

Relâchés d'anguilles argentées

CRPMEM PACA

2014



28 février 2014

Relâchés d'anguilles argentées capturées dans des lagunes de PACA en aval d'obstacles à la dévalaison 2013

Maitre d'ouvrage :

CRPMEM PACA

3 rue Gustave Ricard, 13 006 MARSEILLE

Tel : 04.91.56.78.33

crpmem.paca@wanadoo.fr

Maitre d'œuvre :

P2A Développement SARL

12 rue des mimosas, 34 750 VILLENEUVE

Tel : 06.60.89.55.24

crpmem.paca@wanadoo.fr

Financier :
**Ministère de l'écologie, du développement
durable et de l'énergie**

Grande arche, 95 055 la DEFENSE cedex

Tel : 01.40.81.21.22



MINISTÈRE
DE L'ÉCOLOGIE,
DU DÉVELOPPEMENT
DURABLE
ET DE L'ÉNERGIE

Le présent rapport devra être cité comme suit :

Jouvenel J.-Y., Tronel-Peyroz E., 2014. Relâchés d'anguilles argentées capturées dans des lagunes de PACA en aval d'obstacles à la dévalaison 2013. Contrat P2A Développement/Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de PACA. Février 2014. 28 p.

Photographie en couverture : © Isabelle Henault

Sommaire

1. INTRODUCTION.....	1
1.1 CONTEXTE.....	1
1.2 BIOLOGIE DE L'ANGUILLE EUROPEENNE	2
1.2.1 Localisation et cycle de vie.....	2
1.2.2 Détermination du stade d'argenture	2
1.2.3 Détermination du sexe.....	4
1.2.4 Déclin du stock et pollution.....	5
1.3 OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	6
2. METHODOLOGIE.....	7
2.1 DEROULEMENT DE L'ETUDE.....	7
2.1.1 Le stockage.....	7
2.1.2 Le déversement.....	8
2.1.3 Suivis biométriques et de qualité.....	11
3. RESULTATS.....	13
3.1 STADE D'ARGENTURE.....	13
3.2 CARACTERISTIQUES BIOMETRIQUES DES ANGUILES ARGENTEES.....	14
3.2.1 Longueur totale et poids moyen	14
3.2.2 Sex-ratio des anguilles argentées.....	15
3.3 ETAT DE SANTE	16
3.3.1 Taux de lipides	16
3.3.2 Facteur de condition K de Fulton	18
3.3.3 Analyses chimiques et biologiques.....	18
3.4 EVALUATION DU NOMBRE D'ANGUILLE.....	18
4. CONCLUSION ET DISCUSSION.....	19
5. BIBLIOGRAPHIE	21
6. ANNEXES.....	24

Liste des figures

Figure 1 : Cycle biologique de l'anguille européenne, <i>Anguilla anguilla</i> (Renault, 2011)	2
Figure 2 : Mesure du diamètre horizontal (Dh) et vertical (Dv) de l'œil (source : Durif, 2003).....	3
Figure 3 : Mesure de la longueur de la nageoire pectorale (Ln) (source : Durif, 2003)	3
Figure 4 : Production par capture d' <i>Anguilla anguilla</i> (FAO Fishery Statistic)	5
Figure 5 : Stockage des anguilles dans les serbes des pêcheurs durant la collecte. Source : P2A Développement.....	7
Figure 6 : Pesée (à gauche) et vérification des anguilles (à droite). Source : P2A Développement.	8
Figure 7 : Localisation des sites de chargement et de relâchés n°1 en Camargue	9
Figure 8 : Localisation des sites de chargements et de relâchés n°2 à l'étang de Berre	10
Figure 9 : Déversement des anguilles pour le relâché 1 en Camargue (photos du haut) et pour le relâché 2 à Berre (photo du bas) ©P2A Développement.	11
Figure 10 : Comparaison d'anguilles femelle et mâle argentées (photo de gauche) et mesure du taux de lipides avec le Fatmeter (photo de droite) durant le suivi biométrique ©P2A Développement. ...	12
Figure 11 : Longueur totale moyenne (en cm) des anguilles mesurées durant les suivis biométriques.	15
Figure 12 : Poids moyen (en g) des anguilles mesurées durant les suivis biométrique.....	15
Figure 13 : Pourcentage d'individus mâles et femelles mesurés durant les suivis biométriques (sauf pour le relâché 2 - Berre où sont présentés les résultats obtenus lors de la vérification des serbes). 16	
Figure 14 : Taux de lipides (en %) chez les anguilles argentées mâles et femelles mesurées.	17
Figure 15 : Pourcentage d'individus mâles et femelles ayant un taux de lipides supérieur à 20%.	17
Figure 16 : Facteur de condition de Fulton (K) d'anguilles mâle et femelle argentées relâchées.	18

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résultats des Indices de la longueur des nageoires obtenus par Durif <i>et al.</i> , 2005.....	3
Tableau 2 : Critères visuels utilisés afin de déterminer le stade argenté chez l'anguille européenne (Durif, 2003)	4
Tableau 3 : Teneurs maximales de certains polluants dans les denrées alimentaires (source : RÈGLEMENT (CE) N° 1881/2006 DE LA COMMISSION du 19 décembre 2006).....	5
Tableau 4 : récapitulatif des relâchés en PACA.....	7
Tableau 5 : Pourcentage d'anguilles jaunes, pré-argentées et argentées durant les comptages effectués au moment de la collecte (a) et durant les suivis biométriques (b).....	13

Tableau 6 : Longueur et taille moyenne avec écart-type, valeur minimale et maximale des anguilles argentées relâchées. 14

1. Introduction

1.1 Contexte

Suite à la diminution du stock d'anguilles européennes, *Anguilla anguilla*, la Commission Européenne a publié un règlement (Règlement CE 1100/2007 du 18 septembre 2007) définissant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes. Il est demandé aux états membres de proposer des plans de gestions avec pour objectif un taux d'échappement vers la mer d'au moins 40% de la biomasse d'anguilles argentées, ce qui correspondrait au taux d'échappement d'anguilles ne subissant pas de pressions anthropiques (conformément à l'article 2.4).

Le plan de gestion anguille de la France mis en œuvre en juillet 2009 comporte différents objectifs, dont dans une première phase, celui d'atteindre une réduction de la mortalité par pêche de 30% en 3 ans (2009-2012), puis dans une deuxième phase, de 2012 à 2015, de réduire la mortalité par la pêche de 10% par an. Les mesures de gestions sont nombreuses et concernent par exemple des arrêts temporaires de pêche, des quotas pour la pêche aux civelles, des mesures de traçabilité, un plan de sortie de flotte etc.. La reconstruction du stock d'anguilles via le repeuplement figure parmi les mesures de gestions proposées dans ce plan.

Sachant que la pêche à la civelle est interdite en méditerranée (Article 13 du Décret n°94-157 du 16 février 1994 relatif à la pêche des poissons appartenant aux espèces vivant alternativement dans les eaux douces et dans les eaux salées), une étude pilote de relâché d'anguilles argentées à été menée en 2011 en Languedoc-Roussillon afin de trouver une alternative au plan de repeuplement de civelles. Les étapes de cette étude concernent :

- le prélèvement des anguilles (sélection des sites et modes de capture) ;
- le stockage des anguilles (par le pêcheur puis un mareyeur agréé) et évaluation de leur qualité ;
- le déversement des anguilles (sélection des sites, procédé opératoire) ;
- l'évaluation de l'efficacité du relâché en termes de contribution à la reconstitution du stock d'anguille européenne.

Cette action a été reconduite et a permis aux pêcheurs de Provence-Alpes-Côte-D'azur (PACA) et de Corse d'effectuer ces relâchés durant la période de dévalaison de 2013.

1.2 Biologie de l'anguille européenne

1.2.1 Localisation et cycle de vie

L'anguille européenne, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), seule espèce d'anguille présente en Europe, est une espèce migratrice supposée se reproduire en mer des Sargasses (Schmidt, 1922). Les larves dispersées à cette zone migrent alors jusque dans les eaux continentales pour se métamorphoser en juvénile d'anguille appelée la civelle. En eau douce, elle devient progressivement une anguille jaune au mode de vie benthique et nocturne comprenant une longue phase de croissance (Tesch, 2003). C'est à ce stade de croissance qu'a lieu la différenciation sexuelle des individus et une accumulation importante de réserve pour la prochaine migration. Celle-ci a lieu dès le prochain stade, appelé argenture, après une métamorphose permettant aux anguilles de se préparer anatomiquement et physiologiquement. Les individus adultes retournent en mer pour atteindre de nouveau la mer des Sargasses, s'y reproduisent et meurent d'épuisement (Tesch, 2003). Le cycle de vie de l'anguille européenne est estimé de 4 à 20 ans pour les femelles et de 2 à 15 ans pour les mâles (Figure 1).

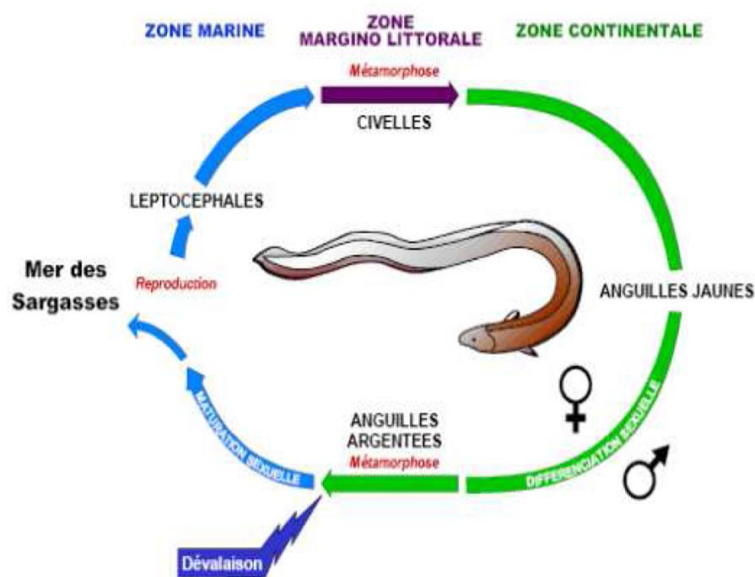


Figure 1 : Cycle biologique de l'anguille européenne, *Anguilla anguilla* (Renault, 2011)

1.2.2 Détermination du stade d'argenture

La migration vers la mer des Sargasses pour la reproduction, nommée dévalaison, n'est possible que pour les anguilles ayant atteint le stade d'argenture. Les critères permettant de déterminer le

passage du stade jaune au stade argenté, chez l'anguille européenne, de manière simple et sans danger pour l'individu mesuré sont :

- **Une augmentation du diamètre de l'œil.** Ce changement permet aux individus de s'adapter à une vision en grande profondeur (Durif *et al.*, 2005). L'Indice Oculaire de Pankurst (1982) (IO) permet de déterminer la maturité de l'anguille :

$$IO (mm) = (Dv + Dh/4) \times Pi / Lt \times 100$$

Avec DV (Diamètre Vertical), DH (Diamètre Horizontal) et LT (Longueur Totale) en mm.

Cet indice est égal à 6.5 chez un individu mature. Chez la femelle lorsque l'indice est à 6.5 cela signifie que le diamètre de l'ovocyte est supérieur à 0.1mm, ce qui correspond au diamètre minimum pour la migration.

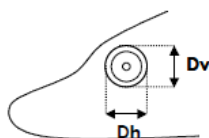


Figure 2 : Mesure du diamètre horizontal (Dh) et vertical (Dv) de l'œil (source : Durif, 2003)

- **Une augmentation de la longueur des nageoires pectorales,** ce qui permettrait à l'anguille d'avoir une meilleure flottabilité. Durif *et al.* ont comparé en 2005 l'indice pour la longueur des nageoires (ILN) d'anguilles jaunes et argentées. Les résultats obtenus sont synthétisés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Résultats des Indices de la longueur des nageoires obtenus par Durif *et al.*, 2005

	Jaunes	Argentées	
	Femelles et indiff. (n=837)	Males (n=72)	Femelles (n=319)
ILN	3.9±0.6	4.4±0.5	4.8±0.6

La formule qui définit l'Indice de Longueur des Nageoires est la suivante :

$$ILN = Ln / Lt \times 100$$

Avec LN (Longueur Nageoire) et LT (Longueur Totale) en mm.

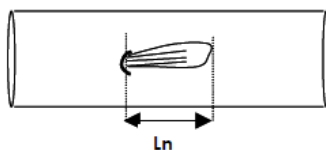


Figure 3 : Mesure de la longueur de la nageoire pectorale (Ln) (source : Durif, 2003)

- **Une augmentation de la masse lipidique**, nécessaire pour effectuer la migration et la reproduction, sachant que les anguilles ne s'alimentent pas durant leur traversée. Le taux de lipides est supérieur à 20% du poids total des individus au stade argenté d'après Boëtius & Boëtius (1980). Entre le stade jaune et argenté le taux de lipides passe de 8 à 28% (Bergersen & Klemetsen 1988 et Larsson *et al.* 1990 *in* Durif, 2003). Le rapport entre le poids et la taille de l'individu est donné par le facteur de condition de Fulton (1911) (noté K). Plus le coefficient est grand, c'est-à-dire que l'individu est lourd pour sa taille, plus il est dans une meilleure condition physique.

$$K = P/L^3 \times 10^3$$

Avec P (Poids) en g et LT (Longueur Totale) en cm.

Des critères visuels sont aussi utilisés et décrits par Durif en 2003 de la manière suivante :

Tableau 2 : Critères visuels utilisés afin de déterminer le stade argenté chez l'anguille européenne (Durif, 2003)

Critères	Argenté	Intermédiaire	Jaune
Dos noir ou d'une couleur foncée	Oui	Oui	Parfois
Ventre blanc à reflets argentés	Oui	En partie	Non
Ligne latérale bien visible, séparant nettement la partie dorsale de la partie abdominale	Oui	Non	Non
Couleur jaune sur le ventre ou les flancs	Non	Parfois	Oui
Nageoire pectorale foncée	Oui	Parfois	Parfois (mais de couleur plutôt jaune)

1.2.3 Détermination du sexe

Les anguilles femelles au stade argenté mesurent en moyenne entre 54 et 61 cm alors que les mâles mesurent seulement entre 35 et 41 cm, ne dépassant pas 45 cm (Durif *et al.*, 2000; Tesch, 2003). Un récapitulatif bibliographique est présenté en Annexe 1 et reprend les différents résultats sur la détermination du sexe en fonction de la taille de l'anguille.

Pour cette étude, en prenant appui sur les relâchés réalisés en Languedoc-Roussillon, nous déterminerons le sexe des anguilles de la manière suivante :

- Les anguilles de taille inférieure à 45 cm sont identifiées comme étant des mâles,
- Les individus de taille supérieure à 45 cm sont identifiés comme étant des femelles.

1.2.4 Déclin du stock et pollution

Depuis les années 1970, le stock d'anguilles européennes aurait diminué de 75%, et de 50 % pour les 20 dernières années tandis que le stock de civelles aurait chuté de 95 % au cours de la même période (ICES, 2006 ; FAO Fishery Statistic) (Cf. Figure 4). Cette espèce est classée depuis 2008 sur la liste rouge des espèces menacées d'extinction par l'IUCN (International Union for Conservation of Nature).

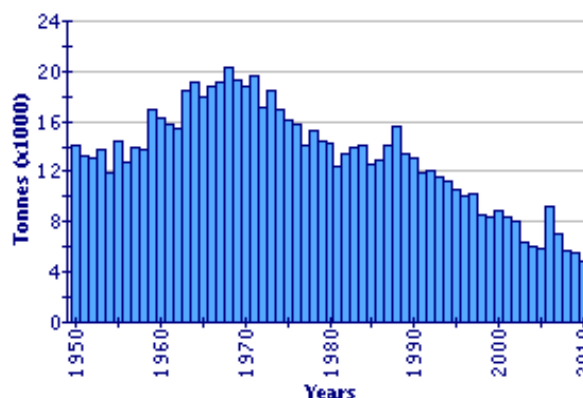


Figure 4 : Production par capture d'*Anguilla anguilla* (FAO Fishery Statistic)

Les causes de ce déclin sont multiples:

- Le réchauffement climatique ;
- Les ouvrages hydroélectriques (ou obstacle type pompage d'eau) ;
- La pêche ;
- La pollution (contaminants métalliques et organiques) et infections parasitaires;
- La prédation (exemple des cormorans) ;

L'anguille est une espèce bio-accumulatrice. Située en amont de la chaîne alimentaire, elle accumule les polluants de façon importante notamment les métaux lourds ou les contaminants organiques. Des normes européennes décrivent même les différents taux de contamination en cadmium et mercure afin de protéger et avertir les consommateurs ((CE) N° 629/2008) (Cf. Tableau 3).

Tableau 3 : Teneurs maximales de certains polluants dans les denrées alimentaires (source : RÈGLEMENT (CE) N° 1881/2006 DE LA COMMISSION du 19 décembre 2006)

Contaminants	Denrée alimentaire	Teneurs maximales
Mercur	Chair musculaire d'anguille et civelle (<i>Anguilla anguilla</i>)	1.0 mg/kg de poids à l'état frais
Dioxines et PCB	Chair musculaire d'anguille (<i>Anguilla anguilla</i>) et produits dérivés	4,0 pg/g de poids à l'état frais pour la somme des dioxines (OMS-PCDD/F-TEQ) 12,0 pg/g de poids à l'état frais pour la somme des dioxines et PCB de type dioxine (OMS-PCDD/F-PCB-TEQ)
Cadmium	Chair musculaire d'anguille (<i>Anguilla anguilla</i>)	0.10 mg/kg de poids à l'état frais

Il est prouvé que le cadmium peut entraîner des effets nocifs à tous les stades de croissance de l'anguille (Pierron *et al.*, 2007a et b, 2008a et b, et 2009). Au stade adulte, celui-ci impacte sur la

précocité de la maturation sexuelle et entraîne une forte mortalité en fin de migration (Pierron *et al.*, 2009).

Les autres métaux lourds (l'argent, le cuivre et le mercure) agissent sur l'activité et l'expression des gènes impliquant une plus grande consommation d'énergie (Perez-Lopez *et al.*, 2002 ; Marohn *et al.*, 2008). Chez la femelle adulte, ils provoquent de fortes dépenses d'énergie durant la migration pour la reproduction (Van Ginneken, 2009). Ces contaminants présents dans l'environnement sont impliqués dans la diminution du stock d'anguilles européennes car elles réduisent leur capacité de survie à tous les stades de développement mais aussi en leur succès de reproduction.

L'anguille européenne est aussi touchée par le parasite *Anguillicola crassus*, qui est un ver nématode originaire d'Asie, introduit en Europe au début des années 1980. Selon les sites étudiés, on enregistre plus de la moitié de la population infestée par ce parasite (Lefebvre *et al.*, 2003 in Amilhat, 2007). C'est le cas sur le bassin Rhône Méditerranée Corse, où *A. crassus* est présent dans toutes les lagunes et cours d'eau étudiés. Il y aurait en Camargue entre 40 % et 95 % d'anguilles argentées infestées (Lefebvre *et al.*, 2003).

1.3 Objectifs de l'étude

Cette étude entre dans le cadre du plan de repeuplement d'anguilles argentées mis en place suite au règlement européen. Pour s'assurer que les anguilles relâchées puissent participer au renouvellement du stock, un contrôle et un suivi scientifique est sollicité afin que les anguilles soient en bonne santé, au stade adulte, prêtes pour la migration et pour la reproduction.

Les anguilles doivent être au stade argenté et correspondre aux critères de détermination cités au chapitre 1.2.2. Pour cela des suivis biométriques sont prévus ainsi que différentes mesures afin de contrôler le nombre d'anguilles relâchées, le sex-ratio ainsi que la qualité de l'eau où elles ont été pêchées (teneur contaminant chimique et biologique) et accomplies leur croissance.

2. Méthodologie

2.1 Déroulement de l'étude

Le protocole mis en place pour les relâchés d'anguilles argentées en PACA est basé sur celui proposé par Amilhat *et al.*, 2012a. Pour pouvoir comparer les données récoltées en Languedoc-Roussillon et en PACA, les résultats ci-présents sont traités de la même manière que dans l'étude d'Amilhat *et al.*, 2012b. Deux relâchés ont été effectués avec 17 pêcheurs des Bouches-du-Rhône entre le 06 et le 13 Janvier 2014. Au total, 1727 kg d'anguilles ont été rejetés (Cf. Tableau 4).

Tableau 4 : récapitulatif des relâchés en PACA

Relâché n°	Lagune(s)	Date	Nombre de pêcheurs participants	Quantité relâchée (kg)
1	Vaccarès-impériaux	06/01/2014	5	600
2	Berre (St Chamas-Istres)	13/01/2014	12	1127
Total			17	1727

2.1.1 Le stockage

2.1.1.1 Par les pêcheurs

Les anguilles pêchées sont stockées dans de grandes serbes (poches en filet, cf ; Figure 5), de taille suivante: 1,75 m * 1,60 m (maille de 5-8 mm), à des densités n'excédant pas 40 kg, dans la lagune à un endroit où l'oxygénation et la qualité de l'eau sont bonnes.



Figure 5 : Stockage des anguilles dans les serbes des pêcheurs durant la collecte. Source : P2A Développement.

2.1.1.2 Par les mareyeurs

Les serbes (poches en filet) ont été récupérées par le mareyeur, selon la capacité de son camion. Les quantités d'anguilles transportées étaient adaptées à la taille du camion (environ 300kg/m3).

Le camion est arrivé vide sur les lieux, puis a été préalablement désinfecté avec du Desogerme® (produit suggéré par la COFA et homologué pour désinfecter logement, matériels de transport et d'élevages d'animaux domestiques et utilisé notamment en aquaculture) avant le chargement des anguilles, afin d'éviter tout risque de transmission de germes. L'eau pompée ayant servi au rinçage et au remplissage du camion provenait de la lagune.

L'oxygénation, la température et la salinité de l'eau ont été mesurées tout au long des relâchés suivant l'Annexe 2. L'oxygénation de l'eau dans le camion a respecté les 60% d'oxygène au minimum.

Une étape de vérification du stade d'argenture a été réalisée avant le chargement du camion (pendant la pesée des serbes). Une serbe par pêcheur prise au hasard a permis de déterminer le stade (jaune ou argenté) sur une soixantaine d'anguilles ainsi que leur sexe. La détermination du stade d'argenture a été basée sur des critères visuels comme défini par Durif en 2003: couleur contrastée et ligne latérale bien différenciée (Cf. Figure 6).



Figure 6 : Pesée (à gauche) et vérification des anguilles (à droite). Source : P2A Développement.

2.1.2 Le déversement

2.1.2.1 Sélection des sites

Les sites sélectionnés, sur avis des professionnels de la pêche et des prud'hommes, subissent l'influence du milieu de prélèvement ainsi que celle du milieu marin (sortie des lagunes, estuaires) permettant ainsi à l'anguille de se repérer facilement. Aucun obstacle n'a gêné la progression des anguilles vers la mer. Les anguilles ont été relâchées dans un endroit assez profond pour éviter tout traumatisme. Les sites de collectes et de déversement en Camargue et à Berre sont présentés sur la Figure 7 et la Figure 8.

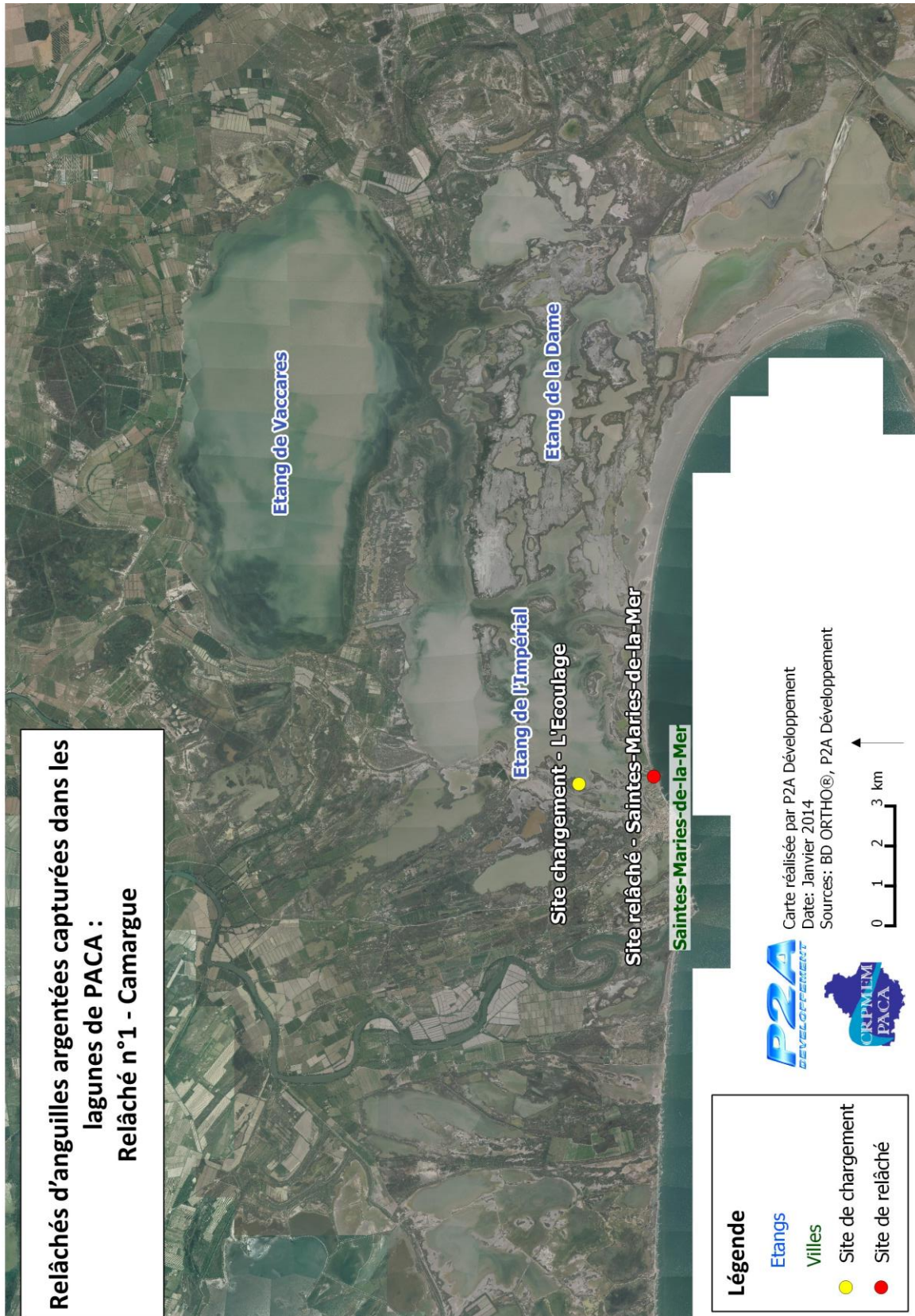


Figure 7 : Localisation des sites de chargements et de relâchés n°1 en Camargue



Figure 8 : Localisation des sites de chargements et de relâchés n°2 à l'étang de Berre

2.1.2.2 Période de déversement

Les anguilles ont été relâchées en fin de journée (vers 17h), pour correspondre à leur comportement naturel (Cf. Figure 9).



Figure 9 : Déversement des anguilles pour le relâché 1 en Camargue (photos du haut) et pour le relâché 2 à Berre (photo du bas) ©P2A Développement.

2.1.3 Suivis biométriques et de qualité

Les anguilles relâchées ont fait l'objet d'un examen minutieux sur un sous-échantillon représentatif (60 anguilles), afin de déterminer par examen visuel l'absence de lésions. Ces anguilles ont été préalablement endormies (avec de l'eugénol – huile du clou de Girofle) pour effectuer les mesures biométriques, selon l'Annexe 3 : longueur, poids, diamètre des yeux et longueur des nageoires pectorales (Figure 10).

Un sous-échantillon de 15 anguilles argentées par opération de déversement a été congelé pour des analyses ultérieures, afin d'évaluer leur charge en contaminants chimiques (PCBs, OCs, métaux lourds..) et biologiques (parasites, virus). Ces anguilles ont été notées selon le code présenté en Annexe 4.



Figure 10 : Comparaison d'anguilles femelle et mâle argentées (photo de gauche) et mesure du taux de lipides avec le Fatmeter (photo de droite) durant le suivi biométrique ©P2A Développement.

3. Résultats

3.1 Stade d'argenture

Une première détermination du stade est réalisée pour chaque pêcheur au moment du chargement des anguilles par des moyens visuels (a). Chez l'anguille au stade argenté la face dorsale et les nageoires pectorales sont sombres et délimitées par une ligne latérale de la face ventrale blanche aux reflets métalliques.

Le suivi biométrique effectué sur 60 anguilles par relâché a permis de déterminer de façon plus précise le stade des anguilles. Les paramètres qui ont permis de calculer le taux d'anguilles argentées relâchées durant cette étude sont la taille, le poids, le diamètre des yeux, la longueur des nageoires pectorales et le taux de lipides (Durif, 2003) (b).

Tableau 5 : Pourcentage d'anguilles jaunes, pré-argentées et argentées durant les comptages effectués au moment de la collecte (a) et durant les suivis biométriques (b).

Relâché n°	Lagune(s)	Nombre (a+b)	Jaunes(%)	Pré-argentées (%)	Argentées (%)
1	Camargue (Vaccarès-Impériaux)	507	1	1	98
2	Berre (St Chamas-Istres)	534	8	1	91

Le taux d'anguilles argentées dévalant est supérieur à 90% pour chaque site grâce au tri effectué avant collecte (Cf. Tableau 5). On retrouve comme en Languedoc-Roussillon des anguilles jaunes capturées par les pêcheurs.

Les relâchés ont été effectués à la fin de la période de dévalaison (janvier), période qui correspond à une diminution du nombre d'anguilles argentées dans les lagunes. Les anguilles notées pré-argentées sont celles qui ne répondent pas à tous les critères morpho-anatomiques du stade argenté. Il existe des stades intermédiaires entre le stade jaune et argenté comme le souligne Durif en 2003 et Durif *et al.* en 2005, ce qui explique la présence de ces individus au stade pré-argenté.

3.2 Caractéristiques biométriques des anguilles argentées

3.2.1 Longueur totale et poids moyen

Les anguilles sont déterminées comme argentées lorsque l'indice oculaire est supérieur à 6.5. De plus, les individus ont été sexés selon leur taille et identifiés comme étant des mâles lorsque la taille est inférieure à 45cm et femelles pour des tailles supérieures à 45cm (Cf. Tableau 6).

Tableau 6 : Longueur et taille moyenne avec écart-type, valeur minimale et maximale des anguilles argentées relâchées.

Relâché n°	Lagune(s)	Mâles			Femelles		
		N	Taille moyenne ± E.T. (Min-Max) (cm)	Poids moyen ± E.T. (Min-Max) (g)	N	Taille moyenne ± E.T. (Min-Max) (cm)	Poids moyen ± E.T. (Min-Max) (g)
1	Camargue (Vaccarès- Impériaux)	24	38,6 ± 2,6 (35,2-44,0)	98 ± 23 (72-155)	30	58,9 ± 8,1 (45,2-73,8)	401 ± 168 (185-735)
2	Berre Nord (St Chamas-Istres)	1*	44.1	130	47	71,1 ± 10,6 (57.3-112,7)	667 ± 197 (334-1118)
	Total	25	38,9 ± 2,8 (35,2-44.1)	99,1 ± 23 (72-155)	77	66,4 ± 11,4 (45,2-112,7)	563 ± 226 (185-1118)

* Le suivi biométrique du 2^{ème} relâché ne concerne qu'un mâle car les anguilles prélevées aléatoirement de taille inférieure à 45 cm étaient au stade jaune ou pré-argentée. Le sex-ratio retenu sera celui calculé lors des vérifications des serbes.

Comme attendu, les femelles sont plus lourdes et grandes que les mâles ($p < 0.05$) (Cf. Figure 11 et Figure 12). Le développement de leurs gonades est plus important, d'après la littérature le rapport gonado-somatique (rapport entre le poids des gonades et le poids total de l'individu) est plus élevé chez les femelles que les mâles (Durif, 2003).

La taille des femelles est particulièrement variable. La phase de croissance des mâles serait plus courte que celle des femelles. Pour cette raison, le stade d'argenture s'effectue plus tôt chez les mâles, tandis que les femelles prendraient plus de temps pour accroître leur taille pour le développement et l'optimisation de leur système de reproduction. .

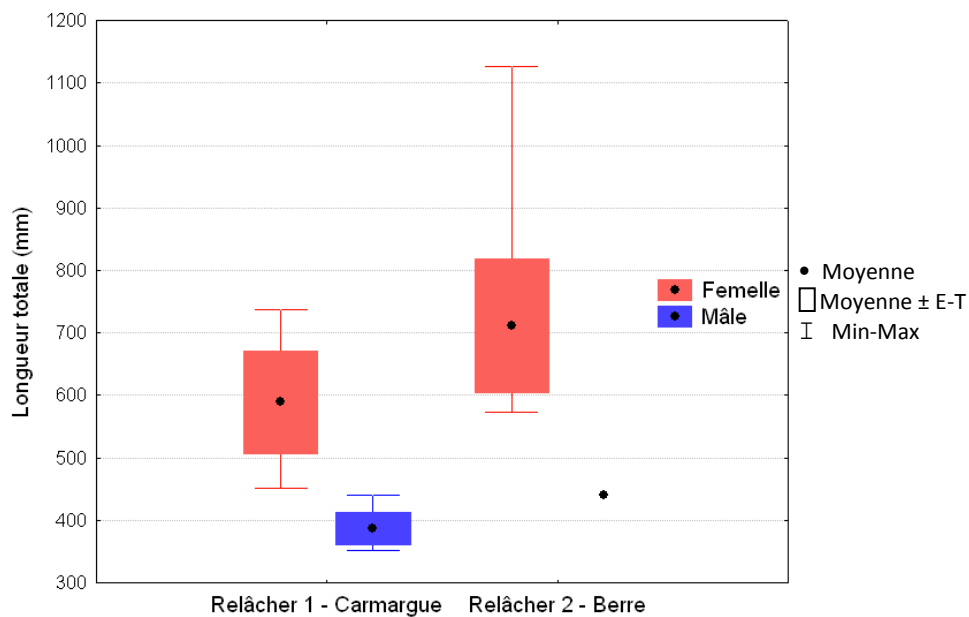


Figure 11 : Longueur totale moyenne (en cm) des anguilles mesurées durant les suivis biométriques.

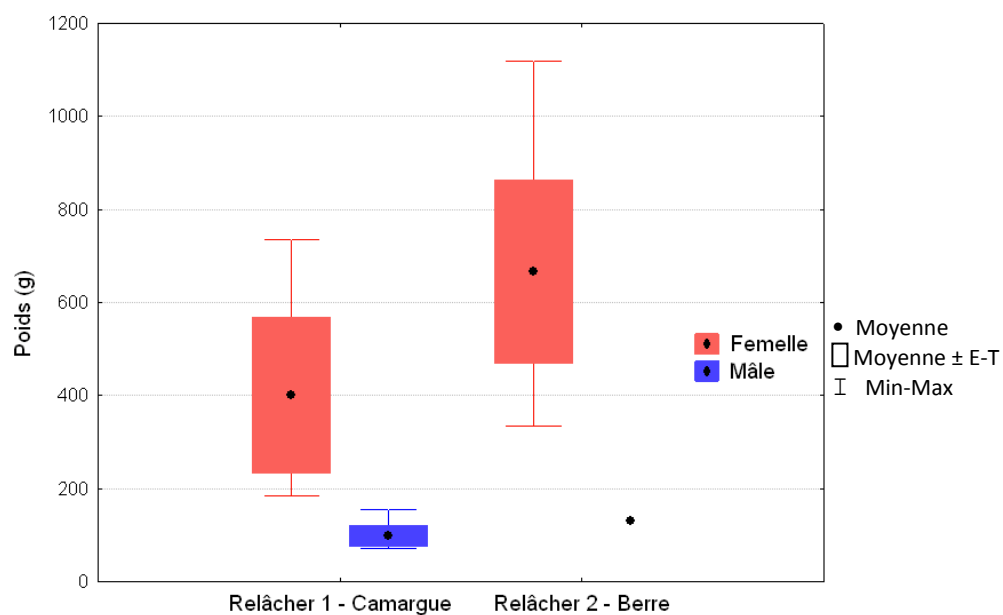


Figure 12 : Poids moyen (en g) des anguilles mesurées durant les suivis biométrique.

3.2.2 Sex-ratio des anguilles argentées

Une grande majorité d'anguilles femelles a été relâchée. Sur l'étang de Berre, on retrouve un taux de femelles important (88%).

La maturation sexuelle chez l'anguille est densité dépendante et est influencée par les facteurs environnementaux. Une densité d'anguilles trop importante induirait une différenciation sexuelle en faveur des mâles du fait du stress induit. Cette caractéristique est aussi observée en aquaculture où une grande majorité de mâle est produite (Davey & Jellyman, 2005, Adam *et al.*, 2008). A l'inverse,

c'est à de faible densité qu'est observée une dominance femelle (jusqu'à 35-40 kg/ha). Le nombre de site échantillonné est trop faible pour pouvoir certifier le fait que les anguilles soient majoritairement femelles dans l'étang de Berre du fait de sa superficie (15 500 ha) et de sa profondeur (en moyenne de 6 mètres et atteignant 9 mètres maximum) par rapport aux étangs de Camargue (13.9 Ha pour l'étang de l'Impérial et 6 500 ha pour le Vaccarès qui a une profondeur maximale de 2 mètres) (Abdallah *et al.*, 2009). De plus, la qualité de la lagune joue aussi un rôle, plus un site sera riche en nutriment plus il pourra supporter une plus grande densité d'anguilles.

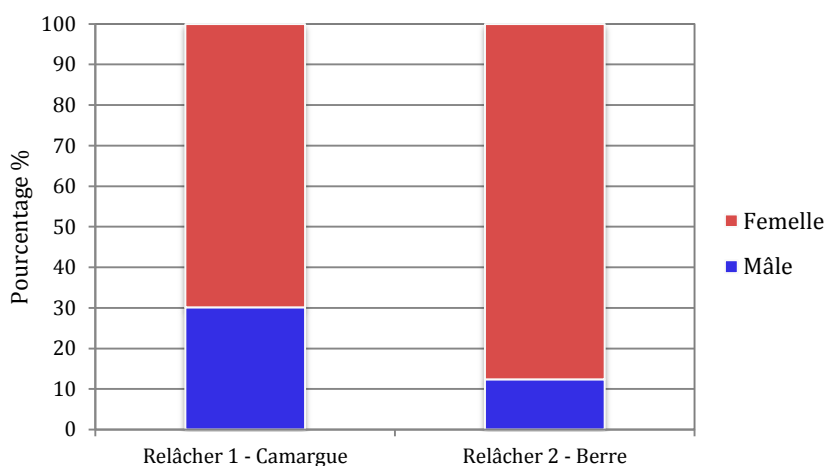


Figure 13 : Pourcentage d'individus mâles et femelles mesurés durant les suivis biométriques (sauf pour le relâché 2 - Berre où sont présentés les résultats obtenus lors de la vérification des serbes).

3.3 Etat de santé

L'état de santé des anguilles s'observe tout d'abord par leur aspect extérieur. C'est au relâché de Camargue que l'on retrouve une majorité d'anguilles en bon état (98%). Les serbes étaient adaptées au stockage des anguilles (taille et maillage) et seulement quelques anguilles avaient d'anciennes marques de filets. Il a été remarqué qu'à l'étang de Berre les serbes des pêcheurs contenaient trop d'anguilles (>40kg) avec des mailles trop grandes. Malgré les tris avant pesée on retrouve 8% d'anguilles marquées ou abimées et, selon certaines serbes, peu énergiques. Il n'est cependant pas possible d'estimer précisément l'impact sur leur migration et reproduction mais cela n'est pas à négliger.

3.3.1 Taux de lipides

Les mâles relâchés ont un taux de lipides plus élevé que celui des femelles (Figure 14). En moyenne, 97% des mâles ont un taux supérieur à 20%, et 72 % pour les femelles (Figure 15). Il n'y a pas de différences significatives entre les deux lagunes. Si l'on compare ces taux de lipides avec les résultats

obtenus en Languedoc-Roussillon on s'aperçoit qu'en PACA un plus grand nombre d'anguilles a un taux de lipides suffisant pour effectuer la migration par rapport à certains sites de Languedoc-Roussillon. Cette différence peut être due au fait que l'on se trouve en fin de période d'avalaison mais aussi par l'éventuel biais du fatmeter®.

Le taux de lipides est un paramètre important chez l'anguille dévalante. En dessous de la limite des 20% du taux de lipides, les anguilles n'aurait pas assez de réserve pour effectuer les 6000km de traversée car l'anguille ne se nourrit plus durant la migration, son énergie est alors pompée dans ses réserves. Plus une anguille a de réserves, plus elle a de chance d'atteindre le site de reproduction et de terminer son cycle de vie.

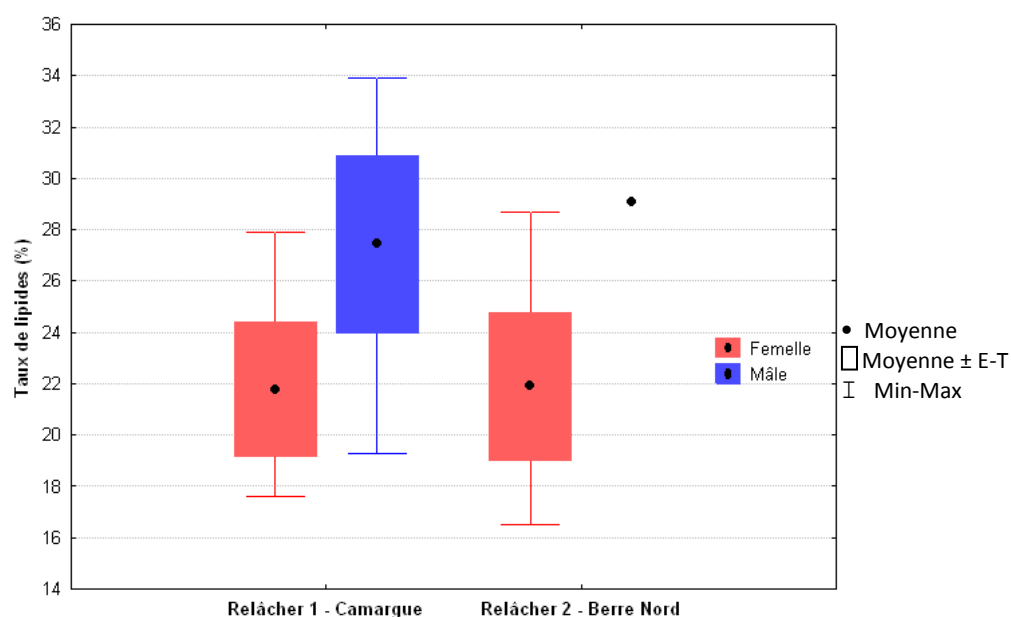


Figure 14 : Taux de lipides (en %) chez les anguilles argentées mâles et femelles mesurées.

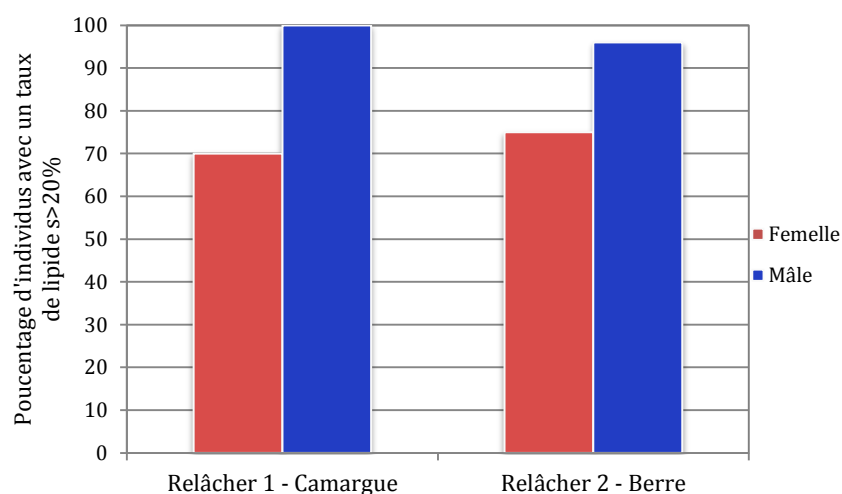


Figure 15 : Pourcentage d'individus mâles et femelles ayant un taux de lipides supérieur à 20%.

3.3.2 Facteur de condition K de Fulton

Comme défini dans le chapitre 1.2.2, le facteur de condition de Fulton est un rapport entre le poids et la taille de l'individu. Les femelles ont un plus fort facteur de condition que les mâles (en moyenne environ 1.9 contre 1.6). Cependant il n'y a pas de différences significatives entre les deux lagunes et les deux sexes.

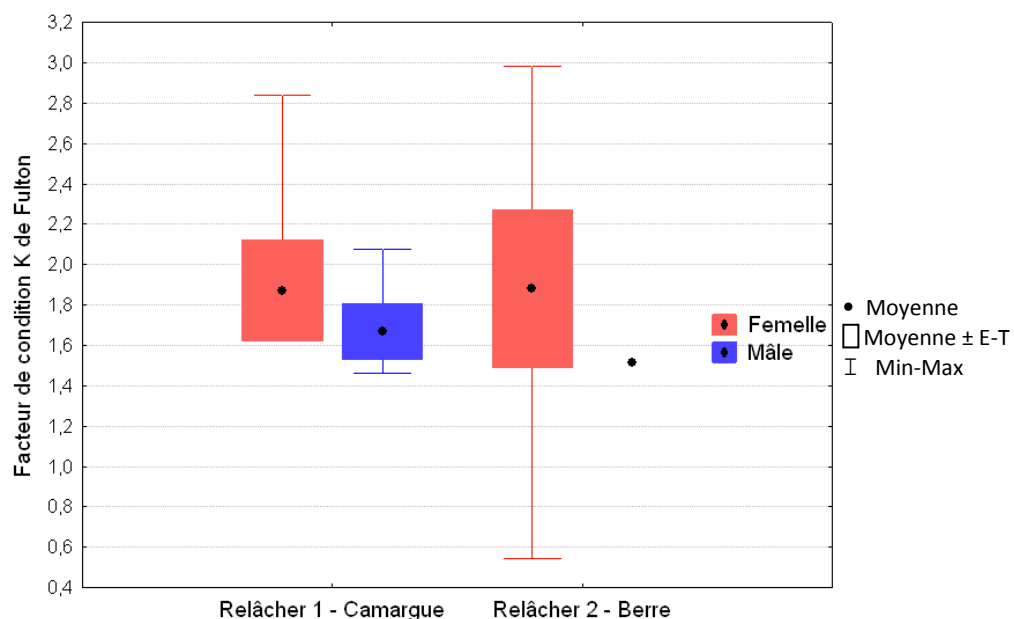


Figure 16 : Facteur de condition de Fulton (K) d'anguilles mâle et femelle argentées relâchées.

3.3.3 Analyses chimiques et biologiques

L'analyse en contaminant chimique et biologique n'ayant pas pu se réaliser faute de budget, les anguilles ont été congelées en attente d'éventuelles analyses ultérieures. Ces résultats permettront d'évaluer la qualité des lagunes échantillonnées mais aussi l'état de santé et la qualité des géniteurs.

3.4 Evaluation du nombre d'anguille

Le nombre d'anguille a été calculé de la même façon qu'Amilhat *et al.*, 2012b, en prenant le sexe ratio, le poids moyen mâle et femelle. **Au total, il ressort que 3841 anguilles ont été relâchées dont 960 mâles (95.8 kg) et 2881 femelles (1623 kg).** Ces résultats proviennent d'une extrapolation des échantillons d'anguilles prélevées pour les suivis biométriques mais ils donnent un ordre d'idée sur la composition d'anguilles relâchées pour la migration.

4. Conclusion et discussion

Pour la période de dévalaison 2013, 1 727 kg d'anguilles (soit 3841 individus) ont été relâchées en PACA. Plus de 90 % d'anguilles au stade argenté ont été collectés, composés en grande majorité de femelles : 70% de femelles en Camargue et 80% à l'étang de Berre. La longueur moyenne des femelles est de 66.4 cm pour un poids de 563 g, tandis que les mâles atteignent en moyenne 38.9 cm pour 99.1 g. L'état de santé des anguilles est dans l'ensemble bon pour la Camargue mais certaines anguilles provenant de l'étang de Berre avaient des marques de filets et n'étaient pas très vivaces au moment de la collecte. Dans l'ensemble, plus de 70% des femelles ont un taux de lipide supérieur à 20%, contre quasiment 100% des mâles.

L'objectif des 4 800kg n'a pas été atteint mais cette première année de relâché a permis d'informer et d'impliquer les pêcheurs dans un programme de gestion du stock d'anguilles et laisse prévoir un plus grand engagement de la part des professionnels pour de futurs relâcher. Dans les Bouches-du-Rhône la quantité d'anguilles pêchées déclarées est estimée à 154 tonnes d'anguilles en 2011 et 181 tonnes d'anguilles en 2012 (Données CRPMEM PACA).

Les relâchés ont été réalisés à la fin de la période de dévalaison, en janvier 2014, mais sont comptabilisés pour l'année 2013. Cette année représente une année test car ce sont les premiers relâchés réalisés en PACA. Afin d'assurer la réussite du programme, il a été relevé plusieurs points qui pourraient être améliorés dans le futur :

- La période de relâché est bien évidemment tardive, il est certain que dans l'avenir les relâchés devront se faire dès le début de la dévalaison (octobre-novembre). En effet, certains pêcheurs ont répondu positivement au projet mais ne se sont pas présentés les jours des relâchés. Du fait de la période de relâché et de la nouvelle année d'autorisation de pêche à l'anguille, de nombreux professionnels n'avaient pas la quantité d'anguilles argentées demandée (120 kg) ou les autorisations nécessaires.
- Il semblerait que les pêcheurs n'aient pas eu connaissance du protocole détaillé à suivre. Certaines serbes de stockage contenaient effectivement plus de 40 kilos avec des mailles plus grandes, ce qui a entraîné des blessures et une qualité de stockage médiocre. Il est primordial d'informer pêcheurs et mareyeurs de tous les critères à respecter.

- On comptabilise un certain nombre d'anguilles jaunes dans les premières serbes des pêcheurs ce qui nous a obligé à faire un tri plus important sur les autres serbes avant la pesée. Il faut noter que ce sont uniquement des anguilles argentées et en bon état qui sont destinées aux relâchés.

On notera aussi que les pêcheurs ayant calé leurs filets en amont des sites de déversement, aux Saintes-Maries-de-la-Mer, n'ont pas signalé de pêche particulièrement importante les jours suivant les relâchés. Ce renseignement permet de prédire que les anguilles sont parties en mer pour entamer la migration.

5. Bibliographie

- Abdallah, Y., Crivelli, A.J., Lebel, I., Mauclert, V., Henissart, C., Marobin, D., 2009. État des lieux de la pêche professionnelle à l'Anguille (*Anguilla anguilla*) en Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Association Migrateurs Rhône Méditerranée, Pôle Relais Lagunes Méditerranéennes, Station biologique Tour du Valat, Comité Régional des Pêches et des Elevages Marins PACA, Parc Naturel Régional de Camargue. 51 p. + annexes.
- Adam, G., Feunteun, E., Prouzet, P., Rigaud, C., 2008. L'anguille européenne: Indicateurs d'abondance et de colonisation. Versailles : Editions Quae, 400 p.
- Amilhat, E., 2007. Etat sanitaire de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* dans le bassin Rhône Méditerranée et Corse : synthèse bibliographique. Rapport Pôle lagunes et Cépralmar. BETM, Université de Perpignan. 88p.
- Amilhat, E., Feunteun, E., Simon, G., Faliex E., Crivelli, A., Lecomte, R., Chassanite, A., Sasal, P., Farrugio, H., 2012a. Protocole de relâché d'anguilles argentées en Méditerranée française. 14p.
- Amilhat, E., Simon, G., Chassanite, A. Faliex, E., 2012b. Suivi scientifique de l'étude pilote de relâchés d'anguilles argentées en Méditerranée – Nov-Déc 2011 - Résultats préliminaires. 13p.
- Boëtius, I., Boëtius, J., 1980. Experimental maturation of female silver eels, *Anguilla anguilla*. Estimates of fecundity and energy reserves for migration and spawning. Dana 1, 1–28.
- Boëtius, I., Boëtius, J., 1985. Lipid and protein content in *Anguilla anguilla* during growth and starvation. Dana, 4, 1-17.
- Davey, A.J.H., Jellyman, D.J., 2005. Sex determination in freshwater eels and management options for manipulation of sex. Reviews in Fish Biology and Fisheries 15:37-52.
- Durif, C., Elie, P., Dufour, S., Marchelidon, J., Vidal, B., 2000. Analyse des paramètres morphologiques et physiologiques lors de la préparation à la migration de dévalaison chez l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) du lac de Grand-Lieu (Loire-Atlantique). Cybium, 24(3) suppl., 63-74., 24(3), 63-74.

- Durif, C. 2003. Thesis abstract: The downstream migration of the European eel, *Anguilla anguilla*: characterization of migrating silver eels, migration phenomenon, and obstacle avoidance. PhD thesis, University of Toulouse, France, 348 p.
- Durif, C., Dufour, S., Elie, P., 2005. The silvering process of *Anguilla anguilla*: a new classification from the yellow resident to the silver migrating stage. J. Fish Biol., 66, 1025-1083.
- Fulton, T. W., 1911. The sovereignty of the sea. Edinburgh and London.
- ICES, 2006. Report of the 2006 session of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels Rome, 23-27 January 2006. ICES CM 2006/ACFM:16. 367 p.
- Lefebvre, F., Acou A., Poizat G., Crivelli A. J., Contournet P., Priour F., Soulas O., 2003. Anguillicolosis among silver eels: A 2-year survey in 4 habitats from Camargue (Rhône delta, south of France). Bull. Fr. Pêche Piscic. 368:97-108.
- Marohn, L., Rehbein, H., Kündiger, R., Hanel, R., 2008. The suitability of cytochrome-P4501A1 as a biomarker for PCB contamination in European eel (*Anguilla anguilla*). Journal of Biotechnology, 136, 135–139.
- Perez Lopez, M., Novoa Valinas, M.C., Melgar Riol, M.J., 2002. Induction of cytosolic Glutathione S-transferases from Atlantic eel (*Anguilla anguilla*) after intraperitoneal treatment with polychlorinated biphenyls. Science of the Total Environment, 297, 141–151.
- Pierron, F., Baudrimont, M., Bossy, A., Bourdineaud, J.P., Brethes, D., Elie, P., Massabuau, J.C., 2007a. Impairment of lipid storage by cadmium in the European eel (*Anguilla anguilla*), Aquatic Toxicology, 81 (3), 304-311.
- Pierron, F., Baudrimont, M., Gonzalez, P., Bourdineaud, J.P., Elie, P., Massabuau, J.C., 2007b. Common pattern of gene expression in response to hypoxia or cadmium in the gills of the European glass eel *Anguilla anguilla*, Environmental Science and Technology., 41, 3005-3011.
- Pierron, F., Baudrimont, M., Dufour, S., Elie, P., Bossy, A., Baloche, S., Mesmer- Dudons, N., Gonzalez, P., Bourdineaud, J.P., Massabuau, J.C., 2008a. How cadmium could compromise the completion of the European eel's reproductive migration, Environmental Science and Technology, 42 (12), 4607-4612.
- Pierron, F., Baudrimont, M., Lucia, M., Durrieu, G., Massabuau, J.C., Elie, P., 2008b. Cadmium uptake by the European eel: Trophic transfer in field and experimental investigations, Ecotoxicology and Environmental Safety, 70, 10-19.

- Pierron, F., Baudrimont, M., Dufour, S., Elie, P., Bossy, A., Lucia, M., Massabuau, J.-C., 2009. Ovarian gene transcription and effect of cadmium pre-exposure during artificial sexual maturation of the European eel (*Anguilla anguilla*). *BioMetals*, vol. 22, n° 6, p. 985 – 994.
- Renault, S., 2011. Etude Ecotoxicologique des impacts des Contaminations Métalliques et Organiques chez l'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.), dans l'estuaire de la Gironde. PhD thèse, Université de Bordeaux, 420 p.
- Schmidt, J., 1922. The breeding places of the eel. *Royal Society of London Biological Sciences*, 211, 179-211.
- Tesch, F.-W., 2003. *The eel*. Blackwell Publishing, fifth edition, 408 p.
- van Ginneken, V., Palstra, A., Leonards, P., Nieveen, M., van den Berg, H., Flik, G., Spanings, T., Niemantsverdriet, P., van den Thillart, G., Murk A., 2009. PCBs and the energy cost of migration in the European eel (*Anguilla anguilla* L.). *Aquatic Toxicology*, 92, 213–220.

6. Annexes

- **Annexe 1** : Longueur et âge à l'argenture pour *A. anguilla* et *A. rostrata* d'après la littérature (Durif *et al.*, 2005).
- **Annexe 2** : Fiche de suivi collecte.
- **Annexe 3** : Fiche de suivi biométrique - Echantillon de 60 anguilles.
- **Annexe 4** : Code étiquetage des 15 anguilles prélevées par relâché pour suivi analyse qualité.

Annexe 1 : Longueur et âge à l'argenteure pour l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) d'après la littérature (Durif et al, 2005)

N°	Références		Longueur (cm)		Âge (ans)		Détermination du sexe	Effectifs	Individus dévalants	Type de données/engin de pêche	Lieu
	Femelles	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles	Mâles					
1	(Hurley 1972)		83-92		8-14		Taille	36	Oui	Expérimentale : marquage-recapture / hoopnets or seifines	Lac Ontario (Canada)
2	(Bouillon et Haedrich 1985)		57-93		9-18		Taille	<100	Oui	Expérimentale / verveux	Terre-Neuve
3	(Krueger et Oliveira 1997)		35-93	26-41			Observation des gonades	1824	Oui	Expérimentale / barrel traps, verveux	Rhode Island (E.U.)
4	(Heifman et al. 1987)		59	35-41	5	3-6	Histologie	9	Non	Pêche / piège	Géorgie (E.U.)
5	(Bianchini et al. 1983)		45-76	28-37			Observation des gonades	1500	Oui	Expérimentale / verveux	Rhode Island (E.U.)
6	(Voellestad et Jonsson 1986)		39-106	32,5-45	4-15	3-7	Observation des gonades	300-600	Oui	Expérimentale / wolf trap	Norvège
7	(Svedäng et al. 1996)		46-101		7-29		Observation des gonades	<100	?	Expérimentale et pêcheries / piège, verveux	Suède
8	(Frost 1945b; Frost 1945a)		46-96	35-43	9-19	7-11	Observation des gonades	1400	Oui	Pêcherie	Irlande
9	(Moriarty 1990)		45-99	39-44	8-30	5-15		Grand	Oui	Pêcherie	Irlande
10	(Poole et Reynolds 1996)		40,5-93	29-46	8-57	10-33	Observation des gonades	>5000	Oui	Expérimentale / piège	Irlande
11	(Dufour et Marchelidon 1996)		50-75	35-45	8-11	4-7	Observation des gonades	120	Non	Expérimentale et pêcheries / verveux	Lac de Grand-Lieu (France)
12	(Lobon-Cervia et Carrascal 1992)			28-35			Taille	50	Non	Expérimentale / pêche électrique	Espagne
13	(Rossi 1976)		39-100	36-54	3-14	1-9	Observation des gonades	220-593	Oui	Pêcheries	Adriatique nord (Italie)
14	(Rossi et Villani 1980)		51-73	33-52	1,5-7,5	1,5-7,5	Observation des gonades	≈340	Non	Pêcheries	Adriatique sud (Italie)
15	(De Leo et Gatto 1995)		46-89	30-45	4-15		Taille	1493	Oui	Pêcheries	Adriatique nord (Italie)
16	(Beuillens et al. 1997b)		53-79,5	35-58	3-4	2-3 ^b	Histologie	235	Non	Expérimentales, en laboratoire	
17	(Berfin, 1951) ^a		37-100 et plus	24-51	10-18	8-14					
18	(Lecomte-Finiger 1990) ^a		45-55	35-42	3,4-12,3	2,5-9,1					
19	(Tesch 1979a) ^a		37-130	29-45	6-13	4-9					

^a Synthèses bibliographiques^b Individus indifférenciés

Annexe 2 : Fiche de suivi collecte

DATE:
Lagune:
Site:
Point GPS:

Intervenants				Désinfection du camion								
Prud'homme	Scientifiques	Mareyeurs	Autres (admin)	Conditions météo (vent, temp.)	T°C eau	Salinité au stockage (lagune)	Etat eau lagune	Vol désinfectant	vol eau	temps contact	% oxy camion	Heure Collecte
N°	Nom pêcheur	Kg	Site de pêche	Nb jaunes mâles	Nb jaunes femelles	Nb argentées mâles	Nb argentées femelles	Etat général des anguilles	% jaunes	% argentées	Remarques	
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

Annexe 3 : Fiche de suivi biométrique - Echantillon de 60 anguilles

DATE:				Heure:												
Lagune:				Scientifiques présents:												
Site:				Autres personnes:												
Point GPS:				Temps des mesures												
Concentration eugénoïl:																
N°	Marques de filet Fraiches	Marques de filet nécrosées	Stade: Jaune/argentée	Couleur contrastée oui/non	Corpuscules noirs sur ligne latérales oui/non	Longueur total (cm)	Poids (g)	diam œil gauche vert (mm)	diam œil gauche Horiz (mm)	Long nageoire pect gauche (mm)	diam œil droit vert (mm)	diam œil droit Horiz (mm)	Long nageoire pect droit (mm)	Lipides	Congélation	Remarques (code échantillon...)
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																

Annexe 4 : Code étiquetage des 15 anguilles prélevées par relâché pour suivi analyse qualité et points GPS des sites de prélèvement et de déversement

Lagune	Site de prélèvement	Longitude (X)	Latitude (Y)	Site de déversement	Longitude (X)	Latitude (Y)	Code lagune	Code étiquetage
Camargue (Vaccarès-impérial)	L'écoulage- Etang de l'impérial	4.443422°E	43.474166°N	Saintes-Maries-de-la-Mer -Pertuis de la Fourcade	4.445379°E	43.456479°N	VAC	VAC_1-15_06JAN14
Berre	St Chamas - Istres	5.030767°E- 4.998388°E	43.547783°N- 43.497577°N	Port-de-Bouc	4.988845°E	43.404612°N	BER1	BER1_1-15_13JAN14