à ce suivi sont précisés dans le lien suivant : <https://www.observatoire-rhonemediterranee.fr/anguille-europeenne-2/etat-de-la-population-danguilles-en-2020/effectifs-de-civelles-dans-les-passes-pieges-2019-2020/> - EFFECTIFS DE CIVELLES DANS LES PASSES-PIEGES

Le présent rapport reprend les données et analyses associées au suivi de la cohorte 2020-2021 des captures de la passe-piège du grau de la Fourcade et de celles aux filets à la station de la Capelière dans l'étang du Vaccarès, ainsi que les perspectives liées aux futures années de suivi.

¹ COGEPOMI RMC, 2004. Plan de gestion du Bassin Rhône-Méditerranée-Corse 2004-2008, 49p+ annexes.

² 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.

2 Recrutement 2020-2021 à la passe-piège

2.1 Évolution journalière et mensuelle des captures

La passe-piège a été mise en fonctionnement le **21 octobre 2020** et a été arrêtée le **30 avril 2021**. Durant cette période, **64 relèves** ont été effectuées et un seul arrêt est enregistré entre le 24 décembre et le 5 janvier. Le suivi 2020-2021 a ainsi été réalisé sur **191 jours** effectifs (contre 153 en moyenne) et a permis la capture de près de **69 kg** de civelles, soit environ **254 132 individus**. Plus de 5 600 civelles ont été capturées par jour entre le **29 janvier et le 12 mars**, période « supposée » de migration et représentée par une fourchette comprise entre 5% et 95% des captures totales (*Figure 1*). La majorité des captures ont été réalisées en février (59%, soit près de 150 000 individus) et en mars (30%, plus de 76 000 individus) (*Figure 2*).

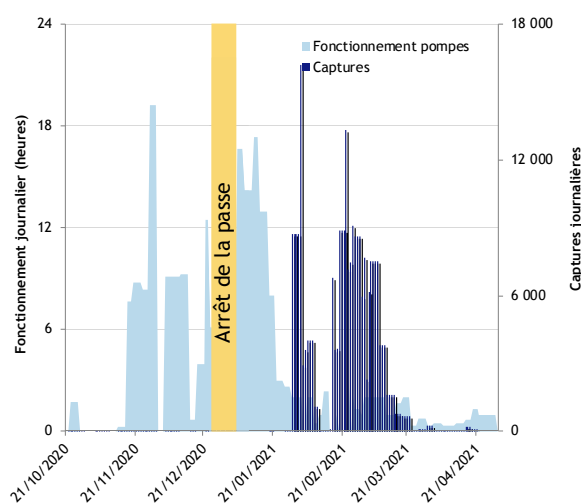


Figure 1 : Nombre de captures journalières de civelles estimées pour la cohorte 2020-2021

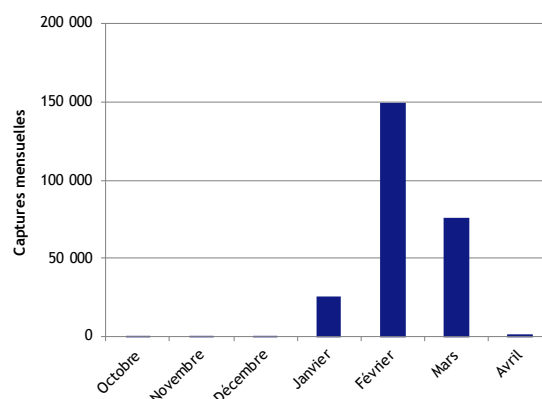


Figure 2 : Nombre de captures mensuelles observées

2.2 Attraits et conditions hydrologiques du suivi

a) Le Panache du Rhône

Le panache du Rhône peut participer à l'attrait des civelles en mer via l'apport d'eau douce qui crée un gradient de salinité. L'intensité du débit du Rhône influence l'étendue du panache tandis que le vent en oriente la direction. On observe ainsi diverses configurations du panache, dont certaines sont plus favorables à l'attrait des civelles. L'ensemble des configurations qu'il est possible de rencontrer sont disponibles dans le précédent rapport³.

Le mois d'octobre est caractérisé par des débits moyens ($1\,301\text{ m}^3/\text{s}$) alliés à un vent du Nord (configuration 2), ce qui serait favorable à l'attractivité des civelles (*Figure 3*). Le vent du Sud ou l'absence de vent deviennent ensuite majoritaires jusqu'à la fin du mois de février alliés à de forts débits (configuration 1 et 5), permettant d'étendre le panache. La fin du suivi est enfin caractérisée par un vent du Sud associé à des débits moyens, moins favorable au mélange avec les eaux marines. Les configurations rencontrées jusqu'en février ont ainsi sans doute contribué à l'extension du panache rhodanien en mer et donc à l'attrait des civelles en direction de la Camargue.

³ LAMBREMON J., NICOLAS D., CRIVELLI A.J., CONTOURNET P., CAMPTON P., 2021. Étude du recrutement en civelles et de leur devenir dans l'étang du Vaccarès. Campagne d'études 2019-2020. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée, Fondation Tour du Valat. 40p + annexes

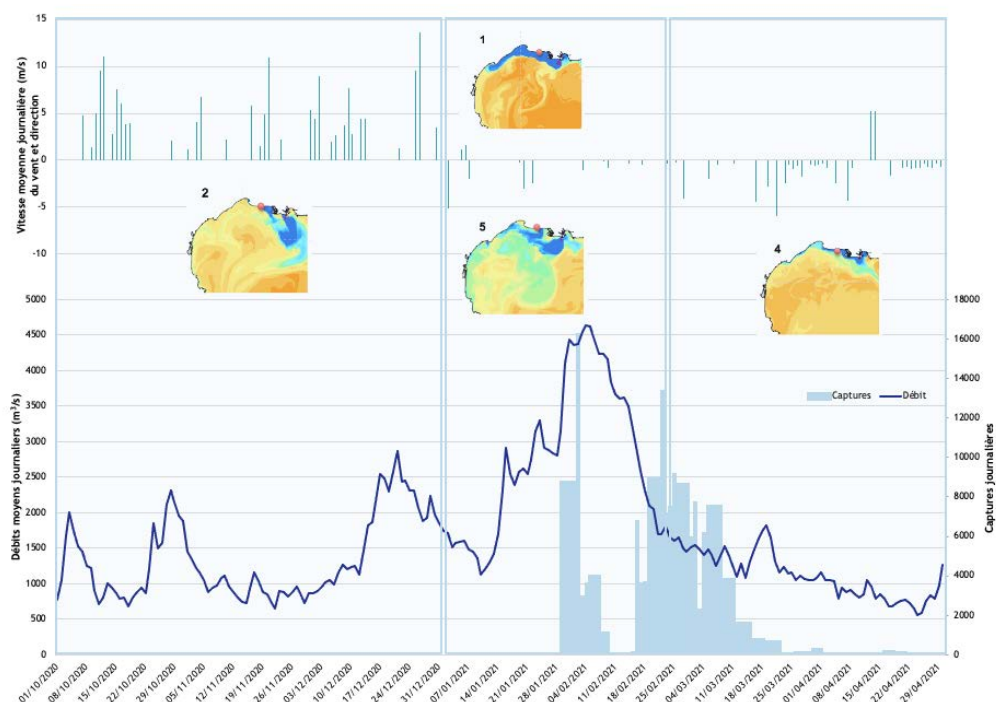


Figure 3 : Évolution du débit du Rhône et du vent (direction et intensité) au cours du suivi 2020-2021 confronté aux captures journalières

b) Le Panache du grau de la Fourcade

D'autres facteurs régissent les captures plus localement. 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 sortant minimum de 200 000 m³/jour durant au moins 5 jours consécutifs était corrélé à de fortes captures à la passe⁴. Cet attrait n'est cependant réalisé que lorsque les conditions sont favorables aux sorties d'eau, à savoir : lorsque les martelières sont ouvertes, ce qui est défini par les consignes de gestion établies en Commission Exécutive de l'Eau (CEDE), et lorsque le niveau de l'étang en amont du pertuis est supérieur à la mer, facteur influencé par les arrivées d'eau douce dans l'hydrosystème Vaccarès (précipitations et drainage agricole) et par le mistral (vent de secteur Nord qui induit une augmentation de la côte de la ligne d'eau au sud du système du Vaccarès et un abaissement du niveau marin).

● Précipitations et évolution des niveaux d'eau

L'année hydrologique précédant la période de suivi (septembre 2019 à août 2020) a été similaire à la moyenne (un total de précipitations de 554 mm ; la moyenne s'élevant à 586 mm) (Figure 4). Le niveau moyen du Vaccarès s'est maintenu jusqu'au mois de juillet 2020 en lien avec de faibles sorties d'eau et de fortes précipitations printanières.

Les pluies de septembre ont permis un maintien global du niveau des étangs jusqu'à fin 2020 jusqu'à une côte de 0,015 m NGF en décembre. Les faibles précipitations du premier trimestre 2021 ne permettent pas par la suite de maintenir un niveau suffisant du Vaccarès au regard des objectifs de gestion de la Société Naturelle de Protection de la Nature (SNPN) visant à créer des conditions favorables aux espèces liées à ce milieu. Le niveau du Vaccarès remonte néanmoins à partir du mois de février (Figure 5).

⁴ 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.

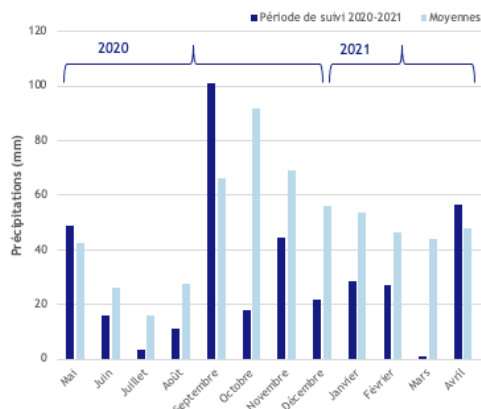


Figure 4 : Précipitations mensuelles de la période de suivi confrontée aux valeurs moyennes (Source SNPN)

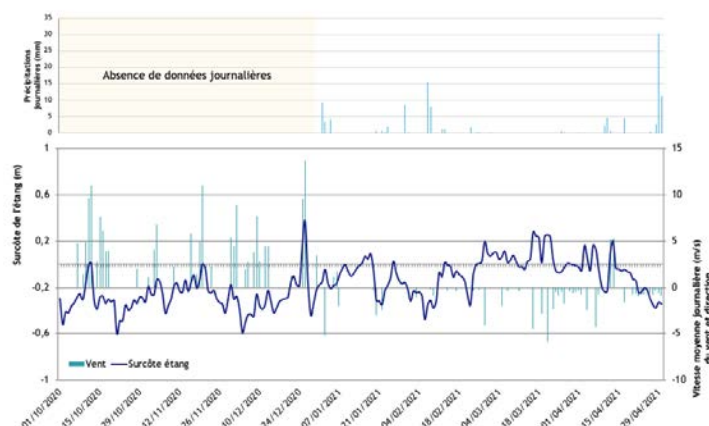


Figure 5 : Évolution de la surcote de l'étang en fonction du vent et des précipitations

• Ouverture du pertuis et volumes sortants

Entre les mois d'octobre et d'avril, le pertuis a été ouvert (minimum 1/2 vanne) **46% du temps** dont la majorité des ouvertures concerne 2 martelières. L'ouverture mensuelle varie, quant à elle, entre 74% en mars et 0% en novembre. Ce n'est qu'à partir du mois de mars que le niveau du Vaccarès permet des sorties d'eau (Figure 6). La valeur seuil de 200 000 m³/jour pendant 5 jours consécutifs nécessaire à l'attrait des civelles en mer n'a dès lors pas été atteinte au cours de cette saison (Figure 7).

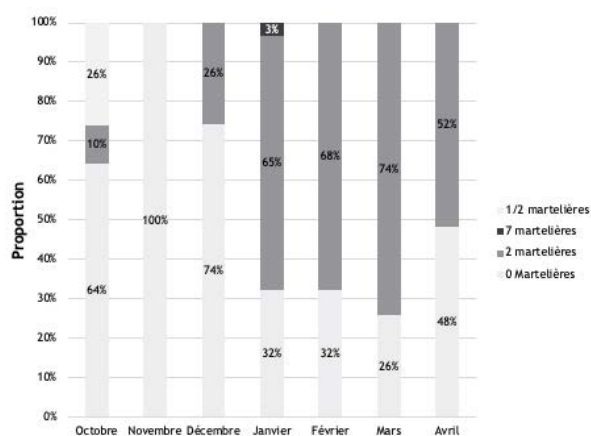


Figure 6 : Proportions mensuelles d'ouverture du pertuis (Source PNR Camargue)

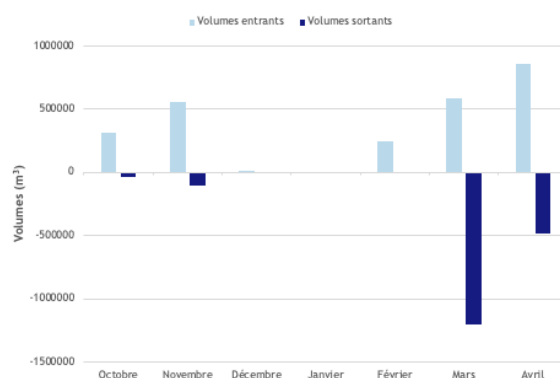


Figure 7 : Bilan hydrologique mensuel du pertuis de la Fourcade durant la saison 2020-2021 (Sources : SNPN, Tour du Valat)

2.3 Mobilité et progression des civelles vers la passe

a) Influence de la température

Au cours de la saison 2020/2021, la température moyenne journalière a oscillé entre 2,6°C (le 12 janvier) et 19,7°C (le 24 avril) et la majorité des captures a été enregistrée à une température comprise entre 9 et 15°C, ce qui est en accord avec la gamme de 9 à 12°C considérée comme optimale dans la littérature (Figure 8).

La majeure partie du suivi se caractérise donc par des températures favorables au mouvement des civelles (11,5°C en moyenne). Des fluctuations sous le seuil des 6°C sont toutefois observées du 26 décembre au 19 janvier, températures qui semblent avoir été limitantes pour le déplacement des civelles.

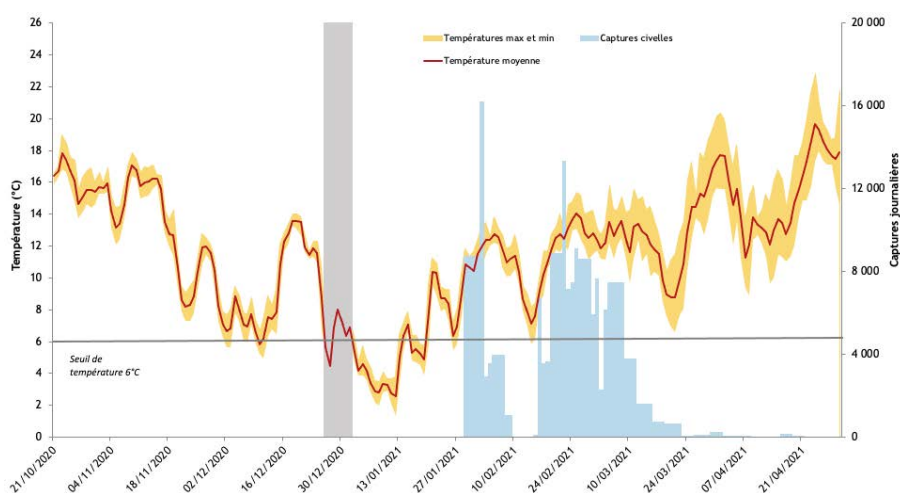


Figure 8 : Évolution de la température et des captures journalières au cours du suivi 2020-2021

b) Progression vers la passe-piège

- Vitesses des écoulements au sein du grau

Les travaux de McLeave⁵ montrent que les capacités de franchissement d'une civelle pour un écoulement laminaire sont très limitées (maximum de 3 m à une vitesse de 0,3 m/s). D'après une analyse menée en 2015, des volumes sortants supérieurs à 300 000 m³ par jour limitent la progression des civelles en produisant des vitesses d'écoulement supérieures à 0,3 m/s. Ces conditions n'ont pas été retrouvées au cours de la saison 2020-2021, les civelles n'ont donc a priori pas rencontrées de difficultés pour progresser dans le chenal.

- Fonctionnement des pompes du canal de l'Éolienne

Le compteur horaire des pompes n'étant relevé que lors des passages de MRM, une analyse fine de leur fonctionnement est impossible. Des mesures ponctuelles au courantmètre des vitesses d'écoulements à l'exutoire du canal en 2015 font néanmoins état de vitesses nettement supérieures à la limite identifiée par McLeave. Elles oscillaient en effet entre 0,8 m/s et 1 m/s (1 ou 2 pompes) sur une distance proche de 9 m, illustrant ainsi l'effet bloquant des écoulements engendrés par ces pompages en période de migration.

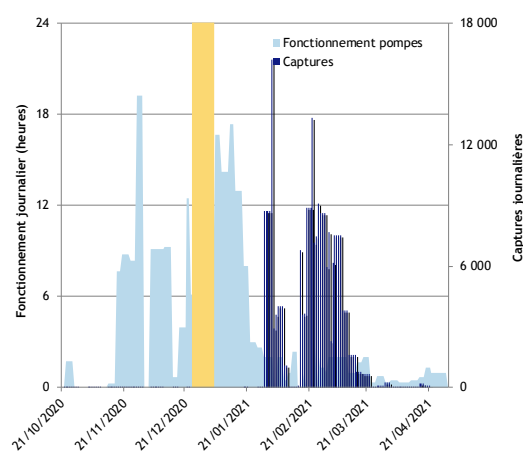


Figure 9 : Évolution des captures journalières confrontée au fonctionnement horaire

⁵ 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.

La saison 2020-2021 se caractérise par un fonctionnement moyen des pompes (3,8 heures par jour en moyenne, *Figure 9*). Elles auraient potentiellement retardé la progression des civelles vers la passe-piège du 27 au 30 novembre 2020, du 22 au 23 décembre 2020 et enfin du 5 au 18 janvier 2021 avec plus de 12 heures de fonctionnement journalier.

2.4 Périodes supposées favorables au recrutement naturel

Le recrutement naturel dépend 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. Compte tenu de la largeur du pertuis (8 m) et l'absence de rugosité au sein des martelières, il est très probable que le recrutement naturel se fasse principalement par des entrées d'eau et une migration passive *via* le pertuis. 16 relèves du filet positionné en amont du pertuis ont été réalisées du 2 février au 5 mars 2021. Un total de 5 977 civelles a été comptabilisé (*Figure 10*).

Les deux premières sessions d'échantillonnages (du 2 au 5 février puis du 8 au 12 février) ont été réalisées en absence d'ouvertures des martelières et selon un bilan hydrologique nul. On pourrait dès lors penser que les civelles puissent profiter de brèches localisées au sein des martelières pour coloniser le Vaccarès. Les 2 sessions suivantes, du 16 au 19 février puis du 23 au 24 février, sont quant à elles associées à des périodes d'ouverture (2 martelières) et un bilan hydrologique en faveur d'un flux entrant (le 15 février puis du 17 au février).

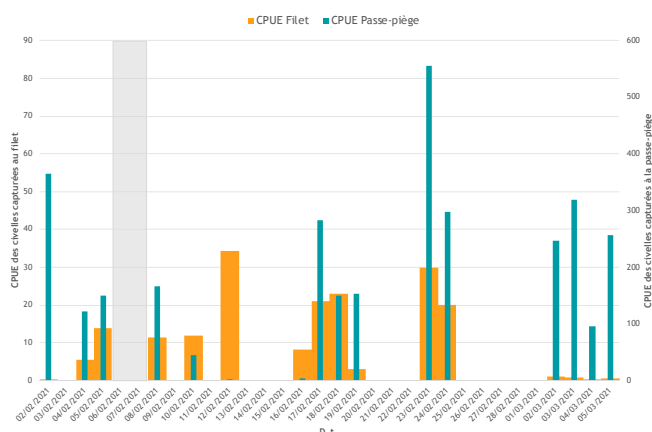


Figure 10 : Comparaison des CPUE (Captures par Unité d'Effort - civelles capturées par heure) des civelles capturées via le filet et la passe-piège pour la saison 2020-2021

Bien que les captures soient quasi-similaires, on observe une CPUE supérieure au cours de la seconde période (17,6 contre 12,9 civelles par heure), ce qui laisse supposer une entrée passive des civelles favorisée par un flux entrant.

Du 2 au 5 mars enfin, le flux est majoritairement sortant et ce dès le 1^{er} mars (190 000 m³ sortant du 1^{er} au 5 mars contre 76 000 m³ entrant), ce qui aurait pu limiter le passage des civelles par les martelières et ainsi favorisé les captures à la passe.

2.5 Caractéristiques de la population migrante

L'analyse des tailles, poids et stades pigmentaires des civelles empruntant la passe a été réalisée sur 854 individus cette saison, le nombre d'analyses mensuelles variant en fonction des captures. L'analyse des civelles issues du recrutement naturel a quant à elle été réalisée sur 242 individus.

a) Tailles moyennes

La taille moyenne annuelle de la cohorte 2020-2021 est de **65,6 mm** avec des tailles comprises entre 50 (le 6 avril) et 79 mm (le 10 février). Le poids moyen annuel est de **204,7 mg** avec un poids minimum de 82 mg (le 6 avril) et un maximum de 417 mg (le 10 février).

La taille moyenne des civelles capturées au filet est quant à elle de **63,8 mm** (comprise entre 52 et 75 mm le 10 février) pour un poids moyen de **185,1 mg** (compris entre 108 et 289 mg, respectivement le 2 mars et le 17 février).

b) Stades pigmentaires

Les pics de captures observés à la passe-piège ne correspondent pas à des individus arrivés récemment de la mer. La majorité des captures, observée entre les semaines 5 et 11 (fin janvier à mi-mars), présente en effet une prépondérance d'individus pigmentés (92,7% de civelles de stades supérieurs ou égaux à VIA1) (Figure 12). Ces résultats supposent une arrivée de civelles en janvier qui n'auraient pu progresser vers la passe-piège qu'en février au moment de la diminution de fonctionnement de la station de pompage de l'Éolienne.

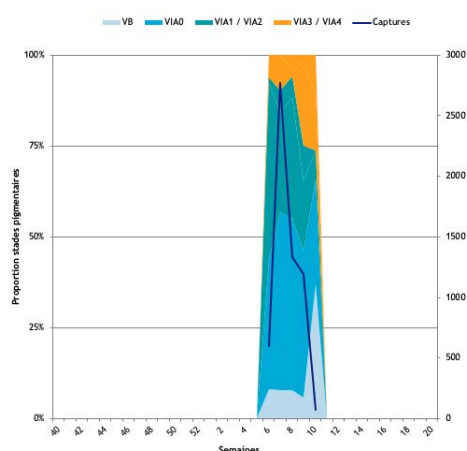


Figure 12 : Évolution des stades pigmentaires des individus capturés au filet

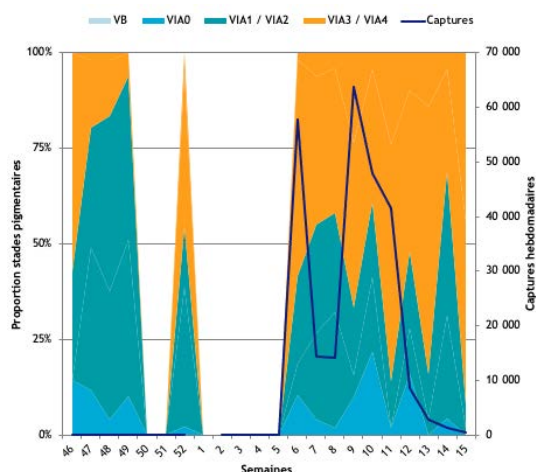


Figure 11 : Évolution des stades pigmentaires des individus capturés à la passe-piège

Les analyses des stades pigmentaires des civelles capturées au filet montrent au contraire une proportion non négligeable d'individus non pigmentés courant février et début mars (52,9% de civelles aux stades VB et VIA0) (Figure 13). Ces résultats, comparés à ceux de la passe-piège, montreraient qu'il y ait toutefois eu une arrivée récente de civelles à cette période mais que celles-ci auraient préférentiellement colonisé le Vaccarès au travers des martelières du grau de la Fourcade.

2.6 Synthèse du recrutement 2020-2021

Les effectifs comptabilisés en 2020-2021 ont été faibles en se référant à la moyenne de ces 5 dernières années (254 132 individus contre 457 583 entre 2015 et 2020), et bien plus faibles encore en comparaison de l'ensemble de la chronique de suivi (829 322 depuis 2004). Ces données sont corrélées avec ce qui est observé à l'échelle européenne (voir 3.1).

Localement, l'absence de sorties d'eau jusqu'au mois de mars n'aurait pas permis de générer un attrait important en mer. Les températures défavorables à la migration continentale des civelles sur le mois de janvier, couplées au fonctionnement important de la station de l'Éolienne courant novembre, décembre et jusqu'à la mi-janvier, pourraient expliquer que 89% des captures sont observées en février et en mars.

Durant le mois de février où le maximum de captures a été observé, il est probable que l'ouverture des martelières et le flux entrant (respectivement 68% du temps avec 2 martelières ouvertes) ait favorisé le recrutement naturel du système par les civelles comme en atteste la présence majoritaire d'individus peu pigmentés dans le filet à l'opposé de ce qui est observé à la passe-piège.

Les données acquises depuis le lancement de ce suivi, ont abouti à la mise en place d'un indicateur de recrutement s'inscrivant dans le cadre des stratégies de l'Observatoire des Poissons Migrateurs et du PLAGEPOMI 2016-2021. L'état du recrutement 2020-2021 est considéré très mauvais. Plus d'informations concernant le fonctionnement de cet indicateur sont disponibles en suivant ce lien : <https://www.observatoire-rhonemediterranee.fr/fonctionnement-de-lindicateur-civelle/>

3 Évolution des résultats jusqu'en 2021

3.1 Captures annuelles et comparaison des tendances

La tendance du recrutement au Vaccarès est à la baisse pour chacune des saisons depuis 2015, ce qui est confirmé avec le recrutement 2020-2021 (Figure 13).

La comparaison entre les cohortes fait apparaître une grande disparité dans les captures à l'échelle du suivi, bien qu'elles se stabilisent à un niveau inférieur à 10% en comparaison de ce qui était observé à l'échelle européenne dans les années 1960 à 1980.

Une comparaison est également possible avec le barrage d'Arzal sur la Vilaine (site index du Plan de Gestion Anguille), dont le protocole et la distance à la mer de l'installation se rapprochent le plus du suivi réalisé au grau de la Fourcade.

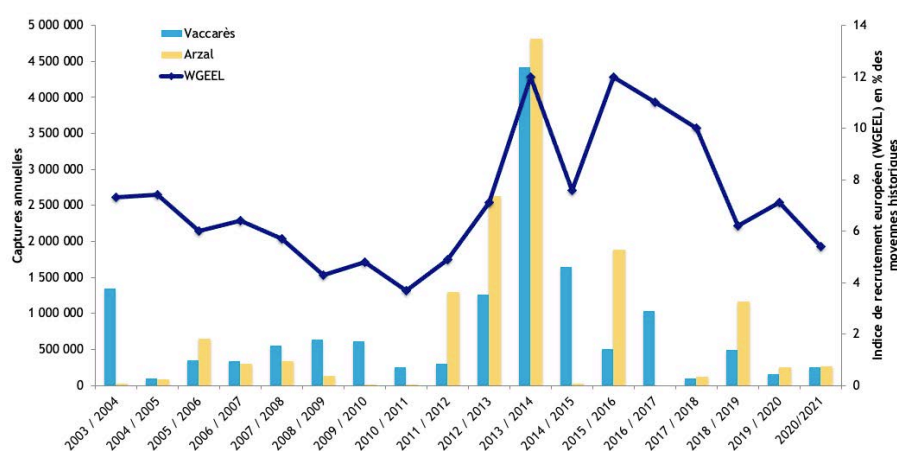


Figure 13 : Évolution de l'indice de recrutement et des captures de civelles sur les sites d'Arzal et du Vaccarès depuis 2004

L'évolution des résultats est globalement similaire entre les trois indicateurs, ce qui indique que les tendances seraient 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, bien que des différences ponctuelles puissent être observées les années durant lesquelles les mauvaises conditions hydroclimatiques perdurent.

3.2 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, 2009 à 2012 et 2019-2020).

La durée moyenne de la migration au niveau de la passe piège est de 72 jours soit environ 2 mois et demi.

Malgré certaines exceptions (cohortes 2004-2005 et 2005-2006 présentant un début de migration très précoce et cohorte 2008-2009 très tardive), le début de migration se situe en général entre fin décembre et début janvier.

Il semble cependant que depuis 2016, le début de migration soit de plus en plus tardif 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 fin février alors que la médiane se situe aux environs du 15 février. Par conséquent, la moitié des effectifs sont généralement capturés en un mois.

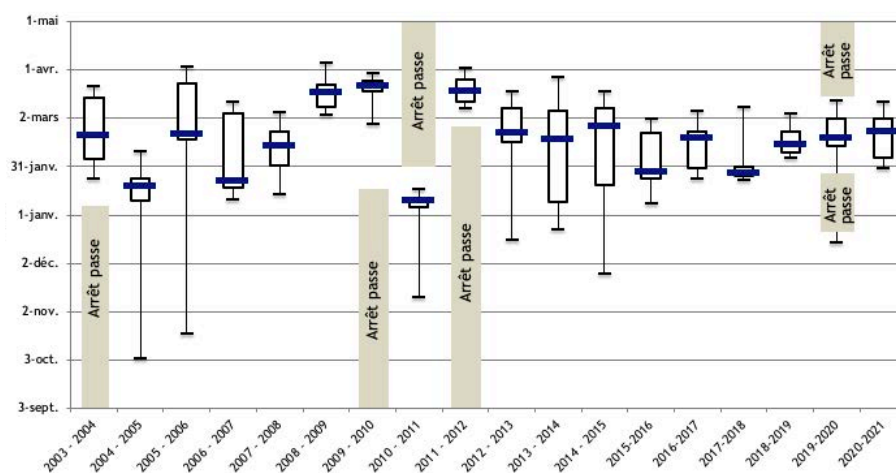


Figure 14 : Comparaison des flux migratoires des différentes cohortes depuis 2004

4 Captures à la station de la Capelière

La méthodologie liée à ce suivi est précisée dans le précédent rapport⁶.

4.1 Effort de pêche

Le nombre de relèves de filets valides par an fluctue, notamment en raison d'aléas météorologiques (filets décalés à cause du vent, étang gelé ou niveau d'eau trop élevé ou insuffisant). En moyenne, le taux de validité des 3 filets à civelles s'élève à $90.5 \pm 18.3\%$ et à $91.5 \pm 11.7\%$ pour la capétchade. Les filets de pêche sont relevés en moyenne toutes les 24h (1439 ± 154 min). En 2021, 3 relèves au lieu de 4 par semaine de suivi ont été réalisées durant 4 mois où la capétchade est posée en raison de jours fériés ou de déficit du personnel.

4.2 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 15). Ces variations dépendent d'une part des entrées de civelles dans le système et d'autre part de la météo lors de l'échantillonnage. Le recrutement de la saison 2020-2021 est sensiblement supérieur à celui observé la saison précédente (sachant que la campagne de mars 2020 n'avait pas été réalisée).

⁶ LAMBREMON J., NICOLAS D., CRIVELLI A.J., CONTOURNET P., CAMPTON P., 2021. Étude du recrutement en civelles et de leur devenir dans l'étang du Vaccarès. Campagne d'études 2019-2020. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée, Fondation Tour du Valat. 40p + annexes

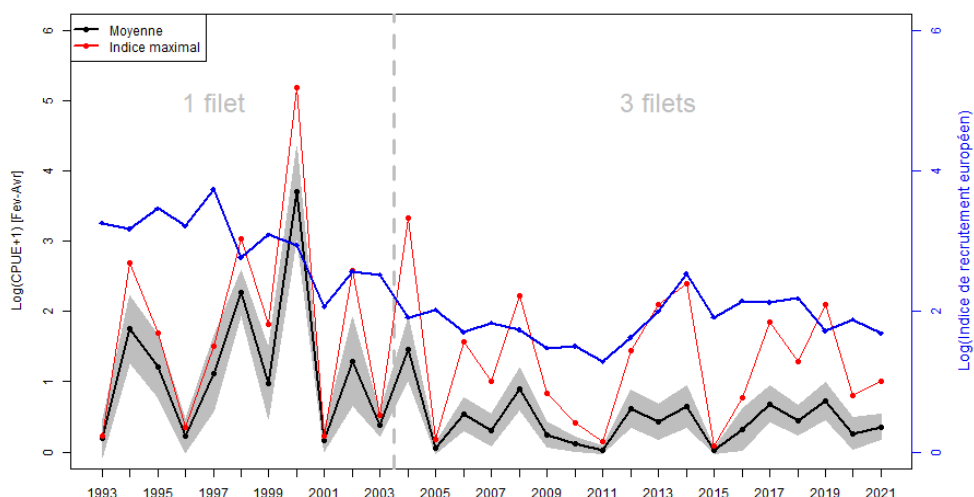


Figure 15 : CPUE (captures par unité d'effort de pêche) de civelles à la Capelière de Février à Avril depuis 1993 (données Tour du Valat/SNPN), en haut, et en bas, sur une échelle logarithmique. A partir de 2004, 3 filets à civelles sont utilisés au lieu d'un. En noir est indiquée la moyenne annuelle des moyennes mensuelles avec l'intervalle de confiance qui est calculé par une méthode de ré-échantillonnage bootstrap. En rouge est indiquée la somme des captures en prenant en compte un seul filet par jour de pêche : le filet où les captures ont été maximales. En bleu est indiqué l'indice de recrutement européen - ailleurs qu'en Mer du Nord (données CIEM/WGEEL).

La relation entre les captures effectuées à la passe-piège et l'indice maximal de captures de civelles effectuées à la station de la Capelière est positive mais faiblement significative (Figure 16). Les cinq dernières années, des tendances de recrutement similaires sont observées aux deux sites d'échantillonnage, avec une diminution du recrutement en 2018 et en 2020, en comparaison avec 2017 et 2019, et une légère augmentation en 2021.

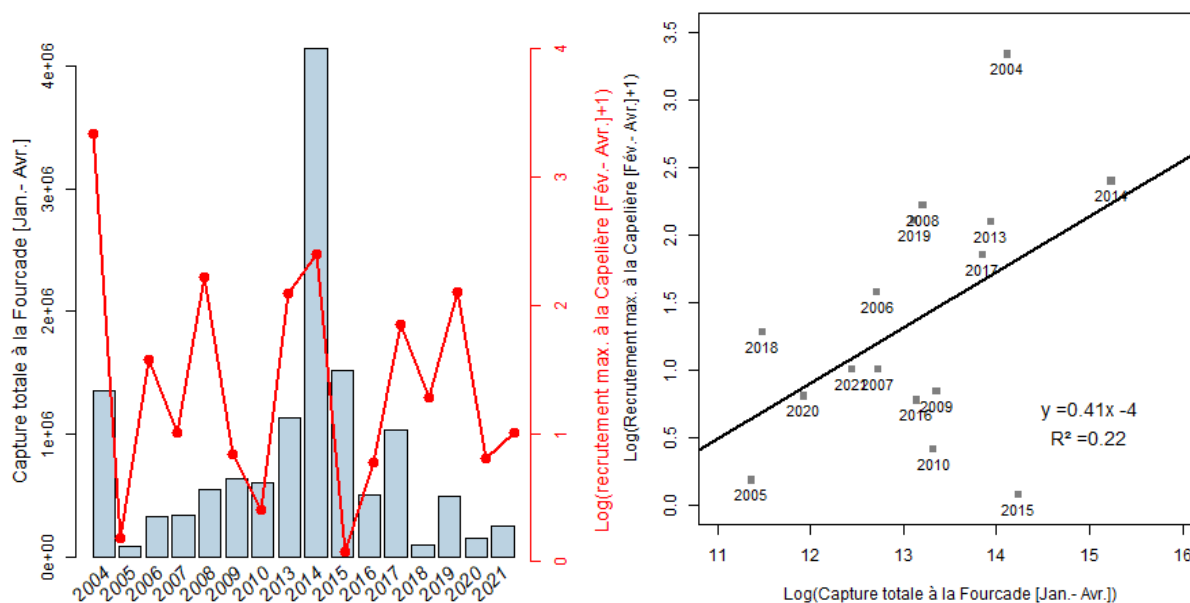


Figure 16 : A gauche, comparaison interannuelle des captures totales effectuées à la passe à civelles au grau de la Fourcade de Janvier à Avril (données MRM) et des estimations du nombre total de civelles obtenu à la Capelière entre Février et Avril (données Tour du Valat). Les années 2011 et 2012 où la passe à civelles n'a pas fonctionné pendant les mois de Janvier à Avril ont été ôtées. 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 § 2.4), mais également *via* les étangs et les marais des Salins de Camargue (suivis mensuels de 2016 à 2021).

De plus, une analyse de la remontée des civelles à l'échelle du delta, avec le recours à du marquage-recapture et le suivi des paramètres environnementaux (débits, vitesse et sens du courant, niveaux d'eau, physico-chimie, etc.) est préconisée.

4.3 Captures d'anguilles jaunes et argentées

a) Évolution des captures

Les captures d'anguilles ces 29 dernières années sont globalement stables dans le Vaccarès (Figure 17), même si des variations interannuelles parfois importantes sont observées (coefficient de variation de 13.6% pour les captures en biomasse et de 29.5% pour les captures en nombre - données log-transformées).

Après 10 années où les captures en nombre se sont maintenues à des valeurs supérieures à la moyenne établie sur l'ensemble de la chronique de données, l'année 2021 présente une forte diminution des effectifs.

L'année 2021 constitue le 3^{ème} total d'anguilles capturées le plus faible ($n=106$ pour la capétchade) depuis 1993 (en moyenne $n=696.6 \pm 616.3$). En termes de biomasse, le total des captures se maintient cependant au niveau de la moyenne inter-annuelle (51.6 ± 36.1 kg). 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.

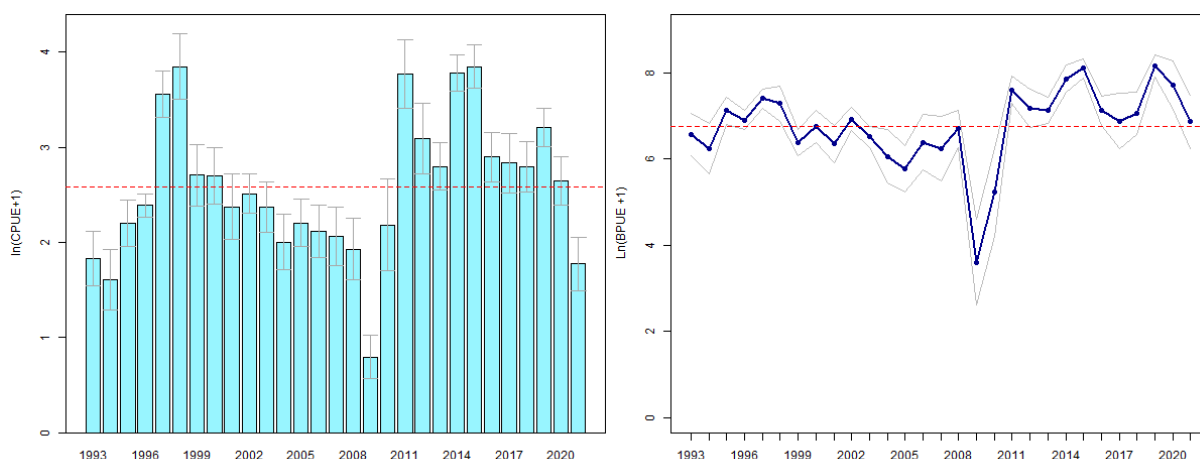


Figure 17 : Captures par unité d'effort en nombre (A, CPUE) et en biomasse (B, BPUE) d'une capétchade sur six mois de l'année (avril-juin et septembre-novembre) de 1993 à 2020 à la station de la Capelière. Les données sont log-transformées et moyennées par mois puis par année. La moyenne interannuelle 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 Figure 18 montre la proportion relative des différents stades d'anguilles observés par année. 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. L'évolution des protocoles de mesures est précisée en légende et est disponible dans le précédent rapport⁷.

De 1997 à 2005 et de 2009 à 2017, les captures d'anguilles sont largement dominées par les anguillettes ($67.6 \pm 13.8\%$ en moyenne interannuelle), sauf entre 2006 et 2008 ($20.3 \pm 9.2\%$) et depuis 2019 ($9.3 \pm 8.7\%$).

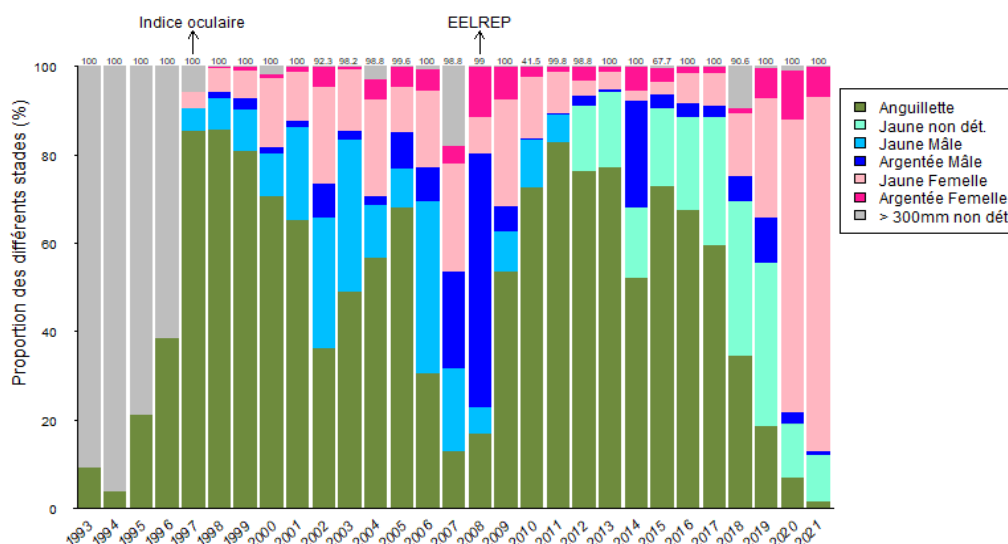


Figure 18 : Barplot représentant la proportion relative des différents stades d'anguilles identifiés par an obtenu dans la capéchade à la Capelière pour 6 mois de l'année (avril-juin et septembre-novembre). A partir de 1997, le diamètre des yeux est réalisé et permet de calculer l'indice de Pankhurst pour différencier les anguilles jaunes des anguilles argentées (indice oculaire supérieur à 8). A partir de 2008, la longueur de la nageoire pectorale est également mesurée, ce qui permet d'appliquer l'indice d'EELREP⁸ (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 2008, les individus argentés représentent en moyenne $22.8 \pm 22.4\%$ des individus de plus de 30 cm de longueur (Figure 19).

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 **57.2%** en 2008.

Les années **2020 et 2021** sont marquées par une forte représentation des **anguilles jaunes femelles** en comparaison avec les années passées (en moyenne $10.4 \pm 8.2\%$ des captures de 2008 à 2019 contre $73.2 \pm 9.8\%$ en 2020-2021).

⁷ LAMBREMON J., NICOLAS D., CRIVELLI A.J., CONTOURNET P., CAMPTON P., 2021. Étude du recrutement en civelles et de leur devenir dans l'étang du Vaccarès. Campagne d'études 2019-2020. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée, Fondation Tour du Valat. 40p + annexes

⁸ DURIF C., DUFOUR S., ELIE P. 2005. The silvering process of *Anguilla anguilla*: a new classification from the yellow resident to the silver migrating stage. Journal of Fish Biology 66:1025-1043.

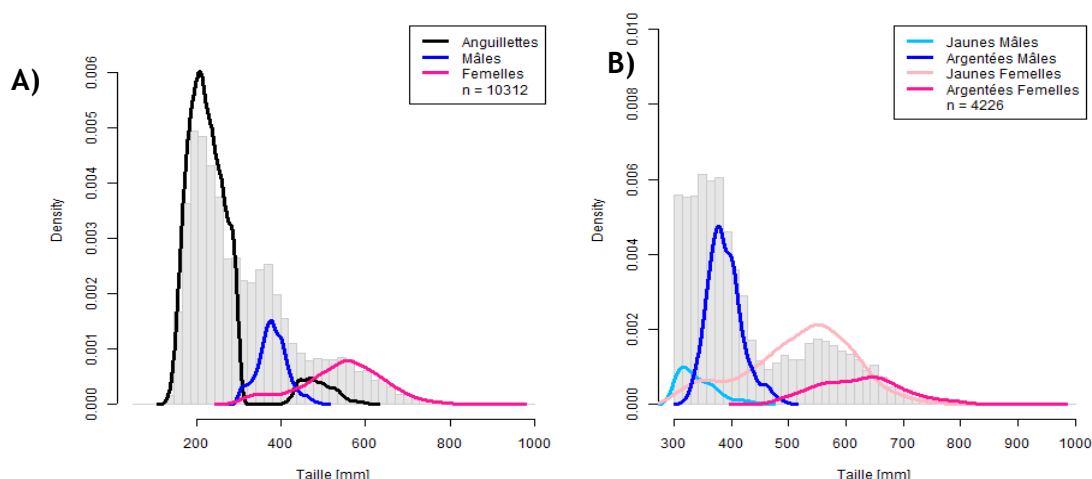


Figure 19 : Distribution en tailles des anguilles, (A) des stades anguillettes à argentées et (B) des stades jaunes à argentées (supérieures ou égales à 300 mm), capturées à la Capelière avec la capêchade depuis 2008 (données Tour du Valat).

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 espèces⁹.

Le sex-ratio observé chez les anguilles argentées du Vaccarès est depuis 2008, en moyenne, légèrement en faveur des femelles ($51.7 \pm 26.5\%$). Alors que plus généralement, ce sont les anguilles argentées mâles qui dominent dans les lagunes méditerranéennes¹⁰ (de 58% à 80%). Cependant, ce sex-ratio varie d'année en année dans le Vaccarès et la proportion des anguilles argentées mâles par rapport au nombre total d'anguilles argentées varie de 9 à 87% en fonction des années. Les milieux saumâtres, comme les lagunes, sont des milieux plus productifs que les milieux dulçaquicoles et les taux de croissances sont donc plus élevés¹¹. Ces milieux présentent alors de fortes densités d'individus, ce qui influencerait la différenciation sexuelle en faveur des mâles¹².

En 2020 et 2021, le sex-ratio est nettement en faveur des femelles (80 et 85% respectivement), pourtant l'étang du Vaccarès est relativement plus salé depuis 2017 (26.8 ± 3.8 psu, données SNPN). Les densités encore relativement élevées en 2020 diminuent en 2021. Il serait intéressant d'approfondir les analyses pour mieux comprendre ces variations et il serait nécessaire de connaître dans quels territoires ces individus ont grandi (étang du Vaccarès ou milieux annexes) afin de mieux interpréter ce résultat.

Une étude menée sur le Vaccarès¹³ a identifié l'âge de la différenciation sexuelle à environ 2 ans pour une longueur comprise entre 210 et 220 mm. 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.¹⁴ qui considèrent l'argenture de la majorité des femelles du Vaccarès (83,3%) à un âge compris entre 4 et 5 ans.

⁹ 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.

¹⁰ MALLAWA A., LECOMTE-FINIGER R., « Comparative study of two populations of *Anguilla anguilla* (Linnaeus 1758) eels from French Mediterranean lagoons (Bages-Sigean and Canet-Saint-Nazaire), Golfe du Lion, Thèse de doctorat 3^e cycle, université de perpignan, 1987.

¹¹ 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.

¹² CRIVELLI A.J., 1998. L'Anguille dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse : une synthèse bibliographique. DIREN-DB RMC, publication COGEPOMI RMC, 83p.

¹³ 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.

¹⁴ 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.

5 Perspectives du suivi

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, etc.).

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. Une moyenne de 200 000 m³/jour pendant 5 jours a été jugée nécessaire pour générer un attrait en mer significatif, bien que les salinités rencontrées nécessitent une analyse actualisée de ces conditions d'attrait. 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 Saintes 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 prévus à l'horizon 2024/2025).

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 2020-2021 représente la deuxième année d'échantillonnage via la pose d'un verveux à alevins en amont du pertuis. 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. La poursuite de ce suivi est essentielle et son évolution pourrait permettre à terme d'apprécier l'efficacité de la future passe à poissons et ainsi nuancer les éventuelles variations de captures à la passe-piège.

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 a initié en 2018 l'installation d'antennes RFID entre le canal du Fumemorte et le Vaccarès, suivi complété en 2021 par un projet visant à mieux comprendre les connectivités intra-lagunaires du Fumemorte et du site des Grandes Cabanes (suivi en collaboration avec l'OFB). Des réflexions sont désormais engagées par l'Association MRM, quant à l'extension de ce suivi au travers de l'échappement des géniteurs via le pertuis de la Fourcade et de la Comtesse.

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

- Institut de Recherche 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

PRESTATAIRES

- Institut de Recherche de la Tour du Valat

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

