



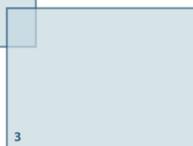
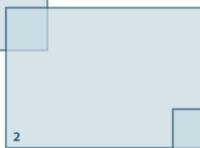
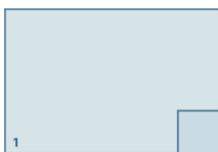
Suivi de la passe-piège à anguilles du barrage E.D.F. de Mallemort sur la Durance

- Campagne 2009 -
- Synthèse 2004-2009 -



Suivi sur site : ALAMELLE Bernard (Fédération de Pêche de Vaucluse)

Rédaction du rapport : LE GURUN Laëtitia (Association Migrateurs Rhône-Méditerranée)



1 : © MRM / F. GARDIN, 2007

2 : © EDF, 2009

3 : © MRM / F. GARDIN, 2007

ALAMELLE B., LE GURUN L., LEBEL I., 2010. *Suivi de la passe-piège à anguilles du barrage E.D.F. de Mallemort sur la Durance, Campagne 2009, Synthèse 2004-2009.* Association Migrateurs Rhône-Méditerranée, Fédération de Vaucluse pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique : 49 p + annexes.

Étude commandée par :

Association Régionale des Fédérations de Pêche de Provence Alpes Côtes d'Azur (dans le cadre de la convention de partenariat avec Electricité de France)

Étude réalisée par :

Fédération de pêche du Vaucluse

Association Migrateurs Rhône-Méditerranée

Partenaires techniques :

Fédération de pêche du Vaucluse

EDF Production Méditerranée

Suivi de terrain :

Bernard Alamelle, Fédération de pêche du Vaucluse

Saisie et interprétation des données :

Bernard Alamelle, Fédération de pêche du Vaucluse

Laëtitia Le Gurun, Association Migrateurs Rhône-Méditerranée

Rédaction, correction et mise en page du rapport :

Laëtitia Le Gurun, Association Migrateurs Rhône-Méditerranée

Isabelle Lebel, Association Migrateurs Rhône-Méditerranée

Géraldine Duvochel, EDF

RESUME

Le Plan de Gestion des Poissons Migrateurs du bassin Rhône Méditerranée Corse 2004/2009 prévoit de "Conforter le stock d'anguilles en favorisant les zones de croissance les plus productives" sur les affluents du Rhône en aval de l'Ardèche. Sur la Durance, la section concerne à peu près 100 kilomètres de linéaire de cours d'eau, jusqu'à l'aval du barrage EDF de Cadarache (COGEPOMI, 2003). Ainsi, en septembre 2003, une passe-piège à anguilles a été mise en place au barrage hydroélectrique EDF de Mallemort qui correspondait à une zone de blocage dans la migration trophique de l'Anguille sur ce cours d'eau (44 km de la confluence).

Dans le cadre d'une convention de partenariat entre EDF et la Fédération de Pêche Vaucluse, une étude est lancée depuis 2004. L'objectif est de suivre la migration des anguilles au niveau de la passe-piège du barrage EDF de Mallemort. Cet aménagement constitue un dispositif de piégeage permanent dont la relève s'effectue deux à trois fois par semaine suivant la dynamique migratoire des anguilles.

En 2009, 94 anguilles ont été capturées dans la passe-piège. Sur la période de suivi 2004-2009, les effectifs annuels restent faibles par rapport aux captures au niveau des passe-pièges de l'aménagement de Vallabrègues (ouvrage du Rhône permettant l'accès à la Durance). La distance de l'ouvrage à la mer, associée à la présence d'ouvrages en aval (6 obstacles) et leur impact cumulé, explique en grande partie ce phénomène.

Sur les cinq années de suivi, la population migrante est constituée d'anguillettes mais également d'anguilles jaunes (100 à 510 mm). La migration peut donc être rapide pour certains individus (1 individu de 100 mm capturé en 2008).

En 2009, la migration a commencé en juillet pour se terminer fin octobre. L'évolution des captures a largement été influencée par l'action synergétique de la température de l'eau et du débit. Alors que le débit aurait une action inhibitrice sur la colonisation d'un bassin par les anguilles (capacités de nage), la température de l'eau semble déclencher et structurer en partie leur activité migratoire. Toutefois, la non fonctionnalité de la passe-piège (déconnexion de la rampe aval du plan d'eau) jusqu'en juin nuance ces propos.

D'ores et déjà, le suivi de la passe-piège du barrage de Mallemort devra être poursuivi en 2010 et dans le cadre du futur plan de gestion 2010-2014 avec notamment une réflexion sur l'automatisation du suivi.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CONTEXTE DE L'ETUDE	3
I. L'ANGUILLE EUROPEENNE (<i>ANGUILLA ANGUILLA</i>)	3
I.1. <i>Cycle biologique de l'Anguille européenne</i>	3
I.2. <i>Répartition des anguilles</i>	4
I.3. <i>État des populations de l'Anguille européenne</i>	6
I.4. <i>Contexte institutionnel et réglementaire</i>	8
II. LA ZONE D'ETUDE	12
II.1. <i>La Durance</i>	12
II.2. <i>Obstacles sur l'axe Rhône-Durance aval</i>	14
METHODES	21
I. SUIVI DE LA PASSE-PIEGE A ANGUILLES	21
II. SUIVI DES PARAMETRES ABIOTIQUES	23
III. TRAITEMENT DES DONNEES	23
III.1. <i>Caractéristiques biologiques des anguilles</i>	23
III.2. <i>Caractérisation de la migration des anguilles</i>	23
RESULTATS	24
I. EFFECTIFS DE CAPTURES	24
II. CARACTERISATION BIOLOGIQUE DES ANGUILLES	24
II.1. <i>Longueur et poids moyens</i>	24
II.2. <i>Relation taille poids</i>	25
II.3. <i>Structure de la population</i>	27
II.4. <i>Évolution des caractéristiques biologiques des individus</i>	28
III. CARACTERISATION DE LA MIGRATION DES ANGUILLES	30
III.1. <i>Période de migration et évolution des captures</i>	30
III.2. <i>Paramètres environnementaux influençant la migration</i>	31
DISCUSSION	36
I. EFFECTIFS DE CAPTURES	36
II. CARACTERISATION BIOLOGIQUE DES ANGUILLES	37
III. CARACTERISATION DE LA MIGRATION DES ANGUILLES	37
IV. LA PHASE DE DEVALAISON DE L'ANGUILLE DE MALLEMORT A LA MER	39
V. PERSPECTIVES	41
CONCLUSION	42
BIBLIOGRAPHIE	43
TABLE DES FIGURES	47
TABLE DES TABLEAUX	48
ANNEXES	49

INTRODUCTION

L'Anguille européenne est un poisson migrateur amphihalal thalassotoque dont le cycle de vie est unique et suscite encore de nombreuses questions.

Sur les vingt dernières années, les indices de recrutement et d'échappement de l'Anguille ont fortement chuté sur l'ensemble de son aire de répartition (FEUNTEUN, 2002 ; ICES, 2006). Les causes de ce déclin sont multiples, la plupart des scientifiques s'accordant à penser que les modifications climatiques influant sur les courants de l'Atlantique Nord ainsi que l'apparition du nématode parasite *Anguillicola crassus* constituent les deux principales. L'exploitation halieutique et l'impact des barrages figurent parmi les causes pour lesquelles une action est possible. Le faible niveau actuel des stocks exige en particulier d'éviter une surpêche liée au braconnage et d'améliorer le taux d'échappement des anguilles adultes (anguilles argentées).

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

En parallèle, le Plan Migrateurs Rhône Méditerranée, instauré en 1993, fixe les grandes priorités de restauration des populations d'Alose et d'Anguille sur les bassins Rhône Méditerranée et Corse (RM & C). Sa deuxième phase, intégrée dans le Plan de Gestion des Poissons Migrateurs (PLAGEPOMI) 2004-2009, préconise entre autres, le développement significatif du stock d'Anguilles disponible pour la reproduction et la pêche en rendant accessibles les zones de croissance les plus productives sur le Rhône, ses annexes hydrauliques et ses affluents.

La Durance - 1^{er} affluent de rive gauche - est concernée par cet objectif jusqu'à l'aval du barrage EDF de Cadarache, soit sur un linéaire de 100 km (COGEPOMI, 2003). C'est dans ce cadre qu'une passe-piège à Anguille a été installée sur le barrage EDF de Mallemort en septembre 2003. Cet ouvrage constituait jusqu'à son aménagement une zone de blocage des anguilles dans leur migration trophique sur la Durance.

Le suivi de cette passe, commencé en 2004, répond également à un second objectif du PLAGEPOMI qui est de disposer d'éléments scientifiques, techniques et financiers afin d'arrêter une stratégie à long terme en faveur de l'Anguille sur le bassin du Rhône. Les données obtenues lors de ce suivi complètent celles acquises sur d'autres sites équipés de manière similaire (passes-pièges de Vallabrègues et des Saintes Maries de la Mer). Tous ces éléments viendront alimenter le tableau de bord « Anguille » des bassins RM & C et plus largement le réseau de surveillance européen de cette espèce. Ils serviront également de base de réflexion à la mise en œuvre d'études dans le cadre du nouveau plan de gestion en faveur de l'Anguille (règlement CE n° 1100/2007).

Ce présent rapport a pour objectif de décrire la migration des anguilles au niveau de la passe-piège du barrage EDF de Mallemort. Outre l'analyse des captures de l'année 2009, une comparaison avec les précédentes années sera effectuée tant au niveau des caractéristiques biométriques de la population migrante que de la dynamique migratoire de l'espèce.

CONTEXTE DE L'ETUDE

I. L'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*)

L'anguille européenne est un poisson migrateur amphihalal thalassotoque c'est-à-dire qu'il effectue sa croissance en eau douce et sa reproduction en mer. Son aire de répartition s'étend largement en Europe. Aussi, l'Anguille est une espèce opportuniste et ubiquiste. Elle est en effet capable de s'adapter à tous types d'habitats aquatiques accessibles.

I.1. Cycle biologique de l'Anguille européenne

Actuellement, le cycle biologique de l'Anguille, et plus particulièrement sa phase marine, sont mal connus voire controversés (ACOU, 2006). Toutefois, le cycle vital de cette espèce se caractérise par (Figure 1) :

- Deux migrations transocéaniques de courte durée par rapport à la phase de croissance en milieu continental,
- Deux métamorphoses.

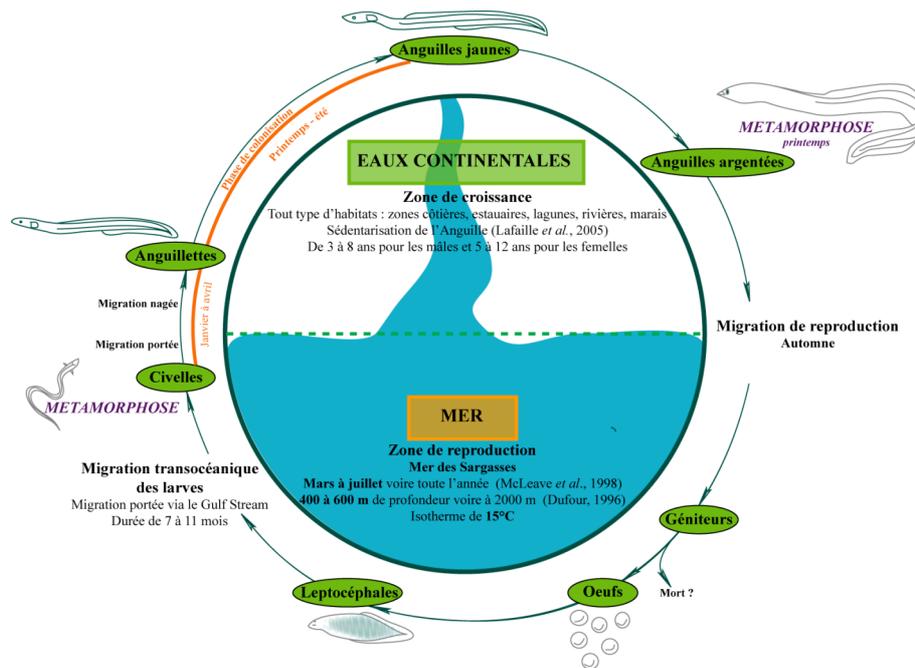


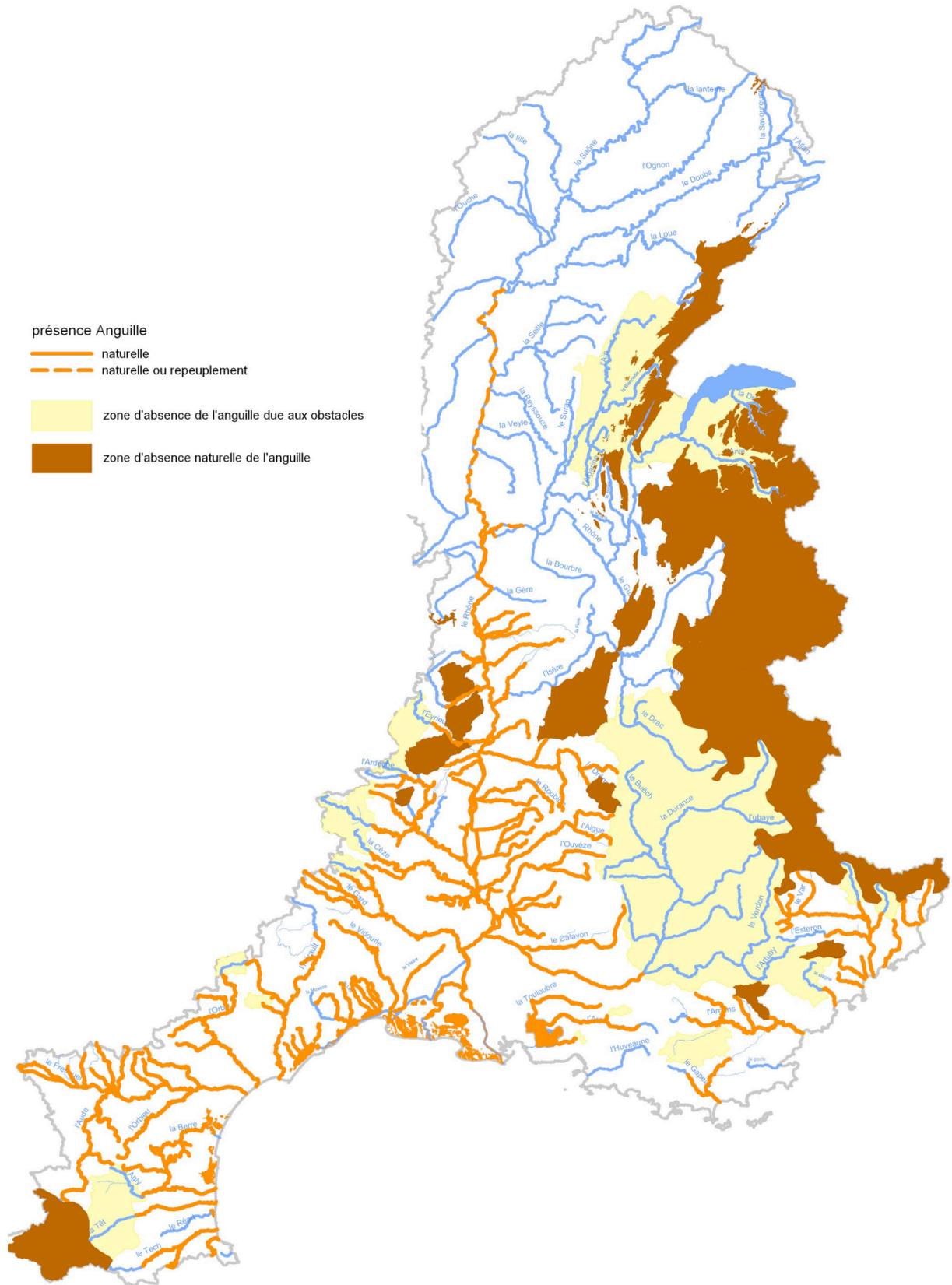
Figure 1 : Cycle biologique de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) (MRM)

Espèce vraisemblablement semelpare (une seule reproduction au cours de son cycle de vie) et panmictique (population où tous les individus peuvent se croiser au hasard) (SCHMIDT, 1922 ; CRIVELLI, 1998), l'Anguille se reproduit en Mer des Sargasses de mars à juillet. À l'éclosion, les larves leptocéphales (forme en feuille de saule) sont entraînées - migration passive - par les courants chauds de l'Océan Atlantique (courant du Gulf Stream) et abordent les côtes européennes après une migration de 7 à 11 mois sur près de 6 000 km (LECOMTE-FINIGER, 1994).

Aux abords du talus continental, les larves se métamorphosent en civelles (anguilles non pigmentées). Après une courte phase de stabulation dans la zone littorale, les civelles entament une migration portée puis nagée dans les estuaires entre janvier et avril en région Méditerranéenne (LEFEBVRE *et al.*, 2003). La métamorphose se continue jusqu'au stade « Anguilette » (pigmentation généralisée). Les anguillettes poursuivent leur migration vers l'amont en colonisant les hydrosystèmes continentaux accessibles. Le comportement migratoire et les mécanismes entrant en jeu dans cette phase sont actuellement très peu étudiés (ACOU, 2006). Dans ces milieux, les anguilles vont atteindre le stade appelé « Anguille jaune » caractérisé par une phase de croissance essentiellement sédentaire. Elles resteront en eau douce jusqu'à leur maturation sexuelle soit de 3 à 6 ans en région méditerranéenne (ACOU *et al.*, 2003). Cette écophase est la mieux connue du fait de la facilité d'échantillonnage en milieu continental. La préparation à la migration de reproduction entraîne la métamorphose des anguilles jaunes en anguilles argentées au printemps. La dévalaison de ces dernières a lieu à l'automne sous l'effet de facteurs endogènes inconnus. Elles rejoignent alors la Mer des Sargasses pour s'y reproduire.

I.2. Répartition des anguilles

Sur les bassins RM & C, l'Anguille européenne colonise tous les hydrosystèmes accessibles saumâtres et dulçaquicoles dont l'altitude est inférieure à 1 000 m. La répartition actuelle de cette espèce confirme la grande diversité de milieux aquatiques colonisés par l'espèce - Rhône et affluents, fleuves côtiers, lagunes -, répartis dans diverses zones géographiques (Pyrénées-Orientales, Alpes du Sud, contreforts du Massif Central, basses plaines méridionales...) (Figure 2).



Délégation de Bassin Rhône-Méditerranée - DREAL Rhône-Alpes - Mars 2010 - CL

Figure 2 : Répartition de l'Anguille européenne sur les bassins RM & C (Délégation de Bassin Rhône-Méditerranée - DREAL Rhône-Alpes)

Une diminution graduelle de la population d'Anguille s'observe de l'aval vers l'amont sur un bassin versant. Les principaux facteurs sont :

- L'éloignement à la mer (CHANCEREL, 1994 ; KNIGHTS *et al.*, 2001) :

La diminution de l'abondance est souvent observée sur les longs cours d'eau. Les niveaux d'abondances d'anguilles diminuent rapidement sur les 80 à 100 premiers kilomètres suivant les situations (LEPREVOST, 2007).

- Le niveau typologique :

Il est révélateur du gradient amont-aval (distance à la source) et de la qualité de l'habitat (température de l'eau, pente, dureté de l'eau, section mouillée et largeur du cours d'eau à l'étiage) (OBERDORFF *et al.*, 2001).

- La densité-dépendance :

Les anguilles colonisent le bassin versant par diffusion de l'aval vers l'amont en laissant la place aux plus jeunes (IBBOTSON *et al.*, 2002 *in* LEPREVOST, 2007). Cette théorie suggère que les anguillettes colonisent d'abord l'aval d'un bassin versant et ne remontent vers l'amont que lorsque les densités à l'aval sont trop importantes. Les paramètres entrant en jeu sont la température, les difficultés de migration et la qualité de l'habitat.

- Les obstacles à la migration :

Les barrages et les seuils perturbent la libre circulation en engendrant un retard voire un blocage de la migration (LAFAILLE *et al.*, 2003). En effet, les faibles capacités de saut et de nage limitent le franchissement des seuils et l'utilisation des dispositifs de franchissements à aloses et/ou salmonidés. Seule sa disposition à la reptation sur des parois inclinées humidifiées lui permet d'accéder aux zones amont. Les barrages et les seuils ont donc un effet plus important sur la répartition des anguilles que la distance à la mer (WHITE et KNIGHTS, 1997 ; BRIAND *et al.*, 2005).

I.3. État des populations de l'Anguille européenne

Aujourd'hui, les experts scientifiques mondiaux de l'Anguille s'accordent à dire que le stock européen de l'espèce ainsi que son recrutement est en déclin (ICES, 2008). En effet, ces vingt dernières années, la population européenne d'Anguille aurait diminué de 50 % (75 % pour les 40 dernières années). Plus particulièrement, le stock de civelles ne représente actuellement plus que 3% du stock des années 1970-79.

Ce déclin a conduit à son classement en danger critique d'extinction dans le « livre rouge des espèces menacées » de l'IUCN (International Union for Conservation of Nature). En effet, le niveau actuel du stock de géniteurs et son incidence possible sur le potentiel de reproduction de l'espèce se traduit par un risque écologique grave d'effondrement complet et irréversible de la ressource. L'Anguille européenne a également été ajoutée, en juin 2007, 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 seront par conséquent contrôlées par l'élaboration de permis afin d'éviter une utilisation incompatible avec la survie de l'espèce (ICES, *ibidem*).

Même si la déviation du Gulf Stream est souvent avancée et privilégiée pour expliquer la dégradation de la population d'Anguille (MCLEAVE et ARNOLD, 1999), une analyse de la relation stock/recrutement à l'échelle européenne controverserait cette théorie (DEKKER, 2004).

Bien que les causes et plus exactement leur hiérarchisation soient incertaines, l'action synergétique des facteurs anthropiques est susceptible d'amplifier considérablement la diminution d'abondance du stock. On peut citer le parasite *Anguillicola crassus*, la dégradation de la qualité des habitats, les obstacles à la migration et la pêche. Ces deux dernières causes sont vraisemblablement celles pour lesquelles des actions en faveur de l'Anguille auront le plus d'effet sur le court terme, d'autant plus en région méditerranéenne où une anguille argentée femelle est produite entre 3 à 6 ans (ACOU *et al.*, 2003) contre 12 à 20 ans en milieux continentaux d'Europe du Nord (SVEDÅNG *et al.*, 1996).

Les bassins RM & C ne dérogent pas à la situation inquiétante de la population d'Anguille, qui reste néanmoins difficile à évaluer. Seules les pêcheries d'anguilles jaunes et argentées – la civelle est interdite à la pêche – et dans une moindre mesure les passes-pièges à anguilles depuis 2003 constituent un indicateur d'état du stock méditerranéen d'anguilles sur le territoire.

La gestion de l'Anguille est d'autant plus complexe qu'elle doit prendre en compte l'importance économique attachée à cette espèce : c'est en effet l'une des rares espèces d'eau douce largement exploitée par la pêche professionnelle. La pêche de 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 Méditerranée, la pêche de l'Anguille jaune et argentée dans les lagunes représente l'activité économique principale puisque la pêche à la civelle est interdite. Activité ancestrale et économiquement importante, cette pêche fait vivre environ 600 pêcheurs (COGEPOMI, 2006). Actuellement, la production annuelle d'Anguille est estimée entre 900 et 1 000 tonnes dans les étangs des bassins Rhône Méditerranée & Corse (COGEPOMI, 2008).

I.4. Contexte institutionnel et réglementaire

I.4.1. Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCEE)

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

I.4.2. Le SDAGE

Le SDAGE est un outil de planification des politiques de l'eau sur chaque bassin hydrographique. Le nouveau SDAGE 2010-2015, adopté en octobre 2009, détermine les objectifs de qualité (bon état, bon potentiel écologique, ...) que devront atteindre les masses d'eau (rivières, lacs, eaux souterraines, mer, ...) d'ici 2015.

Ces objectifs sont déclinés selon huit orientations fondamentales accompagnées d'un programme de mesures. L'orientation fondamentale « *Des milieux fonctionnels* » inclut entre autres la problématique des poissons migrateurs et prévoit la restauration du bon fonctionnement des milieux et la réduction de l'érosion de la biodiversité. Les dispositions concernant les espèces amphihalines sont revues à la baisse par rapport au SDAGE 1996-2009 - l'alose sur ses frayères historiques de la Saône à Auxonne et du haut Rhône à Belley et l'Anguille jusqu'à Lyon à l'horizon 2010 - et concilient intérêts écologiques et contraintes environnementales, le but étant de poursuivre la reconquête de leurs axes de migration.

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

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

Ce document public est opposable à l'administration, ce qui lui confère une valeur juridique non négligeable (CROZE et LARINIER, 2001).

I.4.3. Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA)

La LEMA (loi n°2006-1772 du 30/12/2006) crée les conditions qui permettront d'atteindre l'objectif ambitieux de bon état écologique des eaux d'ici 2015 qui a été fixé par la DCEE. Afin de reconquérir la qualité écologique des rivières et de restaurer la continuité tant au niveau des organismes aquatiques qu'au niveau du transport sédimentaire, cette loi apporte plusieurs modifications concernant les ouvrages hydrauliques dont (Abrogation des Art. 432-5 et 432-6 du Code de l'Environnement) :

- Un nouveau dispositif de classement des cours d'eau au titre de la continuité d'ici 2014 (L214-17 CDE) :
 - Liste 1 : Cours d'eau en très bon état écologique ou identifiés par les SDAGE comme jouant le rôle de réservoir biologique nécessaire au maintien ou à l'atteinte du bon état écologique ou dans lesquels une protection complète des poissons migrateurs - eau douce et eau salée - est nécessaire, c'est-à-dire que toute autorisation ou concession relative à un ouvrage – nouveau ou existant - pourra être modifiée par l'autorité publique dès lors que son fonctionnement ne permet pas la préservation des Grands Migrateurs (Art. L214-4 et L215-10 CDE).
 - Liste 2 : Cours d'eau dans lesquels il est nécessaire d'assurer le transport sédimentaire et la libre circulation des poissons migrateurs, c'est-à-dire que tous les ouvrages doivent être gérés, entretenus ou équipés de dispositifs efficaces de franchissement piscicole.
- Le passage de la notion de débit réservé à celle de régime réservé (modulation à l'année),
- La mise en place d'un débit minimum (passage au 1/20^{ème} du module du cours d'eau) sur les tronçons aménagés,
- Le relèvement des débits réservés d'ici 2014 avec la notion de régime réservé (modulation à l'année).

Les articles L.432-5 et L.432-6 du Code de l'Environnement demeurent applicables jusqu'à leur substitution par l'article L.214-17 au plus tard le 1^{er} janvier 2014. Sur les cours d'eau classés au titre de l'article L.432-6 et régis par le double classement (décret et arrêté ministériel fixant la liste d'espèces migratrices), la libre circulation des poissons migrateurs doit être assurée à la montaison et à la dévalaison. Les nouveaux ouvrages ou ceux dont le renouvellement d'autorisation ou de concession est en cours doivent s'équiper dans un délai de 5 ans de dispositifs assurant la libre circulation des poissons. En complément, l'article L.432-5 vise à maintenir un débit minimum à l'aval de chaque ouvrage, afin de permettre la vie, la circulation et la reproduction des espèces piscicoles.

Cette nouvelle loi renforce en outre la gestion locale et partagée de la ressource en eau à travers les schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) dont la portée juridique est renforcée.

L'objectif d'atteinte du bon état écologique des cours d'eau et de continuité écologique a été introduit dans le droit français par la loi Grenelle I (3 août 2009) qui repose sur « *des cours d'eau, parties de cours d'eau, canaux classés pour la préservation de rivières de référence, de réservoirs biologiques et d'axes importants de migration pour les espèces amphihalines et pour le rétablissement de la continuité écologique* ». Sa mise en œuvre a été traduite et proposée dans une loi, dite « loi Grenelle II » dont le projet a été validé le 8 octobre 2009 par le Sénat.

En parallèle, la mise en place du règlement européen en faveur de l'Anguille impose de procéder au classement des cours d'eau sur lesquels la protection de l'Anguille est nécessaire avant le 31 décembre 2010.

Aussi, ces deux textes doivent aboutir à la définition de linéaires et d'ouvrages prioritaires vis-à-vis des espèces migratrices amphihalines, dont la procédure est initiée depuis fin 2008. Ces nouveaux classements seront en outre basés sur les orientations fixées par les SDAGE et PLAGEPOMI.

1.4.4. Règlement européen en faveur de l'Anguille N°1100/2007

Les préoccupations concernant la préservation de l'Anguille européenne se sont faites croissantes ces dernières années et la nécessité des mesures de préservation et de gestion a été clairement mise en évidence par les scientifiques, les gestionnaires et même par le grand public.

Le Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM) recommandait, dans son rapport d'octobre 2002, l'adoption d'urgence d'un programme de reconstitution des stocks d'Anguille européenne (CCE, 2003). Le Parlement européen a donc adopté en novembre 2005 une résolution conviant la Direction des Pêches de la Commission européenne à présenter un Règlement pour la reconstitution des stocks de l'Anguille européenne.

Ainsi, le Conseil des ministres a voté le 18 septembre 2007 un règlement européen (n°1100/2007) instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles. Par son statut de « Loi communautaire », ce règlement s'applique directement à l'Etat Français, sans transposition dans les textes nationaux.

L'article 2 précise que « *l'objectif de chaque Plan de Gestion Anguille sera de réduire la mortalité d'origine anthropique et d'atteindre 40% d'échappement vers la mer de la biomasse d'anguilles argentées, cela en fonction de la meilleure estimation sur le taux d'échappement qui aurait existé si aucune influence anthropique n'avait eu d'impact sur le stock* ». Les articles 3 et 4 précisent que « *tous les Etats membres devront présenter leurs Plans de Gestion Anguille à la Commission au plus tard le 31 décembre 2008 pour une mise en œuvre à partir du 1^{er} juillet 2009, ou dans les plus brefs délais avant cette date* ».

L'objectif de cette proposition est la gestion durable de l'Anguille européenne c'est-à-dire le retour de la biomasse du stock de cette espèce à ses niveaux historiques et la possibilité de migration des civelles. Cet objectif de gestion durable est traduit par la commission en une cible de biomasse locale, soit 40 % de la biomasse de géniteurs produite par bassin versant dans un environnement et un habitat pristin (non perturbés). L'évaluation directe de cette biomasse n'est possible que dans de rares cas. La plupart du temps, elle se base sur les anguilles jaunes en place dans le bassin (BRIAND *et al.*, 2006).

Les mesures prises en application dudit règlement seront par la suite intégrées aux PLAGEPOMI ainsi qu'aux documents à portée juridique nationale comme les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE).

Pour mettre en œuvre le règlement européen, la France a rédigé un plan de gestion composé d'un volet national et autant de volets locaux interrégionaux que de bassins hydrographiques. La rédaction de ces derniers a été pilotée au niveau national par le Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche (MAAP) et le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer et, relayée au niveau local par les Directions Régionales de l'Environnement (DIREN secrétaires du COGEPOMI). Cette rédaction est basée sur une collaboration entre les différents services compétents : Directions Régionales des Affaires Maritimes (DRAM), Délégations régionales et interrégionales de l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA), Agences de l'Eau, Associations Migrateurs, pêcheurs, organismes de recherche...

Les Plans de Gestion Interrégionaux 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 cœur des mesures de gestion de la pêche est fixé au niveau national, par le MAAP. Pour les pêcheries, l'objectif du Plan de Gestion est 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 œuvre des mesures nationales ont été décidées par les bassins.

Concernant la problématique « ouvrage », une méthodologie nationale a été adoptée pour identifier des zones d'actions et ouvrages prioritaires ainsi qu'une zone d'actions à long terme pour l'Anguille à l'intérieur de chaque bassin. Il est ainsi prévu sur les Zones d'Actions Prioritaires (ZAP) d'effectuer un diagnostic à l'ouvrage en procédant de l'aval à l'amont pour rechercher les meilleures solutions techniques pour permettre le passage des anguilles tant à la montaison qu'à la dévalaison. Sur chaque ouvrage prioritaire, ce diagnostic à l'ouvrage devra être lancé dès 2009/2010 afin de mettre en œuvre la solution de franchissement choisie entre 2009 et 2015. Les zones d'actions à long terme ont pour objectif l'amélioration des connaissances sur ces territoires en termes d'état de la population et de potentialités pour l'Anguille afin de les désigner ou non comme ZAP dans le second plan de gestion.

I.4.5. Le *PLAGEPOMI*

Le plan de gestion doit proposer pour les poissons migrateurs un cadre juridique et technique concernant (décret n° 94-157 du 16 février 1994 ; COGEPOMI, 2003) :

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

Le plan de gestion s'intéresse de fait aux conditions de production, de circulation et d'exploitation des ressources piscicoles. Il est instigateur d'enquêtes visant à mieux connaître la ressource et, au besoin, précurseur en matière d'opérations de restauration et de modalités de gestion visant à concilier les usages et le maintien des populations sur le long terme.

II. La zone d'étude

II.1. La Durance

1^{er} affluent en rive gauche du Rhône, la Durance prend sa source sur le Mont Genève (Hautes-Alpes) à 2300 m d'altitude et parcourt 324 km, sur cinq départements (Hautes-Alpes, Alpes-de-Haute-Provence, Var, Bouches-du-Rhône et Vaucluse), avant de se jeter dans le Rhône au niveau d'Avignon. Cette rivière dont les principaux affluents sont la Bléone, le Verdon et le Calavon, draine un bassin versant de 14 225 km² (BARRAL, 2001).

Le bassin versant de la Durance est soumis d'une part, à une emprise agricole élevée notamment dans sa partie inférieure (cultures intensives fruitières et maraîchères, vignes) et d'autre part, à un fort développement de l'industrie agro-alimentaire. De plus, de nombreux seuils et barrages (23 au total) ont été aménagés dans le lit de la Durance, dont 14 concernent la basse vallée de la Durance entre Cadarache et sa confluence avec le Rhône (prises d'eau destinées à la production hydro-électrique, à la fourniture d'eau pour l'irrigation ou au soutien de la nappe phréatique pour l'alimentation en eau potable des populations) (ANONYME, 2003).

Le régime hydrologique de la Durance, théoriquement pluvio-nival, dépend aujourd'hui principalement des débits réservés délivrés à l'aval des barrages correspondant au 1/40^{ème} de module de la Durance.

À ce débit, s'ajoutent les apports des bassins versants intermédiaires et restitutions d'eau dans le cadre de mesures de protection de l'Etang de Berre. Même si la présence des aménagements hydro-électriques a permis de limiter les effets des crues, l'occurrence d'une forte crue reste possible (crue centennale à Cadarache : 4 600 m³/s) (SOGREAH, 2001).

Malgré les nombreux aménagements qui jalonnent cette rivière, la qualité physico-chimique de l'eau est bonne (Classe 1B) voire médiocre (Classe 2), avec sur certains secteurs de la basse Durance, une dystrophie croissante accentuée par la faiblesse des débits réservés.

La morphologie en tresse du cours d'eau induit un tracé de largeur et de profondeur variables avec une alternance de faciès lotiques et lenticules et l'existence de nombreux bras morts. Ainsi, la Durance héberge une richesse piscicole élevée reflétant néanmoins les déséquilibres du milieu : glissement typologique vers des espèces d'eaux lentes et raréfaction des espèces polluosensibles (PDPG 13, 2004). Les migrateurs amphihalins que sont l'Alose feinte du Rhône (*Alosa fallax rhodanensis*), la Lamproie marine (*Petromyzon marinus*), la Lamproie fluviatile (*Lampetra fluviatilis*) et l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*), sont également répertoriés sur la Durance, d'ailleurs en cours de classement « rivière à migrateurs ».

Le fonctionnement de la Durance est donc principalement altéré par :

- **L'artificialisation et la gestion des débits** : débit réservé et régime d'éclusées participant au colmatage du lit,
- **L'impact cumulé des ouvrages** : le cloisonnement du milieu affecte d'une part la qualité des habitats (écoulements lenticules, colmatage, réchauffement des eaux, auto-épuration limitée...), donc leurs fonctions biologiques (refuge, alimentation, reproduction), et d'autre part, la libre circulation piscicole et l'accès aux zones de frai et/ou de grossissement.

Actuellement, les apports de limons sur la basse Durance ne cessent de croître et s'amplifieront dans les prochaines années. Notamment, le plan de reconquête de l'Etang de Berre vise une diminution drastique des apports de la rivière vers l'Etang mais une augmentation des restitutions au niveau du barrage de Mallemort. En effet, suite à la mise en place de ce plan et des premiers quotas sur les rejets d'eau et de limons à l'étang, des restitutions des débits de l'aménagement Durance Verdon sont effectuées en Durance au niveau de Mallemort. Des renforcements successifs des contraintes d'apports à l'étang ont ensuite été mis en place augmentant le régime des restitutions en Durance.

Face aux nombreuses problématiques du milieu, un contrat de rivière sur la Durance porté par le Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance (SMAVD) a été signé en 2008. Il mène entre autres des actions dont le but est d'accroître la qualité et la diversité des milieux naturels alluviaux et aquatiques (SMAVD, 2008).

II.2. Obstacles sur l'axe Rhône-Durance aval

Six seuils (1 sur le Rhône et 5 sur la Durance) cloisonnent l'axe Rhône-Durance aval jusqu'au barrage de Mallemort (Figure 3). Ils nuisent à la continuité écologique par l'obstacle qu'ils constituent pour les poissons et en particulier pour les espèces migratrices. Ils induisent en effet un retard voire un blocage de leur migration génésique vers des zones de grossissement ou de reproduction.

Certains, grâce à leur configuration, n'affectent que faiblement la colonisation des secteurs amont. D'autres, infranchissables par conception, sont équipés d'un dispositif de franchissement favorisant ainsi la remontée de cette espèce (Vallabrègues, Bonpas, Mallemort).

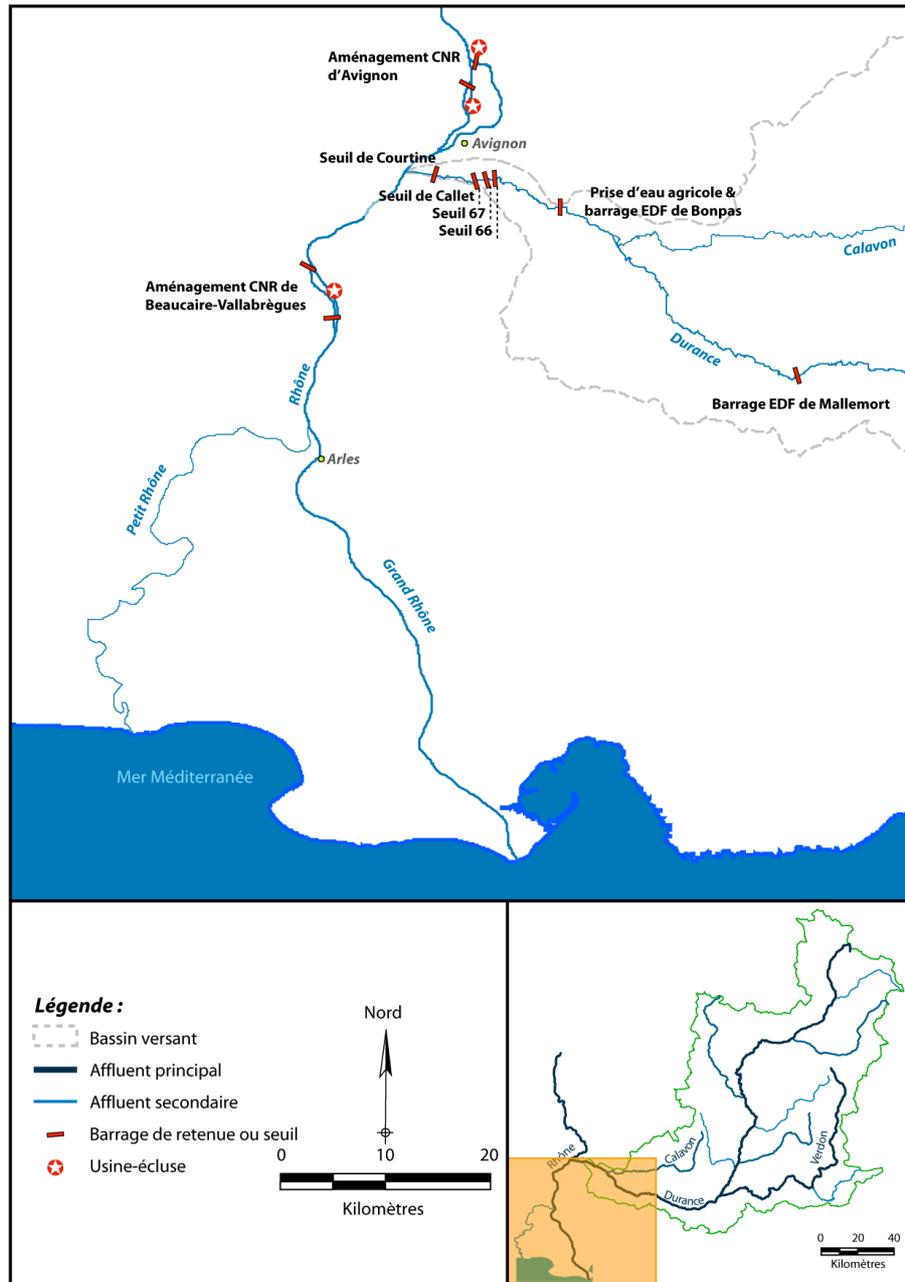


Figure 3 : Localisation des obstacles sur l'axe Rhône – Durance jusqu'au barrage EDF de Mallemort

Aménagement de Vallabrègues (68 km de l'embouchure du Rhône) :

Le premier ouvrage rencontré par les anguilles en phase de migration anadrome dans le Rhône (colonisation des eaux douces) est l'ouvrage de la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) de Beaucaire-Vallabrègues situé sur le Rhône à 68 km de l'embouchure (Figure 4).



Figure 4 : Aménagement hydro-électrique de Beaucaire-Vallabrègues (© MRM / F. Gardin. 2007 ; MRM)

La seule possibilité, jusqu'en septembre 2005, pour l'espèce de franchir cet ouvrage était de passer par l'écluse de navigation de Beaucaire jouxtant l'usine hydroélectrique sur le canal de fuite de l'ouvrage. La CNR a équipé en septembre 2005 cet ouvrage d'une première passe-piège à anguilles en rive gauche du canal de fuite en aval immédiat de l'usine hydroélectrique. Une seconde passe-piège y a été installée en rive droite en juillet 2006. Ces systèmes de conception identique à celui du barrage de Mallemort (conception FISH-PASS) sont suivis par l'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée (MRM). La mise en place de ces passes-pièges favorise ainsi la colonisation du bassin en amont de l'ouvrage et ouvre notamment l'accès à la Durance dont la confluence avec le Rhône se situe à 17 km en amont de l'aménagement.

Seuil de Courtine (84,5 km de l'embouchure du Rhône) :

Le seuil de Courtine, ouvrage situé le plus en aval sur la Durance se situe à 2,5 km de la confluence avec le Rhône. Compte tenu de sa configuration (faible dénivelé, enrochements disjoints...), cet ouvrage n'a qu'un impact relatif sur la circulation des espèces piscicoles. En effet, il est périodiquement franchissable (ce seuil est régulièrement noyé, notamment par l'aval) pour l'Alose et les autres espèces piscicoles (brochets, cyprinidés d'eaux vives, ...) et franchissable par l'Anguille qui trouve sur ce type de seuil rustique de nombreuses zones de reptation (entre les blocs disjoints ...) (BARRAL, 2001).

Seuil de Callet – Seuil 68 (87 km de l'embouchure du Rhône) :

Le seuil de Callet (Figure 5), situé à 5 km de la confluence, est un seuil rectiligne de 350 mètres de longueur réalisé en enrochements et présentant un parement aval en pente douce. Il représente le premier obstacle majeur de la Durance.



Figure 5 : Seuil de Callet avant sa réfection en 2009 (© MRM / F. Gardin. 2007)

Compte tenu de sa configuration (hauteur de dénivelé, pente forte...), le seuil de Callet est infranchissable pour l'ensemble des espèces piscicoles, hormis l'Anguille. En effet, les capacités de reptation de cette dernière lui permettent de tirer partie des nombreuses zones humides du seuil sur lesquelles s'est développée de la mousse. Bien que cet ouvrage ne soit pas imperméable pour l'Anguille, il demeure très sélectif (anguilles <15 cm) (BARRAL, 2001).

La formation d'une brèche en 2008 a conduit le SMAVD à réaliser des travaux de réfection du seuil en 2009. Il y est prévu par ailleurs un aménagement de ce seuil avec la mise en place d'une passe à poissons (étude en cours). Les travaux sont prévus entre 2011 et 2012.

Seuil 67 (88 km de l'embouchure du Rhône) :

Ce seuil est situé à 6 km de la confluence et à 1 kilomètre en amont du seuil de Callet. Ce seuil a fait l'objet de travaux de confortement en 2009, dans le cadre du Contrat de Rivière Durance.

La réalisation d'une passe à poissons est prévue entre 2011 et 2013 dans le cadre du Contrat de Rivière de la Durance (étude en cours).

Seuil 66 (89,5 km de l'embouchure du Rhône) :

Ce seuil (Figure 6) situé à 7,5 kilomètres de la confluence a été équipé d'une rivière artificielle de contournement en rive gauche (2000/2001), rétablissant la circulation piscicole. Il est ainsi franchissable par la majorité des espèces piscicoles dont l'Anguille (BARRAL, 2001). Le franchissement de ce seuil peut également se faire par surverse lors de débits plus importants.



Figure 6 : Seuil SNCF ou 66 (© MRM / F. Gardin. 2007)

Prise d'eau agricole et barrage EDF de Bonpas (97 km de l'embouchure du Rhône) :

Ce seuil, prise d'eau des canaux d'irrigation d'Avignon et de Chateaufort, est situé à 15 km de la confluence (Figure 7). Le débit réservé au niveau de cet ouvrage est de $4,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Ce seuil présentait, avant la mise en place d'un système de franchissement spécifique à l'Anguille en 2003, quelques zones de reptation favorables mais très sélectives. Le franchissement par les anguilles a été amélioré depuis la mise en place d'une zone de reptation artificielle (BARRAL, 2001).



Figure 7 : Barrage EDF de Bonpas (à gauche) et zone de reptation artificielle (à droite) (© MRM / F. Gardin. 2007 ; © Fédération de Pêche du Vaucluse)

La réalisation d'une passe à poisson est prévue dans le cadre du contrat de rivière Durance. Une étude préalable pour la restauration de la libre circulation de l'Alose méditerranéenne sur la Durance jusqu'à l'aval de Mallemort a été initiée en 2009.

Le barrage EDF de Mallemort (126 km de l'embouchure du Rhône)

L'ouvrage EDF de Mallemort est le sixième ouvrage rencontré par les anguilles sur la Durance. Ce barrage a été réalisé en 1964 et constituait jusqu'en 1972 la prise d'eau des centrales hydroélectriques de Salon et de Saint Chamas. Actuellement, le barrage de Mallemort alimente un prélèvement pour l'irrigation situé dans le canal d'aménée. Le barrage d'une hauteur de 8 mètres est équipé de vannes segments (Figure 8).



Figure 8 : Barrage EDF de Mallemort (© MRM / F. Gardin. 2007)

Le flux d'eau entrant au niveau du barrage et circulant dans le lit de la Durance entre Cadarache et Mallemort est constitué par le débit réservé ($4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ à Cadarache) auquel s'ajoutent les apports en provenance du bassin versant intermédiaire (débit moyen annuel de $18 \text{ m}^3/\text{s}$). Exceptionnellement peut s'ajouter à ces débits une restitution d'eau (Gontard) lorsque la centrale de Mallemort ne fonctionne pas. Le débit servant à alimenter la prise d'eau agricole de Bonpas est rejeté dans la Durance par un ouvrage sur le canal d'amenée à 1,4 kilomètres en aval du barrage de Mallemort.

Dans le cadre des actions de limitation des apports solides et liquides prévus dans le plan de reconquête de l'étang de Berre, une partie des eaux est restituée en Durance dans ce même lieu (débit maximum de $250 \text{ m}^3/\text{s}$). Ces deux apports ne modifient pas le fonctionnement du barrage, mais font varier le débit de la Durance en aval du barrage de Mallemort. Le débit à l'aval direct de ce barrage est donc constitué du débit réservé ($4,6 \text{ m}^3/\text{s}$ à Mallemort) et de celui issu de l'ouverture du barrage en cas de crue, auxquels viennent s'ajouter à 1,4 km en aval du barrage, le débit transitant par la Durance et destiné à alimenter la prise agricole de Bonpas et/ou les flux résultant de l'ouverture des vannes de restitution des eaux ne pouvant être rejetées dans l'étang de Berre.

La hauteur de chute au niveau du barrage est de 4,15 mètres, à l'étiage, cette hauteur baissant avec l'augmentation du débit, jusqu'à effacement total de l'ouvrage en cas de crue (LINE et al., 2003). Cet ouvrage est infranchissable pour l'ensemble des espèces piscicoles présentes sur la Durance. Ce site présente donc le point de blocage amont de migration pour l'Anguille sur l'axe durancien. C'est pour cette raison qu'il est apparu judicieux de mettre en place une passe-piège à anguilles sur ce site dans le but d'évaluer la population d'anguilles migrantes (BARRAL, 2001).

Depuis 2003, une passe piège à anguilles a donc été installée sur ce seuil selon le concept développé par LEGAULT (1992). Située en rive gauche, elle bénéficie d'une zone calme, lieu de concentration des anguilles (Figure 9). Ces dernières sont guidées dans leur montaison par un débit d'attrait de 20 m³/h auquel s'ajoute un attrait provenant du débit de restitution du barrage (au minimum 4,6 m³/s).



Figure 9 : Passe-piège du barrage EDF de Mallemort (© MRM / F. Gardin. 2007)

Le volet local Rhône Méditerranée pour la gestion de l'Anguille 2009-2014 définit la Durance jusqu'au barrage EDF de Cadarache comme une zone d'actions prioritaires (expertise détaillée des ouvrages dans les 6 ans). Plus particulièrement, le seuil de Callet est un ouvrage prioritaire et devra donc :

- Faire l'objet d'une étude dès 2009/2010 afin de rechercher les solutions technico-économiques permettant le passage des anguilles tant à la montaison qu'à la dévalaison,
- Etre équipé d'un dispositif de franchissement d'ici 2014.

Par ailleurs dans le cadre de la LEMA, l'augmentation des débits réservés, au plus tard en 2014, induira des modifications quant à la franchissabilité des ouvrages mais également quant à l'attractivité des passes à poissons. Des réflexions sont ainsi prévues en 2011 sur l'impact des débits sur l'efficacité des dispositifs de franchissement ainsi que sur l'aménagement d'autres passes à poissons.

Même si les seuils sont considérés comme franchissables pour l'Anguille, ils n'en induisent pas moins une sélectivité au sein de la population puisque ses capacités de franchissement sont intimement liées à la taille des individus (LEGAULT, 1992). Par ailleurs, l'impact cumulé des obstacles sur l'axe Rhône-Durance reste très important ce qui limite fortement l'expansion de l'espèce vers l'amont.

METHODES

La phase de terrain est effectuée par la Fédération de Pêche du Vaucluse. Les captures mensuelles sont transmises à l'Association MRM qui traite les données.

I. Suivi de la passe-piège à anguilles

La passe-piège à anguilles constitue un dispositif de piégeage permanent (Figure 10).

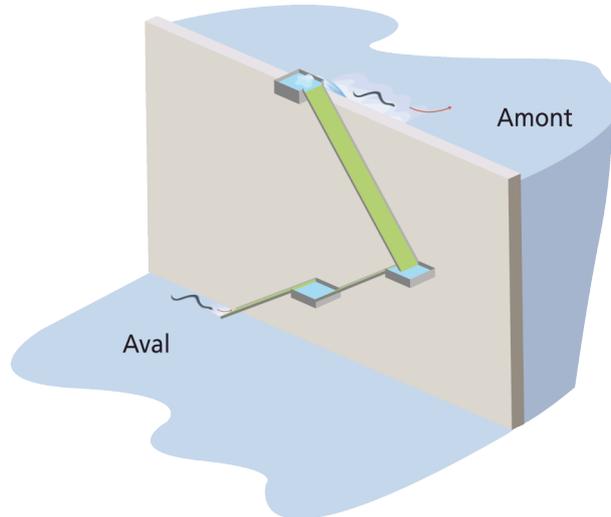


Figure 10 : Schéma d'une passe-piège à anguilles (MRM)

Les individus utilisant la passe sont donc capturés dans un bac et récupérés par l'intervenant deux à trois fois par semaine suivant la dynamique migratoire.

Chaque anguille est ensuite mise au repos dans une solution d'eugénoïl (1 ml / 5 l). Une fois endormies, elles sont mesurées, pesées puis placées dans un bac de réveil avant d'être relâchées en amont du barrage de Mallemort (Figure 11). Pour chaque intervention, l'opérateur remplit une fiche d'intervention standard (Annexe 1).



Figure 11 : Traitement des anguilles (MRM)

Suite aux épisodes de crues de la Durance fin 2008 - début 2009, la morphologie de son lit a fortement été modifiée rendant inaccessible la passe-piège pour les anguilles, cette dernière n'étant plus connectée au bief aval. Aussi afin de rendre fonctionnel l'ouvrage avant leur migration, des travaux ont été entrepris en urgence en juin 2009 autant sur le dispositif de franchissement (fixation d'une nouvelle rampe à brosse et d'un bassin intermédiaire perpendiculairement à la rampe existante) que sur le bief aval (remise en place des enrochements pour préserver le débit d'attrait de la passe) (Figure 12Figure 12).

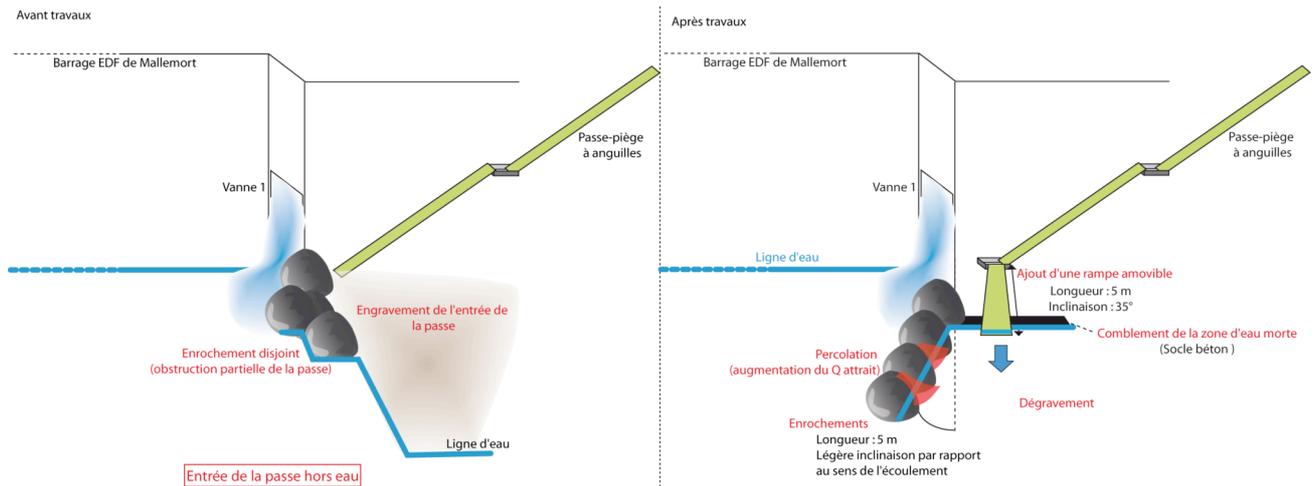


Figure 12 : Passe-piège du barrage EDF de Mallemort avant (gauche) et après (droite) travaux (MRM / EDF)

Le suivi de l'ouvrage est assuré depuis son installation par la Fédération de Pêche du Vaucluse dans le cadre d'une convention entre EDF et l'Association des Fédérations de Pêche de Provence Alpes Côte d'Azur.

II. Suivi des paramètres abiotiques

Dans le cadre de la convention entre EDF et l'Association des Fédérations de Pêche de la région PACA, les données des températures de l'eau et des débits restitués en aval du barrage de Mallemort et de Cadarache sont mises à disposition.

III. Traitement des données

Le piégeage permanent de la passe-piège de Mallemort permet d'acquérir des données sur la structure de la population d'anguilles :

- Données biométriques : longueurs, poids,
- Données temporelles : dates de capture.

III.1. Caractéristiques biologiques des anguilles

La caractérisation biologique des individus se résume en l'analyse :

- De la taille et du poids moyens,
- De la relation Taille-Poids des individus reflétant la condition physique des anguilles :

Cette relation est de type puissance, $Pds = a.L^b$, où « a » indique l'embonpoint ou la condition des individus et « b » le taux d'allométrie (mode de croissance d'un organisme végétal ou animal selon lequel un organe se développe plus rapidement ou plus lentement que l'ensemble de l'organisme). Cette constante est généralement de l'ordre de 3 :

- Si $b = 3$, on parle d'isométrie,
- Si $b < 3$, on parle d'allométrie minorante (l'individu grandit plus rapidement qu'il ne grossit),
- Si $b > 3$, on parle d'allométrie majorante (l'individu grossit plus rapidement qu'il ne grandit).
- De la structure de taille de la population d'anguilles capturées,
- De la structuration en taille de la population par mois,
- Du coefficient K de condition sur l'année ($K = (Pds/L^b) * 100$).

III.2. Caractérisation de la migration des anguilles

Les captures brutes, soit le nombre d'anguilles capturées par relevé de la passe-piège, sont utilisées pour caractériser l'activité migratoire. En effet, le relevé du piège n'ayant pas lieu tous les jours, l'utilisation des captures par unité d'effort risquerait d'étaler une période de capture sur plusieurs jours et donc de minimiser l'influence de la variation soudaine d'un paramètre sur la migration des anguilles.

Aussi, plusieurs descripteurs sont utilisés pour décrire et expliquer l'évolution des captures :

- Période de migration et évolution des captures,
- Influence des paramètres environnementaux (débit et température) sur les captures.

RESULTATS

I. Effectifs de captures

Au total, 94 anguilles ont été capturées dans la passe-piège de Mallemort en 2009 (Annexe 2). La non fonctionnalité de la passe jusqu'au 18 juin 2009 (date de réception des travaux) induit un biais dans l'effectif annuel d'anguilles capturées en 2009 et rend en outre difficilement appréciable la période de migration. Néanmoins, les premières captures ont eu lieu le 5 juillet 2009 et se sont étalées jusqu'au 19 octobre 2009.

Sur la période de suivi 2004-2009 (

Figure 13), l'année 2006 compte l'effectif le plus élevé d'anguilles ayant utilisé la passe avec 522 individus. À l'inverse, les années 2005 et 2007 présentent les plus faibles nombres d'anguilles (respectivement 49 et 45 individus).

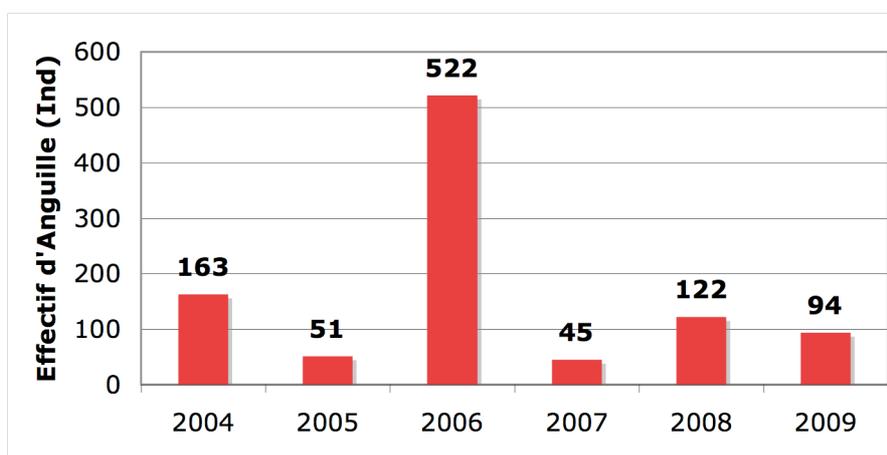


Figure 13 : Effectif annuel d'anguilles capturées dans la passe-piège à anguilles du barrage de Mallemort sur la période de suivi 2004-2009

II. Caractérisation biologique des anguilles

II.1. Longueur et poids moyens

En 2009, le spectre de taille et de poids de la population échantillonnée varie respectivement de 150 à 370 mm et de 14 à 63 g (Tableau 1). La taille et le poids moyens sont respectivement de 270,83 mm et 28,40 g.

Tableau 1 : Caractéristiques biométriques des anguilles capturées dans la passe-piège du barrage de Mallemort en 2009

	Effectif	Moyenne	Ecart-type	Min	Max
Taille (mm)	94	270,83	31,59	150	370
Poids (g)	94	28,40	8,10	14	63

La comparaison des échantillons annuels d'Anguille souligne la singularité des individus capturés en 2008 et en 2009 quelle que soit la variable biométrique prise en compte (Tableau 2). En effet, les moyennes et les valeurs extrêmes sont les plus basses. *A contrario*, les échantillons des précédentes années de suivi apparaissent assez homogènes comme le confirme le test de comparaison d'échantillons de Mann Whitney (Annexe 3).

Tableau 2 : Comparaison des caractéristiques biométriques des anguilles capturées sur chaque année de suivi

Année	Taille				Poids			
	Effectif	Moyenne	Ecart-type	[Min-Max[	Effectif	Moyenne	Ecart-type	[Min-Max[
2004	163	308,34	46,52	[150-410[	163	46,52	16,88	[14-103[
2005	51	301,76	48,43	[140-430[	51	46,65	24,19	[4-126[
2006	522	318,49	39,43	[220-500[	522	47,92	19,94	[13-170[
2007	45	310,00	40,62	[250-400[	45	46,89	16,53	[20-81[
2008	122	296,31	45,30	[100-390[	122	39,05	16,74	[2.5-82[
2009	94	270,83	31,59	[150-370[	94	28,40	8,10	[14-63[

Contrairement au poids, les *maxima* pour la variable « Taille » sont très proches (entre 370 et 430 mm) exceptés en 2006 où un individu de 500 mm a été capturé. Ceci souligne l'utilisation de la passe par des anguilles sédentaires. Les *minima*, quant à eux, sont plus hétérogènes. Deux groupes se distinguent :

- Un minimum inférieur à 150 mm pour les années 2004, 2005, 2008 et 2009 (respectivement 150, 140, 100 et 150 mm),
- Un minimum supérieur à 150 mm pour les années 2006 et 2007 (respectivement 220 et 250 mm).

L'amplitude de taille montre l'utilisation de la passe par différents stades biologiques de l'Anguille (anguillettes et anguilles jaunes). Par ailleurs, il apparaît que la migration peut être rapide pour certains individus, comme en témoigne l'individu de 100 mm capturé en 2008.

Néanmoins, la comparaison statistique des échantillons reste discutable. En effet, l'effectif d'anguilles capturées en 2006 est très élevé par rapport aux autres années de suivi. Cette comparaison est donc probablement biaisée par le poids important des données 2006, d'autant plus que les effectifs des autres années sont faibles voire insuffisants en termes de fiabilité statistique. Malgré des caractéristiques biométriques annuelles relativement distinctes, les échantillons des années de suivi seront donc considérés comme une seule population.

II.2. Relation taille poids

La relation taille-poids (Figure 14) fait ressortir une corrélation relativement forte entre les deux variables. L'équation est de type puissance $y = a.x^b$:

$$\text{Pds} = 0,0021.L^{1,6907}, r = 0,7486.$$

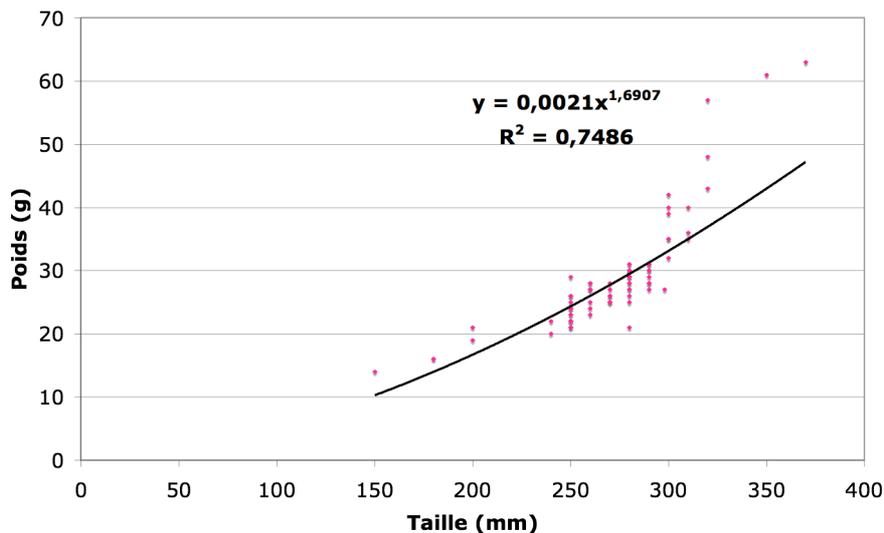


Figure 14 : Relation entre la taille et le poids de l'échantillon d'anguilles piégées en 2009

La taille et le poids sont fortement corrélés pour l'ensemble des années de suivi. La validité de ces résultats ne semble donc pas être remise en cause au regard de la valeur du coefficient de corrélation (Tableau 3, Figure 15).

Tableau 3 : Récapitulatif des coefficients de corrélation, condition des individus et taux d'allométrie des relations Taille-Poids des différentes années de suivi

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
r	0,951	0,839	0,950	0,936	0,902	0,7486
a	3,00E-04	6,00E-07	7,00E-07	1,00E-05	4,00E-05	2,10E-03
b	2,0641	3,1551	3,1118	2,4277	2,5868	1,6907

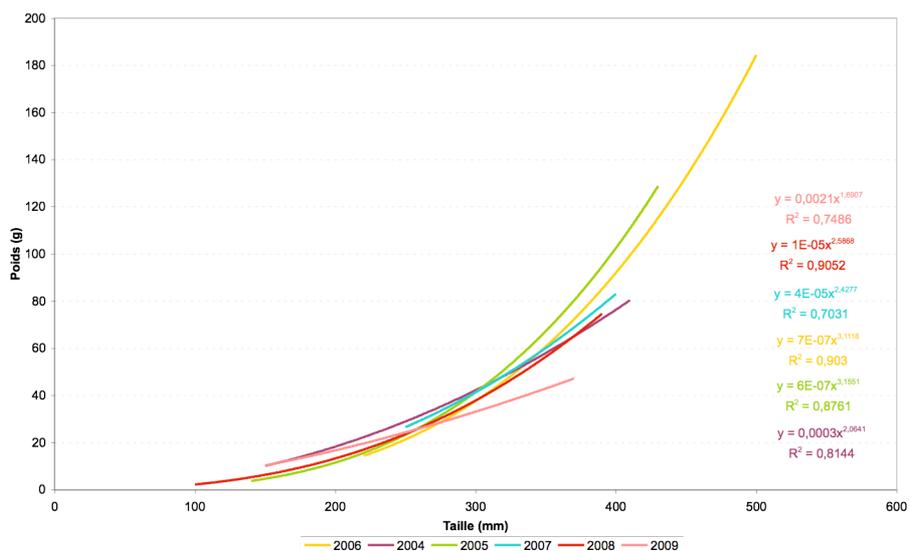


Figure 15 : Comparaison des relation Taille-Poids établies pour les différentes années de suivi

La relation Taille-Poids indique par ailleurs la condition physique et décrit la nature de la croissance des individus capturés *via* l'équation de la courbe. La comparaison des taux d'allométrie (« b ») met en évidence deux groupes :

- Les populations d'anguilles capturées en 2004, 2007, 2008 et 2009 pour lesquelles l'allométrie est dite minorante (les individus grandissent plus vite qu'ils ne grossissent),
- Les populations d'anguilles capturées en 2005 et 2006 pour lesquelles l'allométrie est dite majorante (les individus grossissent plus vite qu'ils ne grandissent).

Il semble apparaître en outre que la condition des individus est meilleure pour le 1^{er} groupe que pour le 2nd au vu de la constante « a » des équations (la condition des individus augmente avec « a ») mais là encore, la significativité de ces résultats peut être remise en cause (faibles effectifs).

Toutefois, les anguilles capturées en 2009 diffèrent par une condition physique élevée et un taux d'allométrie particulièrement faible par rapport aux autres années de suivi.

II.3. Structure de la population

La structure de la population migrante par classe de taille est illustrée par la Figure 16. La gamme de taille varie entre 150 et 370 mm avec 90% de la population migrante située entre 240 et 320 mm. Les classes de tailles les plus représentées sont [250-260[et [280-290[(chacune 22,3% de la population migrante d'Anguille).

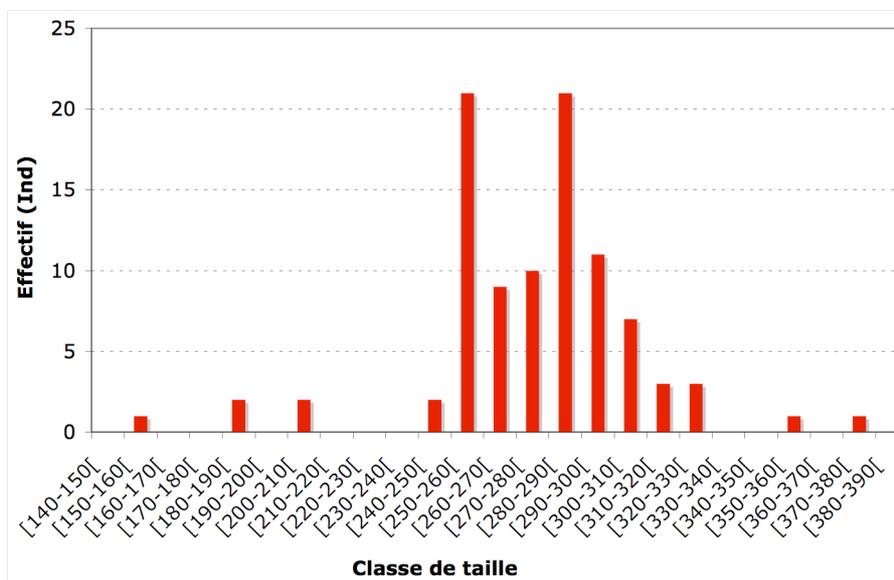


Figure 16 : Structure en taille de la population d'anguilles capturées en 2009

La structure de taille de la population migrante est assez similaire entre 2004 et 2009 au niveau de la passe-piège du barrage de Mallemort (Figure 17). Ainsi, l'amplitude des tailles pour 90% de la population migrante varie entre 230 et 400 mm avec un pic d'anguilles entre 270 et 340 mm.

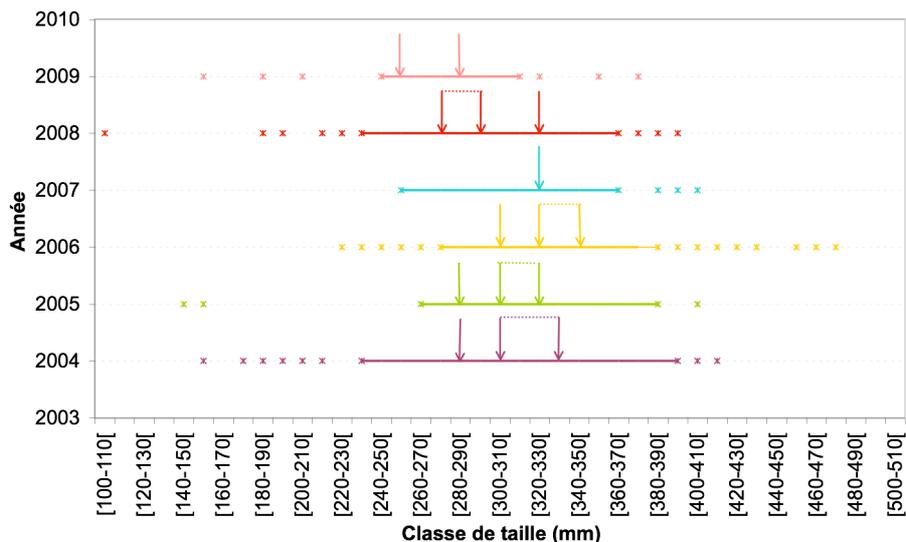


Figure 17 : Structure en taille de la population migrante par année (90% des individus) – ↓ et ↓↓↓ : classe(s) représentée(s) par le maximum d'individus

La distinction des cohortes d'âge *via* l'analyse des structures en taille de la population migrante est impossible. En effet, les caractéristiques réelles du milieu, soit les capacités de croissance des anguilles, ne sont pas connues et ne permettent donc pas la réalisation d'un rapport taille/âge pour ces individus.

II.4. Évolution des caractéristiques biologiques des individus

En 2009, la taille moyenne des anguilles atteint un maximum en août (282 mm) puis diminue régulièrement jusqu'en octobre (Figure 18, annexe 4).

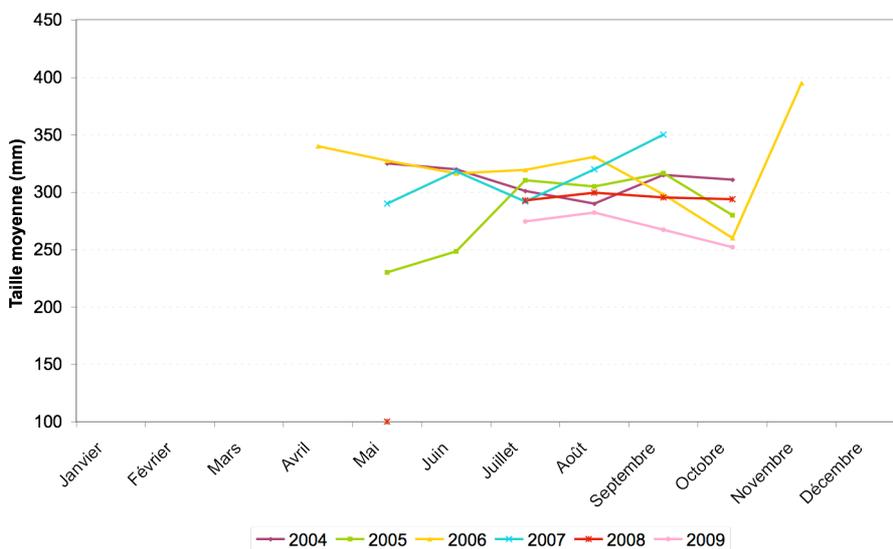


Figure 18 : Evolution de la taille des anguilles capturées sur la période de suivi 2004-2009

L'évolution mensuelle interannuelle de la taille moyenne des anguilles n'est pas similaire entre 2004 et 2009. Ainsi, la taille moyenne en 2004 diminue progressivement jusqu'à un minimum en août (290 mm) puis augmente légèrement jusqu'en octobre.

En 2005, la taille moyenne croît rapidement entre avril et juillet (230 à 310 mm), stagne puis diminue de septembre à octobre. En 2006, la taille moyenne oscille entre 315 et 340 mm d'avril à août puis chute entre août et octobre (330 à 260 mm) pour atteindre un maximum en novembre (395 mm). En 2007, la taille moyenne des individus fluctue entre 290 et 320 mm entre avril et août avant d'atteindre son maximum en septembre (350 mm). Aucune tendance n'est réellement observée en 2008. Ces variabilités restent néanmoins peu significatives.

Le coefficient de condition K est préférable pour étudier la condition physique des poissons par rapport à la relation Taille-Poids. La Figure 19 montre l'évolution de ce facteur au cours de l'année pour les cinq années de suivi.

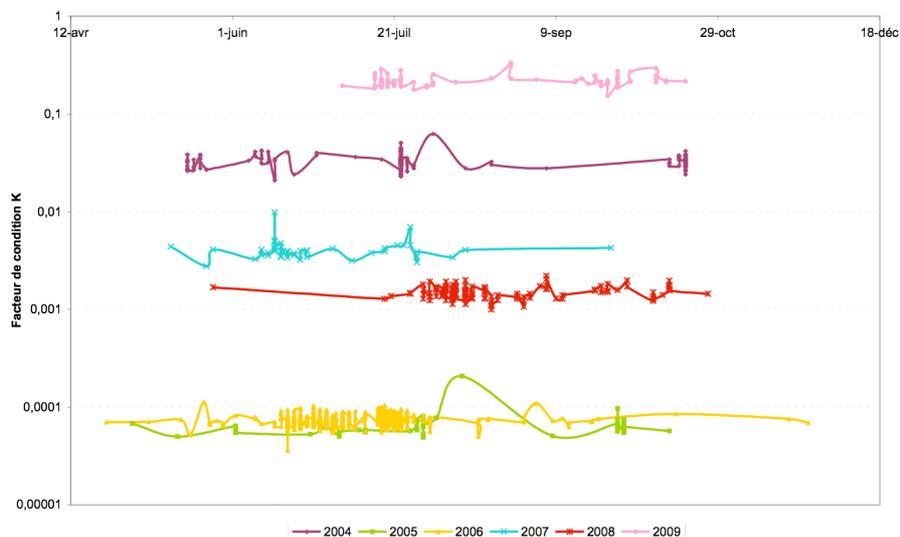


Figure 19 : Evolution du coefficient de condition K sur la période de suivi 2004-2009

Aucune tendance ne ressort de l'analyse de l'évolution de K sur les cinq années de suivi. Toutefois, ces éléments confirment les résultats obtenus avec les équations Taille-Poids avec une meilleure condition physique des anguilles capturées en 2009 et dans une moindre mesure, celles piégées en 2004, 2007 et 2008. L'irrégularité des courbes semble mettre en évidence l'influence d'autres facteurs comme les conditions environnementales.

En 2009, 94 anguilles ont été capturées dans la passe-piège du barrage de Mallemort. La longueur et le poids moyens des individus sont respectivement de 270,83 mm et de 28,40 g. En termes de croissance, les anguilles grandissent plus vite qu'elles ne grossissent, phénomène également observé en 2004, 2007 et 2008.

Concernant la structure de taille de la population échantillonnée, les classes les mieux représentées sont [250-260[et [280-290[mm avec une gamme de taille variant de 150 à 370 mm en 2009. Cette structure de taille est semblable pour les cinq années de suivi.

III. Caractérisation de la migration des anguilles

III.1. Période de migration et évolution des captures

Les premières captures dans la passe-piège du barrage de Mallemort ont débuté le 3 juillet 2009 (Figure 20). Il est néanmoins difficile d'affirmer qu'il s'agit de la date effective de début de la migration puisque la passe-piège n'a été opérationnelle qu'à partir du 18 juin 2009.

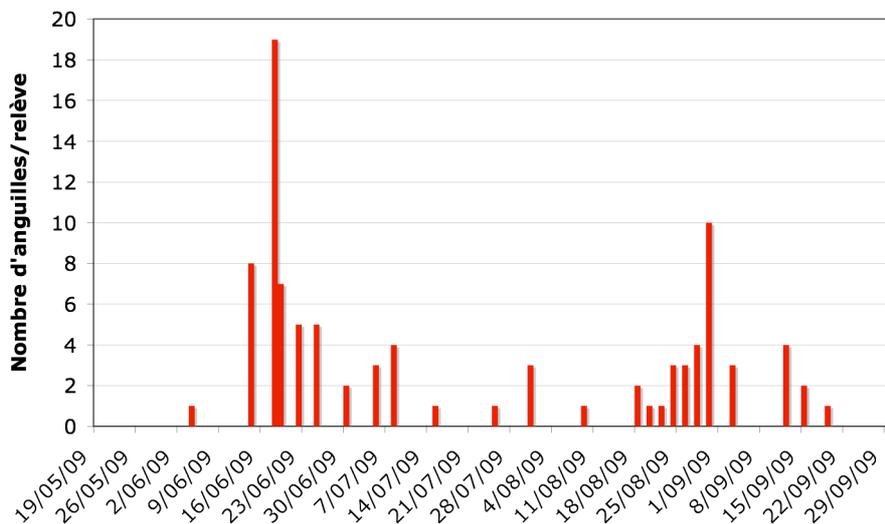


Figure 20 : Evolution des captures dans la passe-piège du barrage de Mallemort en 2009

L'évolution des captures en 2009 s'avère bimodale avec un pic de franchissement mi-juillet et un second début octobre. En effet, 50% des anguilles ont été capturées entre les 15 et 23 juillet 2009 (44 individus) et 30% des anguilles entre le 15 septembre et le 2 octobre 2009 (27 individus).

La Figure 21 illustre les effectifs mensuels cumulés pour chaque année. Cette comparaison met en évidence un pic de capture tardif en 2008 (août) par rapport aux autres années (juin-juillet).

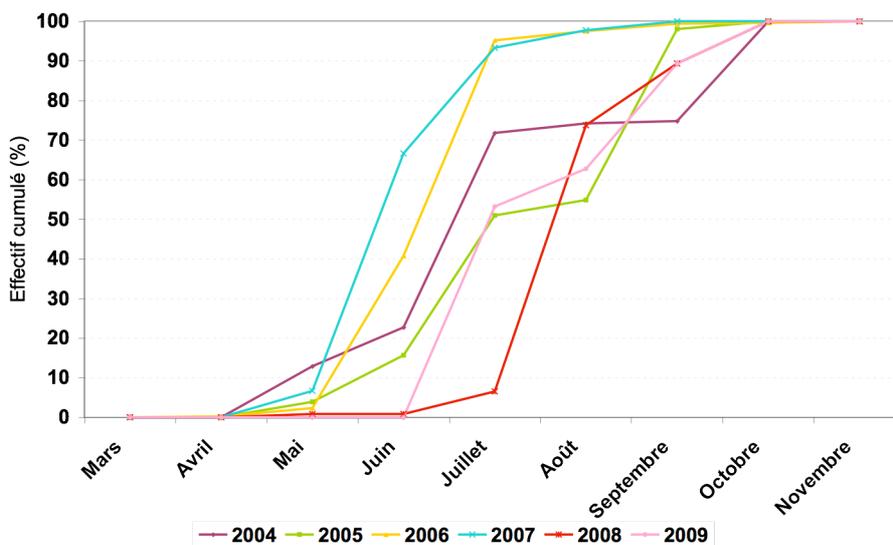


Figure 21 : Effectif cumulé (% sur l'effectif total annuel) de la population d'anguilles capturées dans la passe-piège de Mallemort par année

Pour les années 2006, 2007 et 2008, l'évolution des captures suit une tendance similaire. Les captures augmentent de manière quasi-linéaire sans l'observation d'un véritable pic de capture entre mai et août en 2006 et 2007 et entre juillet et septembre en 2008. En revanche, les captures en 2004 et 2005 évoluent de manière brutale avec deux *maxima* situés fin juillet et mi-octobre. En 2009, l'évolution des captures se rapproche du schéma de 2004 et 2005 avec deux *maxima* situés en juillet et en septembre.

III.2. Paramètres environnementaux influençant la migration

III.2.1. La température de l'eau

Bien que l'évolution des captures d'Anguille semble être en lien avec la température de l'eau, la non fonctionnalité de la passe-piège jusqu'en juin 2009 ne permet pas de montrer le caractère initiateur de la température de l'eau sur la migration des individus. Toutefois, le pic d'activité migratoire correspond aux températures maximales enregistrées en 2009 et sa diminution progressive à partir de septembre annonce la fin de l'activité de migration des anguilles au niveau de la passe-piège de Mallemort fin octobre (Figure 22).

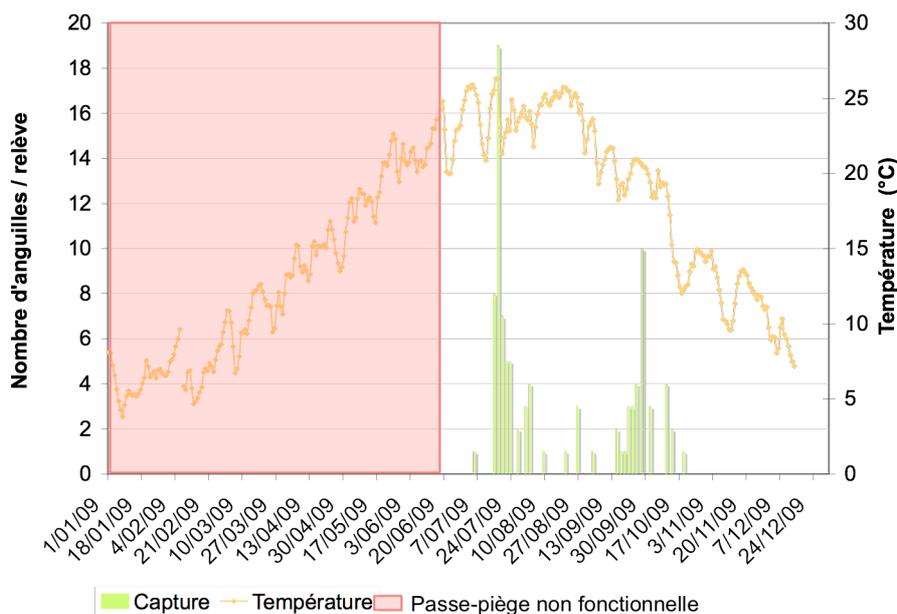


Figure 22 : Evolution des captures d'anguilles en fonction de la température de l'eau au niveau du barrage de Mallemort en 2009

La figure 22 ne semble pas expliquer les variations de captures journalières. Aussi afin de mieux visualiser l'effet de la température sur le nombre de captures d'anguilles, une régression linéaire a été réalisée (Figure 23).

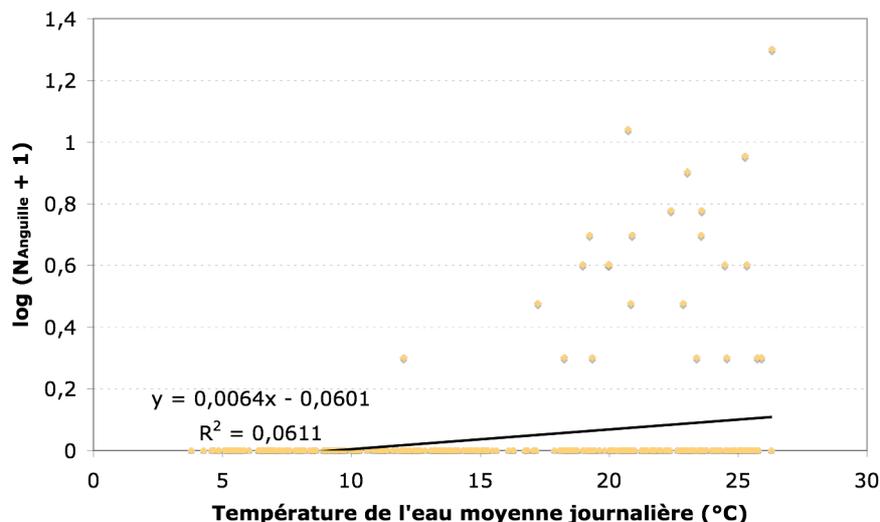


Figure 23 : Relation température de l'eau – nombre estimé d'anguilles capturées par jour (log) en 2009

La corrélation positive entre ces deux variables est avérée ($p < 0,001$). L'augmentation de la température stimule en effet l'activité des anguilles (espèce poïkilotherme) qui retrouvent ainsi des capacités de nage et de franchissement en adéquation avec les conditions de milieu. Il faut tout de même rester prudent quant à son analyse puisque la température n'expliquerait que 6% de l'évolution des captures.

Ces résultats se rapprochent de ceux observés les années précédentes, plus particulièrement ceux de 2003 et 2006. Néanmoins, l'écart entre les seuils annuels de température peut être relativement élevé avec une amplitude de 7,5°C entre 2007 et 2009 (Tableau 4). Cet écart semble en effet peu significatif du fait de la prise en compte de la température moyenne de l'eau le jour de la relève et non de l'effort de piégeage.

Tableau 4 : Seuils observés de température pour l'activité de migration entre 2004 et 2009

Année	Seuil de température (°C)
2004	13
2005	16
2006	11,2
2007	19,4
2008	15,5
2009	12

Aussi, une capture a été observée pour une température de 11,2°C en 2006. Malgré son caractère exceptionnel, nous pouvons dire qu'à partir de 11°C, la migration de colonisation est activée.

III.2.2. Le débit

Le premier individu observé en 2009 a été capturé le 4 juillet 2009, soit 15 jours après la réception des travaux d'amélioration de l'efficacité de la passe-piège à Anguille (18 juin 2009). Les débits élevés observés jusqu'à fin juin (débit oscillant entre 4,6 et 950 m³/s) n'ont pas procuré des conditions favorables à la migration des anguilles, en relation avec leurs capacités de nage (Figure 24).

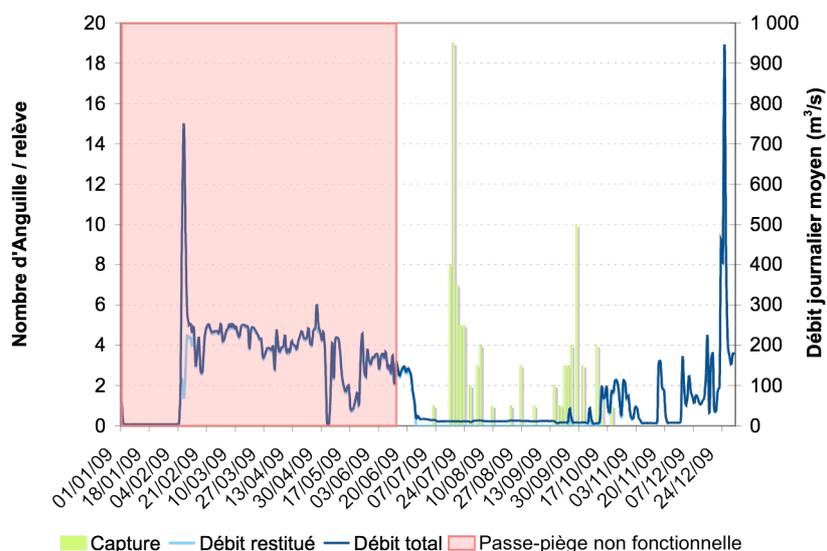


Figure 24 : Evolution des captures en fonction du débit en aval du barrage de Mallemort en 2009

Aussi, le retour à des faibles débits active la migration à partir de juillet. Ceci nous laisse penser que seul un faible nombre d'individus aurait emprunté la passe-piège avant la première observation de capture et que le suivi s'est déroulé sur la quasi-totalité de la fenêtre de migration de l'Anguille.

Une corrélation négative a été mise en évidence entre les captures et le débit (Test de Spearman : -0,184 ; p=0,0004) mais n'expliquerait que 3% de l'évolution des captures (Figure 25).

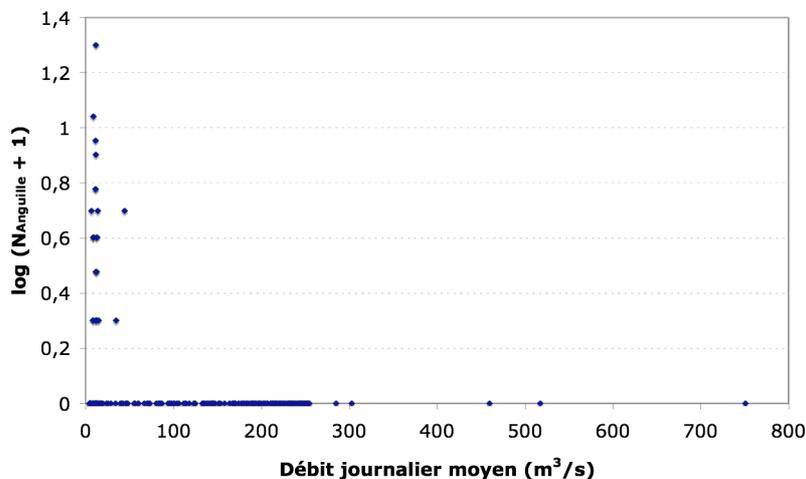


Figure 25 : Relation débit moyen journalier - nombre estimé d'anguilles capturées par jour (log) en 2009

Les précédentes années de suivi, excepté en 2007, mettaient en évidence l'absence de corrélation entre les captures et le débit. En effet, 60% des captures en 2007 s'expliquent par un débit soutenu mais couplé à des températures favorables. La fiabilité de ce résultat peut toutefois être remise en cause par le faible nombre d'anguilles capturées en 2007 (45 individus).

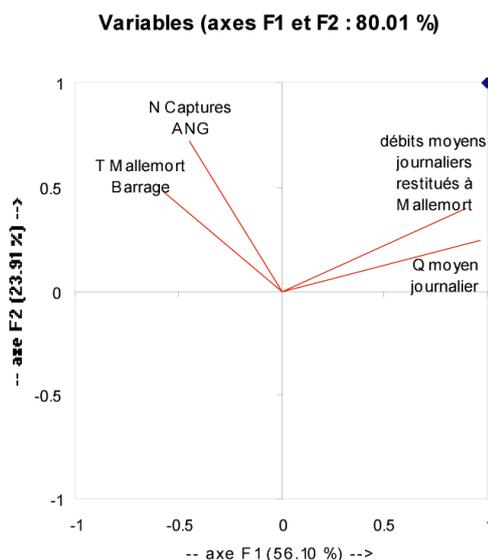
Aussi, l'influence du débit agirait en synergie avec la température. Des faibles températures – inférieures à environ 15°C – expliqueraient mieux l'absence de captures. En revanche, de forts débits – entraînant une chute des températures – produisent le même effet. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) permet de visualiser cette action synergétique du débit et de la température de l'eau (Tableau 5).

Tableau 5 : Résultats des coefficients de détermination de Spearman entre les captures, les débits moyens journaliers et la température de l'eau (les valeurs en rouge sont significativement différentes)

	Qj moyen	Qj m restitué	Température de l'eau
N Captures ANG	-0.206	-0.248	0.231

Pour expliquer ces différences, les axes F1 et F2 ont été choisis. Ils expliquent à eux deux 80% de la variabilité, qui peut donc être considérée comme suffisante. Ainsi le cercle de corrélation (Figure 26) montre une corrélation positive entre les captures et la température de l'eau. En revanche, la corrélation entre les captures et les débits apparaît négative et d'autant plus pour le débit de restitution de Mallemort.

Figure 26 : Cercle de corrélation des paramètres de l'ACP entre les axes F1 et F2



La Figure 27 illustre les individus sur une carte à deux dimensions et permet ainsi de mettre en évidence une migration des anguilles largement corrélée à la température de l'eau.

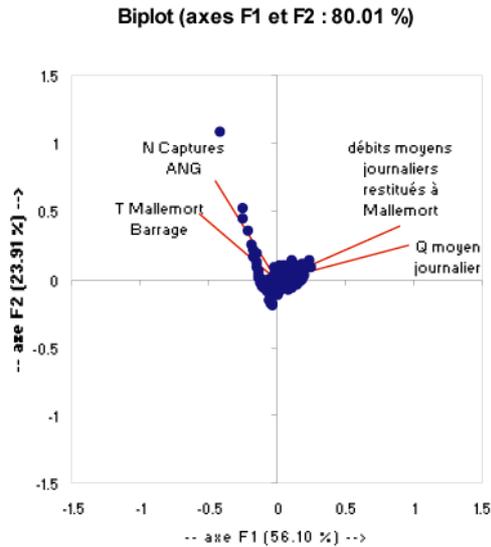


Figure 27 : Relation entre les observations (●) et les paramètres de l'ACP

Les captures d'anguilles au niveau de la passe-piège du barrage de Mallemort ont débuté en juillet et se sont poursuivies jusqu'en octobre avec deux pics de capture aux mois de juillet et d'octobre (respectivement 50 et 30% des anguilles capturées). L'évolution des captures en 2009 est similaire à celle des années 2004 et 2005. L'étude des facteurs biologiques ne révèle aucune similitude entre les années d'où l'intervention d'autres facteurs dans le processus de migration.

La température de l'eau semble influencer les captures. Aussi, un seuil de 12°C déclencherait la migration de colonisation. Ce seuil demeure toutefois très fluctuant entre les années (de 11°C en 2006 à 19°C en 2007). L'augmentation des températures par la suite stimule l'activité migratoire d'où l'augmentation des captures, même si ce phénomène n'a été mis que partiellement en évidence en 2009 du fait de la non fonctionnalité du dispositif de franchissement. Une corrélation négative entre le débit et les captures a également été mise en évidence, phénomène également observé en 2007. La synergie des deux facteurs environnementaux et non les variables prises indépendamment expliquerait mieux l'évolution des captures.

DISCUSSION

I. Effectifs de captures

En 2009, 94 anguilles ont été capturées dans la passe-piège à anguilles du barrage de Mallemort. Par rapport aux captures au niveau de l'aménagement de Vallabrègues (Tableau 4), les effectifs restent tout de même faibles sur la période de suivi avec un minimum de 45 individus en 2007 et un maximum de 522 individus en 2006.

Tableau 6 : Effectif annuel estimé d'anguilles capturées en rive droite et gauche de l'usine-écluse de Beaucaire-Vallabrègues et au barrage de Mallemort

Année	Vallabrègues			Mallemort
	Rive gauche	Rive droite	Total	
2004	-	-	-	163
2005	1681	-	1681	49
2006	7776	2938	10714	522
2007	3846	13595	17441	45
2008	87005	148932	235937	122
2009	211	3427	3638	94

L'utilisation modérée de cette passe par les anguilles semble tout d'abord provenir de la distance de l'ouvrage à la mer (126 km de l'embouchure du Rhône), facteur défini par plusieurs auteurs comme prépondérant dans la distribution des anguilles sur un bassin versant (OBERDOFF *et al.*, 2001 ; LAFAILLE *et al.*, 2003).

L'autre facteur mis en relief est l'importance majeure des obstacles dans la répartition des anguilles. Depuis l'embouchure de Rhône, six obstacles cloisonnent le milieu jusqu'au barrage de Mallemort. Même s'ils sont désignés comme franchissables pour l'Anguille, ils n'en induisent pas moins une sélectivité. En effet, l'inclinaison et le substrat de la paroi influent sur la longueur en reptation des individus (LEGAULT, 1992) donc sur la distribution en taille des anguilles en amont des seuils.

Toutefois, les pêches électriques réalisées par l'ONEMA en aval du barrage de Mallemort confirment les faibles effectifs d'anguilles (Figure 28). Au niveau d'Avignon en aval du barrage EDF de Bonpas (15 km en amont de la confluence Rhône/Durance), les densités moyennes d'Anguille oscillent entre 0 et 2391 individus/ha (données ONEMA 1998-2008). Il en est de même plus en amont, à Cheval blanc (33 km en amont de la confluence Durance/Rhône) où les densités fluctuent entre 0 (2009) et 205 (2003) individus / ha (données ONEMA 2003-2009). Toutefois, aucune anguille n'a été capturée sur les stations en amont du barrage (Station de Cadenet – Données ONEMA 2000-2001). Par ailleurs, les tailles des individus s'échelonnent sur une gamme, très étendue allant de 100 à 910 mm. Leur amplitude est plus restreinte au niveau de la passe-piège, s'expliquant par la perte du comportement migratoire des grands individus (LAFAILLE *et al.*, 2005b).

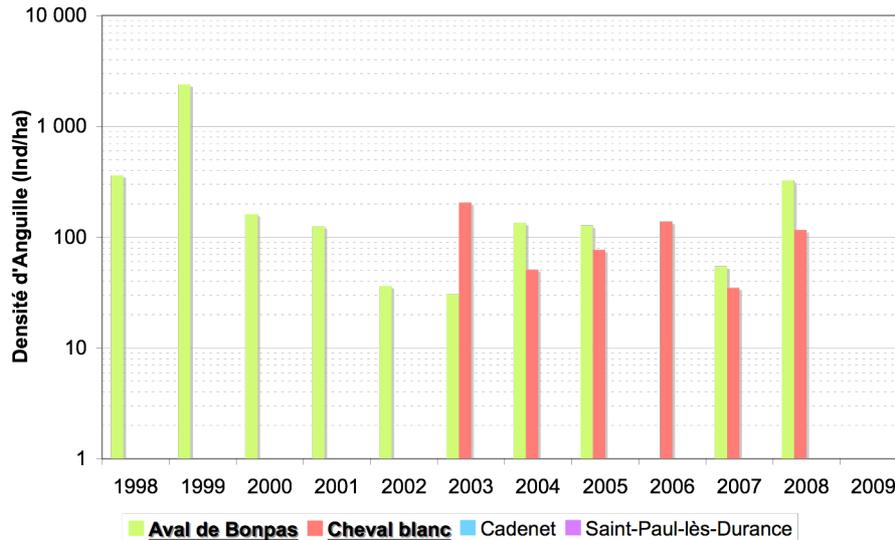


Figure 28 : Evolution interannuelle des densités d'Anguille (Ind/ha) par pêche électrique sur quatre stations sur la Durance entre 1998 et 2009 (Station en aval du barrage de Mallemort) (Données ONEMA)

II. Caractérisation biologique des anguilles

La gamme de taille est étendue, allant de 100 à 510 mm sur les cinq années de suivi. La population migrante est donc constituée d'anguillettes mais également d'anguilles jaunes ou sédentaires. Bien qu'il soit difficile d'apprécier l'âge des anguilles (rapport taille/âge) puisque les caractéristiques du milieu ne sont pas connues, on peut considérer qu'un individu de taille supérieure à 300 mm est une anguille sédentaire. Ainsi, ce stade représente 2/3 de la population migrante sur les cinq années de suivi.

L'Anguille colonise les rivières à faibles vitesses d'écoulement et donc, plus la distance à la mer est importante, plus les individus capturés sont grands (WHITE et KNIGHTS, 1997).

À l'inverse, la migration peut être rapide comme en témoignent les individus capturés dont la taille est inférieure à 150 mm (4 individus). Ceci suggère un comportement migratoire fort jusqu'à un stade de croissance avancé, même s'il est considéré que plus la taille de l'individu est élevée, plus les phénomènes de migration diminuent (EDELIN, 2005). Hormis les facteurs physiologiques et environnementaux, la densité-dépendance expliquerait en partie la distribution des anguilles (EDELIN, *ibidem*). D'autres facteurs internes et environnementaux influencent les phénomènes migratoires des anguilles.

III. Caractérisation de la migration des anguilles

Globalement, les captures débutent en mai et se terminent en octobre, avec la présence d'un pic estival de capture, et confirment une colonisation des anguillettes et anguilles jaunes plutôt estivale (CRIVELLI, 1998). Les variabilités inter et intra-annuelles des captures ne semblent pas liées aux facteurs biologiques étudiés (taille et facteur de condition) car aucune tendance de leur évolution ne se dégage sur la fenêtre de migration.

La migration des anguilles au niveau du barrage de Mallemort entre 2004 et 2009 semble être influencée par la température de l'eau. D'ailleurs, plusieurs auteurs soulignent l'influence de ce paramètre sur la migration des anguillettes pour laquelle une hausse printanière de la température semble être l'élément déclencheur (MORIARTY, 1986 ; NAISMITH et KNIGHTS, 1988). Ceci n'a été mis que partiellement en évidence sur la Durance et peut s'expliquer par un stade de développement des anguilles plus avancé puisque WHITE et KNIGHTS (1997) indiquent que plus l'Anguille grandit, moins ses déplacements sont température-dépendants. À noter qu'en 2009, les conditions hydrologiques défavorables en juin ont certainement eu un effet inhibiteur sur la migration. Malgré cela, même chez les anguilles jaunes sédentaires, les niveaux d'activité sont influencés par la température (animaux poïkilothermes).

Aucune influence du débit ne semble être mise en évidence au niveau du barrage de Mallemort. L'artificialisation des débits minimiserait l'influence de ce paramètre sur les captures (WHITE et KNIGHTS, 1997). Pourtant, des débits élevés de restitution sur le barrage de Mallemort empêchent la migration des anguilles en relation avec leurs capacités de nage. Aussi, l'influence de l'artificialisation des débits serait intéressante à approfondir afin d'optimiser le rapport débit restitué / migration des anguilles.

Ces deux paramètres n'expliquent que partiellement la dynamique migratoire des anguilles au niveau de Mallemort. D'autres facteurs ont été avancés - mais non étudiés dans ce suivi - pour comprendre les mécanismes de la migration : cycles lunaires, phénomènes de chémo-réception... (WHITE et KNIGHTS, *ibidem*).

À la lumière de ces éléments, l'efficacité de la passe-piège de Mallemort semble être prouvée d'une part, par la large gamme de taille des individus l'utilisant et d'autre part, par les effectifs d'anguilles capturés en lien avec le niveau typologique du site. Cette affirmation est tout de même à nuancer puisqu'il n'existe pas de données de référence sur ce site et de référentiel selon la localisation sur un bassin versant (distance à la source, qualité de l'habitat ...).

IV. La phase de dévalaison de l'Anguille de Mallemort à la mer

Alors que les barrages et seuils sur l'axe Rhône aval-Durance sont considérés comme franchissables pour l'Anguille à la montaison de par leur configuration ou leur équipement, la phase de dévalaison des anguilles argentées reste problématique sur les cours d'eau fortement cloisonnés et d'autant plus sur les affluents du Rhône par l'effet cumulatif des ouvrages des affluents et du Rhône. Ces derniers constituent un impact (retard, blessures, mortalité) sur la phase de dévalaison des anguilles argentées *a fortiori* au niveau des usines hydro-électriques. En effet, le passage à travers les turbines hydroélectriques entraîne des mortalités. Le passage par déversement peut aussi se révéler impactant en fonction des caractéristiques physiques des ouvrages (LARINIER et TRAVADE, 1995). À l'heure actuelle, aucun ouvrage, notamment l'usine-écluse de Vallabrègues, le barrage EDF de Bonpas et le barrage EDF de Mallemort, n'est équipé d'un dispositif minimisant les mortalités comme les grilles fines associées à un exutoire de dévalaison sur l'axe Rhône aval-Durance.

Le taux de mortalité dans les turbines dépend du type et des caractéristiques des turbines (nombre de pales, diamètre, vitesse de rotation...), de la hauteur de chute de l'ouvrage, de l'espèce et de la longueur des individus. Ainsi, les turbines bulbes ou Kaplan rencontrées sur les aménagements du Rhône sont d'une manière générale moins traumatisantes que les turbines Francis, qui équipent la plupart des aménagements sur les affluents comme c'est le cas sur la Durance. À titre d'exemple, une première estimation sommaire du taux de survie des anguilles sur le Rhône de Lyon à la mer a été réalisée par l'ONEMA (ROCHE, 2008). Aussi au niveau de l'usine-écluse de Vallabrègues, le taux de mortalité des anguilles à travers les turbines a été estimé à 12,3% en supposant que 90% des individus transitent par l'usine. Ces calculs théoriques doivent néanmoins être confirmés par des études prévues sur le Rhône par la CNR en 2010 - également prévues sur le Rhin par EDF - dans le cadre d'un programme de recherche lancé au niveau national afin d'évaluer *in situ* les mortalités dans les turbines de grande taille. Au vu du type de turbines au niveau de Mallemort, la mortalité doit être encore plus élevée au droit de cet aménagement.

Par ailleurs suivant la configuration des sites et les conditions hydrologiques du cours d'eau, la répartition des passages des anguilles argentées entre les barrages de retenue et les usines hydro-électriques varie. La détermination des voies de franchissement est donc essentielle pour apprécier les dommages induits par ces aménagements. À l'instar des travaux réalisés sur le Rhin par EDF, une étude portée par la CNR avec l'appui de l'ONEMA et de MRM est prévue sur le Rhône dans le cadre du programme sus-cité et devra apporter des éléments de compréhension sur les mécanismes de dévalaison.

Parallèlement à ces deux axes d'études (amélioration des connaissances sur les voies de cheminement des anguilles et évaluation de l'impact des aménagements hydroélectriques), EDF a lancé d'autres travaux sur la phase de dévalaison des anguilles argentées dans le cadre de ce même programme qui devront répondre aux objectifs suivants :

- *Acquérir une meilleure connaissance du comportement de dévalaison de l'Anguille au niveau des ouvrages et en particulier au niveau des grilles de dévalaison :*

La détermination des voies de passage est fondamentale pour apprécier les dommages potentiels cumulés sur un axe donné. En plus des expérimentations sur le Rhin et le Rhône, une étude lancée sur le Gave de Pau devra fournir des éléments quant aux modalités de franchissement d'obstacles en série (dynamique en fonction des paramètres environnementaux, répartition, évaluation des vitesses de transit...).

- *Acquérir une meilleure connaissance des rythmes de dévalaison en vue de la gestion des aménagements hydroélectriques :*

Une des solutions envisagées pour faciliter le franchissement des anguilles argentées lors de la dévalaison est la réalisation de manœuvres d'usine (arrêt ou diminution du débit turbiné, ouverture des vannes). Sa mise en œuvre nécessite néanmoins la prédiction des pics de migration en fonction des conditions environnementales pour optimiser la durée des manœuvres :

- Mise au point d'un modèle de prévision des pics en fonction des paramètres environnementaux sur la Loire et la Dordogne,
- Test de l'efficacité d'un biomoniteur (dispositif Migromat ®) sur la Shannon (Irlande) pour laquelle des séries interannuelles de mesures fiables existent.
- *Développer et évaluer de nouvelles techniques visant à réduire les mortalités d'anguilles dans les turbines :*

L'utilisation de grilles fines peut être techniquement très difficile ou d'un coût disproportionné. Aussi, une alternative peut être l'installation de barrières comportementales à infrasons, mais dont la capacité de répulsion et d'orientation vers des exutoires vis-à-vis de l'Anguille doit être testée (Gave de Pau).

Une autre étude vise à optimiser le rendement énergétique de turbines « fish friendly » (laboratoire d'hydraulique d'ALDEN, USA) et de construire un prototype à échelle 1 afin de réaliser des tests biologiques *in situ*.

- *Acquérir des techniques de suivis pour permettre les tests d'efficacité des dispositifs de franchissement ou de protection lors de l'entraînement dans les prises d'eau.*

V. Perspectives

Le volet local Rhône Méditerranée pour la gestion de l'Anguille 2009-2014 a défini la Durance jusqu'au barrage EDF de Cadarache comme une zone d'actions prioritaires. Ainsi sur ce linéaire, la franchissabilité des ouvrages à la montaison et à la dévalaison doit être expertisée sur les ouvrages dont un diagnostic doit par ailleurs apporter les solutions techniques de franchissement au terme du plan de gestion (ouvrages prioritaires).

À l'heure actuelle, aucune étude n'a été lancée sur la Durance pour plusieurs raisons :

- L'augmentation des débits réservés d'ici 2014 dans le cadre de la LEMA est au stade préliminaire. En effet, les valeurs de débits par ouvrage n'ont pas encore été arrêtées (prévues en 2011) – donc validées par l'Etat. Dans ce contexte, il demeure impossible de définir tout projet d'aménagement tant à la montaison qu'à la dévalaison ;
- Les études sur l'évaluation de la mortalité *in situ* des anguilles argentées dans les turbines de grande taille et sur les modes de franchissement d'obstacles sur le Rhône sont en cours de réalisation. Aussi, EDF attend les retours d'expérience de ces études avant tout projet d'aménagement visant à améliorer la dévalaison des anguilles.

C'est pour ces mêmes raisons qu'aucune réflexion n'est pour l'instant lancée pour l'automatisation de la passe-piège à Anguille du barrage EDF de Mallemort (système pérenne de franchissement automatique). Ainsi, le suivi de la migration des anguilles est, dans l'attente de ces éléments, reconduit selon les mêmes modalités en partenariat avec la Fédération de pêche du Vaucluse et l'Association MRM.

CONCLUSION

En 2009, 94 anguilles ont été capturées dans la passe-piège à Anguille du barrage EDF de Mallemort. Depuis 2004, les effectifs annuels sont faibles, comparativement à ceux piégés dans la passe-piège de l'usine-écluse de Vallabrègues. La distance de l'ouvrage à la mer ainsi que l'impact cumulé des 6 ouvrages présents en aval expliquent en grande partie ce phénomène. Toutefois, la large gamme des individus capturés souligne l'efficacité de ce dispositif de franchissement .

Conformément aux objectifs du PLAGEPOMI, cette étude s'inscrit autant dans l'acquisition d'indicateur de suivi des populations d'anguilles que dans l'amélioration des connaissances écobologiques de cette espèce sur les bassins RM & C. De ce fait, un suivi de la passe-piège du barrage de Mallemort devra, en plus d'être reconduit en 2010, être inclus dans le prochain PLAGEPOMI. Néanmoins, la réflexion sur d'autres protocoles de suivi est ouverte (système pérenne de franchissement automatique).

Dans un contexte plus large, le plan de gestion pour l'Anguille (Règlement CE 1100/2007) a défini la Durance jusqu'au barrage EDF de Cadarache comme zone d'action prioritaire pour l'amélioration de la circulation des anguilles à la montaison et la dévalaison (en restant dans un taux de mortalité faible des individus dévalants). L'axe Rhône-Durance – jusqu'au barrage de Mallemort – apparaît comme franchissable par l'Anguille d'un point de vue qualitatif. Cependant, les deux suivis de passes-pièges à anguilles sur cet axe (Vallabrègues et Mallemort) semblent insuffisants pour répondre d'un point de vue quantitatif à l'amélioration du franchissement et à la maximisation des effectifs. À ceci s'ajoute le manque de connaissances sur l'espèce notamment sur les facteurs influençant la colonisation par l'Anguille et sa répartition sur un bassin versant. La mortalité à la dévalaison reste par ailleurs un problème sur les cours d'eau très cloisonnés et à plus forte raison sur les affluents du Rhône par l'effet cumulatif des ouvrages des affluents et du Rhône.

BIBLIOGRAPHIE

ACOU A., LEFEBVRE F., CONTOURNET P., POIZAT G., PANFILI J., CRIVELLI A.J., 2003. *Silvering of female eels (Anquilla anguilla) in two sub-populations of the Rhône delta.* Bull. Fr. Pêche. Piscic. 368 : pp 55-68.

ACOU A., 2006. *Bases biologiques d'un modèle pour estimer la biomasse féconde de l'anguille européenne en fonction des recrues fluviales et du contexte de croissance : approche comparative à l'échelle de petits bassins versants.* Thèse Université de Rennes 1.

ANONYME, 2003. *Étude monographique des fleuves et grandes rivières de France – Le bassin versant de la Durance.* Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance.

BARRAL M., 2001. *Etat des lieux de la circulation piscicole sur les affluents rive gauche du Rhône et les fleuves côtiers méditerranéens.* Association Migrateurs Rhône Méditerranée..

BRIAND C., FATIN D., FONTENELLE G., FEUNTEUN E., 2005. *Effect of re-opening of a migratory axis for eel at a watershed scale (Vilaine river, Southern Brittany).* Bull. Fr. Pêche Piscic. 378: pp 67:86.

BRIAND C., BAISEZ A., BARDONNET A., BEULATON L., FEUNTEUN E., LAFAILLE P., LAMBERT P., PORCHER J. P., PROUZET P., RIGAUD C., ROBINET T., 2006. *Connaissances, outils et méthodes pour la mise en place de plans de gestion de l'anguille (A. anguilla) dans les bassins versants français.* Rapport d'expertise scientifique et technique du Groupe « Anguille » du GIS Poissons Amphihalins (GRISAM), Paris.

CCE, 2003. *Communication de la commission au conseil et au Parlement européen. Développement d'un plan d'action communautaire concernant la gestion des anguilles européennes.* COM (2003) 573 final, Bruxelles.

CHANCEREL F., 1994. *Note technique. La répartition de l'Anguille en France.* Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 335 : pp 289-294.

COGEPOMI, 2003. *Plan de Gestion des Poissons Migrateurs du bassin Rhône Méditerranée Corse 2004-2008.* DIREN Rhône-Alpes, délégation de bassin RMC.

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

CRIVELLI, 1998. *L'anguille méditerranéenne : synthèse bibliographique*. DIREN Rhônes-Alpes, délégation de bassin RMC.

CROZE O., LARINIER M. 2001. *Libre circulation des poissons migrateurs et seuils en rivière – Guide technique n°4*. Agence de l'eau Rhône Méditerranée & Corse, DIREN : 51 p.

DECRET « AMPHIHALINS », 1994. *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*.

DEKKER W., 2004. *Slipping through our hands Population dynamics of the european eel*.

DUFOUR S., 1996. *Un exemple de cycle reproducteur sous la dépendance de l'environnement : le cas de l'Anguille*. CR. Acad. Agric. Fr. 82 : pp 17-26 (Figure 1).

EDELINE E., 2005. *Facteurs du contrôle de la dispersion continentale chez l'anguille*. Thèse de l'Université Toulouse III.

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

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

IBBOTSON A., SMITH J., SCARLETT P., APRAHAMIAN M. W., 2002. *Colonisation of freshwater habitat by the European eel Anguilla anguilla*. Freshwater Biol. 47 : pp 1696-1706.

ICES, 2006. *Report of the ICES/EIFAC. Working Group on Eels*, Rome, Italy.

ICES, 2008. *Report of the Joint EIFAC/ICES. Working Group on Eels (WGEEL)*. Leuven, Belgium.

KNIGHTS B., BARK A., BALL M., WINTER E., DUNN S., 2001. *Eel and Elver stock in England and Wales - status and management options, Rep. No. R&D technical report N° W248.* Environment Agency, Bristol.

LAFAILLE P., ACOU A., GUILLOUËT 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 (Figure 1).

LAFFAILLE P., ACOU A., GUILLOUËT J., 2005b. *The yellow European eel (*Anguilla anguilla* L.) may adopt a sedentary lifestyle in inland freshwaters.* Ecol. Fresh. Fish, 14 : pp 191–196.

LAFFAILLE P., FEUNTEUN E., BAISEZ A., ROBINET T., ACOU A., LEGAULT A., LEK S., 2003. *Spatial organisation of the European eel (*Anguilla anguilla*, L.) in a small catchment.* Ecol. Freshwat. Fish. 12 : pp 254-254.

LARINIER M., TRAVADE F., 1995. *La migration de dévalaison des poissons : problèmes, dispositifs, recherche et développement.* EDF Direction des Etudes et Recherches. 36 p.

LEFEBVRE F., SERGENT E., ACOU A., LECOMTE-FINIGER R., CRIVELLI A.J., 2003. *Recrutement des civelles (*Anguilla anguilla*) sur la côte méditerranéenne française : analyse comparée des caractéristiques biométriques et pigmentaires des saisons 1975-74 et 2000-01.* Bull. Fr. Pêche Piscic. 368 : pp 85-96

LEGAULT A., 1992. *Etude de quelques facteurs de sélectivité de passes à anguilles.* Bull. Fr. Pêche Piscic. 325: pp 83-91

LEPREVOST G., 2007. *Développement d'un indicateur pour caractériser l'impact migratoire sur le stock d'anguilles européennes à l'échelle des bassins.* Université de Tours.

LINE K., TRAVADE F., POIBOUT P., 2003. *Passe à anguilles de Mallemort. EDF.* Avant projet détaillé : 14 p + annexes.

MCLEAVE 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 : pp 285-306 (Figure 1).

MCCLEAVE J. D., ARNOLD G. P., 1999. *Movements of yellow- and silver-phase European eels (Anguilla anguilla L.) tracked in the western North Sea.* ICES Journal of marine science, 56: pp 510-536.

MORIARTY C., 1986. *Riverine migration of young eels Anguilla anguilla (L.).* Fish res, 4: pp 43-58.

NAISMITH I.A, KNIGHTS B., 1988. *Migrations of elver and juvenile European eels, Anguilla anguilla L., in the river Thames.* J. Fish Biol., 33 : pp 161-175.

OBERDORFF T., PONT D., HUGENY B., CHESSEL D., 2001. *A probabilistic model characterising fish assemblages of French rivers: a framework for environmental assessment.* Freshwater Biol. 46 : pp 399-415.

PDPG 13, 2004. *Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles des Bouches du Rhône.* Fédération de Pêche des Bouches-du-Rhône.

ROCHE P., 2008. *Contribution à l'élaboration du plan de gestion de l'Anguille dans le bassin Rhône-Méditerranée. Etat des connaissances et propositions pour le Rhône et ses affluents.* Rapport ONEMA Rhône-Alpes, 31 p.

SCHMIDT J., 1922. *The breeding places of the eel.* Phil. Trans. R. Soc. 211 : pp 179-208.

SMAVD, 2008. *Contrat de rivière du Val de Durance, 20 novembre 2008.*

SOGREAH, 2001. *Diagnostic de l'état actuel - Fiches Techniques Thématiques.* SMAVD.

STONE R., 2003. *Freshwater eels are slip-sliding away.* Science 302 : pp 221-222.

SVEDÄNG H., NEUMAN E., WICKSTRÖM H., 1996. *Maturation patterns in female European eel : age and size at the silver eel stage.* Journal of fish biology 48 : pp. 342-351.

WHITE E., KNIGHTS B., 1997. *Dynamic of upstream migration of the European eel, Anguilla anguilla (L.), in the River Severn and Avon, England, with special reference to the effect of man-made barriers.* Fish. Man. Ecol. 4 : pp 311-324.

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : CYCLE BIOLOGIQUE DE L'ANGUILLE EUROPEENNE (<i>ANGUILLA ANGUILLA</i>) (MRM).....	3
FIGURE 2 : REPARTITION DE L'ANGUILLE EUROPEENNE SUR LES BASSINS RM & C (DELEGATION DE BASSIN RHONE-MEDITERRANEE - DREAL RHONE-ALPES).....	5
FIGURE 3 : LOCALISATION DES OBSTACLES SUR L'AXE RHONE – DURANCE JUSQU'AU BARRAGE EDF DE MALLEMORT	15
FIGURE 4 : AMENAGEMENT HYDRO-ELECTRIQUE DE BEUCAIRE-VALLABREGUES (© MRM / F. GARDIN. 2007 ; MRM)	16
FIGURE 5 : SEUIL DE CALLET AVANT SA REFECTION EN 2009 (© MRM / F. GARDIN. 2007).....	17
FIGURE 6 : SEUIL SNCF OU 66 (© MRM / F. GARDIN. 2007).....	18
FIGURE 7 : BARRAGE EDF DE BONPAS (A GAUCHE) ET ZONE DE REPTATION ARTIFICIELLE (A DROITE) (© MRM / F. GARDIN. 2007 ; © FEDERATION DE PECHE DU VAUCLUSE).....	18
FIGURE 8 : BARRAGE EDF DE MALLEMORT (© MRM / F. GARDIN. 2007).....	19
FIGURE 9 : PASSE-PIEGE DU BARRAGE EDF DE MALLEMORT (© MRM / F. GARDIN. 2007).....	20
FIGURE 10 : SCHEMA D'UNE PASSE-PIEGE A ANGUILLES (MRM)	21
FIGURE 11 : TRAITEMENT DES ANGUILLES (MRM)	21
FIGURE 12 : PASSE-PIEGE DU BARRAGE EDF DE MALLEMORT AVANT (GAUCHE) ET APRES (DROITE) TRAVAUX	22
FIGURE 13 : EFFECTIF ANNUEL D'ANGUILLES CAPTUREES DANS LA PASSE-PIEGE A ANGUILLES DU BARRAGE DE MALLEMORT SUR LA PERIODE DE SUIVI 2004-2009	24
FIGURE 14 : RELATION ENTRE LA TAILLE ET LE POIDS DE L'ECHANTILLON D'ANGUILLES PIEGEES EN 2009.....	26
FIGURE 15 : COMPARAISON DES RELATION TAILLE-POIDS ETABLIES POUR LES DIFFERENTES ANNEES DE SUIVI	26
FIGURE 16 : STRUCTURE EN TAILLE DE LA POPULATION D'ANGUILLES CAPTUREES EN 2009	27
FIGURE 17 : STRUCTURE EN TAILLE DE LA POPULATION MIGRANTE PAR ANNEE (90% DES INDIVIDUS) – ↓ ET ↓↓↓ : CLASSE(S) REPRESENTEE(S) PAR LE MAXIMUM D'INDIVIDUS	28
FIGURE 18 : EVOLUTION DE LA TAILLE DES ANGUILLES CAPTUREES SUR LA PERIODE DE SUIVI 2004-2009.....	28
FIGURE 19 : EVOLUTION DU COEFFICIENT DE CONDITION K SUR LA PERIODE DE SUIVI 2004-2009.....	29
FIGURE 20 : EVOLUTION DES CAPTURES DANS LA PASSE-PIEGE DU BARRAGE DE MALLEMORT EN 2009	30
FIGURE 21 : EFFECTIF CUMULE (% SUR L'EFFECTIF TOTAL ANNUEL) DE LA POPULATION D'ANGUILLES CAPTUREES DANS LA PASSE-PIEGE DE MALLEMORT PAR ANNEE.....	30
FIGURE 22 : EVOLUTION DES CAPTURES D'ANGUILLES EN FONCTION DE LA TEMPERATURE DE L'EAU AU NIVEAU DU BARRAGE DE MALLEMORT EN 2009	31
FIGURE 23 : RELATION TEMPERATURE DE L'EAU – NOMBRE ESTIME D'ANGUILLES CAPTUREES PAR JOUR (LOG) EN 2009	32
FIGURE 24 : EVOLUTION DES CAPTURES EN FONCTION DU DEBIT EN AVAL DU BARRAGE DE MALLEMORT EN 2009	33
FIGURE 25 : RELATION DEBIT MOYEN JOURNALIER - NOMBRE ESTIME D'ANGUILLES CAPTUREES PAR JOUR (LOG) EN 2009	33
FIGURE 26 : CERCLE DE CORRELATION DES PARAMETRES DE L'ACP ENTRE LES AXES F1 ET F2.....	34
FIGURE 27 : RELATION ENTRE LES OBSERVATIONS (●) ET LES PARAMETRES DE L'ACP	35
FIGURE 28 : EVOLUTION INTERANNUELLE DES DENSITES D'ANGUILLE (IND/HA) PAR PECHE ELECTRIQUE SUR QUATRE STATIONS SUR LA DURANCE ENTRE 1998 ET 2009 (<u>STATION EN AVAL DU BARRAGE DE MALLEMORT</u>) (DONNEES ONEMA).....	37

TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : CARACTERISTIQUES BIOMETRIQUES DES ANGUILLES CAPTUREES DANS LA PASSE-PIEGE DU BARRAGE DE MALLEMORT EN 2009.....	24
TABLEAU 2 : COMPARAISON DES CARACTERISTIQUES BIOMETRIQUES DES ANGUILLES CAPTUREES SUR CHAQUE ANNEE DE SUIVI.....	25
TABLEAU 3 : RECAPITULATIF DES COEFFICIENTS DE CORRELATION, CONDITION DES INDIVIDUS ET TAUX D'ALLOMETRIE DES RELATIONS TAILLE-POIDS DES DIFFERENTES ANNEES DE SUIVI.....	26
TABLEAU 4 : SEUILS OBSERVES DE TEMPERATURE POUR L'ACTIVITE DE MIGRATION ENTRE 2004 ET 2009	32
TABLEAU 5 : RESULTATS DES COEFFICIENTS DE DETERMINATION DE SPEARMAN ENTRE LES CAPTURES, LES DEBITS MOYENS JOURNALIERS ET LA TEMPERATURE DE L'EAU (LES VALEURS EN ROUGE SONT SIGNIFICATIVEMENT DIFFERENTES)	34
TABLEAU 5 : EFFECTIF ANNUEL ESTIME D'ANGUILLES CAPTUREES EN RIVE DROITE ET GAUCHE DE L'USINE-ECLUSE DE BEUCAIRE-VALLABREGUES ET AU BARRAGE DE MALLEMORT.....	36

ANNEXES

ANNEXE 1 : FEUILLE D'INTERVENTION TYPE.....	I
ANNEXE 2 : RECAPITULATIF DES CAPTURES D'ANGUILLES DANS LA PASSE-PIEGE DU BARRAGE DE MALLEMORT EN 2008	II
ANNEXE 3 : RESULTATS DES TESTS STATISTIQUES DE MANN WHITNEY (SEUIL DE SIGNIFICATIVITE) REALISES SUR LES DISTRIBUTIONS ANNUELLES D'ANGUILLES EN TERMES DE TAILLE ET DE POIDS (RISQUE A DE 5%)- N.S = NON SIGNIFICATIF	IV
ANNEXE 4 : EVOLUTION MENSUELLE DE LA TAILLE MOYENNE DES ANGUILLES (MM) SUR LA PERIODE DE SUIVI 2004- 2009	V

Annexe 1 : Feuille d'intervention standard

SUIVI DE LA PASSE-PIÈGE DE MALLEMORT

DATE :

NB NUITS PIEGEAGE :

HEURE :

OPERATEUR :

LIEU DE RELACHE :

PETITES ANGUILLES (<150 mm)

POIDS TOTAL :

NOMBRE :

TAILLE (mm)	TAILLE (mm)
1	51
2	52
3	53
4	54
5	55
6	56
7	57
8	58
9	59
10	60
11	61
12	62
13	63
14	64
15	65
16	66
17	67
18	68
19	69
20	70
21	71
22	72
23	73
24	74
25	75
26	76
27	77
28	78
29	79
30	80
31	81
32	82
33	83
34	84
35	85
36	86
37	87
38	88
39	89
40	90
41	91
42	92
43	93
44	94
45	95
46	96
47	97
48	98
49	99
50	100

GROSSES ANGUILLES (> ou = 150 mm)

POIDS TOTAL :

NOMBRE :

TAILLE (mm)	POIDS (g)	TAILLE (mm)	POIDS (g)
1		51	
2		52	
3		53	
4		54	
5		55	
6		56	
7		57	
8		58	
9		59	
10		60	
11		61	
12		62	
13		63	
14		64	
15		65	
16		66	
17		67	
18		68	
19		69	
20		70	
21		71	
22		72	
23		73	
24		74	
25		75	
26		76	
27		77	
28		78	
29		79	
30		80	
31		81	
32		82	
33		83	
34		84	
35		85	
36		86	
37		87	
38		88	
39		89	
40		90	
41		91	
42		92	
43		93	
44		94	
45		95	
46		96	
47		97	
48		98	
49		99	
50		100	

REMARQUE :

Annexe 2 : Récapitulatif des captures d'anguilles dans la passe-piège du barrage de Mallemort en 2008

Date de capture	Taille (mm)	Poids (g)	Coefficient de condition
05/07/09	270	25	0,1937
15/07/09	280	25	0,1822
15/07/09	290	28	0,1923
15/07/09	280	31	0,2259
15/07/09	300	40	0,2594
15/07/09	250	21	0,1854
15/07/09	320	43	0,2500
15/07/09	260	23	0,1900
15/07/09	250	22	0,1942
17/07/09	280	27	0,1968
17/07/09	290	28	0,1923
17/07/09	290	30	0,2060
17/07/09	280	31	0,2259
17/07/09	250	21	0,1854
17/07/09	270	25	0,1937
17/07/09	270	26	0,2015
17/07/09	290	29	0,1992
17/07/09	270	26	0,2015
17/07/09	250	24	0,2118
17/07/09	260	27	0,2230
17/07/09	280	30	0,2186
17/07/09	250	22	0,1942
17/07/09	270	27	0,2092
17/07/09	280	30	0,2186
17/07/09	250	22	0,1942
17/07/09	300	32	0,2075
17/07/09	300	35	0,2270
17/07/09	370	63	0,2866
19/07/09	250	29	0,2560
19/07/09	250	22	0,1942
19/07/09	240	20	0,1892
19/07/09	270	26	0,2015
19/07/09	250	24	0,2118
19/07/09	310	36	0,2209
19/07/09	260	27	0,2230
21/07/09	260	24	0,1983
21/07/09	250	23	0,2030
21/07/09	250	22	0,1942
21/07/09	270	25	0,1937
21/07/09	280	30	0,2186
23/07/09	250	25	0,2207
23/07/09	290	30	0,2060
23/07/09	260	28	0,2313
23/07/09	320	48	0,2791
23/07/09	280	26	0,1895
27/07/09	250	24	0,2118
27/07/09	298	27	0,1771

Date de capture	Taille (mm)	Poids (g)	Coefficient de condition
31/07/09	270	25	0,1937
31/07/09	270	25	0,1937
31/07/09	290	27	0,1854
02/08/09	240	22	0,2081
02/08/09	260	25	0,2065
02/08/09	280	27	0,1968
02/08/09	300	39	0,2529
09/08/09	280	29	0,2113
20/08/09	260	28	0,2313
26/08/09	320	57	0,3314
26/08/09	350	61	0,3048
26/08/09	250	26	0,2295
03/09/09	260	27	0,2230
15/09/09	280	29	0,2113
15/09/09	270	28	0,2170
17/09/09	250	26	0,2295
19/09/09	280	28	0,2041
21/09/09	280	29	0,2113
21/09/09	310	40	0,2454
21/09/09	180	16	0,2461
23/09/09	250	22	0,1942
23/09/09	290	31	0,2129
23/09/09	290	28	0,1923
25/09/09	250	24	0,2118
25/09/09	280	30	0,2186
25/09/09	280	28	0,2041
25/09/09	280	21	0,1530
28/09/09	280	29	0,2113
28/09/09	300	42	0,2724
28/09/09	200	19	0,2446
28/09/09	250	23	0,2030
28/09/09	290	30	0,2060
28/09/09	290	31	0,2129
28/09/09	250	26	0,2295
28/09/09	280	30	0,2186
28/09/09	260	27	0,2230
28/09/09	250	21	0,1854
02/10/09	280	30	0,2186
02/10/09	250	24	0,2118
02/10/09	200	21	0,2703
10/10/09	150	14	0,2931
10/10/09	280	29	0,2113
10/10/09	300	35	0,2270
10/10/09	180	16	0,2461
13/10/09	290	31	0,2129
13/10/09	280	30	0,2186
19/10/09	310	35	0,2147

Annexe 3 : Résultats des tests statistiques de Mann Whitney (seuil de significativité) réalisés sur les distributions annuelles d'anguilles en termes de taille et de poids (risque α de 5%)- n.s = Non significatif

Variable « Taille » :

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2004		n.s	0,019	n.s	n.s	< 0.0001
2005	n.s		0,004	n.s	n.s	< 0.0001
2006	0,019	0,004		n.s	< 0.0001	< 0.0001
2007	n.s	n.s	n.s		n.s	< 0.0001
2008	n.s	n.s	< 0.0001	n.s		< 0.0001
2009	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	

Variable « Poids » :

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2004		n.s	n.s	n.s	0,0001	<0.0001
2005	n.s		n.s	n.s	0,012	<0.0001
2006	n.s	n.s		n.s	<0.0001	<0.0001
2007	n.s	n.s	n.s		0,011	<0.0001
2008	0,0001	0,012	<0.0001	0,011		<0.0001
2009	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	

Annexe 4 : Evolution mensuelle de la taille moyenne des anguilles (mm) sur la période de suivi 2004-2009

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Janvier						
Février						
Mars						
Avril			340,00			
Mai	325,10	230,00	327,27	290,00	100,00	
Juin	320,00	248,33	316,27	318,15		
Juillet	301,09	310,28	319,51	291,67	292,86	274,4
Août	290,00	305,00	330,83	320,00	299,63	282,2
Septembre	315,00	316,59	298,00	350,00	295,26	267,2
Octobre	310,98	280,00	260,00		293,85	252,0
Novembre			395,00			
Décembre						