



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE

Suivi et estimation du recrutement en anguille européenne sur le fleuve Seine

Stage réalisé du 2 Avril au 27 Septembre 2024



© SEINORMIGR

MARANGONI Lucas

Maitre de stage : Monsieur Sébastien Grall

Enseignant référent : Monsieur Jean-Marc Lebel

Nom et adresse de la structure d'accueil : Seine Normandie Migrateurs - 11

cours Clemenceau 76100 ROUEN France

Partenaires techniques et financiers :



**eau
SEINE
NORMANDIE**
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

HYDROWATT

vnf
Voies
navigables
de France


FÉDÉRATION NATIONALE
PÊCHE

Suivi et estimation du recrutement en anguille européenne sur le fleuve Seine, année 2024

Marangoni Lucas¹

¹Seine-Normandie Migrateurs, 11 cours Clemenceau 76100 Rouen

24 septembre 2024

Résumé

Un suivi du recrutement de l'anguille européenne en Seine est réalisé depuis 2014 en rive gauche et 2018 en rive droite du barrage de Poses, premier ouvrage sur la Seine. Ce suivi a été mis en place dans le cadre du Plan National de Gestion Anguille (PGA). Pour cette année 2024, un total de 844 326 anguilles a été comptabilisé avec 86,6% des individus en rive droite et 13,4% des individus en rive gauche. La mise en place d'une rampe à anguille en rive droite a fortement augmenté les chiffres car l'accessibilité de la rampe en rive gauche est trop difficile à cause des courants issus de l'usine hydroélectrique. Les facteurs environnementaux jouent un rôle dans la montaison des anguilles. Cette année les résultats ont réussi à montré un impact significatif positif des températures de l'air et de l'eau fortement corrélées entre elles. Les débits et les niveaux d'eau étaient extrêmement élevés, cela a joué un rôle dans l'accessibilité des anguilles en venant modifier et contrer les courants de l'usine hydroélectrique. En complémentarité des dispositifs de piégeages, des flottangs ont été mis en place en aval des rampes visant à vérifier le bon fonctionnement des dispositifs. Une amélioration des chiffres est visible cette année mais nous ne pouvons pas qualifier la situation de satisfaisante comparé aux chiffres des années 80. Mots-clés : Anguilla Anguilla ; Montaison ; Recrutement ; Rampe à anguille ; Seine

Sommaire:

1	Introduction	2
1.1	Contexte historique de l'étude	2
2	Synthèse bibliographique	4
2.1	Présentation du modèle d'étude : l'anguille européenne	4
2.1.1	Classification	4
2.1.2	Morphologie	4
2.1.3	Régime alimentaire	5
2.2	Aire de répartition	5
2.3	Cycle de vie	5
2.3.1	Larve leptocéphale	7
2.3.2	Civelle	7
2.3.3	Anguille jaune	8
2.3.4	Anguille argentée	9
2.4	Menaces	9
2.4.1	Pêche et braconnage	9
2.4.2	Parasitisme	9
2.4.3	Prédation	10
2.4.4	Obstacles à la migration	10
2.4.5	Perte et dégradation des habitats	10
2.4.6	Modifications hydro climatiques	10
2.4.7	Pollution	10

Liste des figures:

1	Associations migrateurs (AM) des grands bassins français (SEINORMIGR)	2
2	Organigramme de l'association Seinormigr	3
3	Anguille européenne "Anguilla Anguilla". (Photo personnelle)	5
4	Aire de répartition de l'anguille européenne. La zone de reproduction est représentée en rouge. (Imbert 2008)	6
5	Répartition et cycle biologique de l'anguille européenne (Association MRM)	6
6	Larve leptocéphale)	7
7	Civelle (SEINORMIGR))	8
8	Anguille jaune (haut) et anguille argenté (bas) ((Durif, 2003))	8

Liste des tableaux:

Seine Normandie Migrateurs

Préambule : Les informations présentées ci-dessous sont tirées de site internet : <https://www.seinormigr.fr>.

Présentation générale : Seinormigr a été créé en 2007 sur une initiative du Président de la Fédération de la Seine-Maritime pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. L'association regroupe par adhésion les Fédérations départementales présentes sur le bassin Seine-Normandie afin de créer une seule et même continuité dans le suivi et la gestion des populations de poissons migrateurs. En 2011, elle est inscrite au Plan de Gestion des Poissons Migrateurs du bassin Seine-Normandie où elle siège en tant qu'inviter. En 2012, Seinormigr obtient son agrément d'association de protection de l'environnement par arrêté préfectoral du 13 décembre 2012. Puis en 2013, l'association est habilitée pour prendre part aux débats environnementaux se déroulant dans le cadre des instances consultatives régionales. Enfin en 2020, Seine-Normandie Migrateurs et Normandie Grands Migrateurs ont fusionné pour ne créer qu'une seule association grands migrateurs sur le territoire Seine-Normandie.

Missions :

- Contribuer à la connaissance, l'évaluation et au suivi des populations piscicoles amphihalines sur le bassin Seine-Normandie et la région Normandie.
- Favoriser la valorisation et la gestion des grands migrateurs, notamment avec un portefeuille à connaissance technique et scientifique qui soit visible et accessible en veillant au développement durable des pratiques halieutiques.
- Participer et s'investir techniquement et/ou financièrement dans les projets de restauration des axes de circulation et des habitats de reproduction et de développement des poissons migrateurs en vue d'assurer leur sauvegarde et la recolonisation des cours d'eau.
- Assister les maîtres d'ouvrages et les services instructeurs en matière technique et administrative dans tous les projets contribuant à l'accomplissement du cycle biologique des grands migrateurs.
- Mener ou coordonner des études ou publications spécifiques en concertation avec les différents gestionnaires et pouvoir publics en appui aux décisions politiques locales de l'eau afin de démontrer le bénéfice de l'action à consentir à toutes les échelles des cours d'eau.
- Participer à la définition et la mise en œuvre des objectifs de restauration des populations de poissons migrateurs au sein du COGEPOMI et de son PLAGEPOMI en collaboration étroite avec le secrétariat technique (DRIEE Île de France, Délégation de bassin) et les établissements publics de l'Etat (DREAL, AFB, Agence de l'Eau, DDTM, ...).
- Développer une large communication de synthèse des productions basées sur des données d'expertises, notamment à l'aide de mise à disposition d'outils de communication à différentes échelles des besoins qu'ils soient locaux, régionaux ou de bassins.

Territoires d'action : Seine Normandie Migrateurs fait partie des 8 associations migratrices présentent en France qui recouvrent les grands bassins français (Figure 1). L'association regroupe par adhésion 18 Fédérations Départementales pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDAAPPMA), des Associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (AAPMPA), ainsi que des adhérents directs. Son territoire s'étend sur une superficie totale de 95 500 km², englobant près de 50 000 km de cours d'eau, composé d'une très grande partie du bassin versant de la Seine et de ceux des fleuves côtiers Normands.

Organisation : Plus de 200 000 pêcheurs à travers 18 fédérations départementales pour la pêche et la protection des milieux aquatiques sont représentés par Seinormigr. L'association est dirigée par un conseil

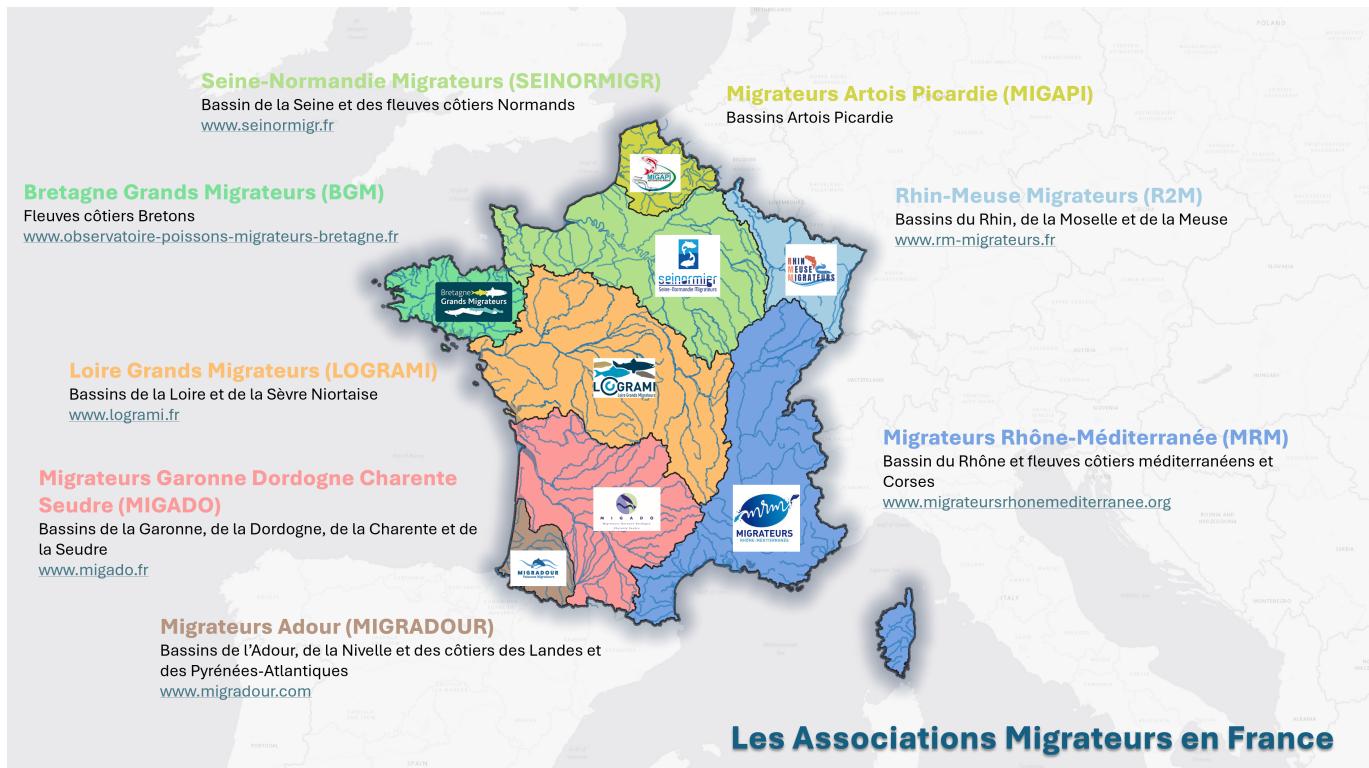


FIGURE 1 – Associations migrateurs (AM) des grands bassins français (SEINORMIGR)

d'administration de 20 membres avec à sa tête le Président M. Martial CHOUQUET, également président de la FDPPMA de l'Eure. Aujourd'hui l'équipe technique est composée de 6 salariés permanents répartis sur deux antennes Rouen (76) et Mondeville (14) (Figure 2) :

- Florian DESHAYES, Directeur (Rouen)
- Maxime POTIER, Responsable technique (Mondeville)
- Adrien BARAULT, Responsable - connaissances/suivis (Rouen)
- Sébastien GRALL, Responsable - Stations de contrôle des migrations (Rouen)
- Alice LEMONNIER, Chargée d'études – communication (Mondeville)
- Romain DUPUY-JANDARD, Chargé d'étude - suivis milieux (Rouen)

1 Introduction

1.1 Contexte historique de l'étude

Les écosystèmes marins et dulcicoles jouent un rôle crucial pour l'humanité, fournissant des services essentiels (FAO 2020). Cependant, au cours des dernières décennies, l'augmentation rapide des activités anthropiques, telles que l'urbanisation, l'industrialisation, et l'agriculture intensive, a entraîné une dégradation significative de ces environnements naturels (FAO 2020). Les activités humaines constituent la 1ère cause érosion de la biodiversité mondiale (UICN). En France, près de 25% des poissons dulçaquicoles et amphihalins sont considérés à minima comme menacés (18 espèces sur 80) (UICN, 2019). Il est estimé que près d'une espèce d'eau douce sur trois est menacée d'extinction (WWF 2020).

L'anguille européenne est une des espèces qui a été extrêmement touchées par ces menaces (Dekker and Beaulaton, 2016). Autrefois abondante dans les eaux européennes, jugée nuisible jusqu'en 1984, l'espèce représentait plus de 50% de la biomasse piscicole de l'aval des systèmes fluviaux. Ensuite, la population d'anguilles a drastiquement diminué depuis le milieu du XXème siècle. Initialement classée comme "vulnérable", elle est ensuite passée à "en danger", pour finalement aujourd'hui atteindre le statut "en danger critique d'extinction" selon l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). Des études ont

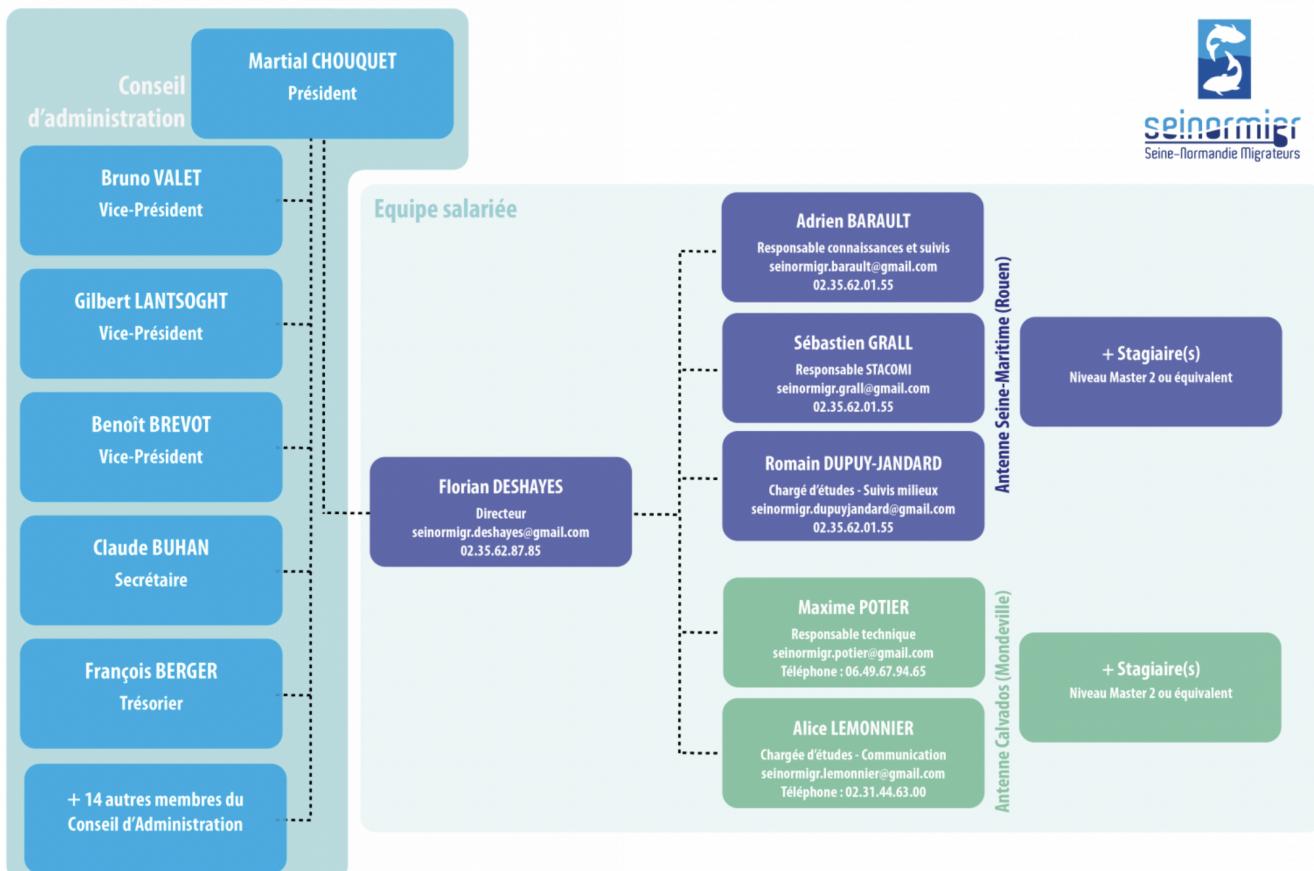


FIGURE 2 – Organigramme de l'association Seinormigr

montré qu'aujourd'hui, selon les auteurs, le recrutement aurait diminué entre 90 et 99% depuis 1960 (Baisez and Laffaille, 2005; Feunteun et al., 2003). L'anguille par son cycle de vie à la fois en eau de mer et en eau douce est confrontée à de nombreux phénomènes qui sont à l'origine de ce déclin rapide : la dégradation des habitats, la pollution, le braconnage mais aussi les changements climatiques notamment (Dekker, 2003). Face à ce déclin, la Commission Européenne, par le règlement (CE) n°1100/2007, exige à chaque état membre l'élaboration d'un plan de gestion national (PGA), instauré en France depuis 2009. Ce plan mis en place pour la conservation et la gestion durable de l'anguille européenne est décliné localement en unités de gestion (UGA) dans lesquelles des zones d'actions prioritaires (ZAP) sont déterminées.

Le bassin Seine-Normandie est un bassin jouant un rôle important dans la conservation de l'anguille car il est le bassin le plus important au niveau de la production d'anguille argentées mais aussi le second au niveau des anguilles jaunes (Jouanin et al., 2012). Sur la Seine, l'évaluation du recrutement d'anguille se fait au niveau du barrage de Poses car il est le premier ouvrage rencontré depuis la mer. Le barrage se situe à 160 kilomètres de la mer et représente un passage obligatoire pour la faune piscicole souhaitant coloniser l'amont de la Seine. Sur ce barrage, des dispositifs de franchissement ont été construits pour les anguilles (2014 en rive gauche et 2017 en rive droite). Cette construction s'est faite afin de répondre aux objectifs du plan de gestion anguille (PGA) en vigueur depuis 2009 sur le bassin Seine-Normandie. Depuis 2014, l'association Seine-Normandie Migrateurs (SEINORMIGR) est chargée de réaliser chaque année le suivi de la migration anadrome des jeunes anguilles. Ce suivi a pour but d'évaluer le recrutement annuel des anguilles en Seine, de comparer les recrutements interannuels, d'évaluer la fonctionnalité des dispositifs de franchissement, d'identifier les facteurs environnementaux influençant la migration mais aussi de fournir un indice de recrutement pour le Comité de gestion des poissons migrants (COGEPOMI) qui coordonne les différentes actions pour la gestion et la protection des poissons migrants, afin d'élaborer le Plan de Gestion des Poissons Migrants (PLAGEPOMI), plan quinquennal de gestion des poissons migrants.

Ce rapport présente une synthèse bibliographique sur le sujet d'étude « l'Anguille européenne » puis une mise en contexte de la présence d'Anguille européenne sur le bassin Seine Normandie. Ensuite, La partie « matériels et méthodes » décrit les dispositifs de franchissement ainsi que les protocoles. Enfin, les résultats sont commentés puis discutés avant la conclusion et les perspectives.

2 Synthèse bibliographique

2.1 Présentation du modèle d'étude : l'anguille européenne

2.1.1 Classification

Anguilla Anguilla ou anguille européenne, est un poisson téléostéen appartenant à l'ordre des Anguilliformes (comprenant 15 familles) et à la famille des Anguillidae. Selon l'INPN, sa systématique est la suivante : (Tableau 1)

2.1.2 Morphologie

Étant donné sa morphologie particulière, l'anguille européenne est aisément reconnaissable. Le corps de l'anguille est serpentiforme, constitué d'une partie antérieure cylindrique et d'une région caudale aplatie, est caractéristique de ce poisson (Figure 3) (Dekker, 2003). Au stade larvaire, les larves leptocéphales ne font que quelques millimètres (5 à 90) pour seulement quelques dixièmes de grammes. Tandis qu'au stade adulte les plus gros individus (les femelles) peuvent atteindre jusqu'à plus de 140 cm pour environ 6 kg (Tutman et al., 2007). Les mâles eux sont plus petits et dépassent rarement 45 cm. Un dimorphisme sexuel existe lié à la taille des individus (Bruslé and Quignard, 2001). La longévité de l'anguille est estimée à une quinzaine d'années bien qu'elle fluctue selon la zone géographique. L'anguille possède des nageoires pectorales bien développées derrière les branchies mais ne possède pas de nageoire pelvienne. Les dorsales, caudales et anales fusionnent pour former une longue nageoire unique allant de l'anus au milieu du dos (Hirsninger, 2015). Anguilla Anguilla, porte une peau épaisse recouverte de petites écailles ovales (profondément incrustées dans

le derme apparaissant à 15-20 cm) (Feunteun and Laffaille, 2011). L'anguille ne peut pas sauter et possède une nage limitée mais la production d'un mucus abondant lui permet de se déplacer par reptation.



FIGURE 3 – Anguille européenne "Anguilla Anguilla". (Photo personnelle)

2.1.3 Régime alimentaire

L'anguille est un prédateur opportuniste qui possède un régime alimentaire très varié, allant d'insectes, de larves aquatiques, de vers mais aussi de poissons. Son régime devient exclusivement piscivore à partir de 30-35 cm (Feunteun and Laffaille, 2011). Au début, les larves leptocéphales se nourrissent en mer d'organismes planctoniques pendant leur migration transatlantique (Riemann et al., 2010). Sur le continent, elles deviennent omnivores et consomment notamment des algues, des bryozoaires, des annélides polychètes, des larves et des adultes d'insectes (diptères, trichoptères, éphéméroptères et odonates), des mollusques (moules et gastéropodes), des crustacés décapodes et des poissons (Jobling, 2004; Pasquaud et al., 2010). L'anguille est une proie pour de nombreux ardéidés (Feunteun and Marion, 1994). Aussi, les flux énergétiques entre le milieu dulçaquicole et marin accordent à l'anguille une importance écologique non négligeable. On parle alors d'espèce clé, sa fluctuation en nombre amène différents effets sur d'autres espèces ou même l'écosystème (Willson and Halupka, 1995). Pour toutes ces raisons, elle doit être considérée comme une espèce parapluie, en protégeant l'anguille d'autres espèces le seront aussi (Baisez and Laffaille, 2005).

2.2 Aire de répartition

L'anguille européenne est un poisson migrateur amphihalin thalassotoque (Adam et al., 2008a; BRUSLÉ, 1994; Elie and Rochard, 1994), c'est- à-dire qu'au cours de sa vie, la reproduction se fait en mer tandis que la phase de croissance aura lieu dans les eaux côtières et douces continentales. Son aire de répartition est ainsi très vaste (Durif, 2003). Les anguilles européennes sont distribuées le long de la côte ouest de l'Europe, au nord du continent africain, dans le bassin méditerranéen ainsi qu'en Islande (Figure 4). Cette distribution coïncide avec l'extrémité de la circulation anticyclonique des masses d'eaux de l'Atlantique Nord (Anthony, 2006). Le site probable de ponte, en mer des Sargasses s'étend entre 23° et 30° Nord et entre 48° et 75° Ouest (McCleave et al., 1987). À la suite de l'éclosion des œufs les larves d'*Anguilla Anguilla* se laissent porter par le Gulf Stream dans la moitié Nord de l'océan Atlantique. Pour la partie eau douce, la répartition de l'anguille européenne se limite aux obstacles qu'elle peut retrouver dans les cours d'eau (Adam, 1997). L'anguille est l'espèce ichtyologique colonisant la plus grande diversité d'habitats, disponibles depuis la mer, sur l'ensemble du territoire français (Laffaille et al., 2004, 2003). La population d'*Anguilla Anguilla* est associée à un caractère panmictique du fait de la présence d'un seul stock se reproduisant en mer des Sargasses (?). Cependant, des études plus récentes remettent en question cette panmixie en affirmant l'existence d'une diversité génétique au sein de la population. (Daemen et al., 2001; Farrugio and Elie, 2011; Pujolar et al., 2007).

2.3 Cycle de vie

Le cycle biologique de l'anguille européenne est assez complexe et présente encore quelques points méconnus. Au cours de sa vie l'anguille effectue deux migrations transocéaniques (anadrome et catadrome), une phase de croissance continentale (sédentarisation), deux métamorphoses et vraisemblablement, une unique reproduction (Figure 5) (Anthony, 2006).

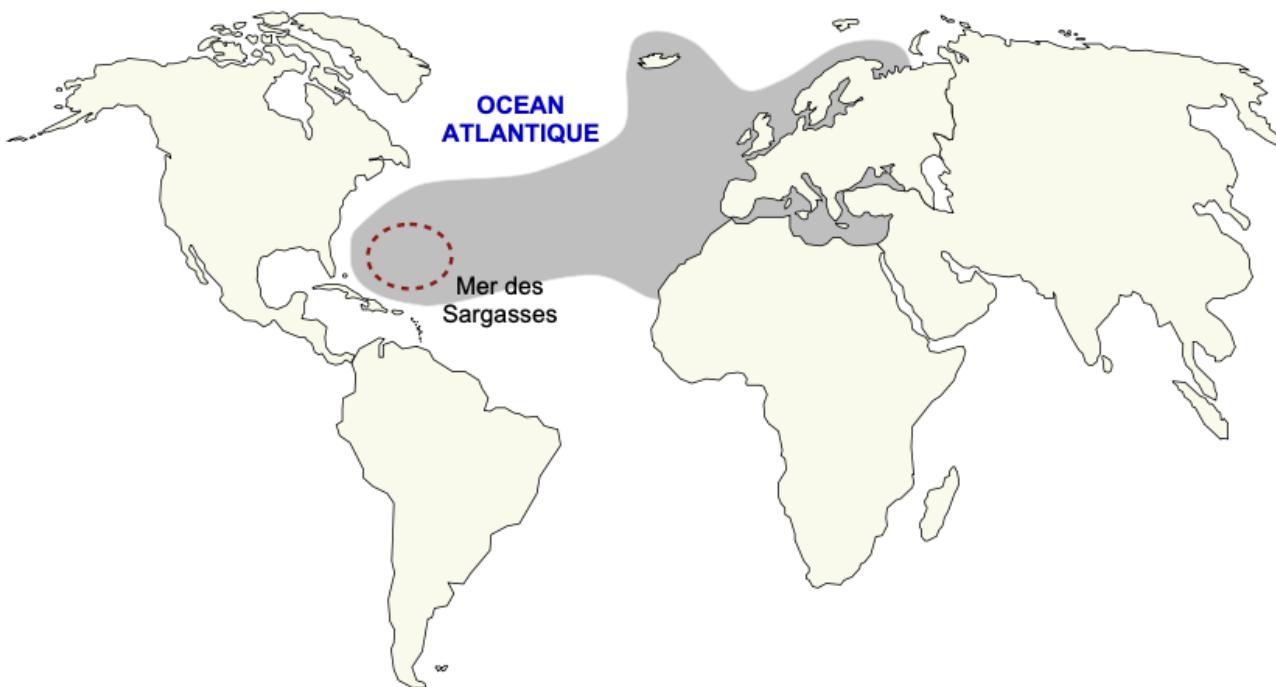


FIGURE 4 – Aire de répartition de l'anguille européenne. La zone de reproduction est représentée en rouge. (Imbert 2008)

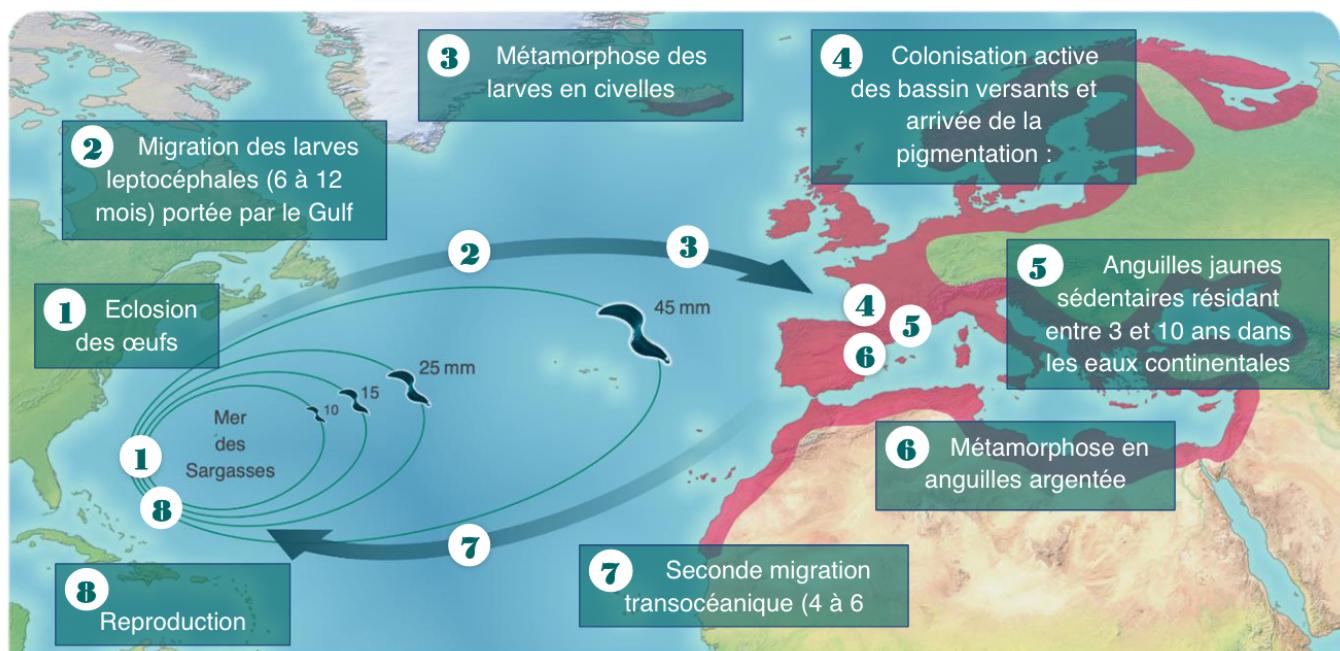


FIGURE 5 – Répartition et cycle biologique de l'anguille européenne (Association MRM)

2.3.1 Larve leptocéphale

La larve leptocéphale est le premier stade de l'espèce qui apparaît à la suite de l'éclosion des œufs en mer des Sargasses, après la reproduction à des profondeurs comprises entre 200 et 400 mètres. La larve leptocéphale est translucide, en forme de feuille de saule est particulièrement adaptée à un mode de vie pélagique (Figure 6) (Edeline et al., 2005). La larve dispose de glycosaminoglycans (GAG) constituant une enveloppe corporelle très hydratée sous forme de composés hydrophiles. Ceux-ci maintiennent et hydratent le corps larvaire de l'individu. D'après (Bonhommeau et al., 2010) la migration des larves vers le continent européen dure environ 21 mois. Les larves effectuent des migrations nyctémérales restant entre 200 et 300 m de profondeur pour éviter les prédateurs la journée et remonte à 25 m de la surface la nuit pour se nourrir (Castonguay and McCleave, 1987). A l'approche des côtes, les larves cessent de se nourrir (Edeline et al., 2005) et commencent leur métamorphose en civelles (Hirschingher, 2015).

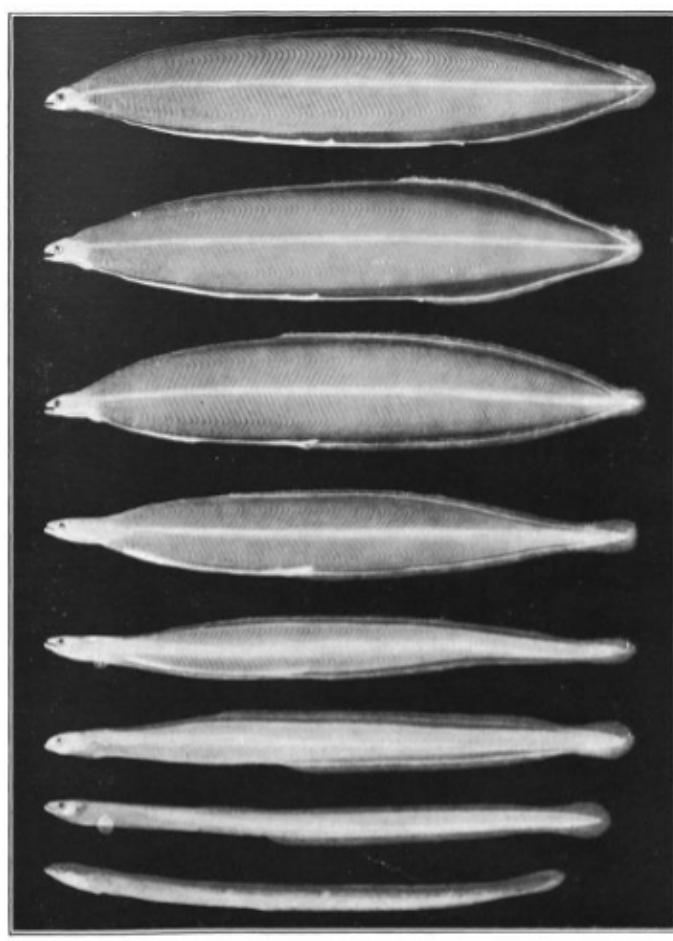


FIGURE 6 – Larve leptocéphale)

2.3.2 Civelle

Le stade civelle permet aux individus de coloniser le milieu continental (Edeline et al., 2005). La température de l'eau ainsi que la salinité conditionnent la vitesse de métamorphose (Laffaille et al., 2005). Les civelles ont une taille comprise en 60 et 80 mm (Figure 7) (Adam et al., 2008b). Elles colonisent les bassins versants en utilisant les courants de marée de flot (Hirschingher, 2015). Durant la colonisation des milieux continentaux le corps des civelles se pigmente progressivement (Prouzet, 2003) et l'alimentation s'arrête (Prouzet et al., 2002). Le stade civelle dure environ 3 mois. La fin de la métamorphose est marquée par une pigmentation totale du corps dès lors la civelle devient une anguille (Laffaille et al., 2000).

La remontée des civelles est conditionnée par divers facteurs : le crépuscule (Bardonnet et al., 2003,

2005), la température de l'eau, avec une augmentation des captures à 20°C (White and Knights, 1997), la marée montante (Bardonnet et al., 2003) et le cycle lunaire avec plus d'activité pendant la deuxième moitié du cycle (Todd, 1981).



FIGURE 7 – Civelle (SEINORMIGR))

2.3.3 Anguille jaune

Le stade anguille jaune apparaît à la suite des anguillettes. La différence entre anguillettes et anguille jaune est que les anguillettes colonisent activement les cours d'eau alors que les anguilles jaunes marquent souvent la fin de la phase de migration anadrome. Ce stade anguilles jaunes correspond à une phase de croissance et de sédentarisation (Laffaille et al., 2005). Les individus sont pour la plupart sédentaires mais il n'est pas impossible que certains puissent maintenir de la mobilité (Laffaille et al., 2005). Le stade d'anguille jaune est caractérisé par une forte utilisation des ressources trophiques et une différenciation sexuelle de l'anguille. En effet, la spermatogénèse et l'ovogénèse sont simultanées, mais le développement du sexe mâle est notamment conditionné par un phénomène de densité dépendance : la production de mâles est majoritaire lorsque les densités de population et la disponibilité des ressources sont fortes (Passakas and Tesch, 1980). L'âge de maturation est différent entre les mâles et les femelles, 3 à 9 ans pour les mâles (pour 20 à 150 g) contre 5 à 18 ans pour les femelles (pour 60 à 2100 g). Dès que les individus sont matures, ils s'argentent et la migration catadrome de dévalaison commence pour retourner vers la Mer des Sargasses (Figure 8) (Feunteun and Laffaille, 2011; ?).



FIGURE 8 – Anguille jaune (haut) et anguille argenté (bas) ((Durif, 2003))

2.3.4 Anguille argentée

L'apparition d'argenture marque la fin de la période de croissance continentale mais aussi le début de différentes modifications morphologiques et physiologiques pour s'adapter à la vie en mer. Tout d'abord, il y a une pigmentation ombre sur le dos et blanche sur le ventre qui lui permet un camouflage marin. Un épaississement du derme et une surproduction de mucus (Saglio et al., 1988). Puis Les nageoires pectorales s'allongent (Durif, 2003), le diamètre des yeux augmente et les photorécepteurs rétiniens se modifient (Adam, 1997). L'activité hormonale augmente (Lecomte-Finiger, 1990; Pankhurst and Lythgoe, 2006). Enfin, il y a une augmentation du volume musculaire (de 5 à 13%) et de l'activité hormonale (Lecomte-Finiger, 1990; Pankhurst and Lythgoe, 2006). Une modification de la vessie gazeuse, assurant un maintien de la pression hydrostatique pour s'adapter aux profondeurs marines (Lecomte-Finiger, 1990) et une phase de répit alimentaire. L'argenture confère aux anguilles toutes les aptitudes morphologiques, physiologiques et énergétiques nécessaires pour effectuer leurs longues migrations transocéaniques vers la zone de reproduction et initie la maturation des organes géniteurs (Durif et al., 2009). Ce comportement de dévalaison et d'argenture reste encore mal compris mais cela est associé à certains facteurs environnementaux comme la température, la photopériode et le cycle lunaire (Bruylants and Durif, 2009). Plusieurs hypothèses sont données concernant l'élément influençant le déplacement des individus. Tout d'abord, la température et l'olfaction joue un rôle dans l'orientation des anguilles vers le lieu de ponte (Westin, 1990). Une autre piste plus probable est le champ magnétique car des études de (Nishi et al., 2004) et (Wu and Dickman, 2012) ont montré une sensibilité des individus. Les anguilles sont des animaux sémelpares c'est à dire qu'ils meurent après la reproduction donc cet acte de reproduction est la dernière étape de leur vie. Cette reproduction s'effectuerait à environ 400 m de profondeur.

2.4 Menaces

Aujourd'hui l'anguille européenne est classée en danger critique d'extinction en France mais cela n'a pas toujours été le cas. Jusqu'en 1984, elle était encore classée nuisible (IUCN). La population d'anguille européenne diminue drastiquement depuis le milieu des années 80 (BRUSLE, 1994). Les causes sont multiples, d'origine naturelle mais aussi et surtout anthropique liés à la colonisation de différents milieux lors de son cycle de vie.

2.4.1 Pêche et braconnage

Tous les stades continentaux de l'anguille sont exploités (Dekker, 2003). Le stade civelle subit beaucoup de braconnage lié à la forte valeur économique du produit en Asie principalement. Le prix du kilo en Asie est environ 10 fois plus élevé qu'en France (Adam et al., 2008a). La pêche amateur mais aussi professionnelle joue un rôle dans le déclin de l'espèce bien qu'elles ne sont pas considérées comme un phénomène principal (Prouzet, 2003). Les recommandations du CIEM (Conseil international pour l'exploitation de la mer) de novembre 2021, valable pour les pêcheries 2022, préconisent une interdiction de la pêche à l'anguille. Bien que le repeuplement soit considéré comme une mesure de conservation par l'UE (article 7, 8°, du règlement 1100/2007), le CIEM observe que cette opération nécessite une récolte préalable des civelles. L'UE en autorisant la pêche commerciale est en contradiction avec le CIEM qui veut un arrêt de l'exploitation de cette espèce.

2.4.2 Parasitisme

L'anguille est soumise à de nombreux parasites. Des parasites indigènes comme *Acanthocephalus clavula* qui ne sont pas très impactant sur la vie de l'anguille avec des cas de mortalité très rares. Contrairement à cela, il y a des parasites introduits comme *Anguillicola crassus*. Ce parasite a été introduit avec l'importation de l'anguille japonaise en Méditerranée. *Anguillicola crassus* provoque une détérioration de vessie natatoire des individus ce qui va altérer l'organe (Kirk et al., 2000). Le parasite provoque aussi des lésions de cette vessie natatoire qui va impacter les performances de nage, ce qui va demander plus d'énergie aux individus et donc compliquer fortement la migration trans océanique complète (Kirk, 2003).

2.4.3 Prédation

Tout comme la pêche, tous les stades de l'anguille sont soumis à la prédation commençant par des espèces de poissons marins durant la migration larvaire. Ensuite, lors de son arrivée sur le continent l'anguille va devenir la proie de nombreux poissons tels que le bar, le silure mais aussi de nombreux oiseaux comme les hérons ou le cormoran. L'anguille argentée lors de la migration de reproduction bien qu'elle soit beaucoup plus grosse peut être prédatés par des mammifères marins (BRUSLÉ, 1994; Carpentier et al., 2009).

2.4.4 Obstacles à la migration

Le développement d'obstacles (barrages, déversoirs, buses, digues, ...) a considérablement augmenté entre les années 1950 et 1960 (Miller et al., 2016). La présence de nombreux obstacles sur les cours d'eau est une des principales causes de la diminution de la répartition et de l'abondance de l'anguille car l'accès à l'amont des cours d'eaux est difficile voire impossible (Adam et al., 2008a). Tous les ouvrages vont retarder la migration des individus mais aussi provoquer une surdensité à l'aval des ouvrages pouvant provoquer compétition et augmentation de la prédation (Bevacqua et al., 2011; Drouineau et al., 2014). Durant la d'avalaison des anguilles argentées un autre problème se pose, les turbines des usines hydroélectriques. Les turbines créent un pourcentage de mortalité élevé pouvant atteindre presque 20%. En cas de survie, le retard et l'augmentation des coûts énergétiques causée par le franchissement d'obstacles peuvent avoir des effets différés sur le succès de la migration et la fécondité (van Ginneken and van den Thillart, 2000)

2.4.5 Perte et dégradation des habitats

Les activités anthropiques provoquent une diminution de la surface et de la disponibilité des habitats favorables à l'anguille. Les principales causes sont la destruction des zones humides, le drainage mais aussi de nombreuse artificialisation des berges avec des endiguements par exemple (Basset et al., 2013). Il y a aussi la canalisation des rivières qui a pour effet de réduire leur largeur et de supprimer les berges latérales sauvages mais aussi les accès aux zones latérales (zones humides, marais...).

2.4.6 Modifications hydro climatiques

Les changements globaux entraînent une modification des températures mais aussi ont un impact sur les courants marins. De plus en plus d'études montrent que le recrutement des civelles est en lien avec des paramètres océaniques et atmosphériques (Bonhommeau et al., 2008; Durif et al., 2010). Une modification des courants marins du processus cyclique qu'est l'oscillation Nord-Atlantique (NAO) peut amener à une baisse de survie des larves leptocéphales lors de leur migration car cela va modifier l'intensité des courants dans l'océan (Durif et al., 2010). En plus des phénomènes océaniques, la baisse des débits et des précipitations peut affecter les anguilles argentées car ce sont des déclencheurs importants de la migration d'avalaison (Bruylants and Durif, 2009).

2.4.7 Pollution

L'anguille est fortement impactée par la pollution du fait de sa capacité à stocker des lipides mais aussi en raison de son niveau trophique, elle a un caractère bio-accumulateur (Bruslé, 1991 ; Robinet et Feunteun, 2002). De nombreux polluants sont retrouvés dans l'anguille comme les contaminants organiques, les métaux lourds et les pesticides (Bilau et al., 2007 ; Maes et al., 2005 ; Couillard et al., 1997). L'impact des polluants sur l'anguille n'est souvent pas mortel mais se manifeste par des lésions tissulaires, des effets sur l'osmorégulation mais aussi des perturbations hormonales (Couillard et al., 1997). Cela peut provoquer des déclenchements précoces de migration alors que l'anguille ne possède pas de réserve énergétique et à contrario cela va pousser les anguilles à utiliser leur énergie pour des mécanismes de détoxication.

Références

- Adam, G. (1997). *L'anguille européenne (Anguilla anguilla L. 1758) : dynamique de la sous-population du Lac de Grand Lieu en relation avec les facteurs environnementaux et anthropiques.* phdthesis, Doctorat Hydrobiologie, Université Paul Sabatier Toulouse III. Pages : 353.
- Adam, G., Feunteun, E., Prouzet, P., and Rigaud, C. (2008a). *L'anguille européenne. Indicateurs d'abondance et de colonisation.* Editions Quae. Pages : 400.
- Adam, G., Feunteun, E., Prouzet, P., and Rigaud, C. (2008b). *L'anguille européenne. Indicateurs d'abondance et de colonisation.* Editions Quae. Pages : 400.
- Anthony, 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.
- Baisez, A. and Laffaille, P. (2005). UN OUTIL D'AIDE À LA GESTION DE L'ANGUILLE : LE TABLEAU DE BORD ANGUILLE DU BASSIN LOIRE. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, (378-379) :115–130. Number : 378-379 Publisher : EDP Sciences.
- Bardonnet, A., Dasse, S., Parade, M., and Heland, M. (2003). INFLUENCE DE L'ALTERNANCE JOUR/NUIT SUR LES DEPLACEMENTS DE CIVELLES EN FLUVARIUM. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, (368) :9–20.
- Bardonnet, A., Rigaud, C., and Labonne, J. (2005). Etude expérimentale des comportements de civelles d'Anguilla anguilla L. Influence de la densité et de la disponibilité en abris. *Bulletin Français De La Peche Et De La Pisciculture*, 378-379 :47.
- Basset, A., Barbone, E., Elliott, M., Li, B.-L., Jorgensen, S. E., Lucena-Moya, P., Pardo, I., and Mouillot, D. (2013). A unifying approach to understanding transitional waters : Fundamental properties emerging from ecotone ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 132 :5–16.
- Bevacqua, D., Melià, P., De Leo, G. A., and Gatto, M. (2011). Intra-specific scaling of natural mortality in fish : the paradigmatic case of the European eel. *Oecologia*, 165(2) :333–339.
- Bonhommeau, S., Castonguay, M., Rivot, E., Sabatié, R., and Le Pape, O. (2010). The duration of migration of Atlantic *Anguilla* larvae. *Fish and Fisheries*, 11(3) :289–306.
- Bonhommeau, S., Chassot, E., Planque, B., Rivot, E., Knap, A., and Le Pape, O. (2008). Impact of climate on eel populations of the Northern Hemisphere. *Marine Ecology Progress Series*, 373 :71–80.
- Bruylants, M. and Durif, C. (2009). Silver Eel Migration and Behaviour. In *Spawning Migration of the European Eel*, pages 65–95. Journal Abbreviation : Spawning Migration of the European Eel.
- BRUSLÉ, J. (1994). L'anguille européenne Anguilla anguilla, un poisson sensible aux stress environnementaux et vulnérable à diverses atteintes pathogènes. *Bulletin Français De La Peche Et De La Pisciculture - BULL FR PECHE PISCIC*, 335 :237–260.
- Bruslé, J. and Quignard, J.-P. (2001). *Biologie des poissons d'eau douce européens.* Lavoisier. Google-Books-ID : 8XVqV3YIn7oC.
- Carpentier, A., Marion, L., Paillisson, J., Acou, A., and Feunteun, E. (2009). {Effects of commercial fishing and predation by cormorants on the *Anguilla anguilla* stock of a shallow eutrophic lake}. *Journal of Fish Biology*, 74 :2132–2138.
- Castonguay, M. and McCleave, J. (1987). Vertical distributions, diel and ontogenetic vertical migrations and net avoidance of Leptocephali of *Anguilla* and other common species in the Sargasso Sea. *Journal of Plankton Research - J PLANKTON RES*, 9 :195–214.

- Daemen, E., Cross, T., Ollevier, F., and Volckaert, F. (2001). Analysis of the genetic structure of European eel (*Anguilla anguilla*) using microsatellite DNA and mtDNA markers. *Marine Biology*, 139 :755–764.
- Dekker, W. (2003). Worldwide decline of eel resources necessitates immediate action. Quebec Declaration of Concern. *Eels at the Edge ; Science, Status, and Conservation Concerns*, 28.
- Dekker, W. and Beaulaton, L. (2016). Climbing back up what slippery slope ? Dynamics of the European eel stock and its management in historical perspective. *ICES Journal of Marine Science*, 73(1) :5–13.
- Drouineau, H., Rigaud, C., Laharanne, A., Fabre, R., Alric, A., and Baran, P. (2014). Assessing the Efficiency of an Elver Ladder Using a Multi-State Mark-Recapture Model. *River Research and Applications*, 31.
- Durif, C. (2003). *La migration d'avalaison de l'anguille européenne Anguilla Anguilla : caractérisation des fractions dévalantes, phénomène de migration et franchissement d'obstacles*. phdthesis, Doctorat Ecologie aquatique, Université Toulouse III. Pages : 348.
- Durif, C., Gjøsæter, J., and Vøllestad, L. (2010). Influence of oceanic factors on *Anguilla Anguilla* (L.) over the twentieth century in coastal habitats of the Skagerrak, southern Norway. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*, 278 :464–73.
- Durif, C., van Ginneken, V., Dufour, S., Muller, H., and Elie, P. (2009). Durif C, van Ginneken V, Dufour S, Müller T, Elie P (2009). Seasonal evolution and individual differences in silvering eels from different locations. Chapter 2 : pp. 13-39 ; in : Spawning migration of the European eel. Springer, Heidelberg ; Fish & Fisheries series volume 30, ISBN-978-1-4020-9094-3, van den Thillart G, Dufour S, Rankin C (eds.) 477 pp.
- Edeline, E., Dufour, S., and Elie, P. (2005). Role of glass eel salinity preference in the control of habitat selection and growth plasticity in *Anguilla anguilla*. *Marine Ecology-progress Series - MAR ECOL-PROGR SER*, 304 :191–199.
- Elie, P. and Rochard, E. (1994). Migration des civelles d'anguilles (*Anguilla anguilla* L.) dans les estuaires, modalités du phénomène et caractéristiques des individus. *Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture - BULL FR PECHE PISCIC*, 335 :81–98.
- Farrugio, H. and Elie, P. (2011). Etat de l'exploitation de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*, Linnée 1758) et éléments pour l'élaboration de plans de gestion dans la zone CGPM.
- Feunteun, E. and Laffaille, P. (2011). Commercially Important Catadromous Fish.
- Feunteun, E., Laffaille, P., Robinet, T., Briand, C., Baisez, A., Olivier, J.-M., and Acou, A. (2003). A Review of Upstream Migration and Movements in Inland Waters by Anguillid Eels : Toward a General Theory. pages 191–213.
- Feunteun, E. and Marion, L. (1994). Assessment of Grey heron predation on fish communities : the case of the largest European colony. *Hydrobiologia* 279/280 : 327-344. *Hydrobiologia*, 279/280 :327–344.
- Hirschinger, J. (2015). Données nouvelles sur le cycle biologique et les infestations parasitaires des anguilles de Polynésie française.
- Jobling, M. (2004). The eel : F.-W. Tesch (translated from German by R.J. White, and edited by J.E. Thorpe) Blackwell Science, Oxford, 2003 ; vii+408 pp., Price £89.50 ; ISBN 0 632 06389 0. *Aquaculture*, 237 :533–535.
- Jouanin, C., Briand, C., Beaulaton, L., and Lambert, P. (2012). *Eel Density Analysis (EDA2.x) : un modèle statistique pour estimer l'échappement des anguilles argentées (Anguilla anguilla) dans un réseau hydrographique*. report, irstea. Pages : 114.

- Kirk, R. S. (2003). The impact of *Anguillicola crassus* on European eels. *Fisheries Management and Ecology*, 10(6) :385–394. _eprint : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2400.2003.00355.x>.
- Kirk, R. S., Kennedy, C. R., and Lewis, J. W. (2000). Effect of salinity on hatching, survival and infectivity of *Anguillicola crassus* (Nematoda : Dracunculoidea) larvae. *Diseases of Aquatic Organisms*, 40(3) :211–218.
- Laffaille, P., Baisez, A., Rigaud, C., and Feunteun, E. (2004). Habitat preferences of different European eel size classes in a reclaimed marsh : A contribution to species and ecosystem conservation. *Wetlands*, 24 :642–651.
- Laffaille, P., Briand, C., Fatin, D., Lafage, D., and Lasne, E. (2005). Point sampling the abundance of European eel (*Anguilla anguilla*) in freshwater areas. *Archiv für Hydrobiologie*, 162 :91–98.
- Laffaille, P., Feunteun, E., Acou, A., and Jean-Claude, L. (2000). Role of European eel (*Anguilla anguilla* L.) in the transfer of organic matter between marine and freshwater systems. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 27.
- Laffaille, P., Feunteun, E., Baisez, A., Robinet, T., Acou, A., Legault, A., and Lek, S. (2003). Spatial organisation of European eel (*Anguilla anguilla* L.) in a small catchment. *Ecology of Freshwater Fish*, 12(4) :254–264. Publisher : Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Lecomte-Finiger, R. (1990). Métamorphose de l'anguille jaune en anguille argentée (*Anguilla anguilla* L.) et sa migration catadrome. *Ann. Biol.*, 29 :183–194.
- McCleave, J., Kleckner, R., and Castonguay, M. (1987). Reproductive sympatry of American and European eels and implications for migration and taxonomy. *American Fisheries Society Symposium*, 1 :286–297.
- Miller, M. J., Feunteun, E., and Tsukamoto, K. (2016). Did a “perfect storm” of oceanic changes and continental anthropogenic impacts cause northern hemisphere anguillid recruitment reductions ? *ICES Journal of Marine Science*, 73(1) :43–56.
- Nishi, T., Kawamura, G., and Matsumoto, K. (2004). Magnetic sense in the Japanese eel, *Anguilla japonica*, as determined by conditioning and electrocardiography. *The Journal of experimental biology*, 207 :2965–70.
- Pankhurst, N. and Lythgoe, J. (2006). Structure and colour of the integument of the European eel *Anguilla anguilla* (L.). *Journal of Fish Biology*, 21 :279–296.
- Pasquaud, S., Pillet, M., David, V., Sautour, B., and Elie, P. (2010). Determination of fish trophic levels in an estuarine system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 86 :237–246.
- Passakas, T. and Tesch, F.-W. (1980). Karyological and gonadal sex of eels(*Anguilla anguilla*) from the German Bight and the lower River Elbe. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 34(2) :159–164. Number : 2 Publisher : BioMed Central.
- Prouzet, P. (2003). *Etude sur la civelle (*Anguilla anguilla*) dans l'estuaire de l'Adour*.
- Prouzet, P., Lazure, P., Amara, M.-R., Capatina, D., Trujillo, D., Puiseux, P., Arino, O., Boussouar, A., Marquet, C., Pardo, O., Bru, N., Drouilhet, R., d'Aubigny, G., Lejeune, M., d'Aubigny, C., Van, B. T., Frisou, T., Sanchez, F., Lissardy, M., Casamajor, M. N. d., Castelnau, G., Marty, A., Malvezin, S., Marty, S., and Barracou, D. (2002). *Historique des captures de civelles, intensité actuelle de leur exploitation, variation de leur capturabilité par la pêche professionnelle maritime et indices de colonisation sur le bassin versant de l'Adour*. report, irstea. Pages : 280.
- Pujolar, J., Maes, G., and Volckaert, F. (2007). Genetic and morphometric heterogeneity among recruits of the European eel, *Anguilla anguilla*. *Bulletin of Marine Science*, 81 :297–308.

- Riemann, L., Alfredsson, H., Hansen, M., Als, T., Nielsen, T., Munk, P., Aarestrup, K., Maes, G., Sparholt, H., Petersen, M., Bachler, M., and Castonguay, M. (2010). Qualitative assessment of the diet of European eel larvae in the Sargasso Sea resolved by DNA barcoding. *Biology letters*, 6 :819–22.
- Saglio, P., Escaffre, A. M., and Blanc, J. M. (1988). Structural characteristics of the epidermal mucosa in yellow and silver European eel, *Anguilla anguilla* (L.). *Journal of Fish Biology*, 32(4) :505–514. _eprint : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1095-8649.1988.tb05390.x>.
- Todd, P. R. (1981). Timing and periodicity of migrating New Zealand freshwater eels (*Anguilla* spp.). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 15(3) :225–235.
- Tutman, P., Glamuzina, B., Bartulovic, V., and Jakov, D. (2007). A new maximum length for *Anguilla anguilla* (Anguillidae). 31 :485–486.
- van Ginneken, V. J. and van den Thillart, G. E. (2000). Eel fat stores are enough to reach the Sargasso. *Nature*, 403(6766) :156–157.
- Westin, L. (1990). Orientation mechanisms in migrating European silver eel (*Anguilla anguilla*) : Temperature and olfaction. *Marine Biology*, 106(2) :175–179.
- White, E. M. and Knights, B. (1997). Environmental factors affecting migration of the European eel in the Rivers Severn and Avon, England. *Journal of Fish Biology*, 50 :1104–1116. ADS Bibcode : 1997JF-Bio..50.1104W.
- Willson, M. F. and Halupka, K. C. (1995). Anadromous Fish as Keystone Species in Vertebrate Communities. *Conservation Biology*, 9(3) :489–497.
- Wu, L.-Q. and Dickman, J. D. (2012). Neural correlates of a magnetic sense. *Science (New York, N.Y.)*, 336(6084) :1054–1057.