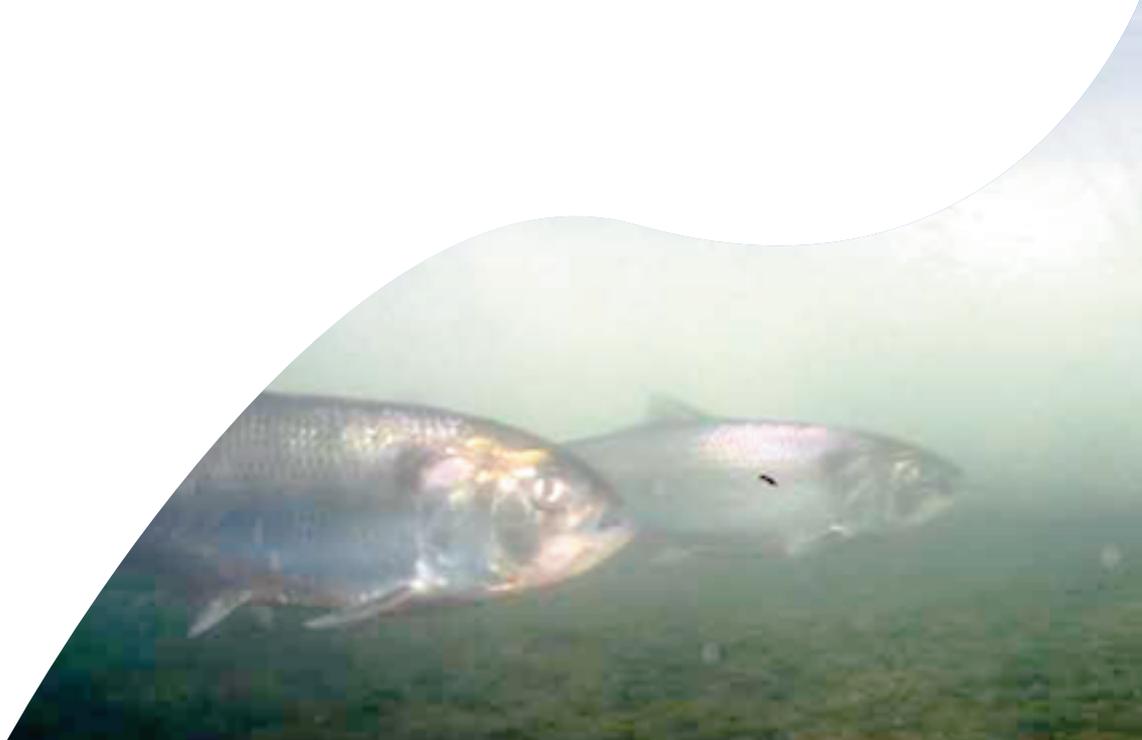


MISE EN PLACE D'UN PLAN DE GESTION EN FAVEUR DE L'ANGUILLE SUR LES MARAIS D'EAU DOUCE DU VIGUEIRAT

2011 - N°13/15





Mise en place d'un plan de gestion en faveur de l'Anguille sur les marais d'eau douce du Vigueirat

- Campagne 2011 -
- Synthèse des résultats 2007-2011 -

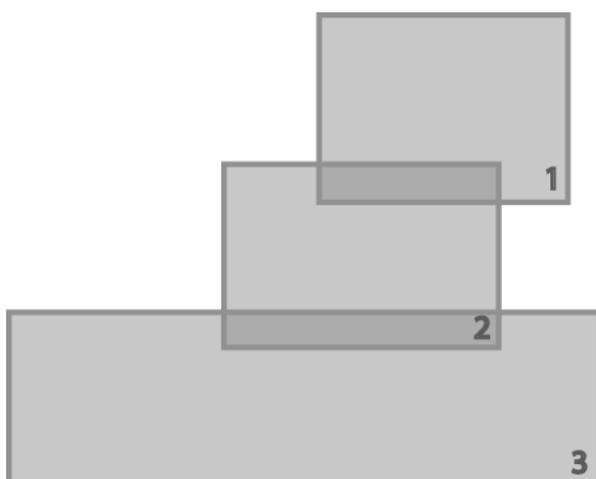


CRIVELLI A.J.* , LE GURUN L. , CONTOURNET P.* , CAMPTON P.** , LABEL I.****

* Station biologique de la Tour du Valat, Le Sambuc, 13 200 Arles

** MRM, Zone industrielle du port Fluvial, Chemin des Ségonnaux, 13 200 Arles

Juin 2012



1 : © MRM, 2007

2 : © MRM / F. Gardin, 2007

3 : © MRM, 2007

CRIVELLI A.J., LE GURUN L., CONTOURNET P., CAMPTON P., LABEL I., 2012. *Mise en place d'un plan de gestion en faveur de l'Anguille sur les marais d'eau douce du Vigueirat – Campagne 2011.*

Tour du Valat, Association Migrateurs Rhône-Méditerranée : 49 p.

Nous tenons 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
- Union européenne
- Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA)
- Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Rhône Alpes (DREAL)
- Fédération Nationale pour la Pêche en France (FNPF)
- Membres de l'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée :
 - 19 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 Savoie, de Haute-Savoie, du Var et du Vaucluse
 - Union Régionale des Fédérations de Pêche de l'Arc Méditerranéen (URFAM)
 - Union Régionale des Fédérations de Pêche de Rhône-Alpes (URFEPRA)
 - Association des Pêcheurs Professionnels Rhône Aval-Méditerranée
- Compagnie Nationale du Rhône
- Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur
- Conseil Régional Rhône-Alpes
- Conseil Régional Languedoc-Roussillon
- Conseils Général des Bouches-du-Rhône
- Conseil Général du Vaucluse
- Conseil Général de la Drôme
- Conseil Général de l'Ardèche
- Conseil Général du Gard
- Conseil Général des Alpes Maritimes
- Mairie d'Arles

PARTENAIRES TECHNIQUES

- Station biologique de la Tour du Valat
- RNN des Marais du Vigueirat
- Fish-Pass

L'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) est un poisson migrateur amphihalien thalassotoque dont les stocks n'ont fait que chuter ces vingt dernières années. Son déclin a conduit à l'instauration du Plan National de Gestion de l'Anguille, qui vise à ramener la population d'anguilles à ses niveaux historiques. Pour répondre aux objectifs de ce règlement européen, le Plan de Gestion des Poissons Migrateurs 2004-2009 et 2010-2014 (PLAGEPOMI 2004-2009, PLAGEPOMI 2010-2014) a été instauré pour pallier le manque de connaissances sur la dynamique de population de l'Anguille. Une étude a ainsi été lancée par MRM en 2007 sur le site atelier des Marais du Vigueirat, dans l'objectif d'évaluer, sur une période de 10 ans, le nombre potentiel de géniteurs par recrue et leur qualité biologique dans les hydrosystèmes d'eau douce côtiers méditerranéens.

Fin 2007-début 2008, trois lots d'anguilles marquées individuellement ont été introduits dans un étang clos (Pisci-Sud). En janvier février 2008, 2009, 2010 et 2011, 2,5 kg de civelles, soit un peu plus de 9000 civelles par an, ont également été introduites. De 2008 à 2011, deux pêches annuelles de neuf jours, réalisées au printemps et en automne, constituent le suivi du devenir de ces anguilles introduites. La survie, le taux de croissance et l'indice d'argenture sont évalués. Toute anguille argentée migrante capturée n'est pas remise à l'eau et contribue à l'estimation du nombre d'anguilles argentées produites par recrue et de leur qualité biologique (parasitisme, polluants ...).

En avril-mai et octobre 2011, 681 et 432 anguilles ont respectivement été capturées avec 96 reprises en avril et 132 en octobre.

Les croissances observées d'une année à l'autre sont remarquables quels que soient les groupes d'anguilles introduites. Cette forte croissance serait due à (a) une densité d'anguilles en dessous de la capacité maximale du milieu, (b) une nourriture abondante et (c) des températures de l'eau favorables.

En parallèle, le suivi des captures au niveau d'une passe-piège à anguilles, installée depuis 2007, garantit l'appréciation du recrutement naturel des Marais du Vigueirat depuis le canal d'Arles à Fos.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
INTRODUCTION	1
I - CONTEXTE DE L'ETUDE	2
I.1. CONTEXTE BIOLOGIQUE.....	2
<i>I.1.1 Présentation de l'Anguille européenne (Anguilla anguilla)</i>	2
<i>I.1.2 Caractéristiques physiques et biologiques des anguilles</i>	6
<i>I.1.3 Identification des menaces</i>	9
<i>I.1.4 Situation actuelle du stock d'Anguille européenne</i>	14
I.2. CONTEXTE INSTITUTIONNEL	16
<i>I.2.1 Le règlement européen n° 1100/2007 en faveur de l'Anguille</i>	16
<i>I.2.2 DCE, SDAGE, Code de l'environnement et Loi sur l'eau</i>	18
<i>I.2.3 Le PLAGEPOMI</i>	21
<i>I.2.4 Le Grenelle de l'environnement</i>	22
<i>I.2.5 Le plan d'actions pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau</i>	24
I.3. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE	24
II - METHODES	27
II.1 INTRODUCTION DES ANGUILLES	27
II.2 PROTOCOLE D'ECHANTILLONNAGE	28
II.3 PASSE-PIEGE A CIVELLES ET ANGUILLES.....	30
<i>II.3.1 Principe</i>	30
<i>II.3.2 Suivi</i>	31
III - RESULTATS	32
III.1 EVOLUTION DES PARAMETRES ENVIRONNEMENTAUX	32
<i>III.1.1 Hauteur d'eau</i>	32
<i>III.1.2 Température</i>	32
<i>III.1.3 Salinité</i>	33
III.2 LOTS 1 A 4 DE CIVELLES.....	33
III.3 PECHES	34
<i>III.3.1 Effectifs de capture</i>	34
<i>III.3.2 Croissance et indice d'argenture</i>	35
III.4 SUIVI DE LA PASSE-PIEGE A ANGUILLE	36
CONCLUSION & PERSPECTIVES	39
BIBLIOGRAPHIE	40
TABLE DES FIGURES	48
TABLE DES TABLEAUX	49

INTRODUCTION

L'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) est un poisson migrateur amphihalien thalassotoque dont le cycle de vie est unique et suscite encore de nombreuses questions.

Sur les vingt dernières années, les indices de recrutement et d'échappement de l'Anguille ont fortement chuté sur l'ensemble de son aire de répartition (FEUNTEUN, 2002). Les causes de ce déclin sont multiples, la plupart des scientifiques s'accordant pour penser que les modifications climatiques influant sur les courants de l'Atlantique Nord ainsi que l'apparition du nématode parasite *Anguillicoloides crassus* constituent les deux principales. L'exploitation halieutique et l'impact des barrages figurent parmi les causes pour lesquelles une action est possible. Le faible niveau actuel des stocks exige en particulier d'éviter une surpêche liée au braconnage et d'améliorer le taux d'échappement des anguilles adultes (anguilles argentées) vers la Méditerranée.

Ainsi, ces constatations sont à l'origine d'un règlement de l'Union Européenne (n°1100/2007 du 18/09/2007) dont l'objectif est de ramener le volume du stock d'anguilles à ses niveaux historiques et de permettre la migration des civelles tout en laissant à chaque Etat-membre le soin de mettre en œuvre les mesures de gestion et d'évaluation des résultats adaptées aux situations locales. Il est ainsi stipulé que « *l'objectif de chaque plan de gestion est de réduire la mortalité anthropique afin d'assurer avec une grande probabilité un taux d'échappement vers la mer d'au moins 40 % de la biomasse d'anguilles argentées correspondant à la meilleure estimation possible du taux d'échappement qui aurait été observé si le stock n'avait subi aucune influence anthropique* » (Article 2, Paragraphe 4).

Le manque de connaissances sur la dynamique des populations de l'Anguille européenne dans les hydrosystèmes côtiers méditerranéens français conduit à l'incapacité de proposer des mesures de gestion répondant aux demandes de l'Union Européenne. En particulier, il est aujourd'hui impossible de quantifier un taux d'échappement dans des conditions prêtes (non perturbées). Il est nécessaire de réaliser des études à long terme qui évalueront la cible d'échappement en géniteurs en fonction du recrutement (naturel ou artificiel).

Dans le cadre Plan de Gestion des Poissons Migrateurs qui préconise l'amélioration des connaissances de la dynamique de population de l'Anguille, des actions ont été lancées sur les lagunes afin d'apporter les éléments nécessaires à la gestion de l'espèce au niveau méditerranéen et de répondre en tout ou partie au Plan National de Gestion de l'Anguille. C'est dans ce cadre que s'inscrit l'étude lancée par l'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée (MRM) en 2007 sur le site atelier des Marais du Vigueirat et dont le but est d'évaluer, sur une période de 10 ans, le nombre potentiel de géniteurs et leur qualité en fonction du recrutement naturel et artificiel dans les hydrosystèmes d'eau douce côtiers méditerranéens.

I - CONTEXTE DE L'ETUDE

I.1. Contexte biologique

I.1.1 Présentation de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*)

Taxonomie et répartition

L'Anguille fait partie de la super classe des Ostéichthyens et du super ordre des Elopomorphes, un taxon de Téléostéens phylogénétiquement ancien.

Le genre *Anguilla* compte 15 espèces dans le monde, dont deux se localisent dans l'Atlantique Nord : l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) (fig.1) et l'Anguille américaine (*Anguilla rostrata*), qui ne diffèrent physiquement que par leur nombre de vertèbres (Ege, 1939 in Imbert, 2008).



Figure 1 : Anguille européenne (MRM)

Même si des hybridations sont possibles entre les deux espèces (Daemen et al., 2001 ; Wirth & Bernatchez, 2001), les récents travaux concernant la diversité génétique tendent à montrer une ségrégation bien établie entre les deux espèces (Als et al., 2011).

L'Anguille européenne fait partie des trois espèces thalassoques présentes en France, avec le mullet porc (*Liza ramada*) et le flet commun (*Platichthys flesus*). Elle présente une large distribution géographique, de l'Europe septentrionale (Islande, îles Feroe) en passant par l'Europe occidentale et méridionale (Açores, Canaries, Maroc) et l'ensemble du bassin méditerranéen (annexe 1). Elle est présente sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse (RM & C) avec des densités qui diminuent en s'éloignant de la mer (Chancerel, 1994 ; Elie & Rigaud, 1984 ; Ximenes et al., 1986 ; Tzeng et al., 1995 ; Feunteun et al., 1998).

Adulte, elle mesure de 30 cm à 1 m (1,5 m au maximum), pèse jusqu'à 3 kg et présente un fort dimorphisme sexuel. Les mâles sont de plus petite taille (30 à 40 cm) ce qui implique que toutes les anguilles supérieures à 50 cm sont des femelles (Bruslé & Quignard, 2006). L'Anguille passe la majeure partie de sa vie (4 à 12 ans) dans les eaux continentales. On la rencontre par ailleurs dans des milieux aussi variés que les fleuves, les rivières, les lacs de plaine ou bien encore dans les eaux saumâtres des lagunes (Crivelli, 1998).

Cycle de vie

L'Anguille est le seul grand migrateur thalassotoque européen. Cette espèce amphihaline de type catadrome a un cycle de vie unique et encore mystérieux sur de nombreux points, *a fortiori* en région méditerranéenne (fig.2).

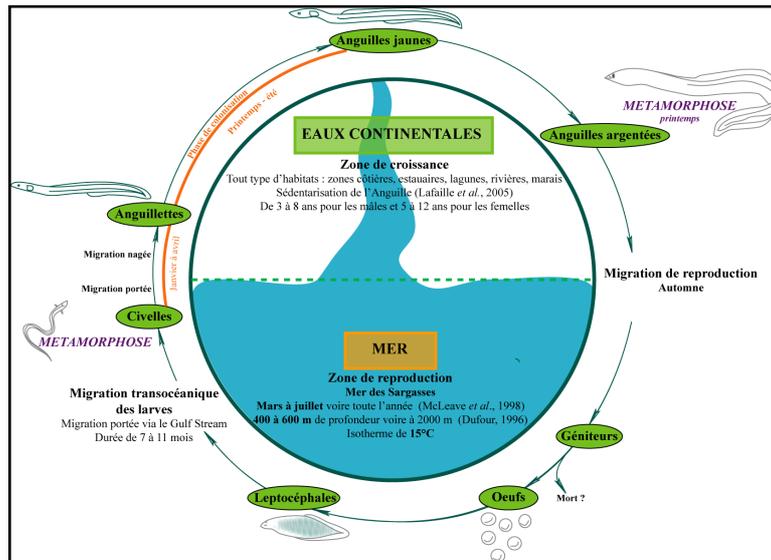


Figure 2 : Cycle de vie de l'Anguille (MRM)

L'acte de ponte

La ponte se déroulerait entre mars et juillet selon certains, toute l'année selon d'autres (McLeave *et al.*, 1998 ; Tesch & Wegner, 1990), à une profondeur entre 400 et 600 mètres et à un isotherme de 15°C. Pour d'autres encore, la ponte pourrait avoir lieu bien plus profondément, aux environs de 2 000 mètres (Robins *et al.*, 1979 ; Dufour, 1996). La physiologie des reproducteurs (peau épaisse, pupilles dilatées, ligne latérale marquée) et la nécessité de fortes pressions pour déclencher la libération des gamètes en milieu expérimental laissent supposer que la reproduction s'effectue en effet à des profondeurs importantes (plusieurs centaines de mètres) dans la zone épipélagique (Klecker *et al.*, 1983).

L'endroit exact de cette reproduction n'est pas connu, mais se localiserait dans la mer des Sargasses. Il est communément admis que cette aire de ponte est unique et que l'ensemble des anguilles européennes appartient au même stock, formant ainsi une population panmictique (Wirth & Bernatchez, 2001 ; Als *et al.*, 2011), autrement dit une population où tous les géniteurs sont susceptibles de se croiser et de se reproduire au hasard.

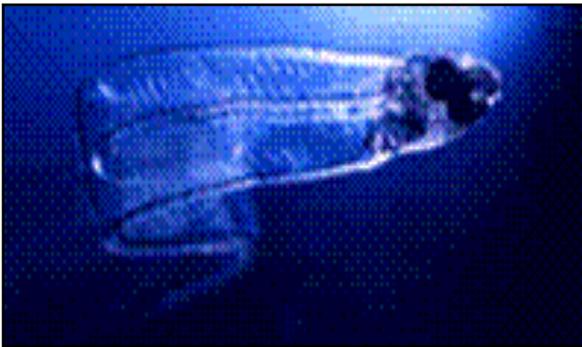
On ignore ce que deviennent les adultes après la reproduction, l'hypothèse la plus vraisemblable étant qu'ils meurent tous et donc, que ce poisson ne se reproduira qu'une seule fois dans sa vie (espèce sémelipare) (Tesch, 1977 ; Westerberg, 1979 *in* Acou, 2006).

Stade leptocéphale

On suppose que les œufs pondus sont pélagiques, qu'après éclosion, les leptocéphales, en forme de feuille de saule (fig.3), se nourrissent de plancton et sont portées par les courants océaniques (Gulf-Stream) de manière passive tout en effectuant des migrations verticales dans la colonne d'eau (Tesch & Wegner, 1990).

La dispersion des larves se fait aléatoirement (par les courants océaniques atlantiques venant longer les côtes européennes). Cependant, d'après l'analyse de l'ADN nucléaire, il pourrait exister plusieurs groupes. Il se distinguerait un groupe « mer du Nord », un « groupe atlantique » et un « groupe méditerranéen » (Wirth & Bernatchez, 2001).

Figure 3 : Leptocéphale (cpie authie)



Ces milliers de larves leptocéphales accomplissent ainsi un voyage de 6 000 km pendant 200 jours selon les uns et 470 à 560 jours selon les autres (Tesch *et al.*, 1986 ; Tesch & Niermann, 1992 ; Lecomte Finiger, 1994 ; Antunes & Tesch, 1997 ; McLeave *et al.*, 1998 ; Tesch, 1998).

Le courant des Açores (composante Nord de la convergence subtropicale) conduit alors une partie des larves vers la Méditerranée. Cette phase de migration océanique reste cependant floue puisque des particules inertes situées dans le Golf Stream mettent 3 ans à effectuer la même traversée (Kettle & Haines, 2006).

Stade civelle

À l'approche du plateau continental et à une longueur moyenne de 6 cm, les leptocéphales subissent leur première métamorphose. Leur corps s'allonge et devient cylindrique, c'est le stade civelle (fig.4). D'abord transparentes, elles entament une migration anadrome influencée par plusieurs facteurs environnementaux (température, dessalure, lune...) et cessent de s'alimenter.

Cette migration est passive dans un premier temps, utilisant les courants de marée (transport tidal sélectif) puis active par la suite. Elle a lieu essentiellement de janvier à juin sur la façade méditerranéenne française (Finiger, 1976). Le pic

Figure 4 : Civelles (MRM)



d'abondance en civelles au niveau des Saintes-Maries-de-la-Mer (commune de l'estuaire du petit Rhône) est observé entre janvier et mars (Crivelli *et al.*, 2009). Les civelles se pigmentent progressivement jusqu'à atteindre le stade anguille jaune (Elie *et al.*, 1982, *in* Edeline, 2005).

La totalité des individus ne migre pas vers des zones de croissance plus en amont. En effet, certains d'entre eux (sous l'influence de multiples facteurs) se sédentarisent dans les estuaires ou les eaux de transitions littorales (Daverat *et al.*, 2005), alors que d'autres migrent vers des zones de croissance plus en amont (jusqu'à 1 000 m d'altitude), ou alternent entre les secteurs d'eau douce et d'eau salés.

Stade anguille jaune



En général, on parle d'anguille jaune (fig.5) lorsque l'individu en question atteint une certaine taille (au-delà de 30-40 cm) (Tesch, 2003). En deçà, on parle d'« anguillettes ».

Figure 5 : Anguille jaune (MRM)

Le stade « anguille jaune » correspond à la phase au cours de laquelle l'anguille se différencie sexuellement, qu'elle acquiert la taille et les réserves nécessaires à la migration de ponte et à la maturation des gonades (Van den Thillart *et al.*, 2004 ; Van Ginneken *et al.*, 2005 *in* Edeline, 2005).

Les anguilles jaunes sont généralement sédentarisées, mais des conditions hydroclimatiques particulières (obligeant les anguilles à changer de territoire) peuvent provoquer des mouvements migratoires. Elles effectuent leur croissance aussi bien dans les milieux côtiers que dans les estuaires, marais, fleuves, rivières et ruisseaux.

Stade anguille argentée

Au terme de sa période continentale, l'Anguille subit une métamorphose (l'argenture) qui accompagne l'acquisition de la maturité sexuelle (fig.6). Cette métamorphose intervient à un moment particulier, déterminé notamment par la croissance des individus (plus la croissance est rapide plus cette métamorphose intervient tôt) (Adam *et al.*, 2008). L'argenture marque la fin de la phase de croissance.

Figure 6 : Anguille argentée (MRM)

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. Il s'effectue à l'âge de 4 à 20 ans pour les femelles et 2 à 15 ans pour les mâles, ce qui correspond à des tailles comprises entre 50 et 100 cm pour les femelles et 35 à 46 cm pour les mâles (Durif *et al.*, 2009, *in* Van den Thillart *et al.*, 2009).



La dévalaison des anguilles débute généralement à l'automne et se poursuit jusqu'au début du printemps. Les anguilles dévalent en se laissant porter par le courant de l'eau. Elles l'utilisent comme stimulus à leur dévalaison, on parle de rhéotaxie (Brujjs & Durif, 2009 ; Crivelli, 1998). Le pic de dévalaison est différent selon la situation de la zone de croissance des individus au niveau de l'aire de répartition de l'espèce. Ainsi, pour les individus se situant au centre de l'aire de répartition et sur les côtes méditerranéennes, ce pic de migration de dévalaison interviendrait entre l'automne et l'hiver (Gosset *et al.*, 2000 ; Amilhat *et al.*, 2009).

1.1.2 Caractéristiques physiques et biologiques des anguilles

Capacités de nage et de franchissement

L'Anguille possède des capacités de nage inférieures aux autres espèces migratrices. Un obstacle franchissable pour les salmonidés par exemple pourra être infranchissable pour les anguilles et à l'inverse, un obstacle infranchissable pour les salmonidés pourra être franchissable sans difficulté par les anguilles. Il en est de même pour les dispositifs de franchissement : beaucoup de passes à poissons conçues pour les salmonidés ou aloses ne seront pas adaptées aux anguilles en raison notamment des courants importants qui y transitent.

L'Anguille présente une nage de type ondulatoire avec des performances de nage liées à la morphologie de son corps, dont la flexibilité est importante et homogène (anguilliforme). La capacité de nage des anguilles diffère selon leur taille et donc leur 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 3m et ne serait que d'une trentaine de centimètres pour une vitesse de 0,5 m/s (Porcher, 1992).

Le comportement de migration sera donc différent selon le stade de développement des individus migrants. Les petits individus auront tendance à rechercher les zones à faibles écoulements et les adultes n'hésiteront pas à emprunter les veines centrales de l'écoulement où le courant est plus important (Tesch, 2003).

Capacités de reptation

La spécificité de l'Anguille est son aptitude à ramper le long de parois humidifiées. On parle de « reptation », au cours de laquelle la totalité du corps serpentiforme du poisson est sollicitée (fig.7).



Les anguillettes avec leur corps allongé et leur faible poids peuvent par ailleurs grimper des murs verticaux à condition que ceux-ci ne soient pas trop lisses. La surface nécessite cependant d'être un minimum humidifiée. La capacité de reptation diminue avec la taille des individus et par conséquent la franchissabilité des ouvrages ne sera pas la même selon que ceux-ci se situent proches de l'embouchure ou non (Legault, 1988).

Figure 7 : Reptation de civelles sur une paroi rugueuse (MRM)

Capacités d'exondation

Les anguilles ont également la capacité de vivre hors de l'eau durant un temps exceptionnellement long pour un poisson à condition qu'elles ne se dessèchent pas. La durée de survie est cependant temporaire. L'humidification des parois est essentielle afin de permettre aux individus de savoir où se trouve le cours d'eau et de ne pas se dessécher (Tesch, 2003). Cette survie aérienne est rendue possible grâce notamment à l'existence d'échanges gazeux cutanés. Ils peuvent apporter les deux tiers des besoins en oxygène des animaux quand ils sont hors de l'eau, le complément étant apporté par la respiration branchiale (Berg & Steen, 1965 *in* Legault, 1988).

Ainsi, la franchissabilité d'un obstacle dépend de sa propre configuration mais également des caractéristiques physiques et physiologiques des individus qui souhaitent le franchir. De même, la taille des individus étant différente entre les zones fluviales amont et aval, la distance d'un barrage à la mer conditionnera ses capacités à être franchi (Legault, 1988).

Dispersion continentale des anguilles

Les civelles sont fortement dépendantes du transport tidal sélectif lors de leur migration dans les estuaires, ce qui entraîne un phénomène d'accumulation des individus en limite de zone d'influence des marées (Edeline, 2005).

À l'entrée des estuaires, le comportement de migration est notamment influencé par les conditions physiques des individus et les hormones thyroïdiennes qui jouent un rôle prépondérant. En effet, des concentrations en hormones thyroïdiennes favorisent la colonisation des écosystèmes aquatiques continentaux, alors qu'une production faible de ces hormones favorise une sédentarisation précoce des milieux marins ou estuariens. La nage à contre courant semble favorisée chez les individus ayant une forte activité thyroïdienne et de forts coefficients d'embonpoint (Edeline *et al.*, 2006).

À l'arrivée dans la zone limite d'influence des marées et suite à la transformation en anguillettes, la dispersion non densité-dépendante diminue au profit d'une dispersion densité-dépendante avec sélection de l'habitat.

Quatre catégories de comportement migratoire peuvent se distinguer (Feunteun *et al.*, 2003) :

- Les fondateurs se sédentarisent dès qu'ils trouvent un habitat leur étant favorable.
- Les pionniers effectuent la migration la plus importante vers les zones de croissance amont.
- Les résidants s'installent sur une aire de répartition donnée pendant plusieurs années.
- Les nomades circulent d'un habitat à l'autre pour croître et s'installer de manière transitoire.

Ces comportements sont notamment influencés par le coefficient de condition des individus (Edeline *et al.*, 2006).

Les suivis de migration des anguilles révèlent que les individus migrants sont essentiellement des individus dont la taille excède rarement 30 cm (White et Knights., 1997). Plus les individus présentent une taille importante, plus leur caractère migratoire diminue. Or, un élément principal de la dispersion chez l'anguille jaune étant la densité-dépendance (Feunteun *et al.*, 2003), les individus les plus grands pourraient acquérir une certaine supériorité sur les plus petits et donc une meilleure faculté à se sédentariser sur un territoire plus ou moins important. Les facteurs du déterminisme sexuel sont pour le moment inconnus, mais on sait qu'ils sont principalement liés à des paramètres environnementaux et aux densités des populations (Krueger & Oliveira, 1999 *in* Edeline, 2005). Les individus mâles (qui sont en moyenne plus petits que les femelles) dominent ainsi les parties inférieures des bassins versants, là où les densités sont les

plus importantes, alors que les individus femelles se situent majoritairement dans les parties supérieures, avec des densités de population plus faibles (Melia *et al.*, 2006).

La progression des individus se fait essentiellement de nuit, même si les plus jeunes anguilles peuvent migrer toute la journée (comportement lucifuge moins développé) et la progression en nage active se situe entre 10 et 45 km / an. Cependant, cette vitesse de progression est très variable en fonction des caractéristiques du système fluvial emprunté (cloisonnement et pente retardant la progression) et des individus. Ainsi, Feunteun *et al.* (2003), mettent en évidence l'existence d'individus rapides pouvant parcourir 200 km / an.

Le nombre d'individus susceptibles de franchir les obstacles varie fortement en fonction du bassin versant, de l'année et de la distance à la mer de l'obstacle. Cependant il semble que plus l'obstacle est éloigné de la mer, plus le nombre d'individus susceptibles de le franchir diminue. En effet, sur le Frémur, Legault *et al.* (2004) montrent une variation des passages de 50 à 500 individus par km² de bassin amont entre 1997 et 2003 pour des obstacles situés proche de la limite tidale (moins de 10 km). La densité de passage observée à 80-90 km en amont de la limite de marée dynamique sur la Garonne (Pallo & Travade, 2001) et la Dordogne (Carry *et al.*, 2003) n'est plus que de 1 à 3 individus par km² de bassin amont.

1.1.3 Identification des menaces

Les menaces naturelles

Les menaces naturelles exercées sur les populations d'anguilles sont diverses et comparables à celles s'exerçant sur les autres espèces piscicoles, bien que probablement amplifiées en raison de la particularité du cycle biologique de l'espèce.

Le parasitisme

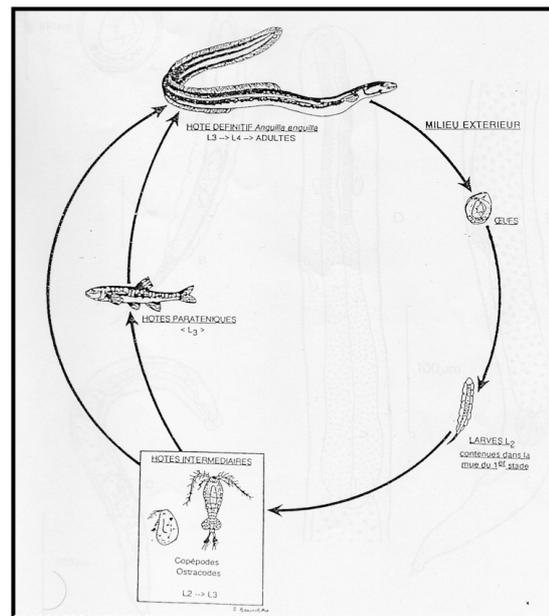
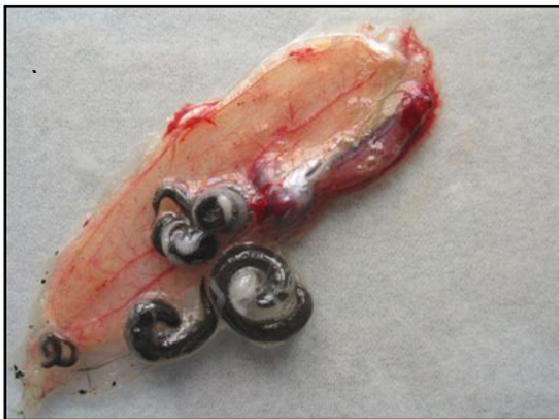
De nombreux parasites de l'Anguille avec des cycles variés existent. Parmi la cinquantaine dénombrée, seulement trois causeraient une mortalité chez l'Anguille. Il s'agit de *Pseudodactylogyrus anguillae*, *Pseudodactylogyrus bini* et *Anguilliculoïdes crassus*.

Les deux premiers parasites (que l'on trouve sur les branchies des anguilles) sont largement répandus en Europe (Italie, Danemark, Angleterre, Pologne...). En France, mis à part leur découverte dans les années 1980, très peu de données existent.

Anguilliculoïdes crassus a été introduit en Europe au début des années 1980 en provenance d'Asie avec des lots d'anguilles japonaises. Il s'agit d'un parasite nématode hématophage de la vessie, originaire du Sud Est Asiatique et de l'Australie. Sa présence a été

observée dans le delta du Rhône (Dupont & Petter, 1988). Selon les sites étudiés, on enregistre plus de la moitié de la population infestée par ce parasite. Sur les bassins RM et C, *A. crassus* est omniprésent dans toutes les lagunes et cours d'eau étudiés. Lefebvre *et al.* ont réalisé en 2003 des analyses sur les anguilles argentées de Camargue (Vaccarès, canal de Fumemorte et Aube de Bouic) et ont trouvé des prévalences élevées comprises entre 53,3 % et 94,8 % (Lefebvre *et al.*, 2003 *in* Amilhat, 2007).

A. crassus se loge à l'intérieur de la vessie natatoire et se nourrit du sang de l'anguille (fig.8). Son cycle (fig.9) passe par un hôte intermédiaire, le plus souvent un invertébré (ostracode...), qui est ingéré directement par l'anguille ou qui passe par un hôte intermédiaire d'abord mangé par un poisson (hôte paraténique) lui-même mangé ultérieurement par l'anguille. Il engendre une parasitose grave, l'anguillicolose (Bruslé, 1994 ; Ashworth & Blanc, 1997). 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) et possède un fort potentiel reproducteur, une femelle pouvant pondre jusqu'à 150 000 œufs (Vigier, 1997).



from Bonneau, 1990

Figures 8 et 9 : Vessie d'anguille parasitée (IGB Berlin)(8) et cycle biologique d'Anguillicola crassus (Bonneau, 1990)(9)

Les jeunes anguilles parasitées refuseraient de se nourrir, pourraient s'émacier voire mourir. Ce parasite réduirait également 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).

Le réchauffement climatique

Le recrutement en civelles dans les milieux continentaux est influencé par les hauteurs d'eau et les débits des eaux fluviales. Par conséquent, les fluctuations climatiques peuvent expliquer des variations quantitatives du recrutement (des étés froids ou secs peuvent entraîner une chute importante du nombre de civelles colonisant le continent).

Ainsi, des perturbations sur plusieurs années consécutives peuvent fragiliser les populations continentales. Le réchauffement climatique peut en être la cause, même si les effets sont encore mal connus. Certains scientifiques s'accordent par ailleurs à dire qu'il pourrait induire des modifications des courants atlantiques nord et avoir des conséquences sur la migration transatlantique des jeunes stades d'anguilles (Knights, 2003).

La prédation

La prédation piscicole est la principale cause de mortalité aux stades leptocéphales et civelles tandis que les anguilles jaunes ou argentées sont victimes de prédation mammifère (loutre) et aviaire (cormorans principalement, mais aussi hérons grèbes et mouettes) (fig.10) (Bruslé, 1994). Cette dernière peut certainement avoir des conséquences sur les populations d'anguilles, notamment en situation confinée et sur les sites ayant de fortes densités. Il n'y a cependant pas de données fiables permettant de montrer qu'en milieu naturel les oiseaux piscivores puissent exercer une prédation telle qu'elle réduirait significativement les stocks d'anguilles sur ces sites (Crivelli, 1998 ; Baisez, 2003).

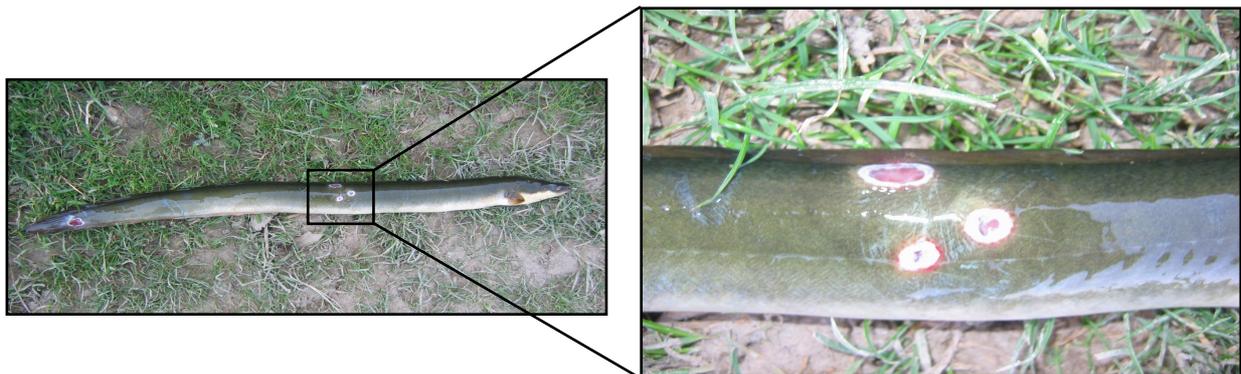


Figure 10 : Anguille blessée par un héron (Tour du Valat)

Les menaces d'origine anthropique

Aux nombreuses menaces naturelles que subit l'Anguille s'ajoutent de nouveaux risques induits par des activités humaines responsables de perturbations environnementales de nature physique, chimique et biologique.

La pollution des eaux

Les phénomènes d'eutrophisation des eaux et principalement en milieu lagunaire (crises dystrophiques ou hyper-eutrophiques) sont susceptibles d'affecter les populations d'anguilles, mais leur véritable impact est mal connu (absence d'études fiables). Sur les plans d'eau où une pollution trophique apparaît, les poissons (dont l'Anguille) recherchent des zones de refuge (zones non anoxiques). Pour les lagunes, certains individus repartent en mer. Les taux de mortalité sont difficiles à évaluer (Crivelli, 1998).

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 (ingestion de proies contaminées).

La contamination des cours d'eau par les pesticides (herbicide, insecticide) utilisés pour l'agriculture est également un facteur altérant les conditions de vie des espèces piscicoles, dont l'Anguille, ainsi que les hydrocarbures, très liposolubles chez ce poisson (Bruslé, 1994).

Les particularités des traits de vie de l'Anguille (pourcentage élevé de lipides, niveau trophique élevé, longue durée de vie et surtout reproduction unique) font que celle-ci peut accumuler des quantités très importantes de molécules xénobiotiques lipophiles lors de son séjour continental. Les pathologies engendrées par l'exposition aux micropolluants peuvent être différentes selon le type de contamination. Principalement sont perturbés le système endocrinien, reproducteur, enzymatique, immunitaire, nerveux central, le stockage des lipides et le bon fonctionnement des organes vitaux (Amilhat, 2007). L'exposition à long terme peut avoir des répercussions importantes sur le devenir de l'espèce (Muchiut *et al.*, 2002).

L'évaluation de l'état de santé sanitaire de la ressource semble donc essentiel pour la préservation de l'espèce et indissociable des autres actions de gestion (ces dernières pouvant être inutiles si le succès reproducteur est compromis).

L'altération de la qualité des habitats

Espèce benthique, l'Anguille est très sensible aux modifications du substrat du cours d'eau. Ainsi 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 modification du fonctionnement hydraulique des cours d'eau

L'artificialisation du fonctionnement des cours d'eau ainsi qu'une maîtrise des niveaux d'eau agissent sur l'hydrologie de la rivière (impacts thermiques, qualité d'eau...), limitant entre autres les débits en été. Or, pour l'Anguille débutant sa migration de colonisation au milieu du printemps, les appels d'eau créés par l'augmentation du débit sont essentiels. La zone de colonisation se trouve de plus en plus réduite par rapport au temps où les zones humides alluviales fonctionnelles, mises en eau en période hivernale et printanière, contribuaient à maintenir un débit significatif tardivement en période estivale (Bruslé, 1994).

La maîtrise hydraulique des ouvrages a également des conséquences sur la pérennité des annexes fluviales et leur accessibilité, en créant des enfoncements du lit. La durée de connexion de ces milieux avec le cours principal est souvent réduite en raison de la rareté et de la rapidité des crues causées par l'incision du cours d'eau. Par conséquent, ces habitats privilégiés pour l'Anguille se trouvent banalisés, détruits ou inaccessibles.

Les obstacles à la migration

Les ouvrages hydrauliques sont les principaux facteurs limitant la colonisation de l'Anguille dans les milieux continentaux. Ainsi, la construction de barrages et de seuils en rivière aurait diminué l'aire de répartition de l'Anguille en Europe de 7 à 25 % (Adam *et al.*, 2008). Cette perte d'habitat entraîne une diminution de l'espace et de la nourriture et a des conséquences sur la croissance et la survie des anguilles.

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, particulièrement dans les turbines de centrales hydroélectriques (fig.11)



Figure 11 Anguille passée dans une turbine (MRM)

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 très prisées par les pays asiatiques et européens (Freyhof & Kottelat, 2008 *in* IUCN, 2008).

La pêche à l'Anguille représente une activité socio-économique importante en Europe, faisant vivre environ 25 000 pêcheurs (Stone, 2003). Sa valeur commerciale a été estimée à environ 180 millions d'euros/an (Feunteun *et al.*, 2000) pour une quantité totale de 20 000 tonnes (Dekker, 2000).

En France, on observe une spécificité différente pour les façades Atlantique et Méditerranéenne. La capture de civelles dans les estuaires représente l'activité économique principale de la pêche à l'Anguille sur la côte Atlantique. En effet, les pêcheries côtières de civelles s'élèvent à 97% de la production des marins pêcheurs en zones estuariennes et 62% de celles des pêcheurs fluviaux sur la façade atlantique (Acou, 2006). La pêche à la civelle est interdite en Méditerranée, mais des cas de braconnage ont déjà été observés, notamment en Camargue (Le Gurun & Lebel, 2010). La pêche de l'anguille jaune et argentée dans les lagunes y représente l'activité économique principale avec 70 % du revenu annuel des pêcheurs professionnels des lagunes littorales (Lefebvre *et al.*, 2003).

La pêche professionnelle fluviale ciblant spécifiquement l'Anguille ne se pratique plus aujourd'hui sur le Rhône, ce fleuve étant concerné par une interdiction de cette pratique à cause de contaminations des poissons par les PCB depuis 2007.

La pêche à l'Anguille en Méditerranée est une activité ancestrale, économiquement importante qui fait vivre environ 600 pêcheurs (COGEPOMI RMC, 2006). L'Anguille est la principale espèce exploitée par la pêche artisanale dans les lagunes méditerranéennes (Lecomte-Finiger & Bruslé, 1984). Durant les années 1980, les captures d'anguilles ont atteint 2000 tonnes/an. Elles ont ensuite progressivement diminué jusqu'à 900 tonnes/an (200 tonnes pour la Camargue et la Corse, 700 tonnes pour le Languedoc-Roussillon) et semblent depuis se stabiliser (ICES, 2008). En 2009 le nombre de licences a été de 500 en Languedoc-Roussillon, 70 en Provence Alpes Côte d'Azur et 30 en Corse (Collectif, 2009a ; Collectif, 2009b).

1.1.4 Situation actuelle du stock d'Anguille européenne

La situation actuelle du stock de l'Anguille européenne est préoccupante. L'évolution des tonnages de la pêche à la civelle sur le bassin de la Gironde (fig.12) publiée par l'ICES (International Council for the Exploration of the Sea) montre que les captures se sont effondrées depuis les années 1970 et ont tendance à se stabiliser à un minimum critique depuis 2003 (ICES, 2008). À plus grande échelle, les informations disponibles sur l'ensemble de l'aire de distribution de l'Anguille indiquent que le stock diminue aussi (fig.13) (EIFAC & ICES, 2009).

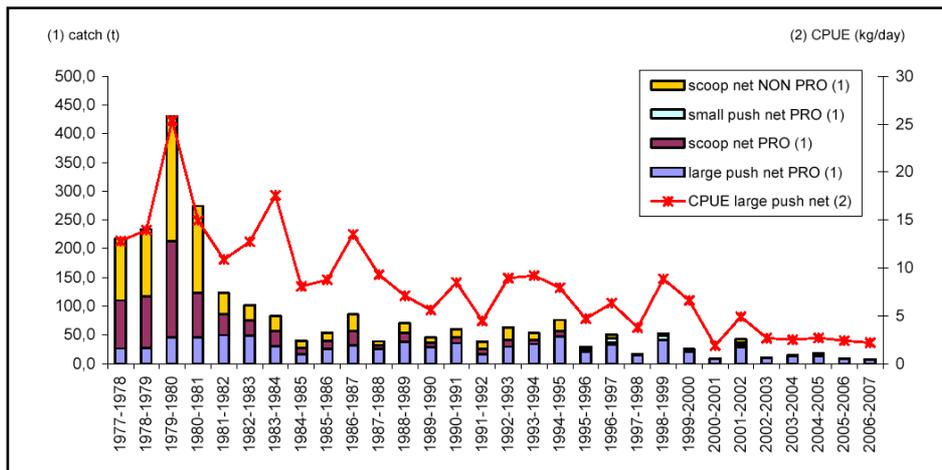


Figure 12 Evolution des tonnages et des CPUE de civelles des pêcheurs professionnels et amateurs sur le bassin de la Gironde de 1978 à 2007 (source CEMAGREF in ICES 2008)

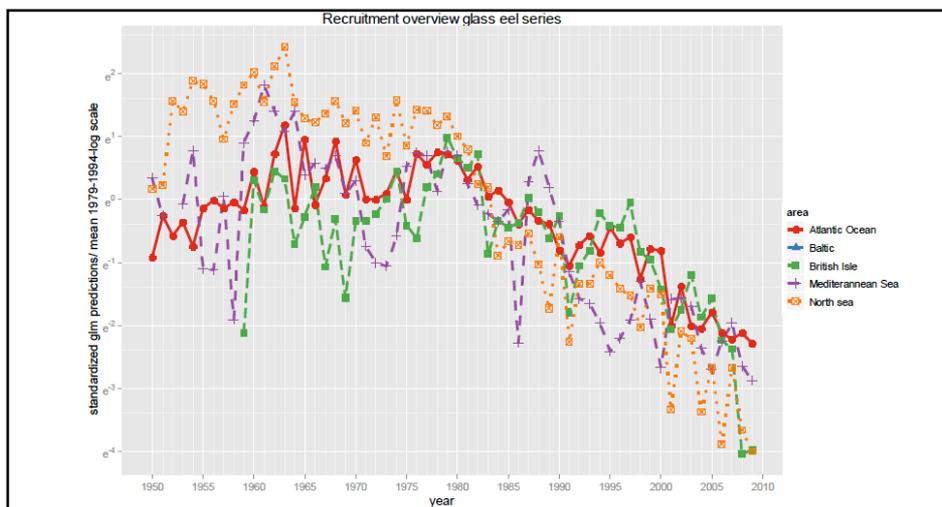


Figure 13 : Estimation du recrutement moyen (GLM) en civelles pour chaque aire de répartition en Europe (EIFAC & ICES, 2009)

En juin 2007, l'Anguille européenne a ainsi été ajoutée à l'Annexe II de la Convention sur le Commerce International des Espèces de faunes et de flores Sauvages (CITES), mesure qui a pris effet en mars 2009. L'importation et l'exportation d'anguilles hors de l'Union Européenne sont par conséquent contrôlées par l'élaboration de permis afin d'éviter une utilisation incompatible avec la survie de l'espèce (ICES Advice, 2008).

En septembre 2007, un règlement européen en faveur de la reconstitution du stock d'anguilles européennes a par ailleurs été adopté (règlement CE 1100/2007). Afin d'atteindre l'objectif de protection et d'exploitation durable de l'Anguille européenne, les Etats-membres ont donc mis en place des plans de gestion sur leurs bassins hydrographiques.

Enfin, en 2008, face aux diminutions drastiques du stock et du recrutement en civelles (diminution de 95 à 99 % du recrutement entre 1980 et 2000) et au regard des différentes menaces qui pèsent sur l'espèce (pêche intensive, parasitisme, obstacles à la migration, pollution, réchauffement climatique...), l'Anguille européenne 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).

I.2. Contexte institutionnel

I.2.1 Le règlement européen n° 1100/2007 en faveur de l'Anguille

Le Conseil des ministres a voté le 18 septembre 2007 un règlement européen instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes. Ce règlement s'applique directement à l'Etat Français, sans transposition dans les textes nationaux.

Le principal objectif cité dans l'article 2.4 est le suivant : « *L'objectif de chaque plan de gestion est de réduire la mortalité anthropique afin d'assurer avec une grande probabilité un taux d'échappement vers la mer d'au moins 40 % de la biomasse d'anguilles argentées correspondant à la meilleure estimation possible du taux d'échappement qui aurait été observé si le stock n'avait subi aucune influence anthropique. Le Plan de gestion des anguilles est établi dans le but de réaliser cet objectif à long terme* ».

Plan de gestion national

Pour mettre en œuvre le règlement européen, les Etats membres doivent rédiger un plan de gestion composé d'un volet national et d'autant de volets locaux que de bassins hydrographiques. En France, la rédaction a été pilotée au niveau national par le Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche (MAAP) et par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM) et relayée au niveau local par les Directions Régionales de l'Environnement (DIREN secrétaires de COGEPOMI) en collaboration avec les différents organismes compétents : Directions Régionales des Affaires Maritimes (DRAM), Délégations régionales et inter-régionales ONEMA, Agences de l'Eau, Associations Migrateurs, pêcheurs, organismes de recherche...

Les volets locaux ont pour premier objectif de dresser des diagnostics précis de l'état de la population d'anguilles et des habitats ainsi que des pressions qui y sont exercées. Le volet national a ensuite pour rôle de compléter ces diagnostics en proposant une analyse systémique.

La ligne directrice adoptée par l'Etat français est de définir des mesures de gestion concernant les principales sources de mortalité anthropique de l'Anguille.

Concernant les pêcheries, l'objectif du Plan de Gestion est ainsi de réduire la mortalité par pêche de 30% en 3 ans à une échelle nationale. Le coeur des mesures de gestion est fixé au niveau national. Toutefois, afin de prendre en compte les spécificités des différentes pêcheries, tant du point de vue du stade biologique ciblé que de la technique de pêche utilisée, certaines modalités de mise en oeuvre des mesures nationales ont été décidées par les bassins (Collectif, 2010).

Concernant la problématique « ouvrage », une méthodologie nationale a été adoptée. Elle consiste à expertiser la franchissabilité pour l'Anguille à la montaison ainsi qu'à la dévalaison de tous les ouvrages transversaux à l'écoulement présents dans les Zones d'Actions Prioritaires qui ont été identifiées.

Sur ces zones, des ouvrages prioritaires ont également été sélectionnés. Le diagnostic à l'ouvrage devra y être lancé dans la période du plan de gestion (6 ans) afin de rechercher les solutions technico-économiques permettant le passage des anguilles tant à la montaison qu'à la dévalaison. A l'issue du diagnostic, si des solutions technico-économiques existent, la recherche de financement devra être lancée et les solutions mises en oeuvre aussi vite que possible.

Des zones d'actions long terme ont également été définies. Elles doivent permettre aux gestionnaires d'améliorer la connaissance sur ces secteurs durant le premier plan de gestion afin de confirmer (ou pas) ces territoires en zones d'actions prioritaires dans le second plan de gestion.

Le plan de gestion de l'Anguille en France a ainsi été approuvé par la Commission européenne par une décision du 15 février 2010 et les décrets d'application sont en cours d'élaboration.

Volet local Rhône Méditerranée

Concernant la problématique de la pêche, des mesures de gestion ont été prises pour différents milieux concernés (pêcheries propres aux eaux maritimes, pêcheries propres aux eaux douces et cours d'eau, pêcheries en lagunes) (Collectif, 2009a). Par exemple en eaux maritimes, la pêche des anguilles de taille inférieure à 12 cm est interdite (civelle y compris) et la pêche professionnelle de l'Anguille est ouverte :

- Pour l'anguille jaune : du 1^{er} mars au 31 décembre excepté un mois de fermeture entre le 15 juillet et le 15 août,
- Pour l'anguille argentée : du 15 septembre au 15 février

Les périodes de pêche identifiées sont susceptibles d'être réduites d'une année à l'autre afin d'atteindre les objectifs du plan de gestion. Pour la pêche d'anguilles en eau douce, la période d'ouverture est réduite de deux mois en 2012.

1.2.2 DCE, SDAGE, Code de l'environnement et Loi sur l'eau

La Directive Cadre Européenne sur l'eau

La directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau et préconise le retour au bon état écologique des masses d'eau à l'horizon 2015. La libre circulation des poissons est un élément fondamental de la qualité des eaux superficielles et doit à ce titre faire l'objet d'une attention renforcée. Cette conception nouvelle sera déclinée par bassin hydrographique et ainsi intégrée au Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2010-2015 des bassins Rhône-Méditerranée et Corse par plusieurs orientations dont un volet franchissement piscicole.

Le SDAGE

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) est un plan de gestion qui fixe pour une période de 6 ans les orientations fondamentales pour une gestion équilibrée des milieux aquatiques. Il doit servir de référence à tous les documents de gestion locaux (SAGE, Contrat de rivière...).

Le SDAGE s'accompagne d'un Programme de Mesures (document élaboré par l'Etat parallèlement au SDAGE). Ce dernier décline les actions qui contribuent à la réalisation des objectifs identifiés dans le SDAGE et correspond à sa partie opérationnelle (identification du type de mesures, du coût de leur réalisation...).

Le SDAGE 2010-2015 du bassin Rhône-Méditerranée, arrêté par le préfet coordonnateur de bassin le 20 novembre 2009, prévoit 8 orientations fondamentales quant à la gestion de l'eau. Ces orientations sont en cohérence avec les objectifs de la DCEE. Le volet « préservation et redéveloppement des fonctionnalités naturelles des bassins et des milieux aquatiques » (orientation fondamentale n°6) consiste à agir sur la morphologie et le décloisonnement afin de préserver et restaurer les milieux aquatiques, d'intégrer la gestion des espèces (faunistiques et floristiques) dans la politique de gestion de l'eau et de prendre en compte, préserver et restaurer les zones humides (Collectif, 2009c).

Opérationnel au plus tard en 2012, le programme de mesures, établi par territoire, prévoit pour la continuité écologique de :

- Supprimer les ouvrages bloquants,
- Créer ou aménager des dispositifs pour la montaison,
- Créer ou aménager des dispositifs pour la dévalaison,
- Définir une stratégie de restauration de la continuité écologique.

Ce document public sera opposable à l'administration, ce qui lui confère une valeur juridique non négligeable (Croze & Larinier, 2001).

Code de l'environnement, LEMA (Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques n° 2006/1772 du 30/12/2006)

Réglementation concernant les ouvrages

Le Code de l'environnement prévoit dans sa partie législative que dans les cours d'eau ou parties de cours d'eau, canaux dont la liste est fixée par décret, les exploitants sont tenus d'équiper leurs ouvrages de dispositifs de franchissement (Livre IV « Faune et flore », Titre III « Pêche en eau douce et gestion des ressources piscicoles », Chapitre 2 « Préservation des milieux aquatiques et protection du patrimoine piscicole », Section III « Obligations relatives aux plans d'eau », articles L432-6 et L432-7).

Les ouvrages déjà existants doivent être mis en conformité dans un délai de 5 ans à compter de la publication d'une liste d'espèces migratrices par bassin ou sous bassin fixée par le ministre chargé de la pêche en eau douce et le cas échéant par le ministre chargé de la mer.

L'article L432-6 sera abrogé au plus tard le 1^{er} janvier 2014 au titre de la nouvelle loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA n° 2006/1772 du 30 décembre 2006). Deux listes de cours d'eau seront ainsi publiées au titre de l'article L214-17 du Code de l'environnement :

▪ **Une liste de cours d'eau ou tronçons de cours d'eau répondant aux critères suivants (liste 1) :**

- Cours d'eau en très bon état écologique (identifiés dans le SDAGE),
- Cours d'eau qui jouent un rôle de réservoir biologique nécessaire au maintien ou à l'atteinte du bon état écologique (défini dans les objectifs de la DCE) des cours d'eau d'un bassin versant,
- Cours d'eau qui nécessitent une protection complète des poissons migrateurs amphihalins.

Ainsi, pour les cours d'eau inscrits dans cette nouvelle liste, tout nouvel ouvrage faisant obstacle à la continuité écologique ne pourra être autorisé ou concédé (article R214-109). Le renouvellement des titres des ouvrages existants se verra appliquer la notion « d'ouvrage nouveau » et par conséquent dépendra des caractéristiques de l'ouvrage. En ce qui concerne la modification des caractéristiques d'ouvrages existants, la notion « d'ouvrage nouveau » ne sera pas appliquée dans le cas où les modifications améliorent ou n'aggravent pas la situation par rapport aux motivations du classement.

▪ **Une liste de cours d'eau ou tronçons de cours d'eau pour lesquels il est nécessaire d'assurer le transport des sédiments et la circulation des poissons migrateurs (amphihalins ou non) (liste 2) :**

Tout ouvrage doit y être géré, entretenu et équipé dans les 5 ans après la publication de la liste et ces actions doivent conduire à des résultats réels d'amélioration du transport des sédiments ou de la circulation des migrateurs. Ces actions peuvent concerner tant des mesures structurelles (construction de passes à poissons, de dispositifs de gestion adaptée du transport solide...), que des mesures de gestion (ouverture régulière des vannes...).

Les anciens classements de cours d'eau au titre de l'article L432-6 du code de l'environnement resteront en vigueur jusqu'à la date de publication (ou 5 ans après) des deux nouvelles listes au titre de l'article L-214-17.

La procédure de classement des cours d'eau sera établie suite à la consultation des différents organismes (fédérations de pêche, associations de protection de l'environnement, Comité de gestion des poissons migrateurs...), afin de garantir une cohérence avec le SDAGE et le PLAGEPOMI. Ainsi dans les nouveaux arrêtés de classement, une liste d'espèces cibles par cours d'eau sera établie ainsi qu'une liste d'objectifs en termes de transit sédimentaire.

Ainsi, une étude de l'impact potentiel des futurs classements est actuellement en cours sur le bassin Rhône-Méditerranée. Les projets de liste établis ainsi que les résultats de cette étude et les propositions d'arbitrage feront l'objet d'une consultation finale qui démarrera en juin 2012. Cette consultation (qui durera 3 mois) vise les Conseils généraux, les EPTB et sera élargie aux structures gestionnaires des milieux aquatiques. Les listes seront arrêtées par le préfet coordonnateur de bassin début 2013.

Sur le bassin Corse, le projet est moins avancé puisque des négociations sont toujours en cours entre les structures (DREAL, ONEMA), le comité de bassin et la collectivité territoriale corse pour élaborer des propositions de classement.

La mise en oeuvre du règlement européen 1100/2007 sur la gestion de l'Anguille qui demande aux Etats membres d'identifier des zones d'actions prioritaires pour la mise aux normes de franchissabilité des obstacles doit ainsi permettre d'anticiper la date butoire du 1^{er} janvier 2014 pour les zones définies prioritaires pour l'Anguille et qui ne sont actuellement pas classées. Lesdits bassins ou sous bassins devaient être classés au titre de l'article L214-17 avant le 31 décembre 2010 (MEDAD, 2008).

Réglementation concernant les débits réservés

Les articles L432-5 et L432-8 du code de l'environnement traitent respectivement des débits minimaux à maintenir à l'aval de chaque ouvrage et des sanctions encourues. Le débit

minimal ne doit pas être inférieur au dixième du module du cours d'eau au droit de l'ouvrage. La peine encourue est de 12 000 € d'amende. Ces articles ont été abrogés au 30 décembre 2006 avec la mise en vigueur de la nouvelle loi sur l'eau et des milieux aquatiques et en particulier des articles L214-17 à L214-19 (Code de l'environnement, partie législative, Livre II « milieux physiques », Titre I « Eau et Milieux aquatiques », Chapitre 4 « Activités, installations et usages », Section V « Obligations relatives aux ouvrages »).

Ainsi, l'article L214-18 stipule que « *tout ouvrage à construire dans le lit d'un cours d'eau doit comporter des dispositifs maintenant dans ce lit un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage ainsi que, le cas échéant, des dispositifs empêchant la pénétration du poisson dans les canaux d'amenée et de fuite* ». Le débit est fixé à 1/10^{ème} du module du cours d'eau et pour les cours d'eau dont le module est supérieur à 80 m³/s ou pour les ouvrages hydroélectriques contribuant à la production d'électricité en période de pointe, le débit minimal est fixé à 1/20^{ème} du module du cours d'eau (MEDAD, 2008).

1.2.3 Le PLAGEPOMI

Le plan de gestion doit proposer pour les poissons migrateurs un cadre juridique et technique concernant (décret n° 94-157 du 16 février 1994 ; COGEPOMI RMC, 2004) :

- Les mesures utiles à la reproduction, au développement, à la conservation et à la circulation des poissons,
- Les modalités d'estimation des stocks, de suivi de l'état des populations et des paramètres environnementaux,
- Les conditions dans lesquelles sont fixées les périodes d'ouverture de la pêche,
- Les modalités de la limitation éventuelle des pêches qui peuvent être adaptées en fonction des caractéristiques propres à la pêche professionnelle et de loisir,
- Les conditions dans lesquelles sont délivrés et tenus les carnets de pêche.

Le plan de gestion s'intéresse de fait aux conditions de production, de circulation et d'exploitation des ressources piscicoles. 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.

Depuis les années 1990, une politique en faveur des grands migrateurs s'est impulsée sur le bassin du Rhône, au travers notamment du premier plan migrateurs 1993-2003 dont l'objectif principal était le retour de l'Alose feinte du Rhône (*Alosa fallax rhodanensis*) sur le Bas-Rhône jusqu'à l'Ardèche et ses affluents en rive droite (Gardon, Cèze, Ardèche). Face à sa complexité, l'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée (MRM) a été créée en 1993 pour gérer et coordonner ce plan.

Sur la période 1993-2003, il s'est avéré concluant puisque l'aire de colonisation de l'Alose s'est agrandie sur le Rhône et ses affluents jusqu'à l'Ardèche. Néanmoins, le champ d'actions de ce projet ne concernait d'une part, que l'Alose et d'autre part, que l'axe Rhône et ses affluents en rive droite alors que les poissons migrateurs amphihalins étaient historiquement présents sur certains affluents en rive gauche du Rhône (Durance, Ouvèze, Aigue et Lez) et sur les fleuves côtiers méditerranéens, dont certains ont des potentialités élevées de croissance et de reproduction.

Le second plan migrateurs 2004-2009, intégré dans le PLAGEPOMI 2004-2009, s'est donc élargi tant en termes d'espèces (Anguille, Lamproies, Esturgeon, Truite de Mer) que de milieux (affluents en rive gauche, fleuves côtiers et lagunes). Les objectifs ont été construits en fonction de l'état et de l'évolution des populations de poissons migrateurs sur le bassin et en tenant compte des connaissances écobioécologiques du moment.

Malgré un programme du PLAGEPOMI 2004-2009 ambitieux, le bilan des études de connaissances et techniques s'avère relativement positif. Elles ont ainsi apporté les éléments scientifiques, techniques et financiers pour définir la stratégie du PLAGEPOMI suivant. Le bilan de la libre circulation est quant à lui plus nuancé avec un contraste entre le bassin rhodanien et les fleuves côtiers méditerranéens. Toutefois, les éléments rassemblés ont permis de définir des priorités d'action de recolonisation sur les bassins RM et C pour le PLAGEPOMI 2010-2014.

Ainsi, le 3^{ème} plan 2010-2014 s'inscrit dans la continuité des deux précédents PLAGEPOMI en définissant des stratégies de gestion et de reconquête pour l'Alose, l'Anguille et les Lamproies sur le Rhône, ses affluents et quelques affluents secondaires, sur les fleuves côtiers et certains de leurs affluents et sur les lagunes méditerranéennes. Par ailleurs, ce plan est élaboré en cohérence avec les politiques de référence instaurées dans le SDAGE. Il reprend de plus intégralement les dispositions du plan de gestion de l'Anguille et de la stratégie pour une reconquête du Rhône par les espèces migratrices amphihalines et les complète sur des aspects transversaux (COGEPOMI RMC, 2011).

1.2.4 Le Grenelle de l'environnement

Le Grenelle de l'environnement est une loi dont le projet a été présenté au gouvernement dans l'objectif de prendre à long terme des décisions en matière d'environnement et de développement durable. Ainsi, un premier projet de loi (Grenelle 1) a été proposé en 2007 puis a été validé en février 2009 par le Sénat puis promulgué le 3 août 2009. Le projet de loi « Grenelle 2 » qui vient en complément des objectifs fixés dans le Grenelle 1 a été adopté au Sénat le 8 octobre 2009 et promulgué le 12 juillet 2010. Les articles de ce projet de loi ciblent différents domaines de l'écologie dont la biodiversité et la protection des espaces.

L'un des objectifs est de retrouver une bonne qualité écologique de l'eau et d'assurer son caractère renouvelable dans le milieu. Ainsi, des outils d'aménagement du territoire permettant de créer une continuité territoriale ont été créés : la « trame verte » et la « trame bleue ». L'élaboration de ces deux outils associera l'Etat, les collectivités territoriales et autres parties prenantes sur une base contractuelle.

La loi « Grenelle 1 » a pour objectifs l'amélioration de la qualité des eaux (Titre II, Chapitre II, Articles 23 et 24) ainsi que la préservation et la reconstitution de la continuité écologique des milieux (Titre II, Chapitre II, Article 24) (MEEDAT, 2008). En particulier, l'effacement ou l'équipement des obstacles les plus problématiques pour la migration des poissons sera étudié, l'objectif étant d'atteindre le bon état écologique d'ici 2015. Les collectivités territoriales, les établissements publics territoriaux ainsi que les Agences de l'eau seront sollicités afin de maintenir et restaurer les zones humides ainsi que les réservoirs biologiques essentiels pour la biodiversité et le bon état écologique des masses d'eau superficielle.

Un nouvel article du Code de l'environnement (article L371-1 du Titre VII (« Trame verte et bleue ») du Livre III (« Espaces naturels ») du Code de l'environnement) a été créé par la loi Grenelle 2. Cet article, stipule que *« la trame verte et la trame bleue ont pour objectif d'enrayer la perte de biodiversité en participant à la préservation, à la gestion et à la remise en bon état des milieux nécessaires aux continuités écologiques, tout en prenant en compte les activités humaines, et notamment agricoles, en milieu rural. »*

La « trame verte » traite essentiellement des grands espaces naturels (Zones naturelles d'intérêt écologique faunistiques et floristiques (ZNIEFF) marines et terrestres). La « trame bleue » est l'équivalent de la « trame verte » pour les eaux de surface continentales et leurs écosystèmes associés. Selon la loi Grenelle 2, la trame bleue comprend les cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux figurant sur les listes établies en application de l'article L. 214-17 du Code de l'environnement.

Ainsi, les objectifs du Grenelle de l'environnement sont étroitement liés au SDAGE et son programme de mesures, au PLAGEPOMI 2010-2014, au plan de gestion de l'Anguille et aux classements des cours d'eau (Code de l'environnement, article L214-17). En Rhône-Méditerranée, la mise en place de ces systèmes législatifs a amené l'Etat (DREAL, DDTM) et ses Etablissements publics (ONEMA et Agence de l'Eau) à identifier des ouvrages à traiter prioritairement sur le plan de la continuité écologique. Ainsi, deux lots d'ouvrages ont été définis :

Lot 1 : Les ouvrages pour lesquels des actions, au sens de travaux, sont à définir et à lancer entre 2009 et 2012, en donnant la priorité aux actions de restauration.

Lot 2 : Les ouvrages pour lesquels l'acquisition de connaissances complémentaires (études non directement liées à des travaux) est un préalable nécessaire à des travaux de restauration de la continuité, cette connaissance devant être acquise au plus tard fin 2012.

1.2.5 Le plan d'actions pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau

Afin de coordonner au mieux les politiques portées par l'Etat 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 (restauration de la continuité écologique selon la trame bleue) et par le plan de gestion de l'Anguille, le Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer a décidé d'engager un plan d'actions pour la restauration de la continuité des cours d'eau (MEEDDM, 2010).

Ce plan, annoncé le 13 novembre 2009, se décline en 5 axes cohérents et complémentaires :

- Le recensement des obstacles à l'écoulement (base gérée par l'ONEMA) afin d'identifier des ouvrages prioritaires parmi les 60 000 recensés ;
- La définition, de priorités d'intervention sur les bassins en suivant un schéma d'aménagement et de gestion des eaux avec pour objectif, la restauration de la continuité écologique ;
- La révision des programmes des agences de l'eau et des contrats d'objectifs en cours afin de dégager les financements nécessaires pour aménager d'ici à 2012, 1 200 ouvrages, recensés comme prioritaires ;
- La création d'une police de l'eau dont l'objectif sera de mettre en place un programme pluriannuel d'intervention sur les obstacles les plus perturbants pour les migrations piscicoles ;
- L'évaluation des bénéfices environnementaux, gage du suivi de l'efficacité des mesures mises en œuvre.

1.3. Contexte géographique

La Réserve Nationale des Marais du Vigueirat se situe entre la grande Camargue à l'Ouest et la plaine de Crau à l'Est (fig. 14). Plus précisément, ce site se localise au Sud-Est d'Arles, à trois kilomètres du hameau de Mas-Thibert.

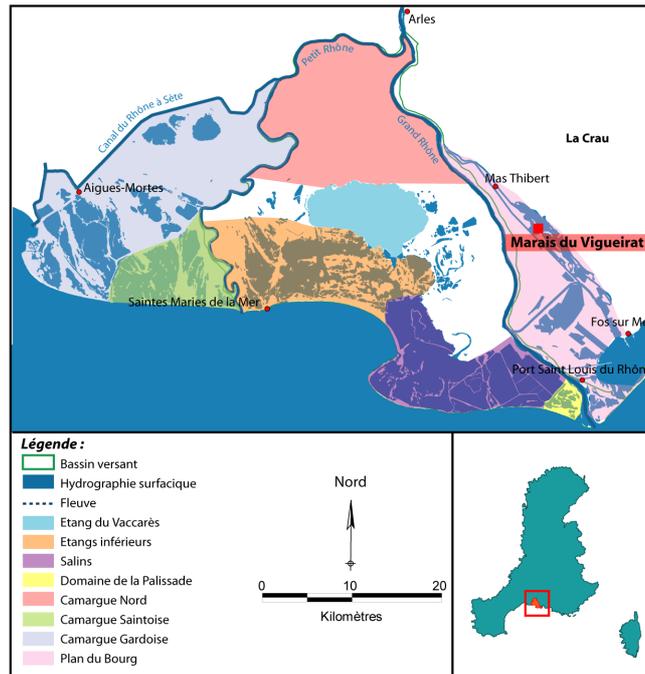


Figure 14 : Localisation de la zone d'étude (MRM)

Ce domaine de 1 000 ha est géré par Les Amis du Marais du Vigueirat (Association loi 1901). Avant l'achat du site par le Conservatoire du Littoral dans les années 80, les Marais du Vigueirat étaient utilisés sur 2/3 pour la chasse et l'élevage. Ces usages ont donc conduit à une forte modification des milieux naturels (drainage, endiguement, nivellement ...).

Aussi, la pisciculture « Pisci-Sud », située au cœur des marais du Vigueirat, est aujourd'hui inexploitée (fig.15). Du fait de son usage premier, le site est clos : les anguilles introduites ne peuvent en aucune circonstance s'échapper vers d'autres milieux.

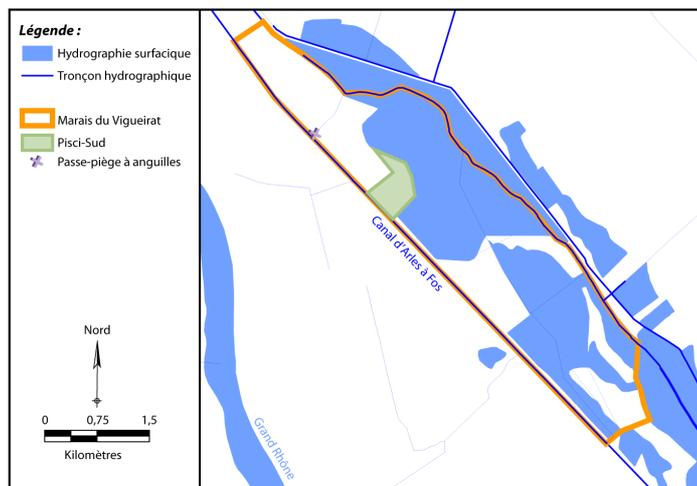


Figure 15 : Localisation du domaine de Pisci-Sud (MRM)

Il ne reste qu'un bassin de 32 ha dont 20,5 ha forment une roselière dense. Deux étangs clos d'eau libre inter-connectés subsistent. Le premier, d'une surface de 6 ha, a une profondeur moyenne de 50 cm qui sera maintenue par pompage toute l'année pendant la durée du projet. Le second, d'une surface de 5,5 ha est moins profond que le premier (fig.16). De telles profondeurs, dissuasives pour les oiseaux d'eau piscivores, minimisent ainsi les problèmes liés à la prédation.



Figure 16 : Domaine de Pisci-Sud (IGN-Ortho photo)

L'intérêt de cette étude pour les gestionnaires sera donc double :

- Les marais du Vigueirat sont un site atelier, non pêché, chose rare dans la région. Du fait de la vocation de conservation du patrimoine naturel, d'éducation et de découverte des Marais du Vigueirat, une sensibilisation pédagogique à l'Anguille pourra être menée en direction notamment des enfants des communes avoisinantes (Arles, Fos et Port Saint-Louis).
- Les résultats de cette étude seront transférés aux gestionnaires qui désireront mettre en place un plan de gestion en faveur de l'Anguille sur leur bassin versant, en particulier pour les autres marais de Crau humide. En application de la mesure européenne visant à augmenter le nombre d'argentées en Europe par repeuplement de sites avec des anguilles de moins de 12 cm, ces résultats pourront également être utilisés sur d'autres bassins, cette mesure ne s'appliquant pas sur les bassins RM et C.

II - METHODES

II.1 Introduction des anguilles

Suite aux travaux d'étanchéité réalisés durant l'été 2007 et à l'assèchement partiel du site (quelques roubines sont restées en eau), trois lots d'anguilles ont été introduits dans le clos 1 suivant le protocole établi par CRIVELLI *et al.* (2007) à l'automne 2007 :

- Un lot d'anguillettes (Longueur totale : 200-299 mm) provenant de l'étang du Vaccarès (390 individus) et d'un canal d'eau douce (297 individus) :

Préalablement marquées individuellement par transpondeurs (PIT Tags) injectés dans la cavité générale, les 687 anguillettes âgées de 1 à 2 ans appartiennent au stade I de la classification EELREP c'est-à-dire que ce sont des anguilles jaunes non sexuellement différenciées.

- Un lot d'anguilles jaunes (Longueur totale > 300 mm) provenant de l'étang du Vaccarès :

Préalablement marquées individuellement par transpondeurs (PIT Tags) injectés dans la cavité générale, 404 anguilles ont été déversées dans Pisci-Sud. Selon la classification EELREP, elles appartiennent au stade FII c'est-à-dire que ce sont des anguilles jaunes (résidentes).

- Un lot d'anguilles argentées provenant de l'étang du Vaccarès :

Préalablement marquées individuellement par transpondeurs injectés dans la cavité générale, 52 anguilles argentées ont été introduites dans Pisci-Sud. Elles appartiennent aux stades FIII, FIV et FV selon la classification EELREP, c'est-à-dire que ce sont respectivement des anguilles jaunes pré-migrantes, des femelles argentées et des femelles argentées migrantes.

À partir de 2008, un lot de civelles, préalablement marquées par balnéation à la tétracycline, est introduit chaque année dans Pisci-Sud conformément au protocole :

- Le lot 1 de civelles (individus < 12 cm) provenant de la passe-piège du Grau de la Fourcade en Camargue : 2,5 kg de civelles ont été déversés le 14 janvier 2008 dans l'étang (CRIVELLI *et al.*, 2008) ;
- Le lot 2 de civelles (individus < 12 cm) provenant de la passe-piège du Grau de la Fourcade en Camargue : 2,5 kg de civelles ont été déversés entre février et mars 2009 dans l'étang - 900 g le 4 février et 1,6 kg le 4 mars- (CRIVELLI *et al.*, 2009) ;
- Le lot 3 de civelles (individus < 12 cm) provenant de la passe-piège du Grau de la Fourcade en Camargue : 2,5 kg de civelles ont été déversés en février 2010 dans l'étang -1,46 kg le 22 février et 1,04 kg le 26 février- (CRIVELLI *et al.*, 2011) ;
- Le lot 4 de civelles (individus < 12 cm) provenant de la passe-piège du Grau de la Fourcade en Camargue : 2,5 kg de civelles ont été déversés le 11 janvier 2011 dans l'étang.

II.2 Protocole d'échantillonnage

A partir de 2008, deux campagnes de 9 jours consécutifs sont réalisées chaque année en mai et octobre (fig. 17). Les deux clos ainsi que la roubine sont pêchés.

Figure 17 : Pêche aux filets (MRM)



5 capétchades (maille de 6 mm), 4 capétchades à alevins (maille de 1 mm) et 8 verveux (maille de 6 mm) sont calés dans le clos 1. Seuls 1 capétchade, 1 capétchade à alevins et 2 verveux sont calés dans le clos 2, dans la partie la plus profonde, le reste du clos 2 étant trop peu profond pour installer des moyens de capture. La roubine reliant le clos 1 à la pompe est également échantillonnée par le calage de 4 verveux (fig. 18).

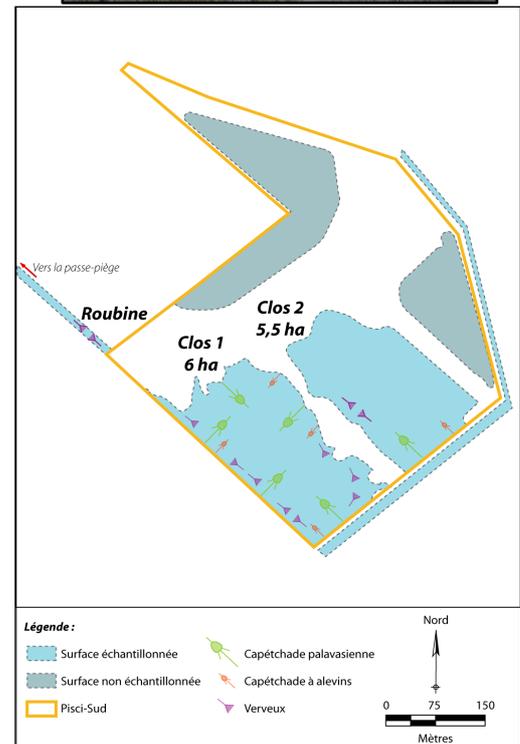


Figure 18 : Localisation des engins de pêche sur le clos 1, le clos 2 et la roubine (MRM)

La méthode de la déplétion est appliquée : les anguilles capturées chaque jour ne sont pas remises à l'eau tout de suite dans les clos, mais gardées dans l'eau dans des couves jusqu'à la fin de la période d'échantillonnage. Elles sont remises à l'eau dans le clos 1 à la dernière visite.

Chaque anguille pêchée est anesthésiée, puis mesurée et pesée et les mesures nécessaires au calcul de l'indice d'argenture sont effectuées. La présence d'un transpondeur (lecture de code) est ensuite contrôlée. Ceci permet de suivre la croissance individuelle et les taux de survie des anguilles marquées par transpondeur, la densité (Carl & Strub) et le taux d'acquisition de l'argenture (EELREP, 2005), différencié en six stades :

- Stade I : anguilles jaunes non sexuellement différenciées ;
- Stade FII : anguilles jaunes résidentes ;
- Stade FIII : anguilles jaunes pré migrantes ;
- Stade FIV : anguilles femelles argentées ;
- Stade FV : anguilles femelles argentées migrantes ;
- Stade MII : anguilles mâles argentés migrants.

Dans le cas des anguilles non marquées :

- Si leur taille est inférieure à 160 mm, les individus sont marqués par ablation de la nageoire caudale ;
- Si leur taille est supérieure à 160 mm, les individus sont marqués par un PIT tag.

Elles appartiennent toutes au groupe appelé Vigueirat.

Les anguilles dont la classification du degré d'argenture de EELREP (2005) indique « argentée migrante » (FV ou MII) sont sacrifiées et congelées pour une dissection ultérieure. Sur ces individus, les otolithes sont extraits afin de vérifier la marque de tétracycline (PANFILI, 1993 ; PANFILI et XIMENES, 1994) et d'évaluer leur âge. La vessie natatoire est aussi contrôlée pour apprécier l'infestation par le nématode *Anguillicoloides crassus* (LEFEBVRE *et al.*, 2002 ; LEFEBVRE et CRIVELLI, 2004). Enfin, 10g de muscle et le foie sont prélevés et congelés pour d'éventuelles estimations ultérieures de taux de lipides et de polluants comme les PCB et les métaux lourds (SVĚDANG et WICKSTRÖM, 1997 ; EELREP, 2005). L'indice de condition est calculé sur le poids éviscéré.

Tous ces facteurs sont des indicateurs de la qualité des anguilles argentées, les futurs géniteurs. Leur qualité pourra donc être comparée entre les différents lots d'anguilles déversées et à long terme, sur les individus issus du recrutement naturel en civelles.

Les pêches ainsi que la biométrie des anguilles capturées sont coréalisées par la Tour du Valat, l'Association des Marais du Vigueirat et l'Association MRM.

Les paramètres environnementaux sont suivis : salinité, température et niveau d'eau de l'étang. À partir d'un certain seuil limnimétrique (< 50 cm), un pompage de l'eau du canal du Vigueirat vers Pisci-Sud permet de maintenir toute l'année un niveau évitant une prédation trop importante par les oiseaux piscivores (Ardéidés).

Parallèlement au suivi spécifique à l'Anguille, un inventaire piscicole est programmé depuis 2009, l'objectif étant de mieux caractériser le contexte biologique dans lequel se déroule ce travail expérimental sur l'Anguille par l'estimation de l'abondance relative (Captures Par Unités d'Effort) des espèces de poissons et des écrevisses. Aussi lors des cinq premiers jours de pêche, les captures d'une capétchade, d'un filet à alevins et de deux verveux sont analysées quotidiennement. Ces engins sont sélectionnés aléatoirement chaque jour dans le clos 1 de Pisci-Sud. À noter que tout silure capturé dans les clos 1 et 2, ainsi que dans les roubines est systématiquement exclus afin de limiter la prédation sur les anguilles. Ces estimations se sont poursuivies en 2011.

II.3 Passe-piège à civelles et anguilles

Depuis le 17 octobre 2007, une passe-piège à civelles (FISH-PASS) est installée entre l'étang et le canal d'Arles à Fos. Elle a pour but de favoriser et de contrôler le recrutement naturel de l'étang. Le suivi de cette passe est assuré par les Amis du Vigueirat.

II.3.1 Principe

La passe-piège à civelles a été conçue suivant le système développé par LEGAULT (1992). Ce concept repose sur les capacités spécifiques de franchissement de l'Anguille (reptation).

Les rampes de reptation sont constituées de plaques de PVC lisse de 40 cm de large sur lesquelles est implanté un substrat (brosses de filaments synthétiques rigides) dit mixte pour favoriser la reptation des individus de petite taille en son centre (espacement entre les brosses de 1,5 cm) et de grande taille en périphérie (espacement de 2,5 cm). Les rampes de reptation sont fixées sur des goulottes en polyester qui canalisent le flux d'eau en humidifiant la rampe et orientent les anguilles vers le bac de capture (fig.19).



**Figure 19 : Passe-piège à Anguille
située entre l'étang et le canal
d'Arles à Fos (MRM)**

Cette passe-piège est située sur une roubine reliant les Marais du Vigueirat au canal d'Arles à Fos. L'eau du marais, par système de pompage, alimente les rampes et le bac de capture dont l'eau se renouvelle automatiquement. En effet, le déversement du trop plein du vivier de capture, soit de l'eau en contact avec les anguilles, sur la rampe de reptation de la passe-piège « attirerait » leurs congénères (BRIAND *et al.*, 2002).

Au niveau du canal d'Arles à Fos, seul le débit sortant de la passe oriente les anguilles vers l'entrée de la roubine. Ce débit vraisemblablement insuffisant est de plus affaibli suivant le niveau limnimétrique du canal.

En 2011, des améliorations techniques ont été apportées pour rendre ce dispositif de franchissement efficace en toute condition. La rampe de reptation a ainsi été rallongée, permettant la connexion constante avec le plan d'eau aval.

II.3.2 Suivi

Le système automatique est réglé de manière à assurer un fonctionnement de la passe-piège pendant la fenêtre journalière de migration des civelles. Cette dernière est fonctionnelle toute l'année, hormis pendant les périodes de pompage pour l'alimentation en eau du marais ou lors de l'entretien du dispositif. Durant la période migratoire la plus active (d'avril à octobre), la passe-piège est fonctionnelle plus de 76 % du temps. Elle reste cependant arrêtée jusqu'à 11 jours par mois, comme ce fut le cas en septembre 2009 (fig.20).

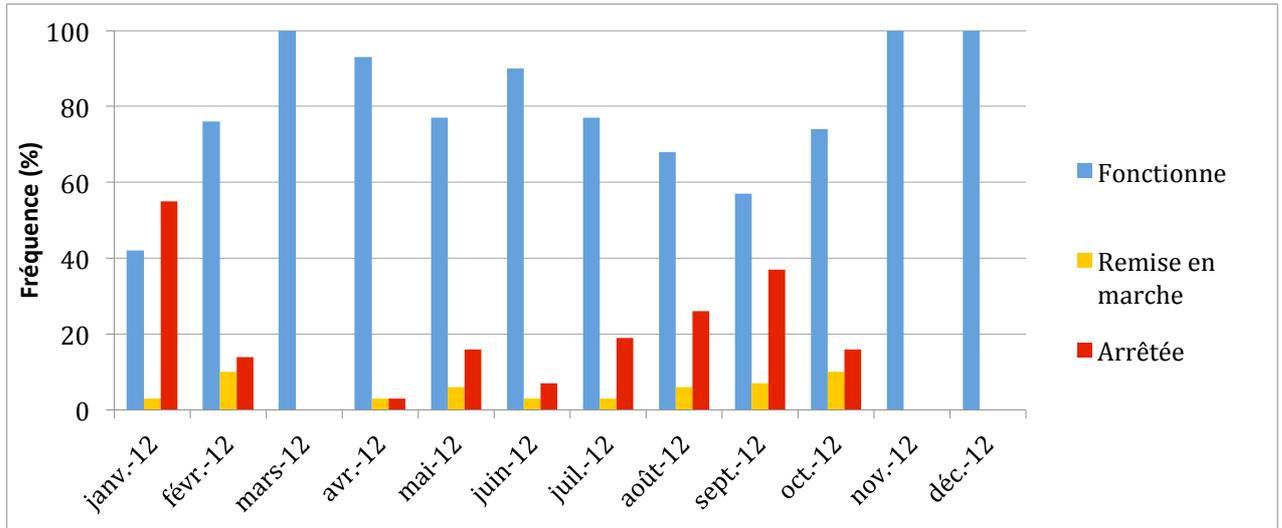


Figure 20 Etat des lieux du fonctionnement de la passe-piège située entre l'étang et le canal d'Arles à Fos au cours de l'année 2012 ; les pourcentages sont calculés par cumul du nombre de jours où la passe fonctionne, est arrêtée ou est remise en marche (MRM, données : les Amis du Vigueirat).

Les anguilles et les civelles sont capturées manuellement dans la passe-piège par vidange du bac de capture. Les individus sont ensuite anesthésiés dans une solution d'Eugénoïl (1 ml pour 5 litres), puis mesurés et pesés individuellement. Lorsque le nombre d'individus est supérieur à 100, l'effectif total de capture est pesé. Ensuite, le poids d'un échantillon de 100 individus est déterminé afin d'estimer le nombre total d'individus à partir du poids total. Enfin, les anguilles de ce lot sont mesurées et pesées individuellement. Pour les civelles, seul le poids est pris en compte.

L'ensemble des anguilles est relâché sur le site des Marais du Vigueirat, et en aucun cas dans Pisci-Sud et dans le canal d'Arles à Fos.

La relève de la passe-piège, assurée par les Amis du Vigueirat, est fonction de la dynamique migratoire des civelles. Les données sont transmises à l'Association MRM qui les traite et les interprète par la suite.

III - RESULTATS

III.1 Evolution des paramètres environnementaux

III.1.1 Hauteur d'eau

Conformément au protocole, le niveau d'eau du clos 1 a été maintenu autour de 50 cm (Figure 21).

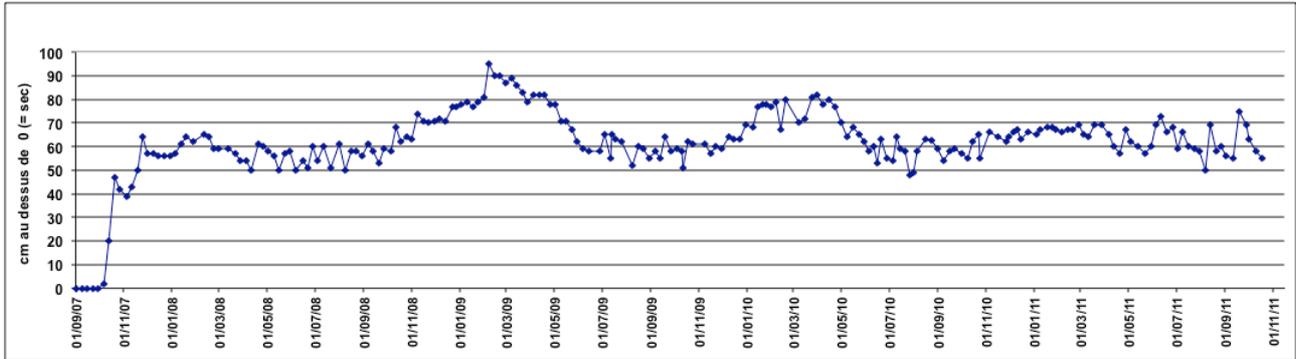


Figure 21 : Evolution du niveau d'eau du Clos 1 de septembre 2007 à la mi-octobre 2011

Des variations saisonnières sont toutefois observées, notamment en 2009 et 2010 avec une augmentation du niveau de l'eau due à un printemps très humide.

III.1.2 Température

Les variations de température sont présentées dans la figure 22.

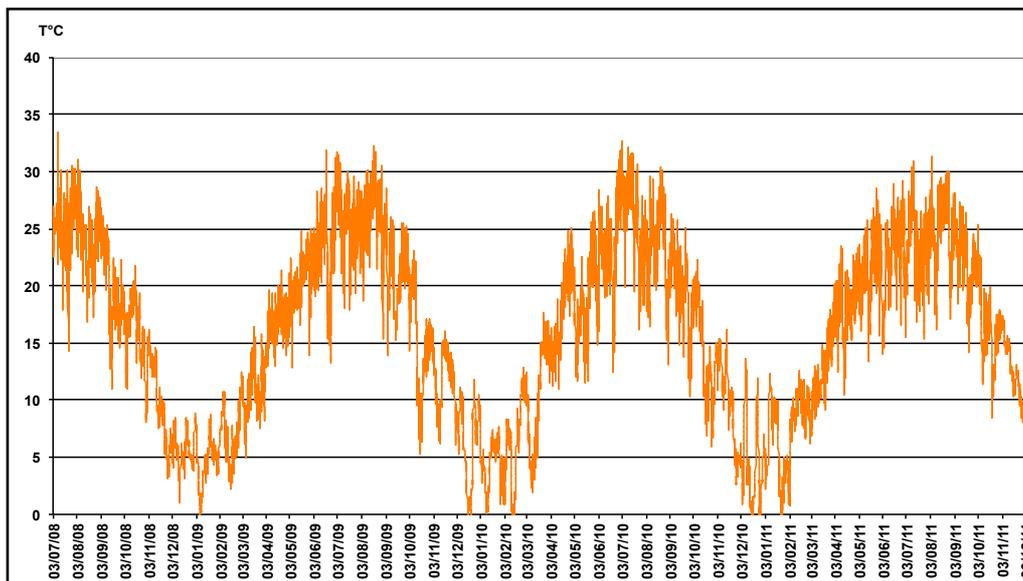


Figure 22 : Température de l'eau (°C) du Clos 1 de juillet 2008 à octobre 2011

La faible profondeur de l'étang explique en grande partie l'influence élevée de la température de l'air sur celle de l'eau, phénomène mis en évidence par les fortes variations saisonnières de la température de l'eau.

III.1.3 Salinité

La conductivité, reflétant la salinité de l'eau, est restée stable pendant les 4 ans (0,54-1,4 μ S à 25 °C). L'eau peut donc être considérée comme douce.

III.2 Lots 1 à 4 de civelles

Les longueurs totales des civelles introduites en 2009 et 2010 présentent une distribution similaire. En revanche, les civelles introduites en 2008 sont significativement plus petites (fig. 23).

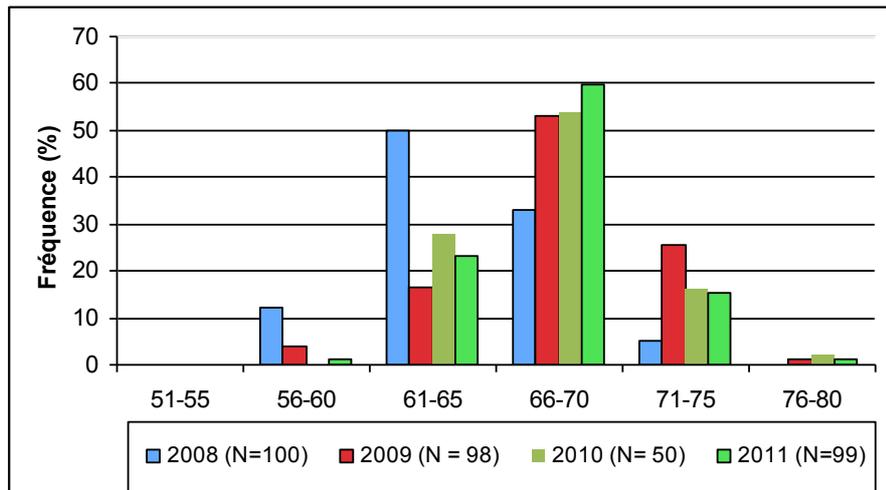


Figure 23 : Longueur totale (mm) des civelles introduites dans Pisci-Sud en 2008, 2009, 2010 et 2011

Alors qu'en 2008, la classe de taille [61-65] mm était dominante avec 50,0% de l'effectif total, la majorité des individus introduits en 2009, 2010 et 2011 mesurent entre 66 et 70 mm (respectivement 53,1%, 54 % et 59 % de l'effectif total). Les civelles capturées à la passe-piège du grau de la Fourcade, puis introduites à Pisci-Sud sont en effet de plus en plus longues.

Le taux de pigmentation étant positivement corrélé à la taille de la civelle (Crivelli *et al.*, 2011), il dépend fortement de la date du déversement (fig. 24).

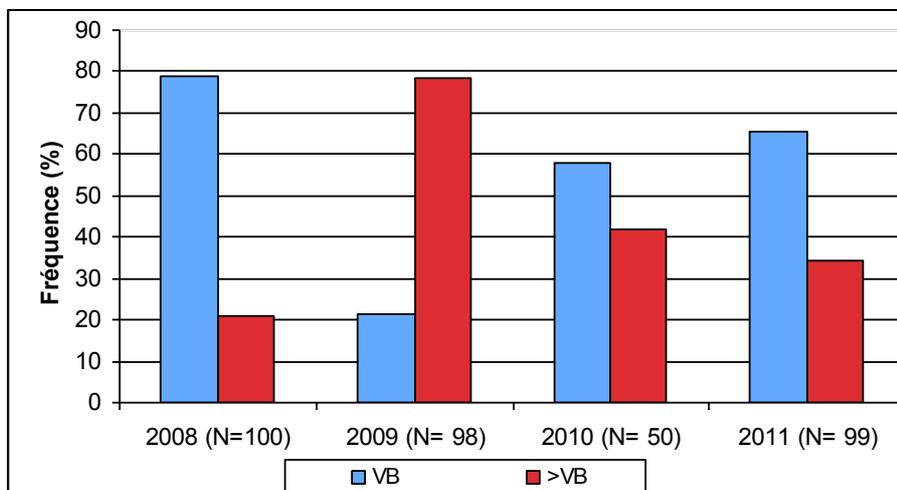


Figure 24 : Distribution des stades pigmentaires des civelles introduites à Pisci-Sud en 2008, 2009 et 2010 et 2011

La part des jeunes civelles dans l'effectif total est bien plus importante lorsque la distribution de tailles des civelles introduites tend vers les valeurs faibles. En effet, en 2008, les civelles introduites sont majoritairement inférieures à 65 mm et les « jeunes civelles » représentent près de 80% de la population. A contrario, l'année 2009 est marquée par un fort taux d'individus dépassant 71 mm (plus de 25 % de l'effectif total mesure entre 71 et 75 mm), et de ce fait les civelles sont beaucoup plus âgées (près de 8 civelles sur 10 sont classées en « > VB »). Les années 2010 et 2011 sont intermédiaires.

III.3 Pêches

III.3.1 Effectifs de capture

Les pêches se sont déroulées avec succès du 10 au 18 mai, et du 11 au 19 octobre 2011. 681, puis 432 anguilles ont respectivement été capturées, dont 96 reprises en mai 2011 et 132 reprises en octobre 2011. Depuis le début de l'expérience, 153 anguilles ont été produites à PisciSud, dont 131 anguilles argentées femelles et 22 anguilles argentées mâles (Tableau 1).

En 2011, 57 anguilles argentées femelles (16 en mai et 41 en octobre) et 5 anguilles argentées mâles, appartenant à la cohorte 2008, ont été retirées de l'étang.

Tableau 1 : Nombre d'anguilles argentées retirées de l'étang par an et par lot d'avril 2008 à octobre 2011

Date d'échantillonnage	Anguilles > 300 mm Vaccarès (N = 404)		Anguilles < 300 mm Vaccarès (N = 390)		Anguilles < 300 mm Vaccarès (N = 297)		Cohorte 2008 (N=9 358)		TOTAL
	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	
Avril 2008	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Octobre 2008	5	0	0	0	0	0	0	0	5
Avril 2009	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Octobre 2009	2	2	1	2	0	2	0	0	9
Avril 2010	1	18	0	10	1	8	0	0	38
Octobre 2010	1	3	0	2	0	0	1	0	7
Mai 2011	0	6	0	4	0	6	0	16	32
Octobre 2011	1	2	0	6	0	3	5	41	58
SOUS-TOTAL	14	31	1	24	1	19	6	57	153
TOTAL	45		25		20		63		

Ainsi, depuis 2008, ont été prélevés 45 individus pour le lot anguilles > 300 mm du Vaccarès, 25 individus pour le lot anguilles < 300 mm du Vaccarès et 20 individus pour le lot anguilles < 300 mm en provenance du canal de la Fourcade. Les civelles introduites en 2008 ont déjà produit 63 anguilles argentées, 4 ans après leur introduction. Ce résultat est lié à la très forte croissance observée chez ces anguilles.

Comme les années précédentes, les taux de capture en 2011 sont bas, entre 0,132 et 0,143. Ces valeurs sont cohérentes avec les moyens de capture : l'efficacité des engins de pêche dits « passifs » dépend étroitement du rythme d'activité de l'anguille, qui dépend lui-même fortement des conditions météorologiques lors de l'échantillonnage. Rappelons que dans la mesure du possible, nous réalisons nos échantillonnage pendant l'obscur, et donc seuls le vent, la température et les précipitations peuvent influencer les captures.

III.3.2 Croissance et indice d'argenture

L'évolution de la distribution de tailles des anguilles jaunes (> 300 mm), stockées et reprises entre octobre 2007 et octobre 2011, témoigne d'une forte croissance des individus (fig. 25). Toutefois, les anguillettes appartenant à la cohorte 2011 et capturées en octobre 2011 semblent présenter une taille moyenne inférieure à celle observée les années précédentes. A travers ces premières observations, pourraient bien transparaître les premiers signes de « saturation du milieu ». Le phénomène de croissance densité-dépendance sera à confirmer par les pêches de 2012.

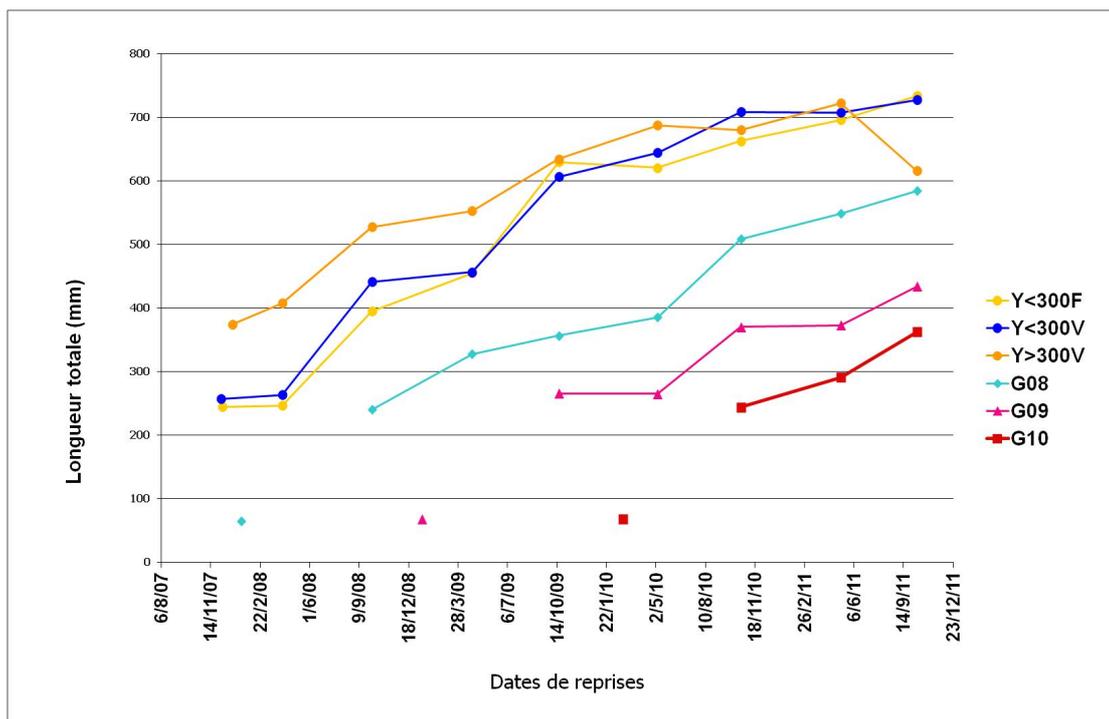


Figure 25 : Tailles moyennes des anguilles appartenant aux différents lots d'octobre 2007 à octobre 2011

La croissance rapide des anguilles se confirme par l'étude de l'évolution de l'indice d'argenture (fig. 26). Cette observation corrobore ainsi l'hypothèse que la vitesse d'argenture dépendrait de la croissance (LAMBERT *et al.*, 2003).

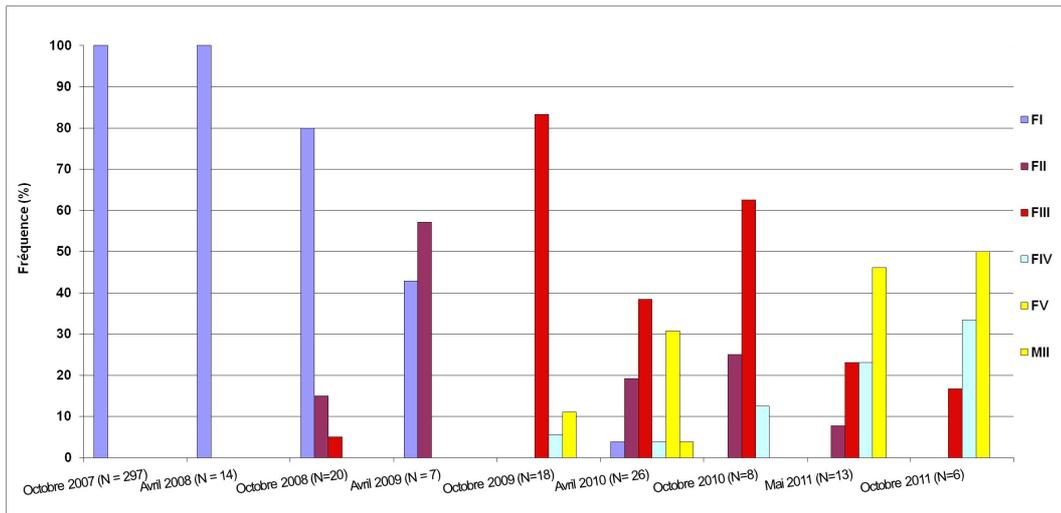


Figure 26 : Evolution de l'indice d'argenture d'octobre 2007 à octobre 2011 des anguilles appartenant au lot « Anguilles du Vaccarès > 300 mm »

Au début du suivi, la majorité des anguillettes appartenait au stade d'anguilles jaunes non différenciées (FI), puis apparaissaient les anguilles jaunes femelles (FII et FIII) et enfin les premières anguilles argentées étaient capturées (FV et MII). On observe ainsi une majorité de femelles, ce qui est généralement remarqué en milieu d'eau douce (Crivelli, com. perso).

Pour les autres lots introduits en 2007 et les cohortes 2008, 2009 et 2010, des résultats similaires ont été obtenus au sujet la croissance et l'indice d'argenture. Ils ne seront pas, par conséquent, développés dans ce rapport.

III.4 Suivi de la passe-piège à Anguille

Au total, 225 anguilles et 2 civelles ont été capturées dans la passe-piège (fig. 27). Les effectifs, nettement supérieurs aux années précédentes (écart de 171 individus au minimum), sont liés à un élargissement temporel de la fenêtre de migration.

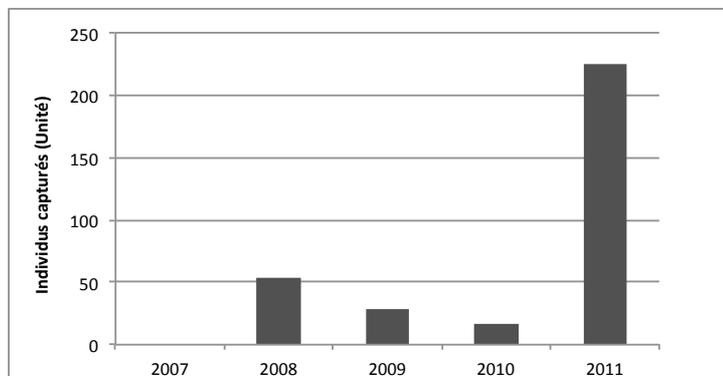


Figure 27 Effectif annuel d'anguilles (et de civelles) capturées dans la passe-piège d'octobre 2007 à décembre 2011

Les captures se sont étalées du 30 avril au 15 novembre (fig. 28).

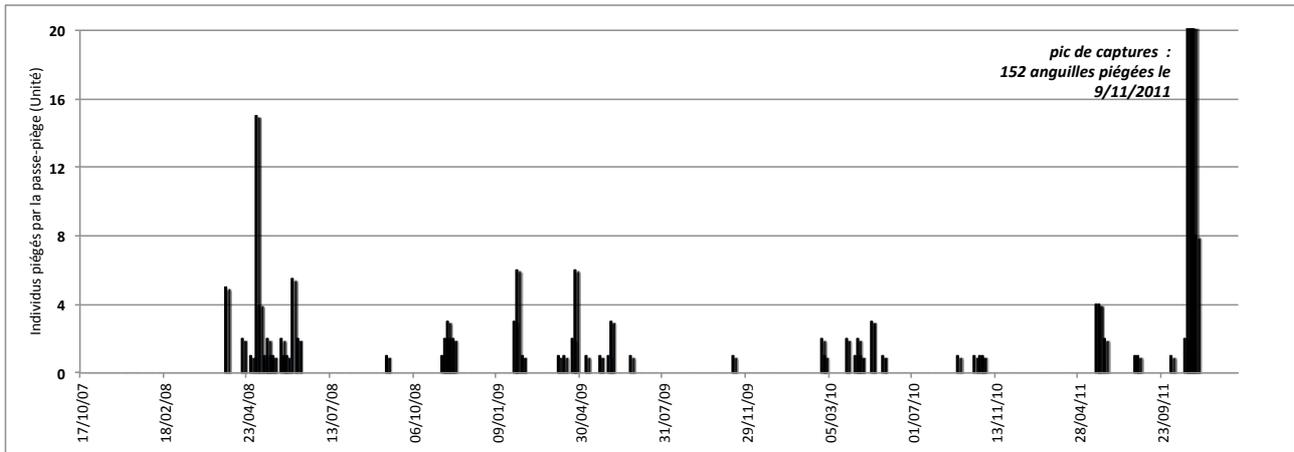


Figure 28 : Effectif journalier d'anguilles (et de civelles) capturées dans la passe-piège d'octobre 2007 à décembre 2011

A titre de comparaison, la période de migration s'était déroulée :

- En 2008, du 14 avril au 9 novembre : 49 anguilles et 6 civelles avaient été piégées ;
- En 2009, du 4 février au 11 novembre : 28 anguilles avaient été piégées ;
- En 2010, du 26 février au 14 octobre : 17 anguilles avaient été piégées.

En 2009 et 2010, la période de migration commence en février, débutée donc entre 2 et 3 mois plus tôt que les années 2008 et 2011. Les années de migration « précoce », les hauteurs d'eau du Clos 1 sont, pour le mois de février, particulièrement élevées, mais se caractérisent principalement une montée rapide du niveau d'eau (fig. 29). Cette dernière lance un « appel à la migration » : en 2010, avec plus de 90 cm d'eau au dessus de 0, les premières anguilles ont été piégées le 4 février.



Figure 29 Evolution du niveau d'eau du Clos 1 de septembre 2007 à mi octobre 2011 et superposition des fenêtres de migrations au niveau de la passe piège

En 2011, les captures exceptionnelles réalisées entre le 9 et le 12 novembre 2011 (202 anguilles piégées) sont dues à des pluies torrentielles qui ont provoqué un niveau exceptionnellement haut du canal d'Arles à Bouc, qui semblerait avoir été très positif pour les captures à la passe-piège.

Sur les 325 individus capturés depuis la mise en service de la passe-piège, le spectre de taille s'étend de 51 à 350 mm. La classe de taille [101 ; 150] mm est la plus représentée avec 39,6 % des individus piégés (fig. 30).

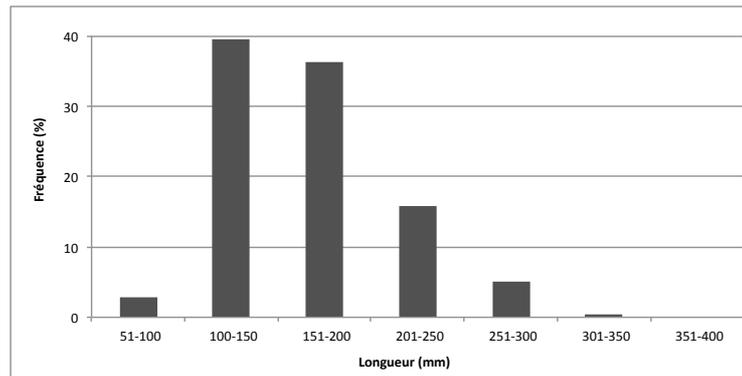


Figure 30 : Structure en taille des 325 anguilles (dont 8 civelles) capturées d'avril 2008 à décembre 2011 dans la passe-piège

Les faibles effectifs capturés ne rendent pas pertinente l'étude de l'évolution de leurs caractéristiques biologiques et l'étude de l'influence des paramètres environnementaux sur le recrutement naturel en anguilles de l'étang.

Des travaux d'allongement de la rampe de reptation de la passe à anguilles ont été réalisés au mois de juin 2011. Cette dernière ne rencontre désormais plus de problèmes de déconnexion avec le plan d'eau du canal. L'efficacité de la passe-piège est donc améliorée. Néanmoins, son attractivité pour les anguilles doit encore être testée. Pour cela, il est prévu en 2012 de comparer le nombre d'anguilles piégées à la passe avec la pompe hydraulique actuelle et le nombre d'anguilles piégées avec une pompe hydraulique plus puissante.

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Les résultats de ces quatre premières années sont encourageants. Outre l'adéquation du protocole au regard des objectifs initiaux, ils montrent une forte croissance des anguilles confirmant que ce site leur est favorable. En effet, les croissances sur les Marais du Vigueirat, très supérieures à celles mentionnées sur d'autres milieux dulçaquicoles (ICES, 2008), se rapprochent plus des valeurs observées en milieu saumâtre qui sont de l'ordre de 90 à 117 mm/an (PANFILI, 1993).

Trois hypothèses pourraient expliquer ce phénomène : (1) une densité d'anguilles inférieure, voire très inférieure à la capacité maximale de Pisci-Sud ; (2) des températures estivales très favorables à une forte consommation de nourriture (BRETT et GROVES, 1979 *in* GABILLARD *et al.*, 2005) ; (3) un potentiel trophique élevé du milieu (apport d'une nourriture abondante à l'Anguille). Ces hypothèses vont d'ailleurs dans le sens des suggestions de PANFILI (1993) qui met en avant une croissance dépendante des densités d'anguille en place, de la compétition avec les autres espèces ainsi que de l'accessibilité, de la qualité et du renouvellement de la nourriture.

Une étude ponctuelle est en cours pour comprendre les fortes croissances observées en évaluant le régime alimentaire des anguilles grâce à la méthode des isotopes stables. En 2010, un échantillonnage du peuplement piscicole de l'étang a ainsi été réalisé pour définir le rapport isotopique de chaque espèce. Les résultats devraient paraître en 2012.

En ce qui concerne la survie des individus, une première analyse a été faite en 2011. Les premiers résultats montrent qu'elle dépend du stade de développement ainsi que de la prédation (la survie des anguilles argentées est plus importante que celle des anguillettes qui est plus importante que celle des anguilles jaunes). Un article a été soumis pour publication (com. perso. Crivelli, 2011).

En 2012, l'alevinage annuel de 2,5 kg de civelles sera le dernier, les premiers signes du phénomène de croissance densité-dépendante étant observés en octobre 2011. L'échantillonnage par pêche sera reconduit selon les mêmes modalités que les années précédentes. La contamination par les polluants Polychlorobiphényles (Polychlorobiphényles, cadmium) sur 21 anguilles argentées provenant de Pisci-Sud ont été analysées en décembre 2011. Les résultats seront disponibles en 2012.

Enfin, il est également prévu en 2012 de tester le fonctionnement de la passe piège avec une pompe hydraulique plus puissante afin de déterminer si le faible nombre de captures s'explique par une mauvaise attractivité du dispositif hydraulique.

BIBLIOGRAPHIE

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

AMILHAT E., FARRUGIO H., LECOMTE-FINIGER R., SIMON G., SASAL P., 2009, Silver eel population size and escapement in a Mediterranean lagoon : Bages-Sigean

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 : pp 102-107.

ASHWORTH S.T., BLANC G., 1997, *Anguillicola Crassus*, un colonisateur agressif récemment introduit dans les stocks européens d'Anguilles. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* (1997) 344/345 : 335-342.

BAISEZ A., 2003. Lettre d'information N°2 Mai 2003. Tableau de Bord Anguille du Bassin Loire. 4p.

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. p 317-330.

BERG T., STEEN J-B., 1965, Physiological mechanisms for aerial respiration in the eel., *Comp Biochem Physiol*, 15(4) : 469-84.

BONNEAU S., 1990, Etude sur le cycle biologique d'*Anguillicola crassus*, nematode parasite de la vessie gazeuse des anguilles., Mémoire de stage, DEA de parasitologie., Université de Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc, 27 p.

BRETT J.R., GROVES T.D., 1979. « Physiological energetics ». In : HOAR W.S., RANDALL D.J. (eds). Fish Physiology. Vol III, Academic press, New-York, Londres : pp 279-343. In : GABILLARD J.C, WEIL C., RESCAN P.Y., NAVARRO I., GUTTIERREZ J., LE BAIL J.Y., 2005. *Does the GH/IGF system mediate the effect of water temperature on fish growth ? A review*. Cybium 29 (2) : pp 107-117.

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

BRUIJS M.C.M. & DURIF C.M.F., 2009, Silver eel migration and behaviour., Van den thillart *et al.*(eds.), Spawning migration of the European Eel, Springer Science + Business Media B.V.

BRUSLE J., QUIGNARD J.P., 2006, Biologie des poissons d'eau douce européens., éditions Tec & Doc, p 387- 422.

BRUSLE J., 1994, L'Anguille Européenne *Anguilla anguilla*, un poisson sensible aux stress environnementaux et vulnérable a diverses atteintes pathogènes., *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 335, 237-260.

CARRY L., DELPEYROUX J-M., 2003, Etude des rythmes de migration des espèces amphibiotiques et holobiotiques de la Garonne au niveau de la station de contrôle de Golfech au cours de l'année 2002. Migado, rapport G18-03-RT, 26p.+ annexes.

CHANCEREL F., 1994. La répartition de l'Anguille en France. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 335: 289-294.

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

COGEPOMI RMC, 2006, Programme de gestion de l'anguille sur les lagunes méditerranéennes 2006-2008 (Projet). Direction Régionale de l'Environnement Rhône-Alpes Bassin Rhône Méditerranée. 6p.

COGEPOMI RMC, 2010, Plan de GEstion des POissons MIgrateurs (PLAGEPOMI) du bassin Rhône Méditerranée 2010-2014, proposition au préfet pour aprobation, 43p.

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

COLLECTIF, 2010, Plan de Gestion Anguille de la France, Application du règlement R(CE) n°1100/2007 du 18 septembre 2007. Volet National. 120p.

COLLECTIF, 2009a, Plan de gestion Anguille de la France. Application du règlement R(CE) n°1100/2007 du 18 septembre 2007 – Volet local de l'Unité de gestion Corse., 23p.

COLLECTIF, 2009b, Plan de gestion Anguille de la France. Application du règlement R(CE) n°1100/2007 du 18 septembre 2007 – Volet local de l'Unité de gestion Rhône Méditerranée., 32p.

COLLECTIF, 2009c, SDAGE 2010-2015 du Bassin Rhône Méditerranée. Comité de bassin Rhône Méditerranée, 361p. + annexes.

CRIVELLI A.J., CAMPTON P., LEBEL I., LEGURUN L., CONTOURNET P., 2010, Etude du recrutement des civelles et de leur devenir dans l'Etang du Vaccarès. Campagne 2009., Association MRM, 45p.+ annexes.

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

CRIVELLI A.J., VANEL N., CONTOURNET P., BLANC X., AUPHAN N., LEBEL I., 2008, Etude de l'amélioration du recrutement en civelles de la lagune du Vaccarès – Campagne d'étude 2007., 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., 1998, L'Anguille dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse : une synthèse bibliographique. DIREN-DB RMC, publication COGEPOMI RMC, 83p.

CROZE O., LARINIER M., 2001, Libre circulation des poissons migrateurs., Guide technique n°4 –SDAGE RMC, 51p.

DAVERAT F., TOMAS J., LAHAYE M., PALMER M., ELIE P., 2005, Tracking continental habitat shifts of eels using otolith Sr/Ca ratios : validation and application to the coastal, estuarine and riverine eels of the Gironde-Garonne-Dordogne watershed, Marine and freshwater Research, 56(5) : 619-627.

DEKKER W., 2000, A procrustean assessment of the European eel stock., ICES Journal Marine Science, 57 :938-947.

DUFOUR S., 1996, Un exemple du cycle reproducteursous la dépendance de l'environnement : le cas de l'anguille. C.R. Acad. Agric. Fr., 82, 17-26.

DUPONT F., PETTER, A.J., 1988, Anguillicola, une épizootie plurispécifique en Europe. Apparition d'*Anguillicola crassus* chez l'Anguille européenne *Anguilla anguilla* en Camargue, sud de la France., Bull. Fr. Pêche. Piscic., 308 : pp 38-41.

DURIF C.M.F., VAN GINNEKEN V., DUFOUR S., MÜLLER T., ELIE P., 2009, Seasonal Evolution and Individual Differences in Silvering Eels from Different locations., Van den Thillart et al., Spawning Migration of the European Eel., Springer Science + Business Media B.V., Chapter 2, pp.13-38.

EDELIN E., LAMBERT P., RIGAUD C., ELIE P., 2006, Effects of body condition and water temperature on *Anguilla anguilla* glass eel migratory behaviour, J.Exp. Marine Biol. Ecol, 331 :217-225.

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

EELREP, 2005. *Estimation of the reproduction capacity of European eel*. Final Report Q5RS-2001-01836, European Union : 272 p.

EGE V., 1939, A revision of the genus *Anguilla* Shaw : a systematic, phylogenetic and geographical study., Dana report, vol. 16.

EIFAC (European Inland Fisheries Advisory Commission) & ICES (International Council for the Exploration of the Sea), 2009, Report of the 2009 session of the joint EIFAC/ICES Working Group on Eels, rapport 117p

ELIE P. & RIGAUD C., 1984, Etude 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.

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.

FEUNTEUN E., LAFAILLE P., ROBINET T., BRIAND C., BAISEZ C., OLIVIER J-M., ACOU A., 2003, A review of upstream migration and movements in inland waters by anguillid eels. Toward a general theory. In Aida K., Tsukamoto K., Yamauchi K., Eel Biology. Tokyo, Springer Verlag, 191-213.

FEUNTEUN E., 2002. *Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*) : An impossible bargain*. Ecol Eng, 18: pp 575-591.

FEUNTEUN E., ACOU A., LAFAILLE P., LEGAULT A., 2000. *European eel: prediction of spawner escapement from continental population parameters*. Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 57 : pp 1627-1635.

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.

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.

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

GABILLARD J.C, WEIL C., RESCAN P.Y., NAVARRO I., GUTTIERREZ J., LE BAIL J.Y., 2005. *Does the GH/IGF system mediate the effect of water temperature on fish growth ? A review*. Cybium 29 (2) : pp 107-117.

GOSSET C., TRAVADE F., DURIF C., RIVES J., GARAICOECHEA C., 2000, Etude des dispositifs de dévalaison pour l'anguille argentée. Test de deux exutoires de dévalaison à la centrale hydroélectrique de Hasou (Nive, 64), INRA/EDF, rapport de contrat, 35p.+annexes.

ICES, 2008, Report of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL), 354-386.

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

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

KETTLE A.J., HAINES K., 2006, How does the European freshwater eel (*Anguilla anguilla*) retain its population structure during its larval migration across the North Atlantic Ocean? Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 63 :90-106.

KLECKER R.C., MCCLEAVE J.D., WIPPELHAUSSER G.S., 1983, Spawning of American eel, *Anguilla rostrata*, relative to thermal fronts in the Sargasso Sea., Environmental Biology of Fishes : 289-293.

KNIGHTS B., 2003, A review of the possible impacts of long term oceanic and climate change and fishing mortality on recruitment of anguillid eels of the Northern Hemisphere. Sci. Total Environ. 310 : 237-244.

KRUEGER W.H., OLIVEIRA K., 1999, Evidence for environmental sex determination in the American eel, *Anguilla rostrata*. Environmental Biology of fishes 55 :381-389.

LAMBERT P., FEUNTEUN E., CRIVELLI A.J., 2003. *L'anguille, un défi pour les scientifiques – Compte-Rendu des Journées Anguilles du Grisam, Tour du Valat, 26-29 mars 2001*. Bull. Fr. Pêche Piscic, 368 : pp 1-8.

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

LECOMTE-FINIGER R., BRUSLE J., 1984, L'Anguille des lagunes du Languedoc-Roussillon : intérêt biologique et valeur halieutique., Vie et Milieu, 34(4):185-194.

LEFEBVRE F., SERGENT E., ACOU A., LECOMTE-FINIGER R., CRIVELLI A.J., 2003. *Recrutement des civelles (*Anguilla anguilla*) sur la côte méditerranéenne française : analyse comparée des caractéristiques biométriques et pigmentaires des saisons 1974-75 et 2000-01*. Bull. Fr. Pêche Piscic. 368 : pp 85-96.

LEFEBVRE F., ACOU A., POIZAT G., CRIVELLI A.J., CONTOURNET P., PRIOUR F., SOULAS O., 2003, Anguillicolosis among silver eels : A 2-year survey in 4 habitats from Camargue (Rhône delta, south of France)., Bull. Fr. Pêche Piscic., 368 :97-108.

LEGAULT A., LAFAILLE P., GUILLOUET J., ACOU A., 2004, Importance of specific fish passes for European eel (*Anguilla anguilla*) recruitment, Proceeding of the fifth International Symposium on Ecohydraulics, Madrid., Aquatic Habitat : Analysis and Restoration. Madrid, AEHR, 937-941.

LEGAULT A., 1988, Le franchissement des barrages par l'escalade de l'Anguille, Etude en Sèvre Niortaise., Bull. Fr. Pêche Piscic. 308 : 1-10

LE GURUN L., LEBEL I., 2010, Synthèse des actions en faveur des poissons migrateurs sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse (1993-2009) - Bilan de la mise en œuvre du Plan de Gestion des Poissons Migrateurs 2004-2009 - Association Migrateurs Rhône-Méditerranée : 82p. + annexes.

LEFEBVRE F., CONTOURNET P., PRIOUR F., SOULAS O., CRIVELLI A.J. 2002. *Spatial and temporal variation in Anguillicoloides crassus counts : results of a 4 year survey of eels in Mediterranean lagoons*. Diseases of Aquatic Organisms, 50, 181-188.

LEFEBVRE F., CRIVELLI A.J. 2004. *Anguillicolosis: dynamics of the infection over two decades*. Diseases of Aquatic Organisms, 62, 227-232.

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., J. Mar. Biol. Ass. U. K., 78, 285-306.

MEEDAD (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire), 2008, Circulaire DCE n°2008/25 du 6 février 2008 relative au classement des cours d'eau au titre de l'article L.214-17-I du code de l'environnement et aux obligations qui en découlent pour les ouvrages., Texte 9/43, 9p.

MEEDAT (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire), 2008, Projet de loi relatif à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement.

MEEDDM, 2010, Mise en œuvre par l'Etat et ses établissements publics d'un plan d'actions pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau., Circulaire du 25 janvier 2010 n°NOR : DEVO0930186C., 6p.

MELIA P., BEVACQUA D., CRIVELLI A.J., DE LEO G.A., PANFILI J., GATTO M., 2006, Age and growth of *Anguilla anguilla* in the Camargue lagoons. Journal of Fish Biology (2006) 68, 876-890 13p.

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.

PALLO S., TRAVADE F., 2001, Suivi du fonctionnement de la passe définitive à anguilles sur l'aménagement hydroélectrique EDF de Tuillère (24). Contrôle de la migration et mise au point des compteurs automatiques. EDF/Migado, rapport, 40p.+ annexes.

PANFILIJ., 1993. *Estimation de l'âge individuel des poissons: méthodologies et applications à des populations naturelles tropicales et tempérées*. Université Montpellier 2, Thèse : 456 p.

PANFILI J., XIMENES M.C., 1994. *Evaluation de l'âge et de la croissance de l'anguille européenne (Anguilla anguilla L.) en milieu continental : méthodologies, validation, application en Méditerranée et comparaisons en Europe*. Bulletin Français de Pêche et Pisciculture, 335 : pp 43-66.

PORSCHER J.P., 1992. Les passes à Anguilles, Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 326-327 : p134-142

ROBINS C.R., COHEN D.M., ROBINS C.H., 1979, The eels, *Anguilla* and *Histiobranchus*, photographed on the floor of the deep Atlantic in the Bahamas. Bull. Mar. Sci., 29:pp 401-405.

STONE R., 2003, Freshwater eels are slip-sliding away. Science 302 : 221-22.

SVEDÄNG H. & WICKSTRÖM H., 1997. *Low fat contents infemale silver eels : indications of insufficient energetic stores for migration and gonadal development*. Journal of Fish Biology 50: pp 475-486.

TESCH F.W., 2003, The Eel, Fifth edition, Blackwell publishing, 340p.

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

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 : pp 110-113.

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 gesamtem Hydrobiologie, 6 :845-858.

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 : pp 255-260.

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

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.

VAN DEN THILLART G., DUFOUR S., CLIFF RANKIN J., 2009, Spawning Migration of the European Eel., Springer Science + Business Media B.V., Fish and fisheries series 30, 477 p.

VAN DEN THILLART G., VAN GINNEKEN V., KÖRNER F., HEIJMANS R., VAN DER LINDEN R., GLUVERS A., 2004, Endurance swimming of the European Eel., *Journal of Fish Biology*, 65:312-318.

VAN GINNEKEN V., ANTONISSEN E., MÜLLER UK., BOOMS R., EDING E., VERRETH J., VAN DEN THILLART G., 2005, Eel migration to the Sargasso: remarkably high swimming efficiency and low energy costs. *Journal of Experimental Biology*, 208:1329-1335.

VIGIER J-F., 1997, Les pathologies des Anguilles : synthèse des connaissances sur la pathologie des différentes espèces du genre *Anguilla*. Cemagref. 198p.

WHITE E.M. & KNIGHTS B., 1997, Environmental factors affecting migration of the European eel in the Rivers Severn and Avon, England. *J. Fish. Biol.*, 50, 1104-1116.

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

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

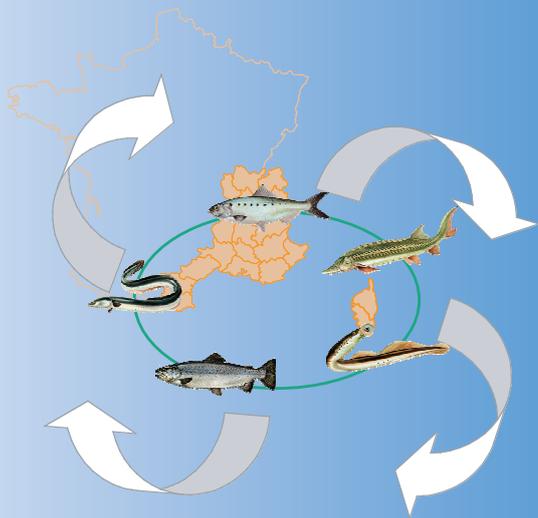
XIMENES M.C., LE CORRE G., LECOMTE-FINIGER R., MALLAWA R., SAGLIOCCO M., 1986, L'anguille en Méditerranée française. Aspects écobologiques et halieutiques. Rapport CEMAGREF, Secrétariat d'Etat de la Mer, 99 p + annexes.

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : ANGUILE EUROPEENNE (MRM).....	2
FIGURE 2 : CYCLE DE VIE DE L'ANGUILLE (MRM).....	3
FIGURE 3 : LEPTOCEPHALE (CPIE AUTHIE)	4
FIGURE 4 : CIVELLES (MRM).....	4
FIGURE 5 : ANGUILE JAUNE (MRM).....	5
FIGURE 6 : ANGUILE ARGENTEE (MRM).....	6
FIGURE 7 : REPTATION DE CIVELLES SUR UNE PAROI RUGUEUSE (MRM).....	7
FIGURES 8 ET 9 : VESSIE D'ANGUILLE PARASITEE (IGB BERLIN)(8) ET CYCLE BIOLOGIQUE D'ANGUILLICOLA CRASSUS (BONNEAU, 1990)(9).....	10
FIGURE 10 : ANGUILE BLESSEE PAR UN HERON (TOUR DU VALAT)	11
FIGURE 12 EVOLUTION DES TONNAGES ET DES CPUE DE CIVELLES DES PECHEURS PROFESSIONNELS ET AMATEURS SUR LE BASSIN DE LA GIRONDE DE 1978 A 2007 (SOURCE CEMAGREF IN ICES 2008).....	15
FIGURE 13 : ESTIMATION DU RECRUTEMENT MOYEN (GLM) EN CIVELLES POUR CHAQUE AIRE DE REPARTITION EN EUROPE (EIFAC & ICES, 2009).....	15
FIGURE 14 : LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE (MRM)	25
FIGURE 15 : LOCALISATION DU DOMAINE DE PISCI-SUD (MRM)	25
FIGURE 16 : DOMAINE DE PISCI-SUD (IGN-ORTHO PHOTO).....	26
FIGURE 17 : PECHE AUX FILETS (MRM)	28
FIGURE 18 : LOCALISATION DES ENGINS DE PECHE SUR LE CLOS 1, LE CLOS 2 ET LA ROUBINE (MRM)	28
FIGURE 19 : PASSE-PIEGE A ANGUILE SITUEE ENTRE L'ETANG ET LE CANAL D'ARLES A FOS (MRM).....	30
FIGURE 20 ETAT DES LIEUX DU FONCTIONNEMENT DE LA PASSE-PIEGE SITUEE ENTRE L'ETANG ET LE CANAL D'ARLES A FOS AU COURS DE L'ANNEE 2012 ; LES POURCENTAGES SONT CALCULES PAR CUMUL DU NOMBRE DE JOURS OU LA PASSE FONCTIONNE, EST ARRETEE OU EST REMISE EN MARCHÉ (MRM, DONNEES : LES AMIS DU VIGUEIRAT).....	31
FIGURE 21 : EVOLUTION DU NIVEAU D'EAU DU CLOS 1 DE SEPTEMBRE 2007 A LA MI-OCTOBRE 2011.....	32
FIGURE 22 : TEMPERATURE DE L'EAU (°C) DU CLOS 1 DE JUILLET 2008 A OCTOBRE 2011.....	32
FIGURE 23 : LONGUEUR TOTALE (MM) DES CIVELLES INTRODUITES DANS PISCI-SUD EN 2008, 2009, 2010 ET 2011.....	33
FIGURE 24 : DISTRIBUTION DES STADES PIGMENTAIRES DES CIVELLES INTRODUITES A PISCI-SUD EN 2008, 2009 ET 2010 ET 2011	33
FIGURE 25 : TAILLES MOYENNES DES ANGUILES APPARTENANT AUX DIFFERENTS LOTS D'OCTOBRE 2007 A OCTOBRE 2011	35
FIGURE 26 : EVOLUTION DE L'INDICE D'ARGENTURE D'OCTOBRE 2007 A OCTOBRE 2011 DES ANGUILES APPARTENANT AU LOT « ANGUILES DU VACCARES > 300 MM ».....	36
FIGURE 27 EFFECTIF ANNUEL D'ANGUILLES (ET DE CIVELLES) CAPTUREES DANS LA PASSE-PIEGE D'OCTOBRE 2007 A DECEMBRE 2011	36
FIGURE 28 : EFFECTIF JOURNALIER D'ANGUILLES (ET DE CIVELLES) CAPTUREES DANS LA PASSE-PIEGE D'OCTOBRE 2007 A DECEMBRE 2011.....	37
FIGURE 29 EVOLUTION DU NIVEAU D'EAU DU CLOS 1 DE SEPTEMBRE 2007 A MI OCTOBRE 2011 ET SUPERPOSITION DES FENETRES DE MIGRATIONS AU NIVEAU DE LA PASSE PIEGE.....	37
FIGURE 30 : STRUCTURE EN TAILLE DES 325 ANGUILES (DONT 8 CIVELLES) CAPTUREES D'AVRIL 2008 A DECEMBRE 2011 DANS LA PASSE-PIEGE.....	38

TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : NOMBRE D'ANGUILLES ARGENTÉES RETIRÉES DE L'ÉTANG PAR AN ET PAR LOT D'AVRIL 2008 A OCTOBRE 201134



Membres de l'Association **Migrateurs Rhône-Méditerranée :**

Fédérations Départementales des Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique de l'Ardèche, des Bouches-du-Rhône, de la Corse, de la Drôme, du Gard, du Vaucluse, de l'Ain, des Alpes de Haute-Provence, des Alpes-Maritimes, de l'Aude, des Hautes-Alpes, de Haute-Savoie, de l'Hérault, de l'Isère, de la Loire, des Pyrénées-Orientales, du Rhône, de Savoie et du Var

Union Régionale des Fédérations de Pêche de l'Arc Méditerranéen (URFAM)

Union Régionale des Fédérations de Pêche Rhône Alpes (URFEPRA)

Association des pêcheurs professionnels Rhône Aval Méditerranée



ZI du Port Fluvial - Chemin des Ségonnaux - 13200 Arles
Président : Jean-Claude MONNET

Tél. 04 90 93 39 32 - Fax 04 90 93 33 19 - E-mail : contact@migrateursrhonemediterranee.org
<http://www.migrateursrhonemediterranee.org/>