

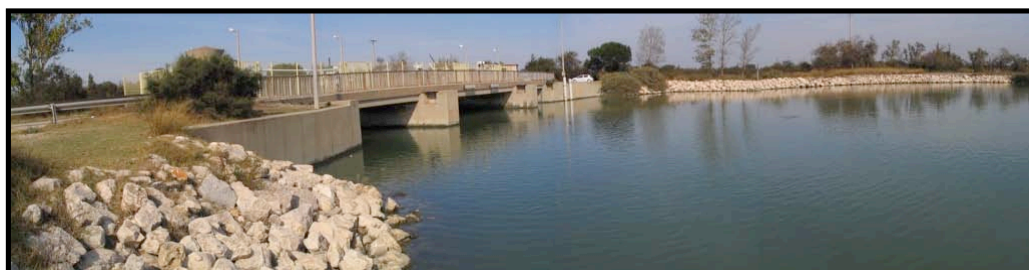
Marseille Fos



L'Anguille européenne, *Anguilla anguilla*, dans le canal d'Arles à Bouc

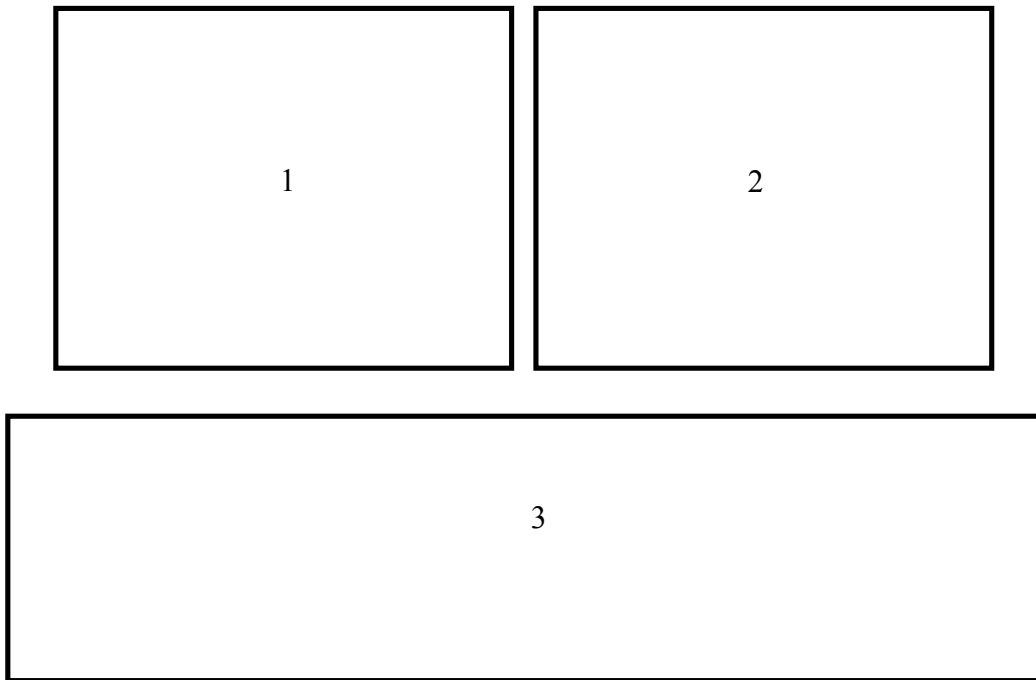
État des lieux et premiers résultats de la passe-piège installée
sur le barrage à sel

Campagne 2009/2010



CAMPTON P., CRIVELLI A.J.

Avril 2010



- 1 : Anguille en cours d'argenture (MRM)
- 2 : Civelles vues à la loupe binoculaire (MRM)
- 3 : Barrage anti-sel de Fos sur Mer vu de l'aval (MRM)

RESUME

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la mise en place du plan de gestion des espaces naturels du Grand Port Maritime de Marseille alors que les enjeux concernant l'Anguille européenne tant au niveau du bassin Rhône Méditerranée (objectifs du COGEPOMI) qu'au niveau européen (règlement CE n°1100/2007) sont particulièrement importants. Une passe piège à anguilles a été installée le 19 Octobre 2007 sur le barrage anti-sel de Fos-sur-Mer situé sur le canal d'Arles à Bouc, l'objectif étant de favoriser la recolonisation de ce canal et les marais situés aux alentours par les civelles dont la migration anadrome était visiblement freinée par l'ouvrage.

Lors de la campagne de suivi 2009/2010, 353 anguilles et 15 753 civelles ont été capturées puis relâchées en amont du barrage dans le canal d'Arles à Bouc. En raison de l'absence de suivi de janvier à mai, la corrélation entre les températures de l'eau et le nombre d'anguilles capturées à la passe-piège n'a pas pu être réalisée comme cela avait été fait lors de la campagne 2007/2008. La taille des individus capturés était inférieure à 350 mm et la majorité des civelles mesuraient entre 56 et 65 mm avec un stade de pigmentation assez avancé.

Les pêches réalisées dans le canal d'Arles à Bouc afin de suivre sa recolonisation par les anguilles ont montré de faibles captures par unité d'effort en comparaison à des pêches effectuées sur un canal similaire. Il n'y a pas eu d'augmentation par rapport aux pêches réalisées en 2007 et 2008. Les anguilles pêchées étaient en majorité infectées par le nématode *Anguillicola crassus* et le virus Evex n'a pas été trouvé.

La recolonisation du canal d'Arles à Bouc et des marais avoisinant par les anguilles *via* le fonctionnement de la passe piège du barrage anti-sel ne peut s'effectuer que sur du long terme (plusieurs années). Il est donc nécessaire de continuer le suivi les années à venir notamment pour cerner les facteurs conditionnant la migration des anguilles). En particulier, il est impératif d'assurer le suivi pendant la période optimale de migration des civelles (novembre à avril).

SOMMAIRE

INTRODUCTION

1/ Contexte de l'étude	3
1-1/ L'Anguille européenne (Anguilla anguilla)	3
1-1-1/ Taxonomie et répartition	3
1-1-2/ Cycle de vie	3
1-1-3/ Caractéristiques physiques et biologiques des anguilles	5
1-2/ Identification des menaces	6
1-2-1/ Les menaces naturelles	6
1-2-2/ Les menaces anthropiques	8
1-3/ Situation actuelle du stock d'Anguille européenne	10
1-4/ Le règlement européen n° 1100/2007 en faveur de l'Anguille	11
1-4-1/ Plan de gestion national	11
1-4-2/ Volet local Rhône Méditerranée	12
1-5/ Zone d'étude	13
1-5-1/ Intérêt et localisation	13
1-5-2/ Implantation de la passe piège au barrage anti-sel de Fos-sur-Mer	14
2/ Suivi des captures et de la recolonisation du canal	15
2-1/ Protocole de suivi de la passe	15
2-1-1/ Traitement des anguilles et des civelles lors des relèves de la passe-piège	15
2-1-2/ Analyses des civelles en laboratoire	16
2-1-3/ Autres analyses	16
2-1-4/ Paramètres du milieu	16
2-2/ Pêches du canal	17
3/ Résultats et interprétations	20
3-1/ Suivi de la passe piège	20
3-1-1/ Caractérisation de la migration	22
3-1-2/ Caractérisation des individus	25
3-1-3/ Fonctionnement de la passe-piège	29
3-2/ Colonisation du canal d'Arles à Bouc	29
3-2-1/ Données antérieures	29
3-2-2/ Captures par unité d'effort (CPUE)	30
3-2-3/ Caractérisation de la population du canal	30
3-2-4/ Autres captures	33
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	34
Références	35
Liste des figures	40

ANNEXES

INTRODUCTION

De 1993 à 2003, le Plan Migrateurs Rhône-Méditerranée avait pour objectif le retour de l'Alose sur le Bas Rhône en aval de l'Ardèche et ses affluents de rive droite (Gardon, Cèze, Ardèche), objectif désormais atteint puisque des aloses sont capturées et se reproduisent régulièrement dans les eaux de l'Ardèche. Fin 2003, le Comité de Gestion des Poissons Migrateurs (COGEPOMI) du bassin Rhône-Méditerranée & Corse a validé le deuxième volet 2004-2008 du Plan de Gestion des Poissons Migrateurs, prolongé d'un an en 2008. Il doit permettre l'extension du programme aux affluents de rive gauche du Rhône et aux fleuves côtiers méditerranéens ainsi qu'aux autres espèces amphihalines, dont l'Anguille (COGEPOMI, 2004).

Aujourd'hui, les experts scientifiques mondiaux de l'Anguille s'accordent à dire que le stock européen ainsi que son recrutement sont en déclin (ICES, 2006). En effet, ces vingt dernières années, le stock d'anguilles aurait diminué de 50 % (75 % pour les 40 dernières années), le stock de civelles ayant diminué de 95 % au cours de la même période (Parlement Européen, 2006). Par ailleurs, il a été démontré une importante réduction des indices de recrutement et d'échappement de l'Anguille européenne dans l'ensemble de son aire de répartition (Feunteun, 2002). Les causes de ce déclin sont multiples, la plupart des scientifiques pensent que les modifications climatiques influant sur les courants de l'Atlantique Nord ainsi que l'apparition du parasite *Anguillicola crassus* constituent les deux principales. L'exploitation halieutique et l'impact des barrages figurent parmi les causes pour lesquelles une action reste possible.

Ainsi, ces constatations sont à l'origine d'un règlement de l'Union Européenne n°1100/2007 du 18/09/2007 visant à ramener le volume du stock d'anguilles à ses niveaux historiques et à 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 (un plan de gestion par grand bassin en France). Le plan français (qui inclut le volet Rhône-Méditerranée) a ainsi été approuvé par l'Union Européenne le 15 février 2010.

Le Grand Port Maritime de Marseille a mis en place depuis 2007 son premier plan de gestion des espaces naturels (PGEN) de la couronne agri-environnementale de la zone industrielle et portuaire de Fos-sur-Mer. L'objectif principal de ce plan de gestion est de conserver la diversité des paysages, des habitats et des espèces. Afin d'y parvenir, le PGEN se décline en un plan d'actions sectoriel qui répond aux objectifs à atteindre (objectifs permettant eux-mêmes d'atteindre l'objectif principal) :

- Maintien d'un état de conservation satisfaisant les habitats et les espèces ;
- Gestion de la ressource en eau et des zones humides ;
- Maintien des activités traditionnelles respectueuses de l'environnement (chasse, pêche, agriculture) ;
- Préservation du patrimoine bâti ;
- Communication sur la gestion des milieux et du site ;
- Amélioration des connaissances ;
- Mesures d'accompagnement.

Une des actions identifiées comme prioritaires était la mise en place d'une passe-piège (construite en octobre 2007) à anguilles sur le barrage anti-sel situé sur le canal d'Arles à Bouc. Ainsi, dans un contexte où l'Anguille représente un enjeu important aussi bien à l'échelle locale qu'à l'échelle européenne, cette action revêtait alors un caractère incontournable. La passe-piège facilitera donc la recolonisation de ce canal par l'Anguille, mais aussi permettra de recueillir des informations précieuses sur la dynamique de population de l'espèce dans les hydrosystèmes d'eau douce côtiers méditerranéens aujourd'hui peu connue.

La passe piège a fait l'objet d'un suivi par l'Association MRM d'octobre 2007 à octobre 2008 (Campton *et al.*, 2008). Le présent document présente les résultats du suivi qui s'est déroulé du mois d'avril 2009 au mois d'avril 2010.

1/ Contexte de l'étude

1-1/ L'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*)

1-1-1/ 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 (ONEMA)

L'Anguille européenne 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 tout le bassin Rhône Méditerranée Corse (RMC) 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). Elle passe la majeure partie de sa vie (de 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).

1-1-2/ 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).

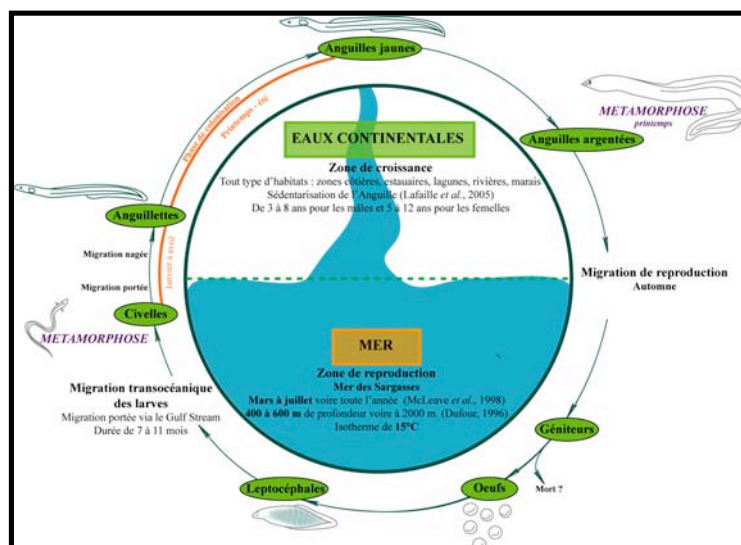


Figure 2 : cycle de vie de l'Anguille (MRM)

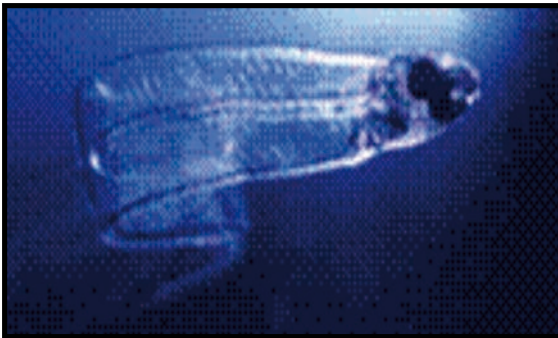
✓ L'acte de ponte

La ponte se déroulerait entre mars et juillet selon certains, toute l'année selon d'autres. (McLeave *et al.*, 1998), 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).

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), 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 que donc ce poisson ne se reproduira qu'une seule fois dans sa vie.

✓ Stade leptocéphales



On suppose que les œufs pondus sont pélagiques, qu'après éclosion, les larves montent plus ou moins vers la surface. Ces milliers de larves leptocéphales (fig.3), en forme de feuille de saule, dérivent vers le continent européen, portées par le Gulf-Stream et 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).

Figure 3 : leptocéphale (cpie authie)

✓ 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,...). 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). Les civelles se pigmentent progressivement jusqu'à atteindre le stade anguille jaune (Elie *et al.*, 1982, *in* Edeline, 2005).

Figure 4 : civelles (MRM)



✓ **Stade anguille jaune**



Figure 5 : anguille jaune (MRM)

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). L'argenture marque la fin de la phase de croissance. 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.*, in van den Thillart *et al.*, 2009).



Figure 6 : anguille argentée (MRM)

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 (Brujns & Durif, 2009 ; Crivelli, 1998).

1-1-3/ Caractéristiques physiques et biologiques des anguilles

✓ **Capacités de nage**

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 convenables pour les anguilles en raison des courants important transitant à l'intérieur.

La capacité de nage des anguilles diffère selon leur taille et donc leur stade de développement. Les individus adultes nagent plus vite que les petits individus. 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 pour ramper le long de parois humidifiées. On parle de « reptation » au cours de laquelle la totalité du corps serpentiniforme 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 ainsi que 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).

1-2/ Identification des menaces

1-2-1/ 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 de leur cycle biologique.

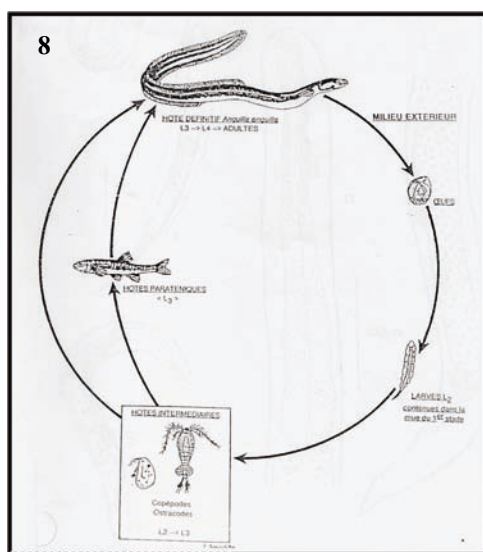
✓ **Le parasitisme**

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 *Anguillicola 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.

Anguillicola crassus a été introduit en Europe au début des années 1980 en provenance d'Asie avec des lots d'anguilles japonaises. Selon les sites étudiés, on enregistre plus de la moitié de la population infestée par ce parasite. Sur le bassin RMC, *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.9). Son cycle (fig.8) passe par un hôte intermédiaire, le plus souvent un invertébré (ostracode...) qui est ingéré directement par l'anguille ou alors il passe par un hôte intermédiaire qui est d'abord mangé par un poisson (hôte paraténique) lui même mangé ultérieurement par l'anguille.



from Bonneau, 1990



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

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 (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 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).

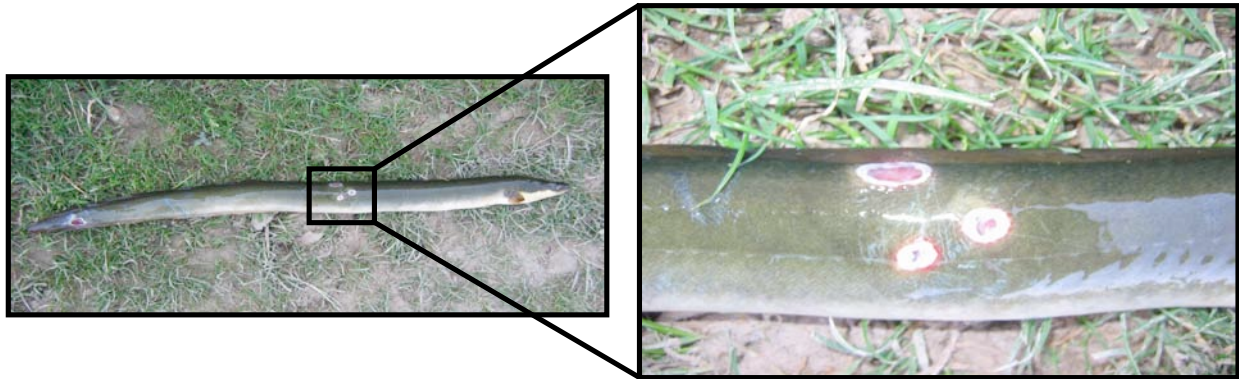


Figure 10 : anguille blessée par un héron (Tour du Valat)

1-2-2/ Les menaces anthropiques

Aux nombreuses menaces naturelles que subit l'Anguille s'ajoutent de nouveaux risques induits par des activités humaines responsables de perturbations environnementales de natures physiques, chimiques et biologiques.

✓ **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).

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'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 granulats, 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).

✓ **Modification du fonctionnement hydraulique des cours d'eau**

De plus, 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, ces appels d'eau 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 dû à la rareté et à 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.

✓ **La pêche**

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 celle de la civelle et des anguilles argentées (en France, Espagne et Portugal). Ces deux dernières sont 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).

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. La pêche à la civelle est interdite en Méditerranée et la pêche de l'anguille jaune et argentée dans les lagunes y représente l'activité économique principale.

La pêche à l'Anguille en Méditerranée est une activité ancestrale, économiquement importante qui fait vivre environ 600 pêcheurs (COGEPOMI, 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 les 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 alors se stabiliser (ICES, 2008).

1-3/ Situation actuelle du stock d'Anguille européenne

La situation actuelle du stock de l'Anguille européenne est préoccupante. L'évolution des tonnages de la pêcherie à la civelle sur le bassin de la Gironde (fig.11) 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.12).

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 est par conséquent contrôlée par l'élaboration de permis afin d'éviter une utilisation incompatible avec la survie de l'espèce (ICES Advice, 2008).

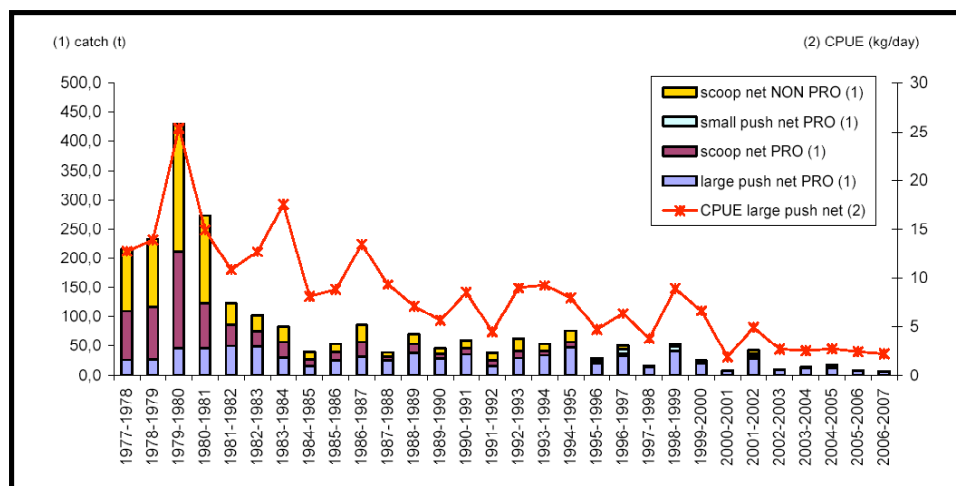


Figure 11 : évolution des tonnages et des CPUE de civelles des pêcheurs professionnels et amateurs sur le bassin de la Gironde de 1978 à 2007 (source CEMAGREF in ICES 2008)

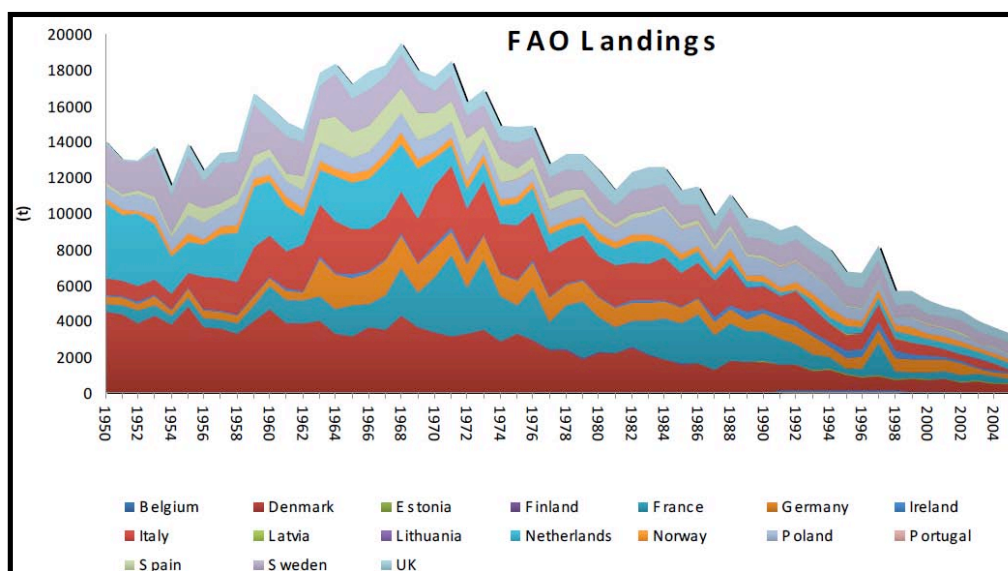


Figure 12 : évolution des tonnages d'anguilles en europe (source FAO in ICES, 2008)

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

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 vu 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 sur la liste rouge des espèces menacées de l'IUCN (International Union for Conservation of Nature) (IUCN, 2008).

1-4/ 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 de stock d'anguilles européennes. Par son statut de « Loi communautaire », 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* ».

1-4-1/ 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 que de bassins hydrographiques. En France, la rédaction de ces derniers est pilotée 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 Plans de Gestion 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.

Le coeur des mesures de gestion de la pêche est fixé au niveau national. 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. 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.

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.

1-4-2/ 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). Par exemple en eaux maritimes, la pêche des anguilles de taille inférieure à 12 cm est interdite (civelle y compris) et la pêche à 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

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.

Pour les ouvrages prioritaires, le diagnostic à l'ouvrage devra être lancé dans la période du plan de gestion (6 ans à compter de 2009) 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.

1-5/ Zone d'étude

1-5-1/Intérêt et localisation

Le canal d'Arles à Bouc (ou Arles à Fos) (fig.13) réalise la jonction entre les darses de la zone portuaire de Fos-sur-Mer et le Rhône à Arles, il s'écoule d'Arles vers Fos-sur-Mer. L'eau de ce canal est donc constituée des eaux douces du Rhône et des différents canaux de drainage s'y jetant (canaux du Vigueirat, de la Vallée des Baux, des marais de la Crau).

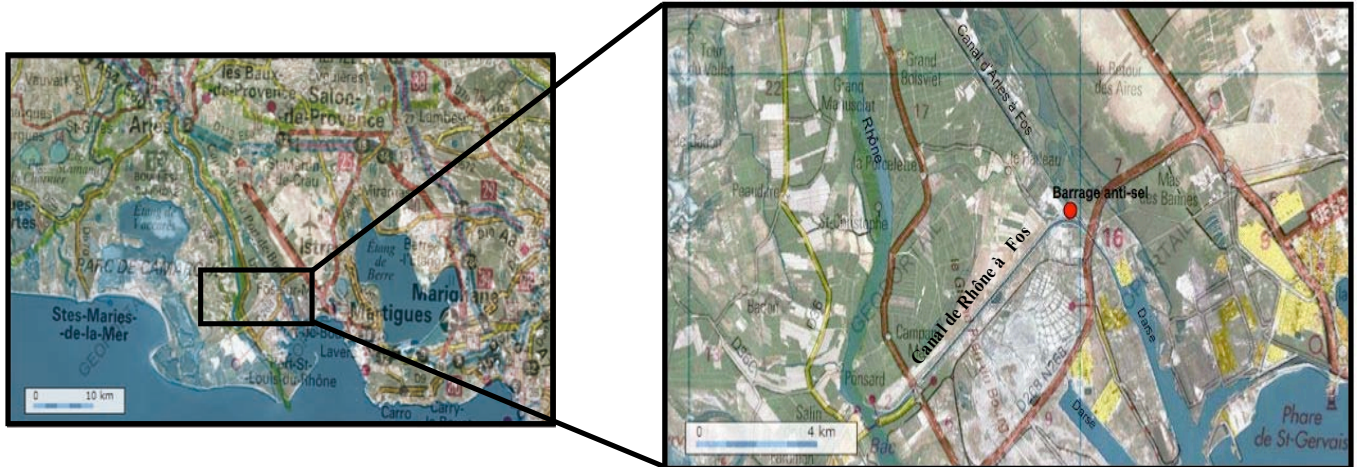


Figure 13 : localisation du barrage anti-sel (géoportail)

Ce canal est proche de l'embouchure, il est donc colonisé par les anguilles au stade civelle qui s'engagent dans cette zone, attirées par l'écoulement d'eau douce. Plusieurs possibilités s'offrent à elles :

- ✓ Elles peuvent s'y sédentariser : les potentialités d'accueil de ce canal pour l'espèce sont mal connues, mais sa physionomie semble favorable (présence de zones peu profondes, d'herbiers, de nourriture...) et ce site pourrait constituer une zone de production d'individus matures à faible distance de la mer.
- ✓ *Via* ce canal, les anguilles peuvent coloniser de nombreux marais et canaux de drainage, notamment les marais du Vigueirat par l'étang du Landre et la Vallée des Baux dont l'exutoire se situe au niveau d'Arles. De plus, le 17 Octobre 2007, une passe piège a été installée entre le canal d'Arles à Bouc et les marais du Vigueirat afin de favoriser et contrôler un recrutement naturel. Le suivi est réalisé par l'association « les amis du Vigueirat ». Les anguilles engagées dans le canal d'Arles à Bouc ont donc la possibilité de transiter *via* cette passe-piège.
- ✓ Le dernier cas possible est que les anguilles remontent le canal jusqu'à Arles où celui-ci est connecté avec le Rhône *via* un système d'écluse à bateaux. Le passage des anguilles vers le Rhône dépend du mode de gestion (ouverture, fermeture de l'écluse).

Le barrage anti-sel se trouve à l'aval du canal avant son exutoire dans la darse n° 1 de Fos-sur-Mer. Il a été construit en 1980. Cet ouvrage est géré au niveau de la station de pompage du Grand Port Maritime de Marseille grâce à un système automatisé depuis 1996.

1-5-2/ Implantation de la passe piège au barrage anti-sel de Fos-sur-Mer

✓ **Le barrage anti-sel**

Le premier ouvrage rencontré par les anguilles est ce barrage anti-sel (fig.14) constitué de 3 vannes s'ouvrant par le bas et gérées par le Grand Port Maritime de Marseille, propriétaire du site. Cet ouvrage représente un obstacle difficilement franchissable pour de nombreuses espèces de poissons qui ont de faibles capacités de nage, incapables la plupart du temps de le franchir. Le fonctionnement de cet ouvrage bien que souvent partiellement ouvert freine la migration des civelles. La présence d'individus bloqués au niveau des vannes (favorisant par ailleurs le braconnage) a en effet été constatée à plusieurs reprises par le service départemental de l'ONEMA des Bouches-du-Rhône.



Figure 14 : barrage anti-sel de Fos-sur-Mer (MRM)

Figure 15 : passe piège à anguilles du barrage anti-sel lors de son entretien (MRM)



Une passe-piège à anguilles (fig.15) a été installée sur le barrage afin de capturer les anguilles qui cherchent à rejoindre l'amont du barrage. Cette passe doit piéger des civelles, des anguillettes ou des anguilles plus grosses. Elle a été mise en activité le 19 octobre 2007. Ce système de franchissement spécifique aux anguilles en phase de migration anadrome facilitera ainsi leur accès au canal d'Arles à Bouc, augmentera le nombre d'individus franchissant l'ouvrage, et permettra de connaître le nombre d'individus l'ayant franchi, de définir le blocage engendré par le barrage anti-sel et de limiter le braconnage, les civelles ne se concentrant plus au pied du barrage.

✓ **Fonctionnement du système de capture**

Le fonctionnement du système de capture est détaillé en annexe 2.

2/ Suivi des captures et de la recolonisation du canal

Deux types de suivi sont réalisés dans cette étude :

- En premier lieu, le suivi de la remontée des anguilles dans le canal d'Arles à Bouc via leur comptage dans la passe piège,

- Dans un second temps, le suivi de l'efficacité de cette passe-piège par des pêches scientifiques dans le canal.

2-1/ Protocole de suivi de la passe

Le suivi est réalisé par un technicien de l'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée suivant le protocole utilisé pour les passes déjà suivies par l'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée.

Lors de chaque relève, le bac de capture est vidangé en ouvrant la vanne à la base du vivier. Une fois le bac vidangé, les anguilles sont capturées manuellement par l'intervenant à l'aide d'une épuisette. Toutes les données de captures et toutes les informations nécessaires à l'analyse ultérieure des données (en particulier la date et l'heure d'intervention) sont notées sur un cahier de suivi spécifiquement établi.

À l'issue des manipulations, la canalisation PVC de vidange du vivier est refermée puis l'intervenant vérifie le remplissage du vivier jusqu'à ce que le siphon se mette en route tout en veillant à une humidification correcte de la rampe de reptation.

2-1-1/ Traitement des anguilles et des civelles lors des relèves de la passe-piège

✓ Anguilles

Si le nombre total d'anguilles est inférieur à 100, le poids total est mesuré et la taille de chacun des individus est relevée après anesthésie dans une solution d'eugénol (dilué à 10% dans de l'alcool). Au-delà de 100 individus capturés, le poids total est relevé puis un échantillonnage aléatoire (lot de 50 individus environ) est réalisé afin d'estimer le nombre total d'individus capturés. Le poids de l'échantillon est déterminé et chaque individu est mesuré après anesthésie.

✓ Civelles

Si le nombre total est inférieur à 100 individus, les civelles sont dénombrées et pesées. Si le nombre total est supérieur à 100 individus, une pesée globale des individus est réalisée. Un échantillonnage aléatoire (50 individus environ) est effectué afin de définir le poids moyen d'un individu et estimer le nombre total de civelles capturées.

Les anguilles (ainsi que les civelles) sont relâchées en amont de l'ouvrage, dans le canal d'Arles à Bouc. Le lieu de lâcher est suffisamment éloigné de l'ouvrage pour éviter que des individus perturbés par la capture ne dévalent jusqu'à l'ouvrage (canal d'Arles à Bouc, à la hauteur de la mise à l'eau située à l'amont immédiat de la connexion avec l'étang du Landre).

2-1-2/ Analyses des civelles en laboratoire

Chaque semaine, un échantillon de 50 civelles environ est prélevé pour analyse biométrique (taille, poids) et détermination des stades pigmentaires.

Le passage du stade civelle au stade « anguilette » s'accompagne de changements physiologiques et morphologiques qu'il est possible d'identifier par l'évolution des stades pigmentaires (fig.16). On dénombre 7 stades pigmentaires V_A , V_B , VI_{A0} , VI_{A1} , VI_{A2} , VI_{A3} et VI_{A4} , qui représentent tout un *continuum*, parfois difficile à appréhender, mais qui permet de déterminer approximativement l'âge des civelles : des civelles V_A sont des civelles jeunes et des civelles VI_{A3} ou VI_{A4} sont plus vieilles, au-delà on parle d'anguillettes.

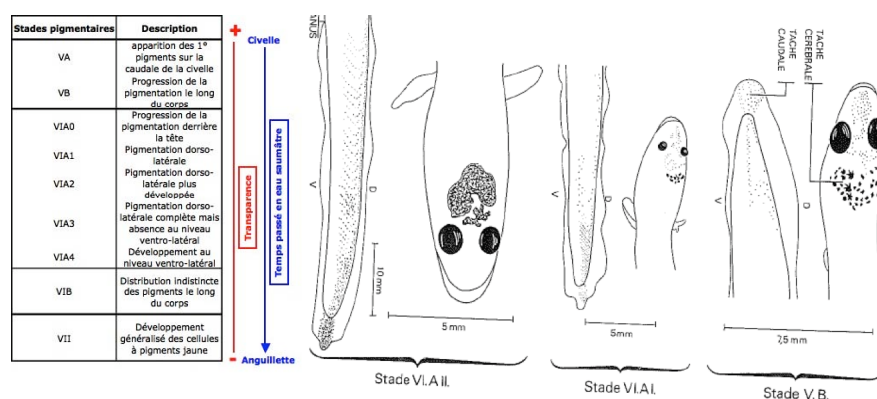


Figure 16 : détermination des stades pigmentaires des civelles (Briand et al., 2004 ; Finiger, 1976)

Pour simplifier l'analyse des stades, les stades supérieurs à 6_{A0} ont été regroupés. Ils correspondent ainsi aux civelles arrivées depuis un certain temps.

2-1-3/ Autres analyses

Par ailleurs, sur la durée totale du suivi, 100 individus ont été conservés pour prélèvement et lecture d'otolithes, afin de déterminer le temps de stabulation dans le canal avant de franchir l'ouvrage. Ces individus ont également fait l'objet d'une analyse d'*Anguillicola crassus*.

Enfin, un lot de 10 anguillettes a été prélevé et envoyé à l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA, Unité Pathologie Virale des Poissons) pour analyse de la présence du virus EVEX.

2-1-4/ Paramètres du milieu

Le suivi des paramètres du milieu doit permettre d'apporter des éléments sur le déterminisme de la migration. En particulier, la température de l'eau étant un facteur influençant la migration des anguilles, ce paramètre est relevé lors de chaque visite de la passe-piège (température à l'aval immédiat du barrage anti-sel).

À chaque relève, un échantillon d'eau est aussi prélevé en aval immédiat de l'ouvrage afin d'en mesurer la salinité et de la corrélérer aux remontées de civelles et d'anguilles.

2-2/ Pêches du canal

Afin d'évaluer sur le long terme l'efficacité de la passe piège pour la recolonisation des zones amont par l'Anguille, l'état initial de la densité d'anguilles dans le canal Arles à Bouc a été réalisé par des pêches au filet (fig.17) du 12 au 17 novembre 2007 par un pêcheur professionnel de l'Association des Pêcheurs Rhône aval Méditerranée assisté au quotidien par un technicien de l'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. Cinq engins de pêche de maille 6 mm et cinq de maille 10 mm ont été calés dans le canal et relevés une fois par jour (engins décrits en annexes 3 et 4).



Au cours de la campagne 2007/2008, le même protocole de pêches a été utilisé (du 1^{er} au 5 octobre 2008).

Figure 17 : pêches au filet sur le canal d'Arles à Bouc (MRM)

Étant donné le faible nombre de captures obtenu lors de ces deux campagnes de pêches (état initial + campagne 2007/2008), il a été décidé pour la campagne de pêche 2009/2010 d'augmenter l'effort de pêche en apportant deux modifications du protocole initial :

- **Diminution du nombre de stations** mais augmentation de la surface échantillonnée : 10 stations ont été pêchées lors des deux premières campagnes à raison d'un piège par station. La surface par verveux était donc limitée. Le nombre de stations a donc été diminué à 8 avec deux engins par station (un de maille de 6 mm et un de maille de 10 mm).

- **Utilisation uniquement des verveux à aile simple** (ou cerf-volant). Ces engins sont plus rapides à manipuler que des verveux à ailes doubles. Ainsi tout en augmentant le nombre d'engins de pêche, on conserve le même temps de manipulation. Les mailles ont été choisies afin de capturer de petits individus et des individus de taille moyenne à grande.

Les huit stations ont été réparties sur le canal d'Arles à Bouc, sur les 8,5 km séparant le barrage antisel (lieu de lâcher des civelles et anguillettes) et la passe piège des Marais du Vigueirat, soit environ une station tous les kilomètres (tab.1, fig.18).

Ainsi, les pêches se sont déroulées du 12 au 17 octobre 2009.

Tableau 1 : localisation des stations d'échantillonnage

* verveux n° pairs = maille 6 mm verveux n° impairs = maille 10 mm

Station	Verveux *	Coordonnées		Rive
		N	E	
S1	V1V2	43° 28' 34"	4° 49' 12"	droite
S2	V3V4	43° 29' 00"	4° 48' 41"	gauche
S3	V5V6	43° 29' 27"	4° 48' 07"	droite
S4	V7V8	43° 29' 56"	4° 47' 31"	gauche
S5	V9V10	43° 30' 23"	4° 46' 57"	droite
S6	V11V12	43° 30' 50"	4° 46' 25"	gauche
S7	V13V14	43° 31' 18"	4° 45' 50"	droite
S8	V15V16	43° 31' 45"	4° 45' 17"	gauche

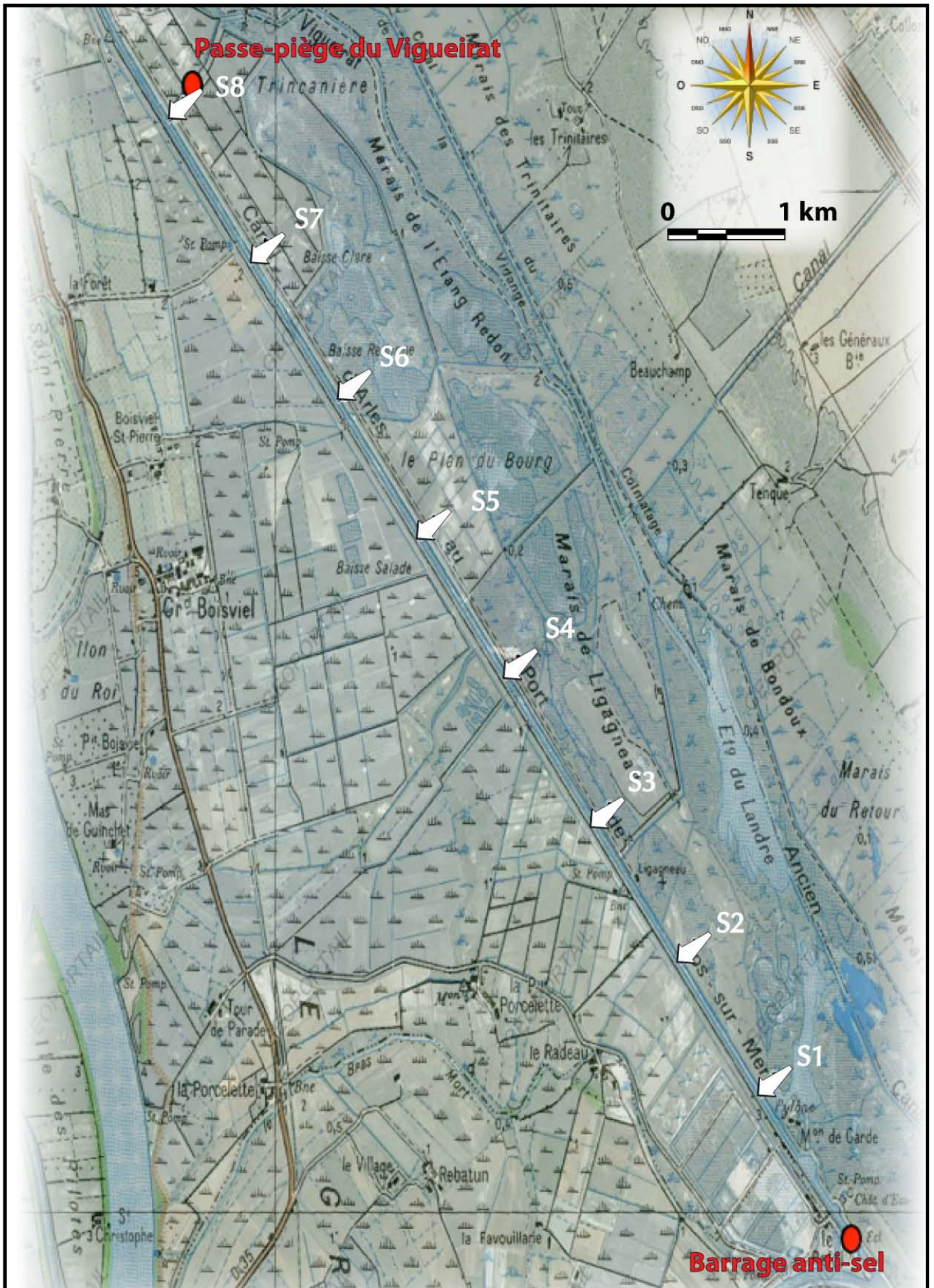


Figure 18 : localisation des verveux sur le canal d'Arles à Bouc (géoportail)

Pour chaque verveux, les anguilles capturées sont dénombrées et mesurées séparément afin de déterminer la capture par unité d'effort (CPUE). Toutes les anguilles capturées sont disséquées afin de déterminer leur sexe, l'état de leur vessie natatoire, la présence ou l'absence du parasite *Anguillicola crassus* ainsi que leur degré d'argenture. Ce dernier est estimé *via* la mesure de la taille des yeux, de la nageoire pectorale, de la taille totale et du poids des anguilles pêchées (fig.19) (Pankhurst, 1982 ; EELREP, 2005). Les catégories de cet indice sont les suivantes :

- I caractérise des anguillettes jaunes non différenciées
- FII caractérise des anguilles jaunes femelles résidentes
- FIII caractérise des anguilles jaunes femelles pré-migrantes
- FIV caractérise des anguilles argentées femelles montrant leurs premières vellétés de migration (grossissement des yeux et des pectorales...)
- FV caractérise des anguilles argentées femelles migrantes
- MII caractérise des anguilles argentées mâles migrantes



Figure 19 : mesures du diamètre de l'œil et de la nageoire pectorale

3/ Résultats et interprétations

Cette étude se déroule dans un environnement très anthropisé et très différent des milieux tels que les lagunes et les cours d'eau côtiers où l'on trouve habituellement de l'anguille, ce qui pourra rendre notre compréhension de sa dynamique et de son comportement plus difficile.

3-1/ Suivi de la passe piège

La campagne 2007/2008 s'est terminée le 31 octobre 2008.

Pour des raisons administratives, la reconduction du marché du suivi de la passe piège a pris du retard et la campagne de suivi 2009/2010 n'a débuté que le 29 avril 2009.

Néanmoins, afin de perdre un minimum de données, l'association MRM a continué le suivi de la campagne 2007/2008 pour le mois de novembre et la moitié du mois de décembre (6 visites). Les résultats sont intégrés aux tableaux 2 et 3 à titre informatif.

À partir du mois de décembre, le piégeage a été interrompu, mais afin de garantir la remontée des civelles au barrage anti-sel durant la période hivernale (période propice à la migration), la passe a toutefois fonctionné en mode automatique.

Ainsi, au cours de la campagne 2009/2010, la passe-piège est restée active du 29 avril jusqu'au 28 octobre 2009, date à laquelle, en raison de l'altération (par la rouille) du verrou de la porte protégeant le bac de capture, le suivi a dû être interrompu jusqu'au 16 décembre. La dernière relève prise en compte pour l'exploitation des résultats de la campagne 2009/2010 est celle du 31 mars 2010 (tab.3). Ainsi, la période de l'année qui est commune aux deux campagnes de suivi est janvier à Octobre (tab.2).

Tableau 2 : périodes de suivi (en jaune) effectif de la passe piège durant les deux campagnes

	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
campagne 2007												
2007/2008												
2008												
campagne 2009												
2009/2010												
2010												

Aux mois de novembre et décembre 2008, 18 et 1 anguilles ont été capturées respectivement. Du 29 avril 2009 au 31 mars 2010 (hormis la période de dysfonctionnement de la pompe : 28 octobre au 16 décembre), la passe a été relevée 40 fois, soit en moyenne une fois par semaine. Lors de cette période, 353 anguilles ont été capturées ainsi que 15 753 civelles (tab.3, tab.4). 591 civelles ont été analysées en laboratoire pour la détermination des stades pigmentaires.

Tableau 3 : données brutes de captures à la passe-piège (campagne 2009-2010)

Date	Compteur horaire	Anguilles		Civelles		T° aval barrage (°C)	Salinité (ppt)	
		Nb	Pds (g)	Nb	Pds (g)			
4/11/08	8969	10	19,8	0		13,6		
12/11/08	9135	1		0		13,2		
19/11/08	9308	2	24,9	0				
26/11/08	9469	5	149,2	0		6,1		
3/12/08	9554	0		0				
15/12/08	9615	1		0				
29/04/09	11062	OUVERTURE PASSE					15,1	0,2
6/05/09	11230	6	64,4			17,2	5,4	
13/05/09	11398	14	155,4			18,7	2,6	
27/05/09	11734	21	100	12	2,5	20	0,1	
4/06/09	11930	22	200	9	1,8	22,2	7,5	
10/06/09	12069	16	61,1	67	13	22	0,5	
17/06/09	12242	32	80	125			6,7	
24/06/09	12402	16		54	9,4		10,7	
1/07/09	12573	29	65,1	18	2,1		NC	
8/07/09	12743	6		60		25,2	1,2	
20/07/09	13033	37	13,3	100	29,6	24,4	7,1	
29/07/09	13343	58	57,3	58		23,8	NC	
6/08/09	13433	4		21	4,4	23,3	10	
12/08/09	13578	5		75		23,5	8,1	
19/08/09	13745	21		65		25,3	10,2	
26/08/09	13913	10 (mortalité)		0		24,8	1,7	
1/09/09	14058	0		0		23,4	NC	
9/09/09	14249	6		20	4,3	21	9,4	
17/09/09	14441	0		7		18,2	5,8	
23/09/09	14585	2		4		20,5	5,3	
30/09/09	14750	4		9	1,9	19,4	7,9	
7/10/09	14918	8		13	3,8	20,1	4,9	
15/10/09	15112	0		4		11,5	6,3	
21/10/09	15254	0		0				
28/10/09		ARRÊT POMPE						
16/12/09	15572	0		0				
23/12/09	15740	0		2		6,5	4,4	
6/01/10	16052	0		0		6,5		
13/01/10	16112	0		0		6,5	0,55	
20/01/10	16112	0		0				
27/01/10	16250	0		0		5,3	0,6	
3/02/10	16418	0		0		5,8	12,5	
10/02/10	16589	1		0		6,2	0,5	
17/02/10	16759	0		0		6,5	9,2	
23/02/10	16902	2		0		10,4	1,8	
2/03/10	17073	10	240	0		12	0,5	
11/03/10	17286	6	72	0			0,5	
16/03/10	17407	0		0		10,6	0,6	
23/03/10	17574	3		30		15,5	1	
30/03/10	17742	14		15 000	5000	14,9	2,8	

Tableau 4 : Captures mensuelles d'anguilles à la passe piège du barrage anti-sel

Année	Mois	Anguilles	Civelles	Total
2008	Novembre	18	0	18
	Décembre	1	0	1
2009	Mai	41	12	53
	Juin	86	255	341
	Juillet	130	236	366
	Août	40	161	201
	Septembre	12	40	52
	Octobre	8	17	25
	Novembre	-	-	-
	Décembre	0	2	2
2010	Janvier	0	0	0
	Février	3	0	3
	Mars	33	15 030	15 063
Total (campagne 2009/2010)		353	15 753	16 106

Les résultats obtenus lors de chaque relève ont été regroupés par année (2008 à aujourd'hui, hormis 2007 car aucune civelle et seulement 23 anguilles ont été capturées pendant les deux mois de suivi concernés : novembre et décembre) et sont représentés en figure 20.

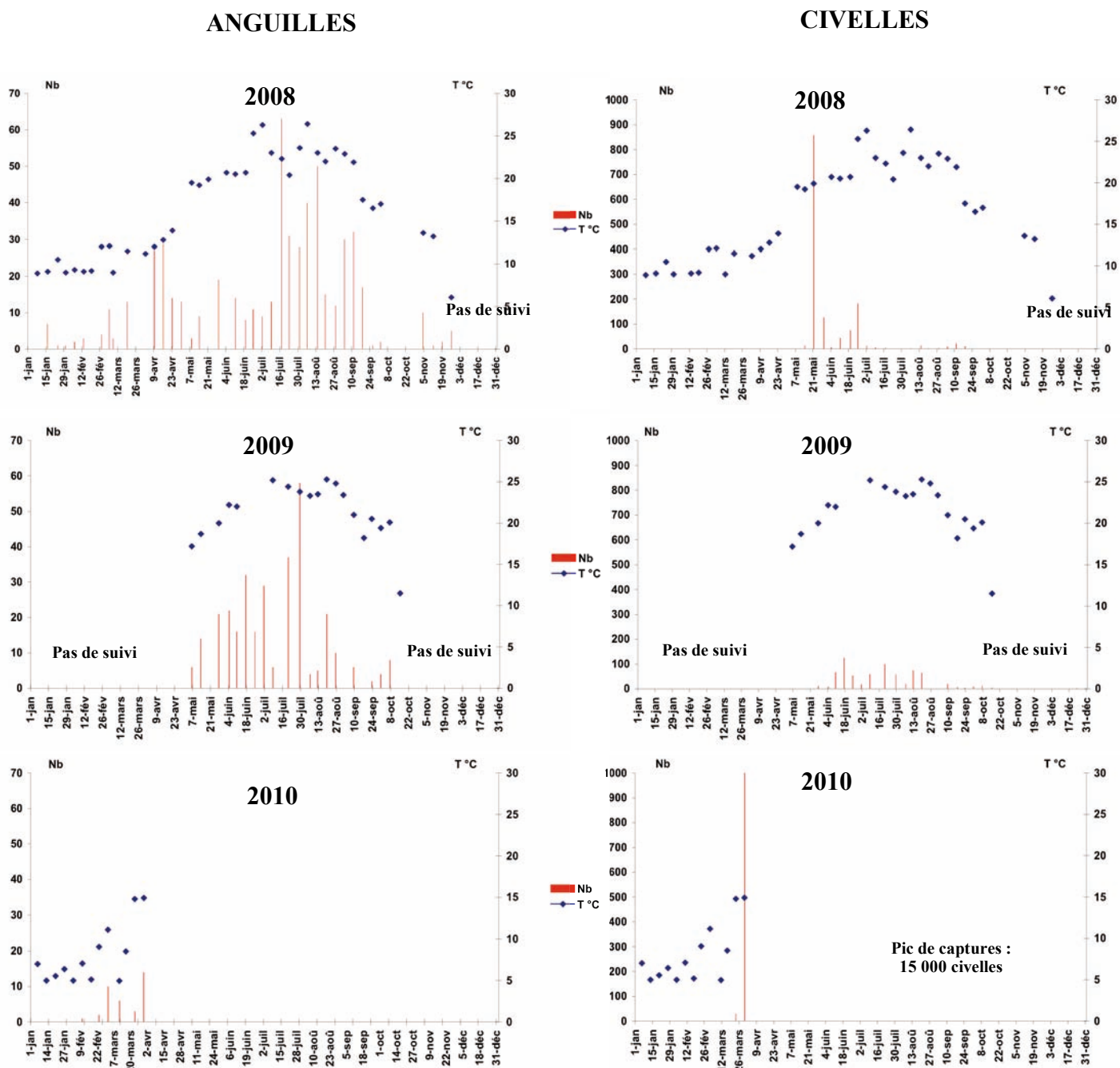


Figure 20 : Captures (d'anguilles et de civelles) à la passe-piège et température de l'eau à l'aval immédiat du barrage anti-sel

3-1-1/ Caractérisation de la migration

✓ Les anguilles

La campagne 2009/2010 a débuté le 29 avril et les premières anguilles ont été capturées lors de la première relève du 6 mai (6 anguilles capturées) (fig.20). Des anguilles ont été capturées dans la passe-piège jusqu'à l'interruption du suivi le 28 octobre et un pic de captures se profile au mois de juillet avec un maximum de 58 anguilles capturées le 29 juillet). Aucune capture n'a été réalisée entre le 16 décembre (remise en fonctionnement de la passe-piège) et le 10 février 2010 (une anguille capturée).

Plusieurs anguilles ont été décomptées au cours des relèves suivantes et ce jusqu'à la fin de la campagne (31 mars 2010). Ainsi, il est remonté 353 anguilles au cours de la campagne 2009/2010 (du 29 avril 2009 au 31 mars 2010).

Bien que le nombre total d'anguilles capturées soit supérieur pour la campagne 2007/2008 (562 anguilles dénombrées, mois de novembre et décembre inclus), les flux migratoires (nombre d'anguilles décomptées lors de chaque relève) sont du même ordre de grandeur (fig.20). La différence observée est vraisemblablement due à l'interruption du dispositif de franchissement pendant une grande partie du suivi 2009/2010.

La comparaison de la migration annuelle des anguilles (année 2008 à 2010, fig.20) montre qu'un pic de capture est présent au mois de juillet en 2009 comme en 2008 et que très peu d'individus remontent entre le mois de janvier et le mois d'avril (années 2008 et 2010).

Sur les passes-pièges installées à l'usine écluse de Beaucaire-Vallabrègues sur le Rhône, le début de la migration a lieu au mois d'avril et des pics mensuels de captures ont également été observés entre juillet et août (Campton *et al.*, 2009). Cela-dit, les quantités sont beaucoup moins importantes sur le barrage anti-sel. Le débit du Rhône (à son embouchure) qui sert d'appel en mer pour les civelles, est beaucoup plus important que celui exercé par les darses de Fos-sur-Mer. Il s'agit d'une des explications probables de ce constat. De plus, une partie des anguilles (ou civelles) se présentant au niveau du barrage anti-sel ont aussi la possibilité d'emprunter le canal de Rhône à Fos (fig.13) et de retourner vers le Rhône.

À l'usine écluse de Beaucaire-Vallabrègues, les variations du nombre de captures sont dépendantes, entre autres, des facteurs environnementaux que sont la température et le débit du Rhône. On peut donc penser que la gestion des vannes du barrage (ouverture/fermeture) a des conséquences sur l'activité migratoire des anguilles.

Concernant la température de l'eau, les pics de captures d'anguilles aux mois de juillet (2009 et 2008) ont eu lieu alors qu'elle était comprise entre 20 et 25°C. Une corrélation significative entre les captures d'anguilles et la température a été mise en évidence pour l'année 2008 (Campton *et al.*, 2009). Cependant, l'absence de données entre janvier et mai ne permet pas de réaliser le même type d'analyse statistique. Très peu d'anguilles ont été capturées lorsque la température était inférieure à 15°C (mois de janvier à avril de l'année 2008 et 2010). L'approche descriptive du graphique (fig.20) tend toutefois à montrer que l'augmentation des captures correspond à la hausse des températures de l'eau.

L'évolution de la salinité à l'aval du barrage anti-sel a été suivie grâce à des prélèvements d'eau réguliers au pied du barrage. Les résultats ont été analysés au même titre que l'évolution de la température (fig.21)

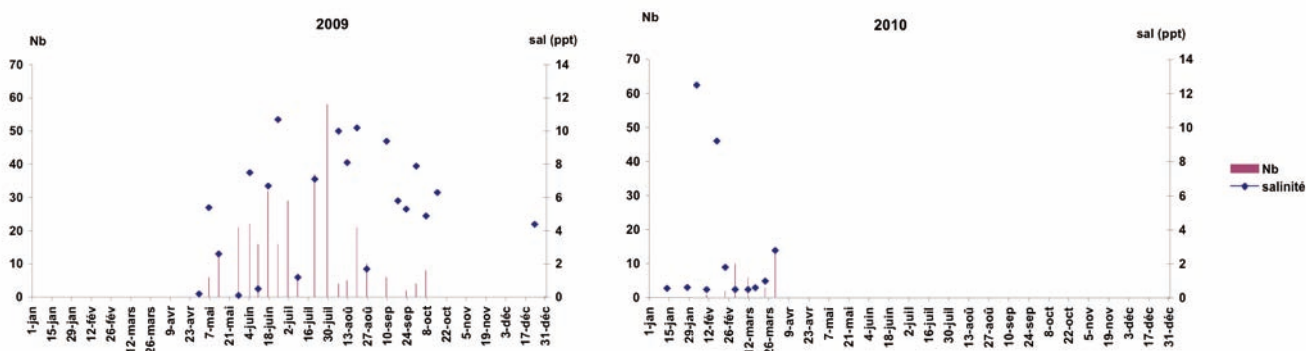


Figure 21 : Captures d'anguilles à la passe-piège et salinité de l'eau à l'aval immédiat du barrage anti-sel

La salinité a été très variable en 2009 et en 2010, principalement en raison de l'ouverture/fermeture des vannes du barrage anti-sel. L'évolution des captures ne semble pas être influencée par celle de la salinité. Dans tous les cas, plusieurs années de suivi sont indispensables afin d'identifier avec robustesse les facteurs régissant le déterminisme de la migration des anguilles au barrage anti-sel de Fos sur Mer.

✓ Les civelles

Les premières civelles ont été capturées lors de la relève du 27 mai 2009. Des captures régulières (quasiment à chaque relève de la passe-piège) ont été observées jusqu'au mois d'octobre (arrêt du fonctionnement de la passe) avec un maximum de civelles capturées lors de la relève du 17 juin 2009 (125 individus capturés). Aucune capture n'a été réalisée entre la remise en marche du dispositif (16 décembre 2009) et le 23 mars. La dernière relève de la campagne 2009/2010 a permis la capture de 15 000 civelles environ. (5 kg). Ainsi, en une relève, il a été capturé environ 7 fois plus de civelles que depuis la mise en place du dispositif en 2007.

Au total, ce sont 15 753 civelles qui sont remontées au cours de la campagne 2009/2010.

Le déroulement de la migration des civelles est semblable entre les années 2008 et 2009. Les captures s'étalent du mois de mai jusqu'au mois d'octobre. Cependant, en 2009, il n'apparaît pas de pic comme c'est le cas en 2008 (fig.20). En 2010, un pic très important est présent à la fin du mois de mars. Ce pic n'apparaît pas en 2008 alors que l'eau était dans la même gamme de température. Il est possible que ce pic exceptionnel de captures (captures très favorables pour la restauration de l'Anguille en amont du barrage anti-sel) soit la conséquence des pluies abondantes enregistrées en mars 2010 et qui ont dû créer un appel important en mer, attirant les civelles dans la darse puis dans le canal. Ce pic de capture correspond aussi à l'augmentation des températures de l'eau suite à un hiver qui a duré particulièrement longtemps cette année.

Sur la passe-piège située au grau de la Fourcade aux Saintes Maries de la Mer, il a été observé les deux dernières années de suivi (2009 et 2010) que la majorité des civelles capturées remontaient au mois de mars (Crivelli *et al.*, 2009 ; Crivelli *et al.*, à paraître). Les résultats observés sur le canal d'Arles à Bouc sont donc en accord avec ces dernières observations (pic de capture le 30 mars 2010). Néanmoins, les températures optimales pour la migration des civelles à la Fourcade sont comprises entre 6 et 10°C (Crivelli *et al.*, 2007). La majorité des captures ici s'est effectuée pour des températures supérieures à 15°C.

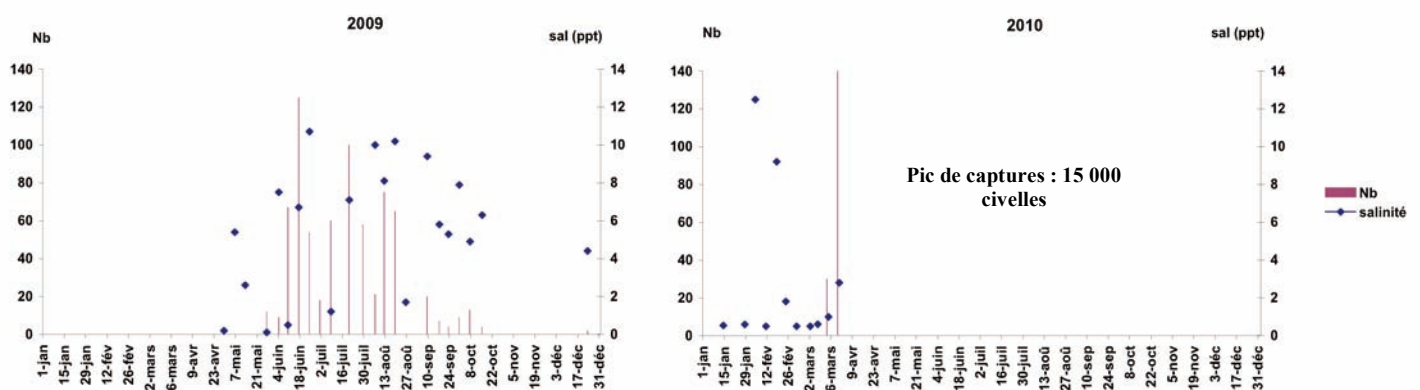


Figure 22 : Captures d'anguilles à la passe-piège et salinité de l'eau à l'aval immédiat du barrage anti-sel

Au même titre que pour les anguilles, les captures de civelles ont été confrontées à l'évolution de la salinité de l'eau à l'aval du barrage anti-sel et les résultats ne montrent pas de corrélation (fig.22).

Ainsi, seul un suivi sur plusieurs années permettra de mieux comprendre la dynamique de colonisation du canal par l'Anguille.

3-1-2/ Caractérisation des individus

✓ Les anguilles

Les anguilles échantillonnées lors des relèves de la passe-piège ont été mesurées (334 individus échantillonnés au cours de la campagne 2009/2010). La distribution en taille de l'ensemble des échantillons est présentée en figure 23.

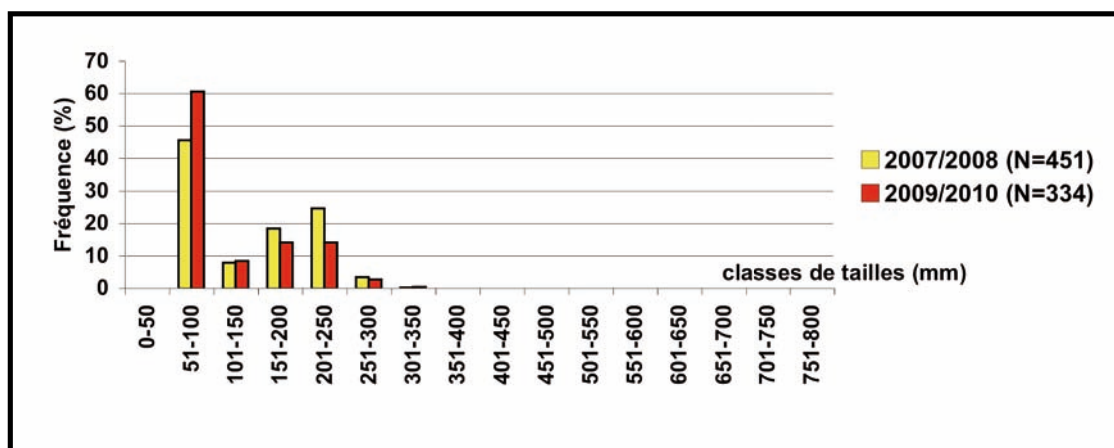


Figure 23 : distribution de longueur des anguilles échantillonnées (N = 785) à la passe piège du barrage anti-sel

Les anguilles capturées dans la passe sont essentiellement des anguillettes d'une taille inférieure à 250 mm (> 96 %). La classe dominante est 51-100 mm (46 % des individus échantillonnés en 2007/2008, 60,5 % en 2009/2010), ce qui correspond à de petits individus. Toutes les classes de taille sont représentées entre 50 et 350 mm. Au-delà, aucun individu n'a été capturé.

La distribution en taille des anguilles capturées à la passe piège lors de la campagne 2007/2008 est similaire à celle des anguilles échantillonnées au cours de la campagne 2009/2010. En effet, la majorité des individus sont de petite taille. Cette observation s'explique essentiellement par la faible distance à la mer du barrage.

On remarque également l'absence d'individus de taille supérieure à 350 mm en 2007/2008. Faut-il en déduire que les anguilles plus grandes arrivent à franchir l'obstacle du barrage anti-sel, ce que ne peuvent faire les plus petites ? Les plus grandes se sont sédentarisées à l'aval de l'ouvrage et ne cherchent pas à coloniser l'amont ? Ou au contraire, aucun individu ne se sédentarise à l'aval et les grandes anguilles y sont absentes ? À nouveau, plusieurs années de captures sont indispensables afin de mieux comprendre leur comportement dans ce contexte particulier.

Les tailles moyennes des anguilles ont été comparées mensuellement au cours des deux campagnes de suivi. Les mois de janvier/février d'une part puis septembre/octobre d'autre part, ont été regroupés en raison du faible nombre d'individus capturés (tab.5, fig.24).

Tableau 5 : tailles moyennes mensuelles des anguilles de la passe-piège échantillonnées lors des deux campagnes de suivi

		janvier/février	Mars	avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept/Oct	Total
2007/2008	Taille moyenne (mm)	206,5	209,4	209,0	170,1	172,6	115,2	77,3	104,1	60,8
	±	53,1	36,8	33,6	54,5	33,2	61,6	27,0	57,3	4,7
	N	21	27	83	31	33	88	98	70	451
2009/2010	Taille moyenne (mm)		202,4		170,4	134,5	84,5	75,3	85,9	62,2
	±		50,5		61,2	59,6	42,0	9,9	11,6	3,0
	N		33		41	85	134	23	18	334

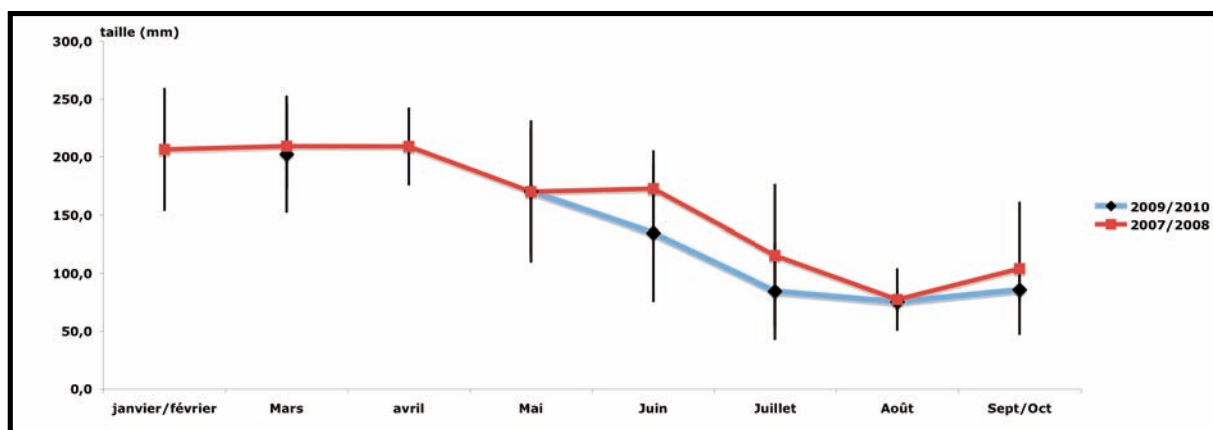


Figure 24 : évolution des tailles moyennes mensuelles des anguilles de la passe-piège échantillonnées lors des deux campagnes de suivi

Bien que la variabilité des tailles soit importante pour un mois donné, la figure 24 tend à montrer que les tailles moyennes diminuent entre les premiers mois de l'année (206,5 mm en janvier/février 2008, 202,4 mm en mars 2010) et les derniers mois (104,1 mm en septembre/octobre 2008, 85,9 mm en 2009). Les mêmes observations ont été faites sur les passes-pièges de Beaucaire/Vallabrègues (Campton et al., 2009), mais sur les deux sites d'étude, plusieurs années de suivi sont nécessaires pour confirmer cette tendance.

Tableau 6 : fréquence d'âge des anguilles échantillonnées au cours des deux campagnes de suivi

	Age	0	1	2	3	4	5
2007/2008	Nb	44	59	34	6	0	1
	%	30,6	41,0	23,6	4,2	0,0	0,7
2009/2010	Nb	49	34	20	0	0	0
	%	47,6	33,0	19,4	0,0	0,0	0,0

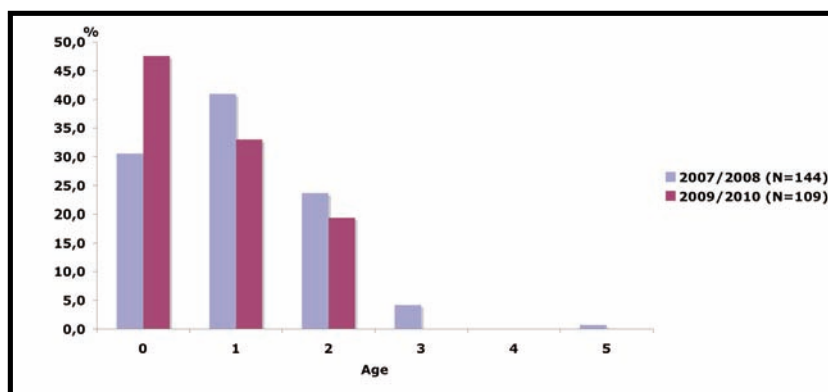


Figure 25 : distribution en âge des anguilles échantillonnées au cours des deux campagnes de suivi

La majorité des anguilles (> 97% des individus) qui ont été échantillonnées pour lecture d'âge tout au long des deux campagnes de suivi ont moins de 3 ans (tab.6, fig.25). Ce qui montre que les anguilles présentes en aval du barrage anti-sel effectuent leur migration anadrome dès leur plus jeune âge.

✓ **Les civelles**

Les civelles échantillonnées pour l'analyse des stades pigmentaires ont été mesurées en laboratoire. Leur distribution de taille est présentée dans la figure 26.

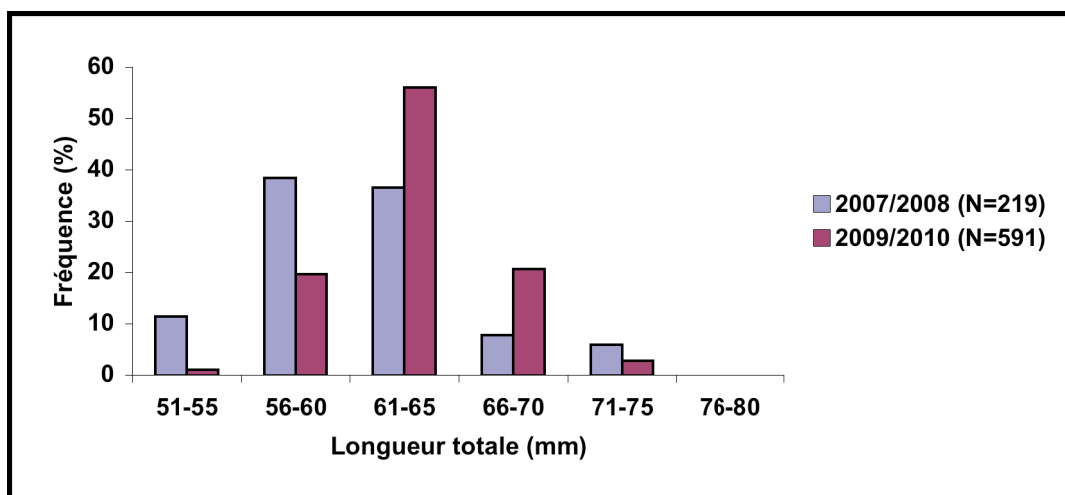


Figure 26 : distribution de taille des civelles analysées en laboratoire (N = 810)

La classe la plus abondante couvre une gamme de taille allant de 61 à 65 mm pour les civelles échantillonnées lors de la campagne 2009/2010. Celles mesurées lors de la campagne précédente avaient essentiellement une taille comprise entre 56 et 65 mm.

Au même titre que les anguilles, les tailles moyennes mensuelles des civelles ont été comparées de manière mensuelle (fig.27, tab.7).

Tableau 7 : tailles moyennes mensuelles des civelles capturées au barrage anti-sel au cours des deux campagnes de suivi

		mars	avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept-Oct	Total
2007/2008	Taille moyenne (mm)			58,5			63,7	66,9	60,8
	±			3,0			2,0	3,9	4,7
	N			149			21	49	219
2009/2010	Taille moyenne (mm)	66,0		60,8	62,6	61,9	64,5	66,4	62,2
	±	3,5		2,2	3,2	2,8	2,8	3,1	3,0
	N	80,0		13	171	160	124	43	591

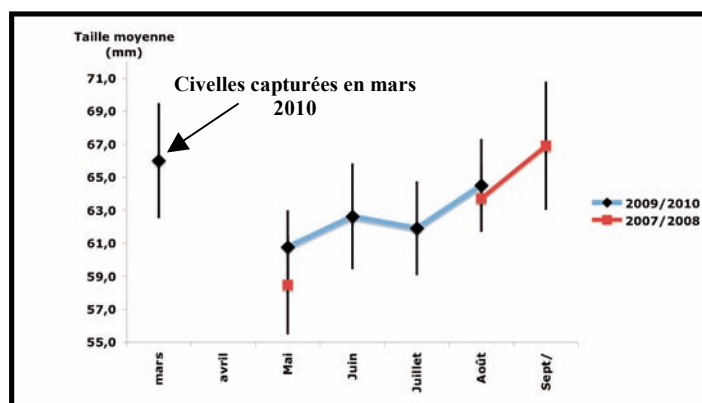


Figure 27 : évolution des tailles moyennes mensuelles des civelles capturées au barrage antisel

Contrairement à la tendance observée pour les anguilles (diminution des tailles moyennes entre les premiers mois de l'année et les derniers), les tailles moyennes mensuelles des civelles tendent à augmenter (respectivement 58,5 mm et 60,8 mm pour les campagnes de suivi 2007/2008 et 2009/2010 au mois de mai ; 66,9 mm et 66,4 mm aux mois de septembre / octobre). Les civelles capturées en août, septembre et octobre sont issues de la même cohorte que les civelles capturées en mai, juin et juillet. Cependant elles ont eu un temps de stabulation à l'aval du barrage plus important et la plupart des individus a eu le temps de s'y développer. Les civelles capturées au mois de mars 2010 sont issues d'une nouvelle cohorte.

La détermination du stade pigmentaire a par ailleurs été réalisée, les résultats sont présentés en figure 28.

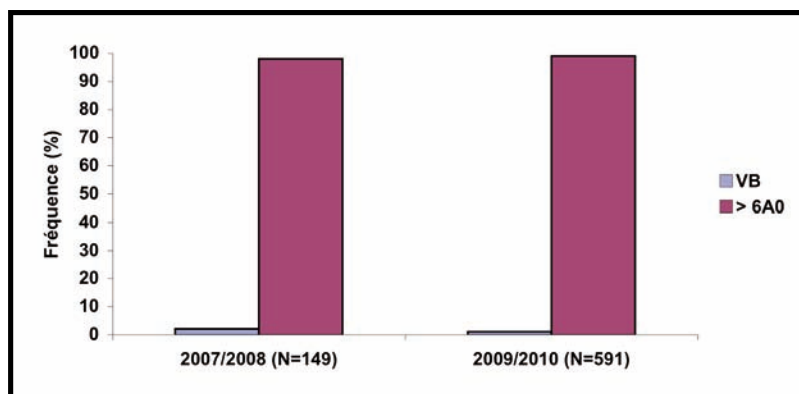


Figure 28 : stades pigmentaires des civelles capturées (N=810) à la passe piège

Le stade VB est peu représenté quelle que soit la campagne de suivi, ce qui montre que peu de civelles capturées à la passe-piège sont récemment arrivées de la mer Méditerranée.

En utilisant l'état d'avancement de la pigmentation comme un indice d'âge (civelles « jeunes » : stades V_A , V_B , civelles « âgées » : stades VI_{A1} , VI_{A2}), Sergent (2001) a déduit sur la figure 29 deux vagues d'arrivées de civelles au grau de la Fourcade en Camargue pour les années 2000-2001. Une première en novembre-décembre (forte proportion de stade V_B) et une seconde à partir du mois d'avril (augmentation de la proportion de stade VI_{A1}).

Par conséquent les civelles capturées au barrage anti-sel lors de cette étude, avec une majorité de civelles au stade supérieur à V_B appartiennent vraisemblablement à la seconde vague d'arrivée printanière de civelles sur les côtes du sud de la France.

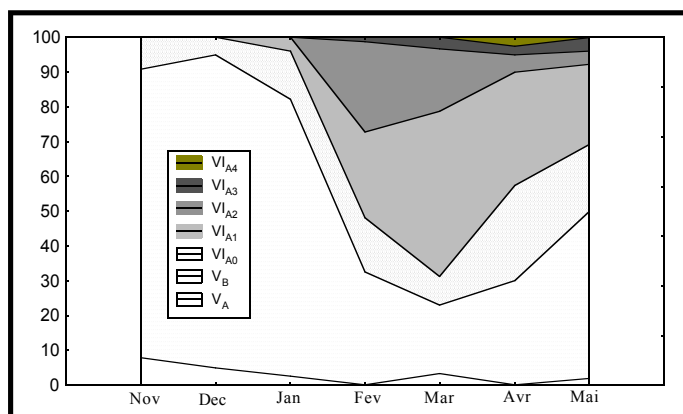
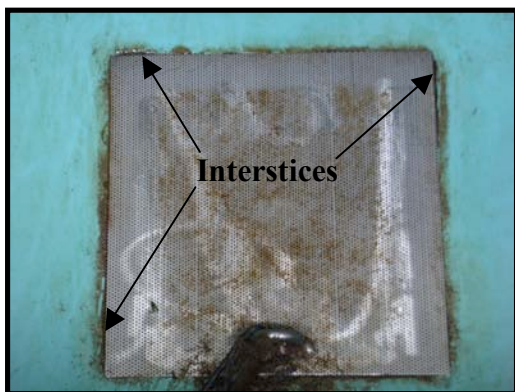


Figure 29 : stades de pigmentation des civelles capturées (%) au grau de la Fourcade en Camargue entre novembre 2000 et mai 2001 (Sergent, 2001)

3-1-3/ Fonctionnement de la passe-piège



Des questions subsistent sur la perméabilité de la grille de fond (pour les civelles notamment), étant donné qu'il existe des interstices entre la paroi du bac de capture et cette grille (fig.30). Ces interstices sont essentiellement dus à la déformation de la grille et les civelles s'y faufilent. Par conséquent, lors de la vidange de la passe piège, celles-ci s'échappent et ne sont pas comptabilisées. Ces individus se retrouvent à l'amont immédiat du barrage anti-sel et sont donc susceptibles de coloniser le canal d'Arles à Bouc.

Figure 30 : grille placée au fond du bac de capture (MRM)

On ignore le taux d'échappement (et donc le biais) que peut engendrer ce problème de fonctionnalité (par ailleurs déjà rencontré par l'Association Migrateurs Rhône Méditerranée sur d'autres suivis de passes pièges), mais il est nécessaire d'y remédier afin de limiter les pertes d'information lors du comptage. La mise en place d'une chaussette rattachée au goulot d'alimentation en eau (point d'arrivée des anguilles) du bac de capture est envisageable et devrait prochainement être testée.

3-2/ Colonisation du canal d'Arles à Bouc

Afin de connaître l'efficacité du fonctionnement de la passe-piège et d'avoir un indicateur de l'évolution de la colonisation du canal d'Arles à Bouc, des pêches scientifiques y sont réalisées chaque année depuis 2007.

Ainsi, en novembre 2007 (pêche d'évaluation de l'état initial du canal), les conditions de pêche étaient moyennement satisfaisantes, considérant que la température de l'eau était de 7,1 °C et la salinité en dessous de 1 g/l NaCl. Généralement, on considère que les anguilles cessent toute migration en dessous de 10°C (Crivelli, 1998), ce qui a probablement réduit les captures pendant la période considérée, les engins de pêche étant des engins passifs (un poisson doit se déplacer pour avoir une chance d'être capturé par le filet).

Début octobre 2008 (campagne 2007/2008), les conditions étaient meilleures (température de l'eau supérieure à 15°C).

Lors des pêches effectuées en octobre 2009 (campagne 2009/2010), les conditions climatiques étaient moyennes en raison d'un important mistral tout le long de la semaine d'échantillonnage (un jour de relève des engins a dû être annulé).

3-2-1/ Données antérieures

Aucune étude n'est disponible sur les poissons du Canal d'Arles à Bouc. Le pêcheur qui possédait un lot de pêche sur ce canal a pêché environ une dizaine d'années et a cessé toute activité entre 2000 et 2001 car la pêche n'était plus rentable. Ce pêcheur explique l'absence de poissons, et plus particulièrement d'anguilles par la présence et la gestion du barrage anti-sel. Étant donné que cet ouvrage a été construit en 1980, et qu'il a été automatisé en 1996, il est possible que de 1980 à 1996, le barrage et sa gestion permettaient un certain passage d'anguilles (dans des conditions particulières). Suite à son automatisation, il semblerait que le barrage soit devenu plus difficile à franchir pour les anguilles, ce qui aurait provoqué l'abandon de la pêche quelques années après 1996. D'autres facteurs peuvent évidemment être à l'origine de la diminution des captures d'anguilles, mais il est difficile de les identifier et d'évaluer leur part respective en l'absence de données antérieures et fiables sur ce canal.

3-2-2/ Captures par unité d'effort (CPUE)

Le nombre d'anguilles capturées par unité de temps et par engin lors des pêches scientifiques ou captures par unité d'effort (CPUE) est présenté en figure 31. Les CPUE sont utilisées comme une estimation de l'abondance relative des anguilles dans le canal. Si celui-ci avait pu être vidé ou si la pêche électrique était applicable, nous aurions obtenu l'abondance réelle d'anguilles en nombre par unité de surface, par exemple 25 anguilles pour 100 m². Comme de telles méthodes ne sont pas applicables dans un canal comme Arles à Bouc (le dimensionnement et certaines profondeurs l'empêchant), les méthodes d'estimation d'abondance relative ont été utilisées. Le nombre d'anguilles capturées n'est donc pas ramené à une surface échantillonnée, mais à un effort de pêche standard.

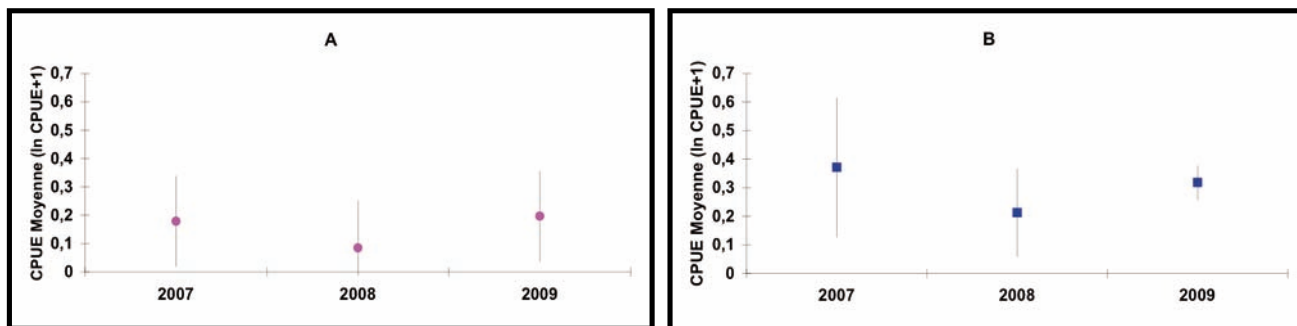


Figure 31 : CPUE moyennes d'anguilles par engin (A : 6 mm ; B : 10 mm) dans le canal d'Arles à Fos (Pêches 2007, 2008 et 2009)

En 2007, 23 anguilles ont été capturées pendant les cinq jours de pêche et seulement 11 anguilles ont été capturées en 2008. En 2009, 35 anguilles ont été capturées sachant que l'effort de pêche a augmenté.

Ainsi, en 2007, un verveux de 6 mm capturerait en moyenne une anguille tous les 3 jours. En 2008, il capturerait en moyenne une anguille tous les 8 jours. En 2009, il capturerait une anguille tous les 3 jours environ. Un verveux de 10 mm capturerait en moyenne en 2007 une anguille tous les jours. 3 jours de pêche étaient nécessaires en 2008. En 2009, une anguille était capturée en 2 jours de pêche environ.

Les CPUE des engins sont similaires entre les années 2007 et 2009 aussi bien pour les verveux avec une taille de maille de 10 mm (test F2,11 ; pvalue = 0,385 non significatif) que pour les verveux avec une taille de maille de 6 mm (test F2,11 ; pvalue = 0,634 non significatif).

3-2-3/ Caractérisation de la population du canal

✓ Structure en taille des anguilles pêchées

La distribution de longueur des anguilles capturées lors des pêches est présentée dans la figure 32.

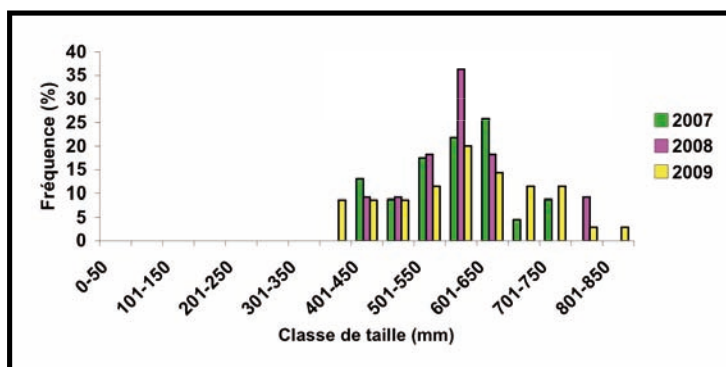


Figure 32 : distribution de longueur des anguilles capturées dans le canal d'Arles à Bouc en 2007, 2008 et 2009

On remarque immédiatement l'absence totale d'anguilles en dessous de 400 mm aussi bien en 2007 qu'en 2008 et 2009. Le sex-ratio était de 91% en 2007 et de 100% de femelles en 2008. Parmi les anguilles sexuellement différenciées, 100% étaient des femelles en 2009. Pour comparaison, Dupont en 1984 (*in* Crivelli, 1998) mentionnait des sex-ratios au canal de drainage du Fumemorte de 80% environ de femelles, résultat similaire aux résultats du canal d'Arles à Bouc. Le déterminisme du sexe des anguilles est susceptible d'être influencé par beaucoup de facteurs environnementaux (productivité du milieu, distance à la mer...) après la colonisation du milieu (Crivelli, 1998).

La distribution de longueur des anguilles capturées lors des pêches est décalée par rapport à celle des anguilles capturées dans la passe. Il faut cependant tempérer cette différence, car contrairement à la passe piège, les filets utilisés dans le canal ont une certaine sélectivité (fig.33) : cela signifie que les verveux de 6 mm ne capturent pas efficacement (proportionnellement à ce qui est réellement disponible dans le milieu) les anguilles en dessous de la classe 150 mm. De même, les verveux de 10 mm ne capturent pas efficacement les anguilles en dessous de 220 mm.

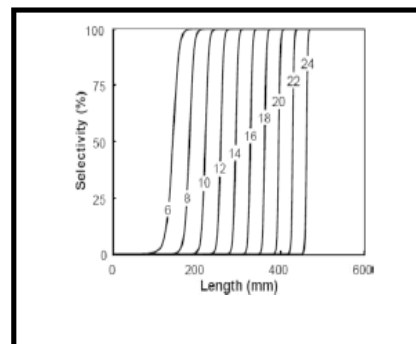


Figure 33 : sélectivité des verveux selon la taille de maille utilisée (Bevacqua et al. 2007)

L'absence d'anguillettes dans les captures par pêches ne signifie donc pas qu'elles ne sont absentes du milieu. Cependant, ce résultat laisse supposer que leur densité dans le canal est faible car si beaucoup d'individus avaient été présents, quelques captures auraient été réalisées malgré cette sélectivité des filets. Le faible nombre d'anguillettes capturées à la passe et relâchées en amont du barrage anti-sel n'apparaît donc pas du tout dans les résultats des pêches 2008 et 2009. Celles-ci se sont sûrement dispersées, voire ont poursuivi leur route vers l'amont.

La probabilité d'en capturer en octobre 2008 et 2009 était en effet extrêmement faible. Il faut donc espérer que dans les années à venir, les captures à la passe seront plus importantes afin que la restauration de la population d'anguilles du canal Arles à Bouc soit plus conséquente.

✓ *Acquisition de l'argenture*

En 2007, 2008 et 2009, respectivement 38.7%, 9% et 23% des anguilles capturées étaient des argentées migrantes (fig.34) ce qui n'est guère surprenant en automne, période privilégiée pour la migration des géniteurs de cette espèce. Les conditions environnementales influent sur cette migration de dévalaison vers la mer. Ainsi, la différence de proportion d'argentées entre 2007, 2009 et 2008 peut s'expliquer par les températures de l'eau et les débits du canal qu'il y a eu les jours précédant les pêches car à cette période, les individus dévalant profitent des l'augmentations du débit des cours d'eau pour rejoindre la mer.

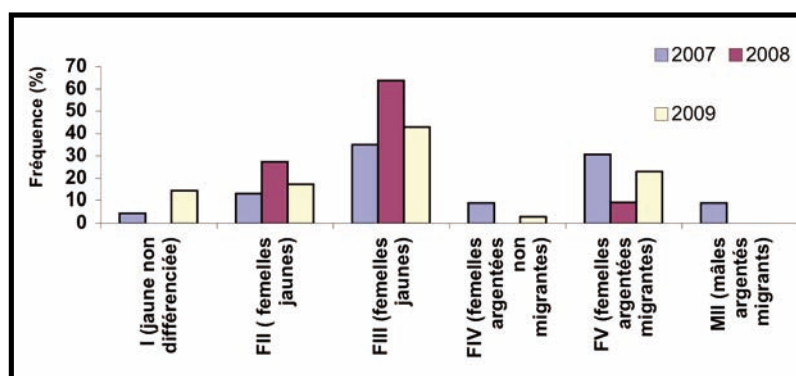


Figure 34 : indice d'argenture des anguilles capturées dans le canal d'Arles à Bouc (EELREP, 2005)

✓ *État sanitaire*

Les résultats des investigations sur le parasite *Anguillicola crassus* sont présentés dans le tableau 8.

Tableau 8 : situation d'*anguillicola crassus* dans le canal d'Arles à Bouc en amont du barrage anti-sel

	2007 (N = 23)	2008 (N = 11)	2009 (N = 35)
Prévalence	69,6 %	100 %	65,8%
Abondance	2,48 ±3,08*	4,36 ± 4,16	2,60 ± 4,31
Intensité	3,56 ± 3,12	4,36 ± 4,16	3,96 ± 4,79
SDI	2,04 ± 0,91	2,63 ± 1,07	2,03 ± 1,06

*moyenne ± écart-type

La **prévalence** est la proportion d'anguilles infectées dans l'échantillon. L'**abondance** est le nombre moyen de parasites observés dans la vessie natatoire pour toutes les anguilles examinées (infectées ou pas). L'**intensité** est le nombre moyen de parasites observés dans la vessie natatoire par anguille infectée. Le **SDI** est l'indice de dégénération de la vessie natatoire. Il est basé sur les altérations macroscopiques de la vessie (fig.35). Il varie de 0 (vessie en bon état) à 6 (vessie totalement dégradée, sans lumen et qui n'est plus fonctionnelle). Il cumule trois critères qui peuvent prendre la valeur de 0 à 2 : (1) le niveau de transparence de la vessie; (2) la présence de pigmentation et de débris au lieu de gaz ; (3) l'épaisseur de la paroi de la vessie (Amilhat, 2007).

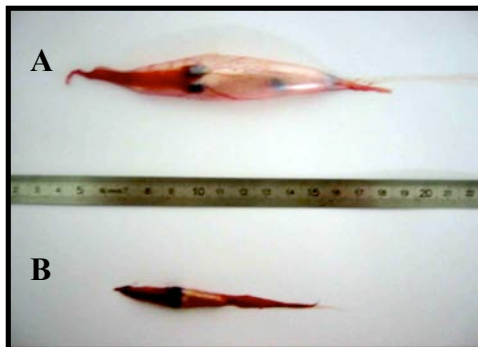


Figure 35 : (A) vessie natatoire intacte (SDI=0 à 1) et (B) vessie natatoire très endommagée (SDI=5 à 6)

Les valeurs mesurées en termes d'abondance, qui est l'indice le plus intégrateur, sont totalement comparables à celles observées dans le canal du Fumemorte en Camargue où ce parasite a été trouvé pour la première fois en France (Lefebvre & Crivelli, 2004). En milieu naturel, il est tout simplement impossible de se débarrasser de ce parasite qui a colonisé toute l'Europe et même les îles comme la Grande-Bretagne et l'Irlande.

En 2008, un sous échantillon d'anguilles capturées dans la passe-piège, donc venant de l'aval du barrage anti-sel a été analysé pour déterminer l'état de leur vessie natatoire et l'éventuelle présence du parasite (tab.9).

Tableau 9 : situation d'*anguillicola crassus* dans le canal d'Arles à Bouc en amont du barrage anti-sel

	2008 (N = 136)
Prévalence	24,1 %
Abondance	0,52 ± 1,16*
Intensité	2,15 ± 1,42
SDI	0,40 ± 0,88

*moyenne ± écart-type

Tous les indices parasitaires montrent des valeurs très inférieures à celles observées à l'amont. Ce phénomène est expliqué par la différence de salinité de l'eau entre l'amont et l'aval. En effet, la présence du barrage anti-sel a pour conséquence que la salinité à l'aval est beaucoup plus élevée et le parasite *Anguillicola crassus* tolère mal le sel (Lefebvre *et al.*, 2003).

Concernant la recherche du virus Evex, réalisée par l'AFSSA, aucune souche n'a été trouvée sur l'échantillon de 10 anguillettes prélevé. Ce résultat est assez encourageant, bien que l'échantillon ne soit pas représentatif de la population d'anguilles du canal d'Arles à Fos.

3-2-4/ Autres captures

Les captures de poissons autres que l'Anguille ainsi que les captures d'écrevisses sont présentées en Annexe 5. 17 espèces différentes ont été capturées en 2009. La majorité des poissons capturés appartient à la famille des *Cyprinidae* et les deux espèces d'écrevisses rencontrées sont américaines : il s'agit d'*Orconectes limosus* et de *Procambarus clarkii*. Ces deux espèces sont considérées comme invasives. Les espèces introduites représentent environ 1/3 des poissons capturés.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'installation de la passe piège à anguilles par le Grand Port Maritime de Marseille répond à plusieurs objectifs à différentes échelles :

Au niveau local, dans le cadre du premier plan de gestion des espaces naturels de la zone industrielle et portuaire de Fos-sur-Mer, cette action doit restaurer à terme une population d'anguilles plus équilibrée et plus abondante dans le canal d'Arles à Bouc ainsi que les autres marais et canaux du Plan du Bourg.

Au niveau du bassin, la construction de cette passe répond aussi à l'un des objectifs du Plan de Gestion des Poissons Migrateurs (PLAGEPOMI) : développer significativement le stock d'anguilles disponibles pour la reproduction et la pêche en rendant accessibles ou en facilitant l'accès aux zones de croissance du Rhône et de ses annexes (lônes, contre-canaux), aux affluents de rive droite du Rhône (Gardon, Cèze, Ardèche) et aux affluents de rive gauche du Rhône (Durance, Ouvèze, Aygues et Lez).

Au niveau européen, les données recueillies par ce suivi pourront s'avérer utiles aux études entrant dans le cadre de la nouvelle réglementation européenne du 18 Septembre 2007 (règlement CE n°1100/2007) et donc utiles pour la mise en œuvre du plan de gestion de l'Anguille.

Au cours de la campagne 2009/2010, il a donc été capturé 353 anguilles et 15 753 civelles à la passe-piège. Le déterminisme du flux migratoire d'anguilles (pics de captures, nombre d'anguilles par relève, influence hydroclimatique...) a été similaire avec celui de la campagne précédente (2007/2008). Il en est de même pour les civelles hormis un important pic de capture réalisé en toute fin de campagne (30 mars 2010) qui est probablement lié à des conditions climatiques favorables (fortes pluies) à cette période.

Les caractéristiques populationnelles des anguilles capturées au barrage anti-sel (distribution en taille, pigmentation des civelles...) étaient elles aussi similaires entre les deux campagnes avec une dominance de petits individus et de civelles présentant un stade de pigmentation avancé.

Ces deux premières campagnes de suivi n'ont pas permis de capturer des quantités importantes d'anguilles en comparaison avec le suivi de la passe piège du Grau de la Fourcade réalisé par l'Association Migrateurs Rhône Méditerranée. De plus, les pêches dans le canal d'Arles à Bouc ont montré de très faibles abondances d'anguilles. Néanmoins un pic très important de captures de civelles a eu lieu en toute fin de campagne 2009/2010 (5 kg de civelles) et entretient l'espoir d'une amélioration du recrutement du canal d'Arles à Bouc pour les années à venir.

Le milieu étant très artificialisé et très différent des milieux lagunaires, de nombreuses campagnes sont nécessaires pour améliorer significativement la colonisation des anguilles. Il est par conséquent nécessaire de continuer les captures dans les années à venir.

Références

Abdallah Y., Crivelli A.J., Lebel I., Mauclert V., Hennissart C., Marobin D., 2009, Etat des lieux de la pêche professionnelle à l'Anguille (*Anguilla anguilla*) en région Provence Alpes Côte d'Azur., Rapport COGEPOMI RMC – M.R.M. – Pôle Relais Lagunes – Tour du Valat – CRPMEM PACA – Parc Naturel Régional de Camargue., 51p.+annexes.

Adam G., 1997. L'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*, L. 1758) : dynamique de la sous-population du lac de Grand-Lieu en relation avec les facteurs environnementaux et anthropiques. Thèse de l'université de Toulouse 3, 653 p.

Adam G., Feunteun E., Prouzet P., Rigaud C., 2008, L'Anguille européenne, indicateurs de présence et de colonisation., éditions Quae, 393p.

Amilhat E., 2007. État sanitaire de l'Anguille européenne *Anguilla anguilla* dans le bassin Rhône Méditerranée et Corse : Synthèse Bibliographique. Rapport Pôle lagunes et Cepralmar. CBETM, Université de Perpignan. 88p.

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.

Bevacqua, D., Melia, P., Crivelli, A.J., Gatto, M. & G. De Leo 2007. Multi-objective assessment of conservation measures for the European eel (*Anguilla anguilla*): an application to the Camargue lagoons. ICES Journal of Marine Science, 64, 1483-1490.

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* (Kuwahara, Niimi et Itagaki, 1974) nematode parasite de la vessie gazeuse des Anguilles. Mémoire de stage, DEA de Parasitologie. Université de Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc, 27p.

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.

Briand C., Fatin D., Lambert P., 2004. Effets de la température et de la salinité sur le développement de la pigmentation des civelles (*Anguilla anguilla*). Cybium, Revue Internationale d'Ichtyologie. Volume 8, n° 3.

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

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

Campton P., Vanel N., Blanc X., Fayon S., 2009, Suivi des passes-pièges de l'usine de Beaucaire., Campagne d'étude 2008., rapport MRM, 29p + annexes.

- Campton P., Crivelli A.J., Lebel I., Abdallah Y., Vanel N., L'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) dans le canal d'Arles à Bouc, Etat des lieux et premiers resultants de la passe piège installée sur le barrage à sel, Campagne 2007/2008., 2009, rapport MRM, 27p.+annexes.
- Chancerel F., 1994. La répartition de l'Anguille en France. Bull. Fr. Pêche Piscic. 335: 289-294.
- COGEPOMI, 2004. Plan de Gestion du Bassin Rhône Méditerranée Corse 2004-2008. 49 p. + annexes
- COGEPOMI, 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.
- Crivelli A.J., 1998. L'Anguille dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse : une synthèse bibliographique. DIREN-DB RMC, publication COGEPOMI RMC, 83 pp.
- Crivelli A.J., Vanel N., Contournet P., Blanc X., Auphan N., Lebel I., 2007. Etude de l'amélioration du recrutement en civelles de la Lagune du Vaccarès. Campagne d'étude 2007., rapport M.R.M.-Station biologique de la Tour du Valat. 34p.
- Crivelli A.J., Vanel N., Contournet P., Campton P., Blanc X., Le Gurun L., Lebel I., 2009, Etude de l'amélioration du recrutement en civelles et de leur devenir dans une lagune méditerranéenne française, le Vaccarès., Campagne 2008., rapport M.R.M-Station biologique de la Tour du Valat., 29p. + annexes.
- Crivelli A.J., Campton P., Lebel I., Le Gurun L., Contournet P., à paraître, Etude du recrutement des civelles et de leur devenir dans l'étang du Vaccarès., Campagne 2009., rapport M.R.M-Station biologique de la Tour du Valat., 31p. + annexes.
- Crivelli A.J., Auphan N., Chauvelon P., Sandoz A., Menella J-Y. & G. Poizat, 2008. Glass eel recruitment, *Anguilla anguilla* (L.), in a Mediterranean lagoon assessed by a glass eel trap: factors explaining the catches. Hydrobiologia, 602, 79-86.
- Dufour, S. 1996. Un exemple du cycle reproducteur sous la dépendance de l'environnement: le cas de l'anguille. C.R. Acad. Agric. Fr., 82, 17-26.
- 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., in Van den Thillart et al., Spawning Migration of the European Eel., Springer Science + Business Media B.V., Chapter 2, pp.13-38.
- EELREP, 2005. Estimation of the reproduction capacity of European eel. Final Report Q5RS-2001-01836, European Union, 272 pp.
- Edeline E., 2005, Facteurs de contrôle de la dispersion continentale chez l'Anguille., Thèse Université de Toulouse II, 144p.
- Ege V., 1939, A revision of the genus *Anguilla* Shaw : a systematic, phylonenetic and geographical study., Dana report, vol.16.
- 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 : pp 149-157.

- 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, 174p.
- 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 de pisciculture, 349 : pp 129-139.
- Feunteun E., Acou A., Legault A., 2000. European eel (*Anguilla anguilla*) : prediction of spawner escapement from the continental population parameters. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57 : 1627-1635.
- Feunteun E., 2002. Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*) : an impossible bargain. Ecological Engineering, 18, issue 5, 575-591.
- 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.
- ICES, 2006. Report of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL), 23-27 January 2006. ICES CM 2006/ACFM: 16. 350 p.
- 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.
- Imbert H., 2008, Stratégie conditionnelle contrôlant la dispersion continentale de l'Anguille européenne., Université de Bordeaux 1, 199p.+annexes.
- IUCN, 2008 Red List of Threatened Species, www.iucnredlist.org.
- 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.
- Lafaille P., Acou A., Guillouet J., Legault A., 2005, Temporal changes in European eel (*Anguilla anguilla*) stocks in a small catchment after installation of fish-passes. Fisheries management and ecology, 12 : pp 123-129.
- Lecomte-Finiger R., 1994, The early life of the European eel. Nature, 370 : 424 p.
- Lecomte-Finiger R., Brusle J. 1984. L'Anguille (*Anguilla anguilla*) des lagunes du Languedoc-Roussillon: intérêt biologique et valeur halieutique. Vie et Milieu 34(4):185-194
- Lefebvre F., Acou A., Poizat G., Crivelli A.J., 2003, Anguillicolosis among Silver eels: a 2 year survey in 4 habitats from Camargue (Rhône delta, south of France)., Bulletin français de Pêche et de Pisciculture, 368, 97-108.
- Lefebvre F. & Crivelli A.J., 2004, Anguillicolosis: dynamics of the infection over two decades. Diseases of Aquatic Organisms, 62, 227-232.
- Legault A., 1988, Le franchissement des barrages par l'escalade de l'Anguille, Etude en Sèvre Niortaise., Bull. Fr. Pêche Piscic. 308 : 1-10.

- Mc Cleave 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.
- Muchiut S., Gallet F., Aubin D., Baranger L., Le Bihan V., Perraudeau 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.
- Pankhurst N. W., 1982. Relation of visual changes to the onset of sexual maturation in the European eel *Anguilla anguilla* (L.). *J. Fish Biol.*, 21, 127-140.
- Parlement européen, 2006. Rapport A6-0140/2006 sur la proposition de règlement du Conseil instituant des mesures reconstitution du stock d'anguille européenne (COM(2005)0472 – C6 0326/2005 – 2005/0201(CNS)). Commission de la Pêche. 21p.
- 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.
- Sergent, E. (2001). Le recrutement des civelles (*Anguilla anguilla*) dans l'île de Camargue : état des lieux et mesure de gestion. BTS Gestion et protection de la nature, Centre de Formation d'Armor, 22450 Pommerit-Jaudy, 45 pp.
- Stone R. , 2003. Freshwater eels are slip-sliding away. *Science* 302 : 221-22.
- 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., 2003, *The Eel*, fifth Edition, Blackwell publishing, 340p.
- 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., 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.
- 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.
- 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., 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.
- Vanel N., Blanc X., Auphan N., 2007, Suivi des passes-pièges à anguilles de l'usine de Beaucaire., Rapport M.R.M., Campagne d'étude 2007., 24p.

Van Ginneken V., Antonissen E., Müller U.K., 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 : pp 1329-1335.

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

Ximenes M.C., Le Corre G., Lecomte-Finiger R., Mallawa R., Sagliocco M., 1986. L'Anguille en Méditerranée Française. Aspects écobiologiques et halieutiques. Rapport CEMAGREF, Secrétariat d'état de la Mer, 99p + annexes.

Sites internet

www.aqua-logiq.fr

www.iucnredlist.org.

Liste des figures

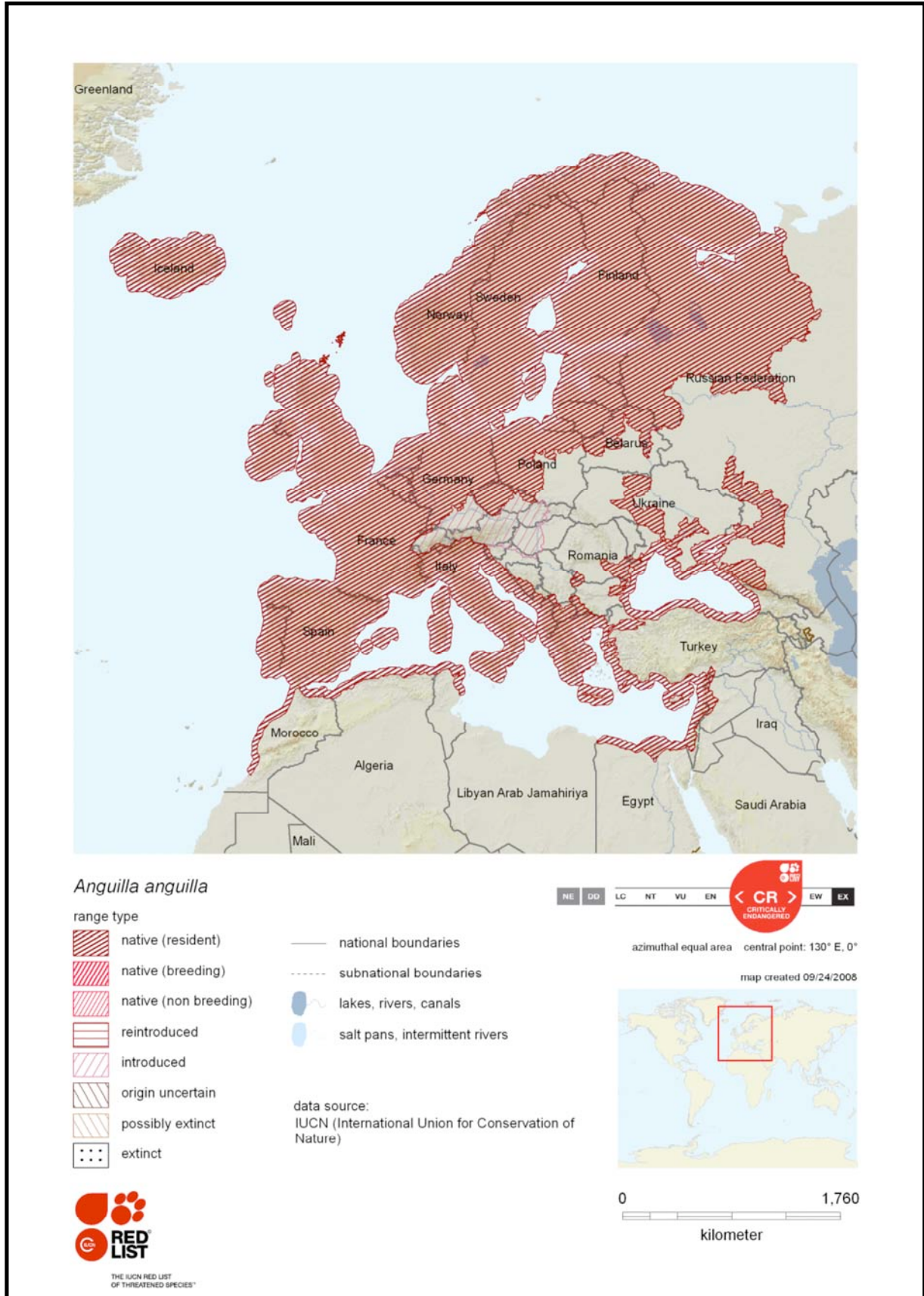
<u>Figure 1</u> : Anguille européenne	3
<u>Figure 2</u> : cycle de vie de l'Anguille	3
<u>Figure 3</u> : leptocéphale	4
<u>Figure 4</u> : civelles	4
<u>Figure 5</u> : anguille jaune	5
<u>Figure 6</u> : anguille argentée	5
<u>Figure 7</u> : reptation de civelles sur une paroi rugueuse	6
<u>Figures 8 et 9</u> : cycle biologique d'Anguillicola crassus et vessie d'anguille parasitée	7
<u>Figure 10</u> : anguille blessée par un héron	8
<u>Figure 11</u> : évolution des tonnages et des CPUE de civelles des pêcheurs professionnels et amateurs sur le bassin de la Gironde de 1978 à 2007	10
<u>Figure 12</u> : évolution des tonnages d'anguilles en Europe	11
<u>Figure 13</u> : localisation du barrage anti-sel	13
<u>Figure 14</u> : barrage anti-sel de Fos-sur-Mer	14
<u>Figure 15</u> : passe piège à anguilles du barrage anti-sel lors de son entretien	14
<u>Figure 16</u> : détermination des stades pigmentaires des civelles	16
<u>Figure 17</u> : pêches au filet sur le canal d'Arles à Bouc	17
<u>Figure 18</u> : localisation des verveux sur le canal d'Arles à Bouc	18
<u>Figure 19</u> : mesures du diamètre de l'œil et de la nageoire pectorale	19
<u>Figure 20</u> : Captures (d'anguilles et de civelles) à la passe-piège et température de l'eau à l'aval immédiat du barrage anti-sel	22
<u>Figure 21</u> : Captures d'anguilles à la passe-piège et salinité de l'eau à l'aval immédiat du barrage anti-sel	23
<u>Figure 22</u> : Captures d'anguilles à la passe-piège et salinité de l'eau à l'aval immédiat du barrage anti-sel	24
<u>Figure 23</u> : distribution de longueur des anguilles échantillonnées à la passe piège du barrage anti-sel	25
<u>Figure 24</u> : évolution des tailles moyennes mensuelles des anguilles de la passe-piège échantillonnées lors des deux campagnes de suivi	26
<u>Figure 25</u> : distribution en âge des anguilles échantillonnées au cours des deux campagnes de suivi	26
<u>Figure 26</u> : distribution de taille des civelles analysées en laboratoire	27
<u>Figure 27</u> : évolution des tailles moyennes mensuelles des civelles capturées au barrage anti-sel	27

<u>Figure 28</u> : stades pigmentaires des civelles capturées (N=810) à la passe piège	28
<u>Figure 29</u> : stades de pigmentation des civelles capturées (%) au grau de la Fourcade en Camargue entre novembre 2000 et mai 2001	28
<u>Figure 30</u> : grille placée au fond du bac de capture	29
<u>Figure 31</u> : CPUE moyennes d'anguilles par engin dans le canal d'Arles à Fos (Pêches 2007, 2008 et 2009) _	30
<u>Figure 32</u> : distribution de longueur des anguilles capturées dans le canal d'Arles à Bouc en 2007, 2008, 2009	30
<u>Figure 33</u> : sélectivité des verveux selon la taille de maille utilisée	31
<u>Figure 34</u> : indice d'argenture des anguilles capturées dans le canal d'Arles à Bouc	31
<u>Figure 35</u> : vessie natatoire intacte (SDI=0 à 1) et vessie natatoire très endommagée (SDI=5 à 6)	32

Liste des tableaux

<u>Tableau 1</u> : localisation des stations d'échantillonnage	17
<u>Tableau 2</u> : périodes de suivi (en jaune) effectif de la passe piège durant les deux campagnes	20
<u>Tableau 3</u> : données brutes de captures à la passe-piège (campagne 2009-2010).....	21
<u>Tableau 4</u> : Captures mensuelles d'anguilles à la passe piège du barrage anti-sel.....	21
<u>Tableau 5</u> : tailles moyennes mensuelles des anguilles de la passe-piège échantillonnées lors des deux campagnes de suivi	26
<u>Tableau 6</u> : fréquence d'âge des anguilles échantillonnées au cours des deux campagnes de suivi.....	26
<u>Tableau 7</u> : tailles moyennes mensuelles des civelles capturées au barrage anti-sel au cours des deux campagnes de suivi.....	27
<u>Tableau 8</u> : situation d'anguillicola crassus dans le canal d'Arles à Bouc en amont du barrage anti-sel.....	32
<u>Tableau 9</u> : situation d'anguillicola crassus dans le canal d'Arles à Bouc en amont du barrage anti-sel.....	33

ANNEXE 1 : répartition de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) (IUCN, 2008)



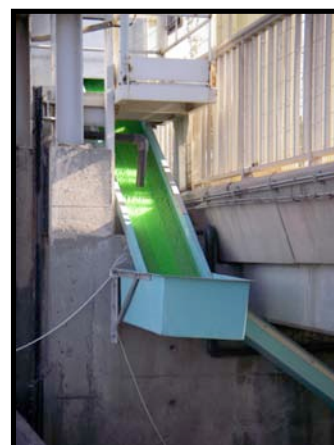
ANNEXE 2 : Fonctionnement du système de capture

- Alimentation hydraulique

L'alimentation hydraulique est assurée par une pompe qui prend l'eau dans le canal afin d'alimenter le système de capture et d'attrait. Le flux d'eau est réparti au niveau du système de capture par deux canalisations équipées de vannes. La première canalisation alimente un bac entonnoir. Elle renouvelle à la fois l'eau du bac de capture et crée une lame d'eau sur la rampe de reptation. La seconde canalisation se déverse dans une goulotte qui aboutit à l'aval de la rampe de reptation afin de créer le débit d'attrait.

- Rampes de reptation

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



rampe de reptation (MRM)

- Bac de capture



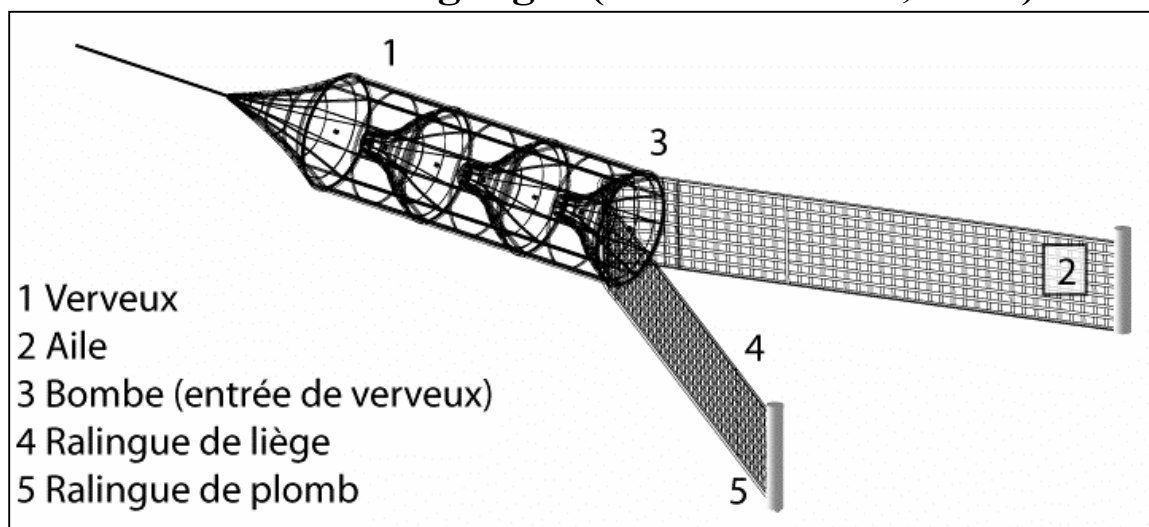
bac de capture d'une passe piège (MRM)

Après avoir gravi la rampe, les anguilles tombent dans ce bac de capture où elles sont retenues prisonnières.

Le flux créant la lame d'eau sur la rampe se déverse en partie dans ce bac et permet le renouvellement de l'eau. Suite à des travaux réalisés sur le barrage d'Arzal sur l'estuaire de la Vilaine, il est apparu que de l'eau en contact avec des anguilles « attire » d'autres individus (Briand *et al.*, 2002). En effet, les anguilles comme d'autres poissons sécrètent des phéromones et autres molécules qui peuvent être perçues par d'autres individus de la même espèce (phénomène de chémoréception).

Au fond du bac de capture, un système de vidange obturé par une grille permet d'évacuer l'eau du bac tout en conservant les anguilles prisonnières.

ANNEXE 3 : le gangui (Abdallah *et al.*, 2009)



Description générale

Verveux prolongé de deux ailes permettant de barrer la totalité d'un canal ou d'une roubine pour capturer les poissons y circulant. Cet engin est parfaitement adapté au réseau de canaux d'irrigation et de drainage de Camargue. Il est adapté à des profils lenticulaires où il est possible de caler dans le sens opposé au courant (en « pêche forcée ») pour capturer notamment les anguilles en dévalaison.

Le gangui a la réputation d'être l'engin du braconnier, notamment en Camargue où il est admis de tous que les locaux (employés de mas, gardes de chasses privées) l'utilisent lors d'un coup d'eau du Rhône « pour arrondir les fins de mois ».

C'est un engin peu sélectif et qui peut s'avérer très efficace sur des canaux drainant une superficie importante. Malgré son efficacité, il n'est aujourd'hui plus utilisé par les pêcheurs professionnels, notamment du fait de la prolifération des ragondins et des dégâts que ces derniers provoquent très régulièrement sur les engins.

Mensurations

- Longueur des ailes = 15 à 30 m (selon la largeur du canal),
- Hauteur des ailes = 1 à 2 m (selon la profondeur d'eau),
- Profondeur de la queue = 4 m.

Répartition géographique en PACA

Roubines et canaux de Camargue

Catégorie

Filet passif calé

Variétés locales

- Verveux à deux ailes
- Verveux barrière

Distribution

Le gangui est généralement calé seul puisqu'il permet de barrer entièrement un canal de faible largeur. Mais il peut être calé en double (en tête-bêche) afin de barrer un canal de plus grande largeur et de capturer les poissons dans deux sens de circulation (amont-aval et aval-amont).

Période d'utilisation

Il est généralement utilisé sur des coups d'eau du Rhône qui provoquent une montée du niveau des canaux et donc un déplacement massif de tous les poissons présents et plus particulièrement l'anguille argentée. Ces coups d'eau adviennent en mars-avril et octobre-novembre.

Matériaux

Il est entièrement conçu en nylon ou en polypropylène.. Les ailes sont lestées par une ralingue de plomb. L'ouverture comporte une ligne de liège. Les cerceaux sont en plastique percé.

Maillages

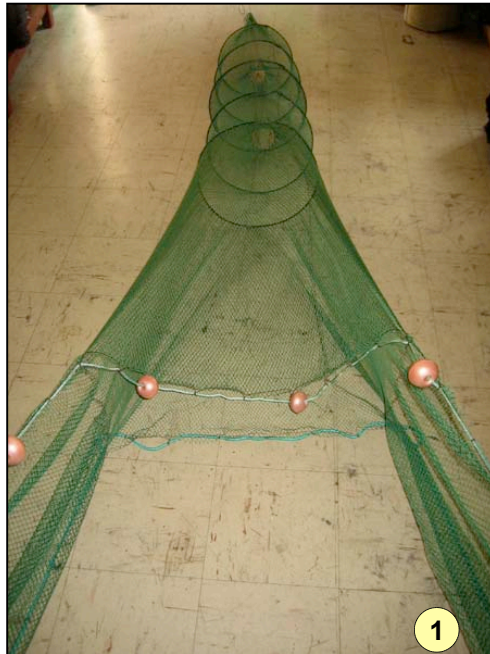
Les ailes = 14 mm

La nasse = 10 ou 8 mm

Espèces ciblées

Anguilles vertes et argentées, sandres, brochets, carpes.

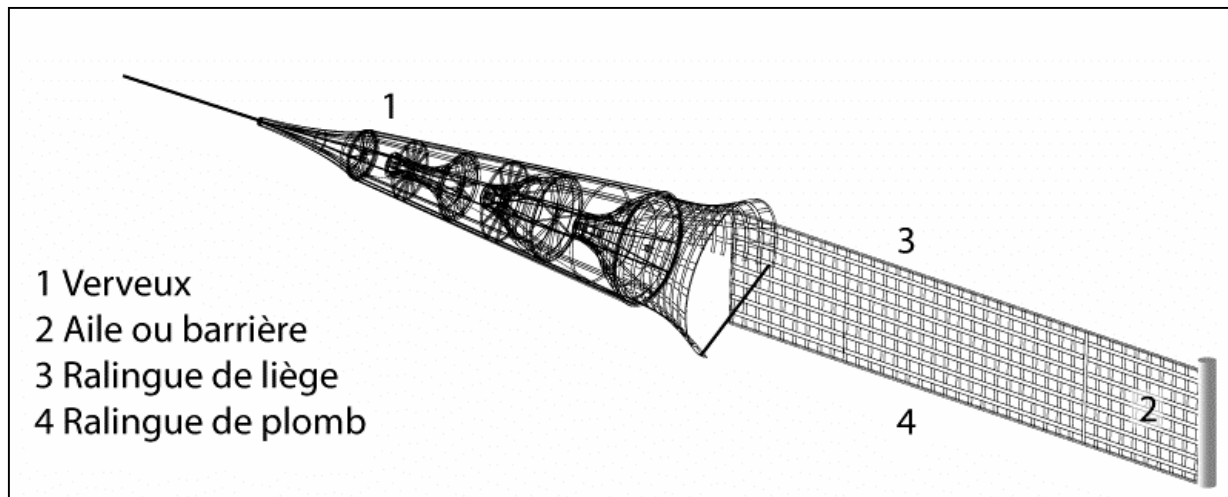
Banque photographique (Larrieu Frères SA./MRM)



1 = Aile double et nasse de piégeage (verveux)

2 = Technique de calage sur un canal

ANNEXE 4 : le verveux (Abdallah *et al.*, 2009)



Description générale

Le verveux est constitué d'une aile et d'une succession de poches de captures de forme cylindrique, montées sur des cerceaux et reliées entre eux par des systèmes anti-retours. C'est un engin de pêche très sélectif et adapté à la capture d'espèces benthiques en eaux courantes. Rapide à mettre en place, c'est qu'il est très maniable et permet une mobilité de prospection remarquable. Pour l'Anguille, le pêcheur cale ses verveux en bordure de cours d'eau, sur des hauts fonds ou des tombants. En cas de montées des eaux, le pêcheur peut retirer son matériel dans un moindre délai, et ainsi éviter la perte de matériel.

L'aile permet de diriger le poisson vers les poches de captures (la nasse de piégeage).

Mensurations

- Longueur de la paradière = 7 m,
- Hauteur de la paradière = 1 m,
- Profondeur du verveux = 4 m.

Répartition géographique

Rhône aval et deltaïque, roubines et canaux de Camargue.

Catégorie

Filet passif d'eaux courantes

Variétés locales

- Cerf-volant
- verveux à aile simple.

Distribution

Le verveux est calé selon un axe amont/aval, l'ouverture du piège étant toujours orientée dans le sens du courant pour éviter aux encombres dévalant de colmater le piège ou de le détériorer. Le verveux est fixé depuis l'amont à l'aide d'une corde reliée à une ancre (ou à un piquet pour les faibles profondeurs). La longueur de corde et le poids de l'ancre dépendent de la force du courant.

Période d'utilisation

D'octobre à janvier pour l'anguille d'avalaison, d'avril-mai à septembre pour l'anguille verte.

Matériaux

L'aile est fabriquée en nylon ou en polypropylène et comporte une ralingue de liège et une autre de plomb. L'ouverture de la nasse, en forme de D, peut être alourdie soit par une ralingue de plomb soit par une barre de métal galvanisé afin d'assurer le maintien du piège sur le fond. Les cerceaux sont en plastique percé.

Maillages

L'aile et les premiers cerceaux de la nasse sont montés de même maille (20 mm). Seuls les derniers cerceaux et la queue sont montés en petite maille (10 mm) pour éviter aux anguilles piégées de s'abîmer. En général, le pêcheur utilise les mêmes engins que ce soit pour la pêche des anguilles vertes ou des argentées.

Type de cale

En pleine eau. Les verveux simples sont généralement utilisées par deux, calés en enfile. Le pêcheur cale ses verveux en revenant vers la berge, créant un angle entre la berge amont et les verveux de 45 à 50°.

Espèces ciblées

Anguilles vertes et argentées. Captures accessoires : sandres, carpes, brèmes, perches.

Banque photographique (Crédit MRM/F.Gardin)



1 = Aile du verveux et entrée du piège

2 = Relève cerceau par cerceau pour vider les poches

3 = Récupération des poissons dans la queue

4 = Recalage du verveux après récupération des poissons

ANNEXE 5 : les autres espèces

Nom commun	Nom latin	Statut	capturés en 2007	capturés en 2008	capturés en 2009
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	A	2	0	0
Brème	<i>Abramis brama et Blicca bjoerkna</i>	A	6	51	41
Chevaine	<i>Leuciscus cephalus</i>	A	2	0	0
Carassin	<i>Carassius auratus</i>	I	2	0	0
Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>	A	1	0	4
Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	A	1	0	0
Gambusie	<i>Gambusia affinis</i>	I	2	0	0
Perche commune	<i>Perca fluviatilis</i>	A	3	4	0
Perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	I	3	5	101
Poisson-chat	<i>Ictalurus melas</i>	I	3	3	28
Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva</i>	I	25	7	2
Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	A	16	0	0
Sandre	<i>Stizostedion lucioperca</i>	I	0	8	12
Black-bass	<i>Micropterus salmoides</i>	I	0	0	1
Silure	<i>Silurus glanis</i>	I	0	2	3
Total			66	80	192
Ecrevisse de Louisiane	<i>Procambarus clarkii</i>	I	149	11	111
Ecrevisse américaine	<i>Orconectes limosus</i>	I	74	3	27

A : espèce autochtone – *I* : espèce introduite