

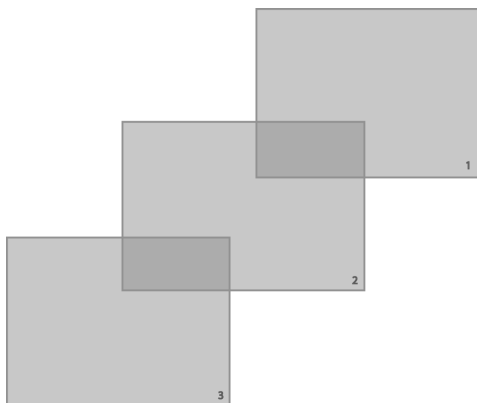
Suivi de la passe-piège à anguilles du barrage E.D.F. de Mallemort sur la Durance

- Campagne 2011 -
- Synthèse des résultats 2004-2011 -



ALAMELLE B., LE GURUN L., LEBEL I.

Novembre 2011



1 : Anguillette (© MRM / F. Gardin, 2007)

2 : Passe-piège du barrage de Mallemort (© EDF, 2009)

3 : Barrage EDF de Mallemort (© MRM / F. Gardin, 2007)

ALAMELLE B., LE GURUN L., LEBEL I., 2011. Suivi de la passe-piège à anguilles du barrage E.D.F. de Mallemort sur la Durance, Campagne 2011, Synthèse des résultats

2004-2011. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée, Fédération de Vaucluse pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique : 46 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
- Julie Mosseri, EDF Production Méditerranée

RESUME

Dans le cadre du Plan de Gestion des Poissons Migrateurs du bassin Rhône Méditerranée Corse, une passe-piège à anguilles a été mise en place en septembre 2003 au barrage hydroélectrique EDF de Mallemort qui correspondait à un point de blocage dans la migration trophique de l'Anguille sur ce cours d'eau (44 km de la confluence avec le Rhône).

Aussi en partenariat avec EDF et L'association Régionale des Fédérations de Pêche PACA, un suivi de cette passe-piège à Anguille permet de caractériser leur migration au droit de l'ouvrage depuis 2004. Cet aménagement constitue en effet un dispositif de piégeage permanent, dont la relève s'effectue deux à trois fois par semaine suivant la dynamique migratoire des anguilles.

En 2011, 714 anguilles ont été capturées dans la passe-piège. Sur la période de suivi 2004-2011, 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 sept années de suivi, la population migrante est constituée d'anguillettes mais également d'anguilles jaunes (90 à 510 mm). La migration peut donc être rapide pour certains individus.

En 2011, la migration a commencé en avril pour se terminer fin octobre. L'évolution des captures a largement été influencée par la température de l'eau. Elle semble en effet déclencher et structurer en partie l'activité migratoire. Aucune influence du débit et du cycle lunaire sur les captures n'a été mise en évidence en 2011.

D'ores et déjà, le suivi de la passe-piège du barrage de Mallemort devra être poursuivi en 2012. Les réflexions sur l'automatisation de la passe-piège ne sont à l'heure actuelle pas lancées, dans l'attente de retours d'expérience sur d'autres cours d'eau.

SOMMAIRE

RESUME	4
SOMMAIRE	6
INTRODUCTION	1
CONTEXTE DE L'ETUDE	2
I. L'ANGUILLE EUROPEENNE (<u>ANGUILLA ANGUILLA</u>)	2
II. CONTEXTE INSTITUTIONNEL ET REGLEMENTAIRE.....	5
III. LA ZONE D'ETUDE.....	11
METHODES	18
I. SUIVI DE LA PASSE-PIEGE A ANGUILLES	18
II. SUIVI DES PARAMETRES ABIOTIQUES	18
III. TRAITEMENT DES DONNEES	18
RESULTATS	20
I. EFFECTIFS DE CAPTURES	20
II. SUIVI DES PARAMETRES ABIOTIQUES	22
III. CARACTERISATION DE LA DYNAMIQUE DE MIGRATION DES ANGUILLES AU DROIT DE LA PASSE-PIEGE	24
IV. CARACTERISATION BIOLOGIQUE DE LA POPULATION MIGRANTE D'ANGUILLE AU DROIT DE LA PASSE-PIEGE DE MALLEMORT	29
DISCUSSION	34
I. DYNAMIQUE DE POPULATION	34
II. CARACTERISATION BIOLOGIQUE DES ANGUILLES.....	36
III. LA PHASE DE DEVALAISON DE L'ANGUILLE DE MALLEMORT A LA MER	36
IV. PERSPECTIVES.....	37
CONCLUSION	39
BIBLIOGRAPHIE	40
TABLE DES FIGURES	43
TABLE DES TABLEAUX	44
ANNEXES	45

INTRODUCTION

L'Anguille européenne est un poisson migrateur amphihaline thalassophile 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 de Gestion des Poissons Migrateurs (PLAGEPOMI) fixe les grandes priorités de restauration des populations amphihalines sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse (RM et C). C'est dans le cadre du PLAGEPOMI 2004-2009 qu'une passe-piège à Anguille a été installée en septembre 2003 sur le barrage EDF de Mallemort sur la Durance. En effet, cet ouvrage constituait jusqu'à son aménagement une zone de blocage des anguilles dans leur migration trophique sur cet affluent du Rhône.

Dans la continuité, le PLAGEPOMI 2010-2014 préconise pour l'Anguille l'accès à des zones de grossissement de bonne qualité avec la définition de Zone d'Actions prioritaires (expertise détaillée des ouvrages dans les 6 ans) et d'ouvrages prioritaires (équipement d'un dispositif de franchissement d'ici 2014) en cohérence avec le Plan de Gestion en faveur de l'Anguille. La Durance de sa confluence avec le Rhône jusqu'au barrage EDF de Cadarache est ainsi concernée par ces objectifs avec l'identification du seuil de Callet comme ouvrage prioritaire. Plus particulièrement, le suivi de la passe-piège du barrage EDF de Mallemort répond à un 2^{ème} axe stratégique du PLAGEPOMI 2010-2014 qui est de poursuivre et renforcer les actions de suivi.

Les données du suivi de cette passe, commencé en 2004, complètent par ailleurs 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 et 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 2011, 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.

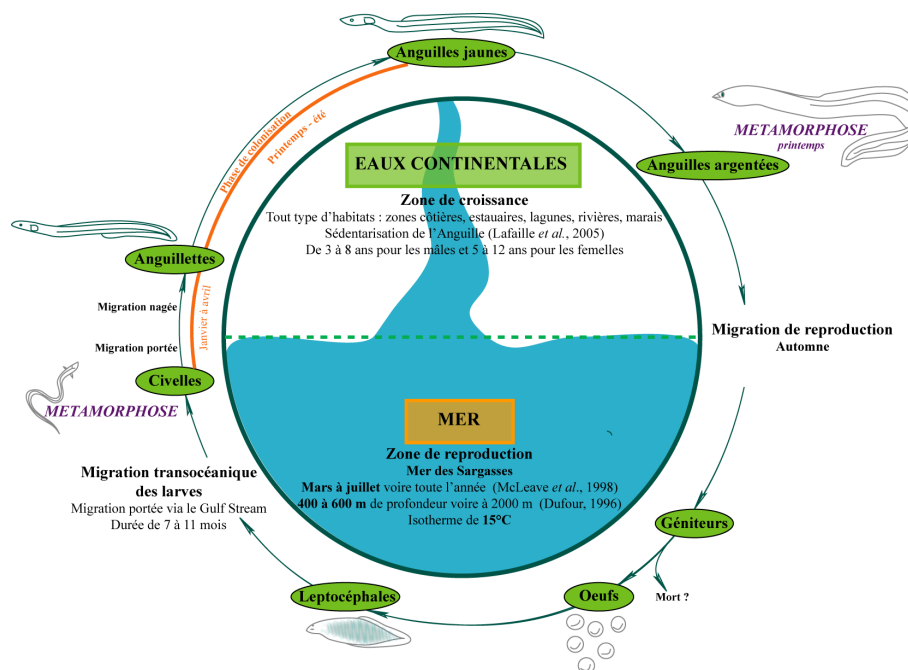
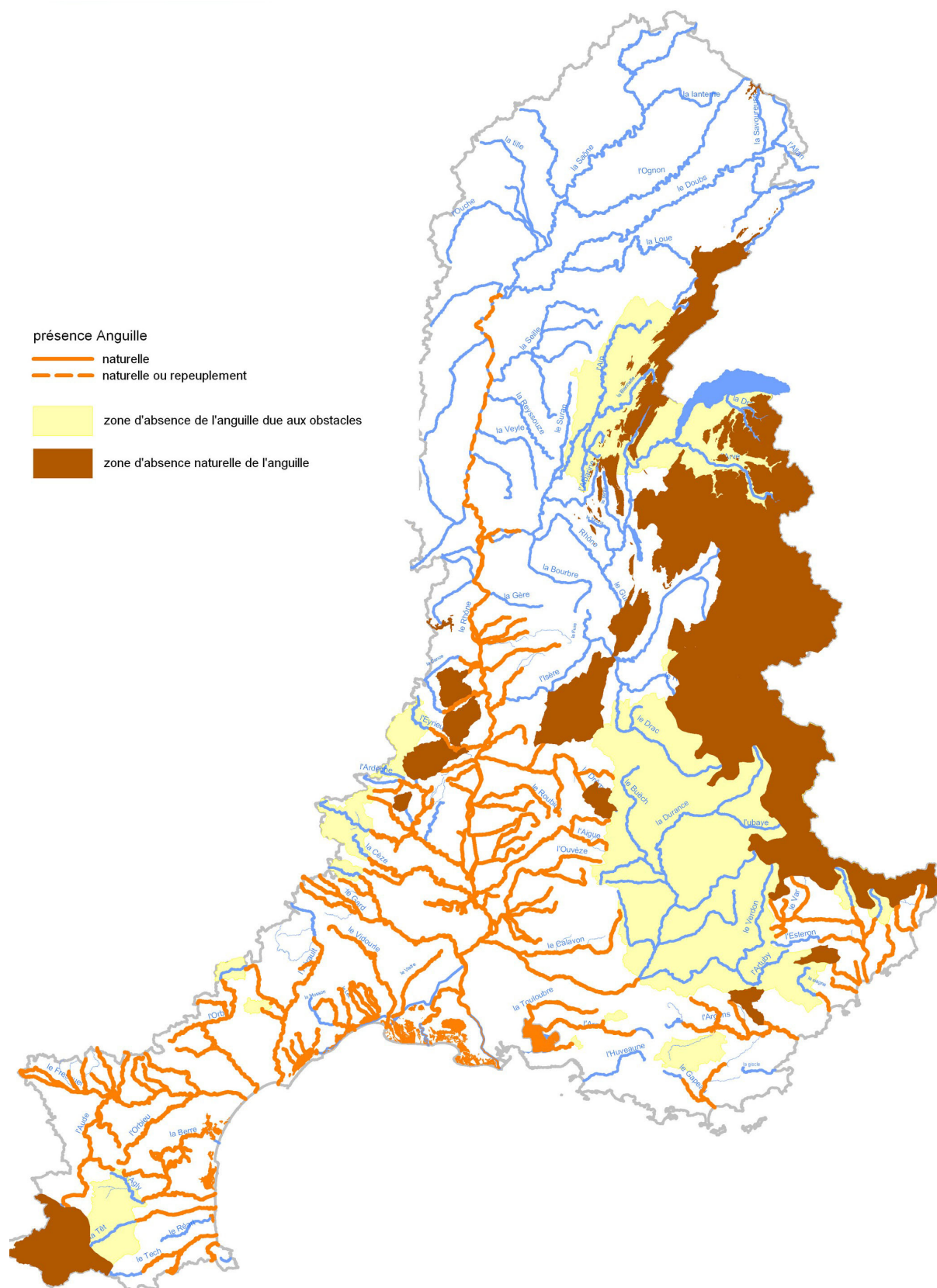


Figure 1 : Cycle biologique de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) (MRM)

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 et 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). En dehors des zones naturellement inaccessibles et des repeuplements, l'absence de l'Anguille, que ce soit sur le bassin du Rhône ou les fleuves côtiers, a pour origine la présence d'ouvrages transversaux, infranchissables ou difficilement franchissables qui arrêtent ou érodent sa migration d'amontaison vers les habitats plus en amont (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).



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)

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.

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 trois 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 (SVEDÄNG *et al.*, 1996).

La population d'Anguille sur les bassins RM et C ne déroge pas à cette situation inquiétante, mais 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 des indicateurs d'état du stock méditerranéen d'anguilles sur le territoire. Sur les lagunes, les carnets de capture, mis en place en 2008, devraient fournir de nombreuses informations, mais les données disponibles à l'heure actuelle sont des tonnages approximatifs non reliés à un effort de pêche.

I.4. Exploitation de la ressource

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).

Sur les bassins RM et C, la pêche à la civelle est totalement interdite. Régulièrement, des activités de braconnage sont néanmoins constatées au niveau de certains graus de lagunes et canaux de Camargue ainsi que sur certains fleuves côtiers (Aude, Hérault, Argens...).

Aujourd'hui, les pêcheurs du Rhône ne peuvent plus pratiquer la pêche professionnelle suite au constat d'une contamination des poissons par les PCB. Dans les lagunes, la pêche de l'Anguille jaune et argentée est l'activité principale bien qu'elle ne représente pas un poids économique important au regard d'autres pêches. Activité ancestrale, cette pêche aux petits métiers fait vivre environ 600 pêcheurs et leur famille (COGEPOMI, 2006). Actuellement, la production annuelle d'Anguille est estimée entre 900 et 1 000 tonnes dans les étangs des bassins RM et C (COGEPOMI, 2008).

II. Contexte institutionnel et réglementaire

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. En effet, le niveau actuel du stock de géniteurs et son incidence possible sur le potentiel de reproduction de l'espèce se traduisent par un risque écologique grave d'effondrement complet et irréversible de la ressource.

Ce constat a conduit au classement de l'espèce en danger critique d'extinction dans le « livre rouge des espèces menacées » de l'IUCN (International Union for Conservation of Nature). 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 sont par conséquent contrôlées par l'élaboration de permis afin d'éviter une utilisation incompatible avec la survie de l'espèce (ICES, 2008) (Tableau 1).

Tableau 1 : Statuts de protection et de conservation de l'Anguille européenne (INPN ; MNHN)

Statut de protection	Convention de Barcelone	Annexe III (<i>protection et conservation des écosystèmes et de la diversité biologique en Méditerranée</i>)
	CITES	Annexe II (<i>Espèce dont le commerce international/européen ne peut être autorisé que par l'octroi d'un permis d'exportation ou d'un certificat de réexportation</i>)
	Règlement européen 18/09/2007 instituant des mesures de reconstitution des stocks d'Anguille	Cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau visant à protéger, à conserver et à améliorer l'environnement aquatique dans lequel les anguilles passent une partie de leur cycle biologique
Statut de conservation (Liste rouge IUCN)	Internationale	En danger critique d'extinction
	Nationale	En danger critique d'extinction

Au-delà de ces statuts, plusieurs mesures réglementaires, en particulier la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCEE), relative à la restauration de la qualité des milieux, et le règlement européen en faveur de l'Anguille, jouent en faveur de la préservation de cette espèce migratrice et de ses habitats dulçaquicoles. Aussi, elle constitue un indicateur biologique de la continuité écologique d'un cours d'eau et à une plus large échelle des objectifs fixés par la réglementation européenne et nationale.

II.1. Règlement européen en faveur de l'Anguille N°1100/2007

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

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

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. Il se traduit 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).

II.2. Plan de gestion national

Pour mettre en œuvre le règlement européen, les Etats membres doivent rédiger un plan de gestion composé d'un volet national et autant de volets locaux interrégionaux que de bassins hydrographiques. En France, la rédaction a été pilotée au niveau national par le Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche (MAAP) et 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 volets locaux 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.

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. Le cœur des mesures de gestion de la pêche est fixé au niveau national, par le MAAP. 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 (COLLECTIF, 2010).

Concernant la problématique « ouvrage », une méthodologie nationale a été adoptée. Elle consiste à expertiser la franchissabilité pour l'Anguille à la montaison ainsi qu'à la dévalaison de tous les ouvrages transversaux à l'écoulement présents dans les Zones d'Actions Prioritaires qui ont été identifiées. Sur ces zones, des ouvrages prioritaires ont également été sélectionnés. Le diagnostic à l'ouvrage devra y être lancé dans la période du plan de gestion (6 ans) afin de rechercher les solutions technico-économiques permettant le passage des anguilles tant à la montaison qu'à la dévalaison. A l'issue du diagnostic, si des solutions technico-économiques existent, la recherche de financement devra être lancée et les solutions mises en œuvre aussi vite que possible. Des zones d'actions long terme ont également été définies. Elles doivent permettre aux gestionnaires d'améliorer la connaissance sur ces secteurs durant le premier plan de gestion afin de confirmer (ou pas) ces territoires en zones d'actions prioritaires dans le second plan de gestion.

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

II.3. Volet local Rhône-Méditerranée

Concernant la problématique de la pêche, des mesures de gestion ont été prises pour différents milieux concernés (pêcheries propres aux eaux maritimes, pêcheries propres aux eaux douces et cours d'eau, pêcheries en lagunes) (COGEPOMI, 2008). Par exemple en eaux maritimes, la pêche des anguilles de taille inférieure à 12 cm est interdite (civelle y compris) et la pêche professionnelle de l'Anguille est ouverte :

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

Les périodes de pêche identifiées sont susceptibles d'être réduites d'une année à l'autre afin d'atteindre les objectifs du plan de gestion. Pour la pêche d'anguilles en eau douce, il est prévu de réduire la période d'ouverture de 2 mois à l'horizon 2011.

II.4. DCEE, Code de l'environnement et LEMA

II.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 intégrée aux Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2010-2015 des bassins RM et C par plusieurs orientations dont un volet franchissement piscicole.

II.4.2. Le SDAGE

Le SDAGE est un outil de planification des politiques de l'eau sur chaque bassin hydrographique. Le SDAGE du bassin RM 2010-2015, arrêté par le préfet coordonnateur de bassin le 20 novembre 2009, détermine les objectifs de qualité (bon état, bon potentiel écologique...) que devront atteindre les masses d'eau (rivières, lacs, eaux souterraines, ...) d'ici 2015.

Ces objectifs sont déclinés selon huit orientations fondamentales accompagnées d'un programme de mesures. Le volet « préservation et redéveloppement des fonctionnalités naturelles des bassins et des milieux aquatiques » (orientation fondamentale n°6) consiste à agir sur la morphologie et le décloisonnement afin de préserver et restaurer les milieux aquatiques, d'intégrer la gestion des espèces (faunistiques et floristiques) dans la politique de gestion de l'eau et de prendre en compte, préserver et restaurer les zones humides.

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).

II.5. Code de l'Environnement et Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA, loi 2006/1772 du 30 décembre 2006)

➤ Réglementation concernant les ouvrages

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.

Les articles L.432-5 et L.432-6 du Code de l'Environnement demeurent applicables jusqu'à leur substitution au titre de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) par l'article L.214-17 au plus tard le 1^{er} janvier 2014. Deux listes de cours d'eau seront ainsi publiées au titre de cet article :

- Une liste de cours d'eau ou tronçons de cours d'eau répondant aux critères suivants (liste 1) :
- Cours d'eau en très bon état écologique (identifiés dans le SDAGE),
- Cours d'eau qui jouent un rôle de réservoir biologique nécessaire au maintien ou à l'atteinte du bon état écologique (défini dans les objectifs de la DCE) des cours d'eau d'un bassin versant,
- Cours d'eau qui nécessitent une protection complète des poissons migrateurs amphihalins.

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

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

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

Les anciens classements de cours d'eau au titre de l'article L432-6 du code de l'environnement resteront en vigueur jusqu'à la date de publication (ou 5 ans après) des deux nouvelles listes au titre de l'article L-214-17. Ces anciennes listes seront au plus tard supprimées le 1^{er} janvier 2014.

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

La mise en œuvre du règlement européen 1100/2007 sur la gestion de l'Anguille qui demande aux Etats membres d'identifier des zones d'actions prioritaires pour la mise aux normes de

franchissabilité des obstacles doit ainsi permettre d'anticiper la date butoire du 1^{er} janvier 2014 pour les zones définies prioritaires pour l'Anguille et qui ne sont actuellement pas classées. Lesdits bassins ou sous bassins devront être classés au titre de l'article L214-17 avant le 31 décembre 2010 (MEDAD, 2008).

➤ Réglementation concernant les débits réservés

Les articles L432-5 et L432-8 du code de l'environnement traitent respectivement des débits minimaux à maintenir à l'aval de chaque ouvrage ainsi que des sanctions encourues. Le débit minimal ne doit pas être inférieur au dixième du module du cours d'eau au droit de l'ouvrage. Ces articles ont été abrogés au 30 décembre 2006 avec la mise en vigueur de la LEMA et en particulier des articles L214-17 à L214-19.

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

II.6. Le Grenelle de l'environnement

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

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

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

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

La « trame verte » traite essentiellement des grands espaces naturels (Zones naturelles d'intérêt écologique faunistiques et floristiques (ZNIEFF) marines et terrestres). La « trame bleue » est l'équivalent de la « trame verte » pour les eaux de surface continentales et leurs écosystèmes associés. Selon la loi « Grenelle 2 », la trame bleue comprend les cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux figurant sur les listes établies en application de l'article L. 214-17 du code de l'environnement. Ainsi, les objectifs du Grenelle de l'environnement sont étroitement liés au SDAGE et son programme de mesures, au PLAGEPOMI 2010-2014, au plan de gestion en faveur de l'Anguille, aux classements des cours d'eau (code de l'environnement, article L214-17).

En Rhône-Méditerranée, la mise en place de ces systèmes législatifs a amené l'Etat (DREAL,

DDTM) et ses Etablissements publics (ONEMA et Agence de l'Eau) à identifier des ouvrages à traiter prioritairement sur le plan de la continuité écologique. Ainsi, trois lots d'ouvrages ont été définis :

- Lot 1 : Les ouvrages pour lesquels des actions, au sens de travaux, sont à définir et à lancer entre 2009 et 2012, en donnant la priorité aux actions de restauration.
- Lot 2 : Les ouvrages pour lesquels l'acquisition de connaissances complémentaires (études non directement liées à des travaux) est un préalable nécessaire à des travaux de restauration de la continuité, cette connaissance devant être acquise au plus tard fin 2012.

II.7. 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, 2004) :

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

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

Depuis les années 1990, une politique en faveur des grands migrateurs s'est impulsée sur le bassin du Rhône, au travers notamment du premier plan migrateurs 1993-2003 dont l'objectif principal était le retour de l'Alose feinte du Rhône (*Alosa fallax rhodanensis*) sur le Bas-Rhône jusqu'à l'Ardèche et ses affluents en rive droite (Gardon, Cèze, Ardèche). Face à sa complexité, l'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée (MRM) a été créée en 1993 pour gérer et coordonner ce plan. Sur la période 1993-2003, il s'est avéré concluant puisque l'aire de colonisation de l'Alose s'est agrandie sur le Rhône et ses affluents jusqu'à l'Ardèche (LEBEL *et al.*, 2001). Néanmoins, le champ d'actions de ce projet ne concernait d'une part, que l'Alose et d'autre part, que l'axe Rhône et ses affluents en rive droite alors que les poissons migrateurs amphihalins étaient historiquement présents sur certains affluents en rive gauche du Rhône (Durance, Ouvèze, Aigue et Lez) et sur les fleuves côtiers méditerranéens, dont certains ont des potentialités élevées de croissance et de reproduction.

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

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

Ainsi, le 3^{ème} plan 2010-2014 s'inscrit dans la continuité des deux précédents PLAGEPOMI en définissant des stratégies de gestion et de reconquête pour l'Alose, l'Anguille et les Lamproies sur le Rhône, ses affluents et quelques affluents secondaires, sur les fleuves côtiers et certains de leurs affluents et sur les lagunes méditerranéennes. Par ailleurs, ce plan s'articule autour de la mise en œuvre des politiques en précisant en particulier les objectifs et actions relatives aux poissons migrateurs évoqués dans le SDAGE. Il reprend de plus intégralement les dispositions du plan de gestion de l'Anguille et de la stratégie pour une reconquête du Rhône par les espèces

migratrices amphihalines et les complète sur des aspects transversaux (COGEPOMI, 2011).

III. La zone d'étude

III.1. La Durance

1^{er} affluent en rive gauche du Rhône, la Durance prend sa source sur le Mont Genèvre (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 les restitutions d'eau dans le cadre de mesures de protection de l'Étang 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).

Actuellement, la basse Durance est soumise à un régime de restitution au niveau de Mallemort (augmentation des débits et des limons), suite au renforcement successif des contraintes d'apports à l'étang de Berre – mise en place de quotas sur les rejets d'eau et de limons. En effet, le plan de reconquête de l'étang de Berre vise une diminution drastique des apports de la rivière vers l'étang mais une augmentation des restitutions à l'aval du barrage de Mallemort. Aussi, le débit en aval du barrage de Mallemort connaît de brusques variations dans un laps de temps très court pouvant aller de 4,5 à 250 m³/s.

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 lentiques 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 :

- **Les extractions passées de granulats** dans le lit de la Durance induisant une incision du lit, une érosion des berges, une baisse du niveau de la nappe alluviale, un assèchement des frayères...
- **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 lentiques, 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.

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).

III.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.

Pour l'Anguille, 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).

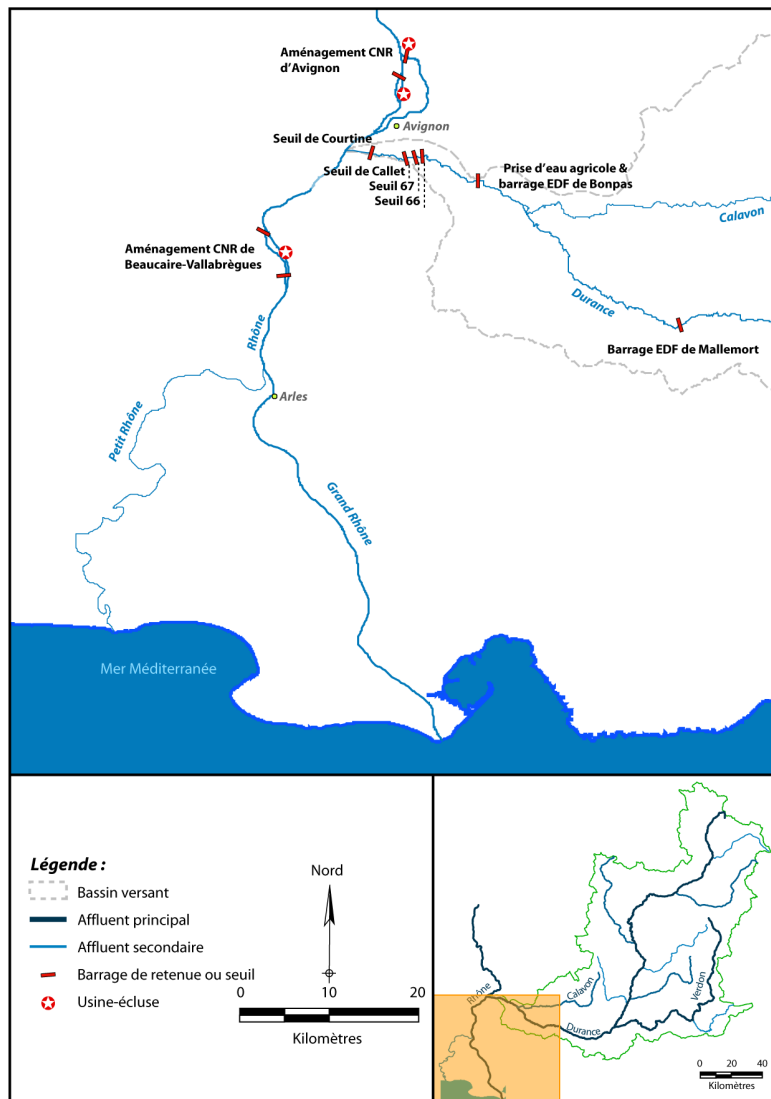


Figure 3 : Localisation des obstacles sur l'axe Rhône – Durance jusqu'au barrage EDF de Mallemort (MRM)

➤ **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** (87,5 km de l'embouchure du Rhône) :

Le seuil de Courtine (Figure 5), 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).



Figure 5 : Seuil de Courtine (MRM)

➤ **Seuil de Callet – Seuil 68** (90 km de l'embouchure du Rhône) :

Le seuil de Callet (Figure 6), 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.

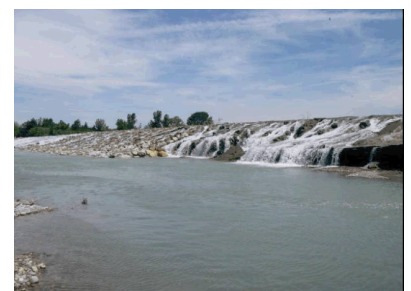


Figure 6 : Seuil de Callet avant sa réfection en 2009 (© MRM / F. Gardin. 2007)

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. Les travaux sont prévus en 2013.

➤ **Seuil 67** (92,5 km de l'embouchure du Rhône) :

Le seuil 67 (Figure 7) est situé à 6 km de la confluence et à 1 km en amont du seuil de Callet. Il 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 y est prévue en 2013.



Figure 7 : Seuil 67 (MRM)

➤ **Seuil 66** (100 km de l'embouchure du Rhône) :

Ce seuil (Figure 8) 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 8 : 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 Chateaurenard, est situé à 15 km de la confluence (Figure 9). Le débit réservé au niveau de cet ouvrage est de 4,7 m³/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).

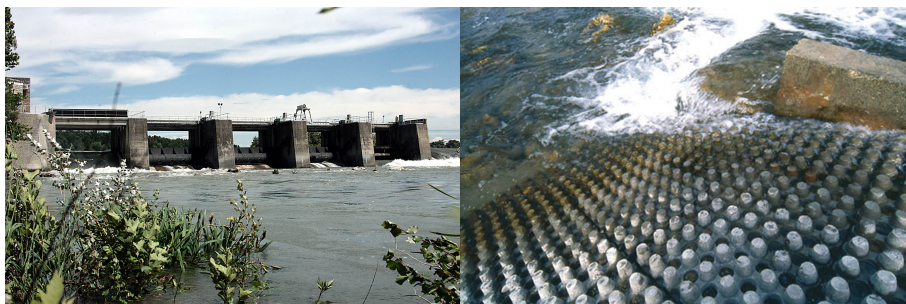


Figure 9 : Barrage EDF de Bonpas (à gauche) et zone de reptation artificielle (à droite)

(© 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 réalisée en 2009 (étude préliminaire pour l'aménagement de Bonpas). L'analyse du gain écologique de l'ouverture de l'axe Durance pour l'Alose et autres migrateurs est en cours dans le cadre du contrat de rivière pour approfondir la question mais des travaux de restauration de la libre circulation des poissons migrateurs sont d'ores et déjà prévus en 2014.

➤ **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'amenée. Le barrage d'une hauteur de 8 mètres est équipé de vannes segments (Figure 10).



Figure 10 : Barrage EDF de Mallemort (© MRM / F. Gardin. 2007)

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 était infranchissable pour l'ensemble des espèces piscicoles présentes sur la Durance. Ce site constituait 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 d'y mettre en place une passe-piège à anguilles dans le but d'évaluer la population d'anguilles migrantes (BARRAL, 2001).

Depuis 2003, une passe piège à anguilles a donc été installée sur cet ouvrage selon le concept développé par LEGAULT (1992). Située en rive gauche, elle bénéficie d'une zone calme, lieu de concentration des anguilles (Figure 11). Ces dernières sont guidées dans leur montaison par un débit d'attrait de 20 m³/h auquel s'ajoute un attrait provenant du débit réservé délivré au niveau du barrage de Mallemort (au minimum 4,6 m³/s).



Figure 11 : Passe-piège du barrage EDF de Mallemort (© MRM / F. Gardin. 2007)

III.3. Fonctionnement hydrologique du secteur d'étude

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 du canal de Provence est restituée en Durance par un ouvrage situé à 1,4 km en aval du barrage de Mallemort (débit maximum de 250 m³/s). Cet ouvrage déverse en outre une partie des eaux servant à alimenter la prise d'eau agricole de Bonpas. Les débits restitués connaissent de fortes variations intra et inter-journalières.

Les restitutions d'eau modifiant considérablement l'hydrologique de la basse Durance, nous distinguerons durant cette étude deux tronçons :

- le tronçon aval, sous l'influence des restitutions d'eau, qui va de la confluence avec le Rhône à l'ouvrage de restitution de Mallemort sur lequel le débit est constitué du débit réservé (4,6 m³/s), des eaux déversées par le barrage en cas de crue et des eaux provenant de l'ouvrage de restitution de Mallemort (de 0 à 250 m³/s),
- le tronçon court-circuité, long de 1,4 km, qui ne connaît pas l'influence des restitutions d'eau et qui va de l'ouvrage de restitution au barrage de Mallemort pour lequel le débit est constitué uniquement du débit réservé et du débit déversé par le barrage en cas de crue (Figure 12).



Figure 12 : La Durance en aval du barrage EDF de Mallemort (source : Google map, avril 2012)

Le volet local Rhône-Méditerranée pour la gestion de l'Anguille 2009-2014 définit la Durance jusqu'au barrage EDF de Cadarache comme zone d'actions prioritaires (expertise détaillée des ouvrages dans les 6 ans). Plus particulièrement, le seuil de Callet a été défini comme 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.

Pour une meilleure lisibilité, les mêmes dispositions ont été reprises dans le Plan de Gestion des Poissons Migrateurs 2010-2014, le document de référence pour les mesures de gestion en faveur de l'Anguille restant le plan de gestion national de l'Anguille.

Au titre de l'article L214-17 du Code de l'environnement, des propositions de classement ont d'ores et déjà été effectuées. Ainsi, il est envisagé de classer la Durance en liste 2 (objectif de restauration) de l'aval du barrage EDF de Mallemort à sa confluence avec le Rhône. Le classement en liste 1 (objectif de préservation) correspond à la ZAP du plan de gestion Anguille.

Par ailleurs, 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 en cours sur l'impact des débits sur l'efficacité des dispositifs de franchissement ainsi que sur l'aménagement d'autres passes à poissons.

En parallèle, les objectifs du Grenelle ont amené à définir des ouvrages à traiter prioritairement sur le plan de la continuité écologique. Ainsi sur la Durance, les seuils 68 et 67, la prise d'eau agricole de Bonpas et le barrage EDF de Mallemort ont été classés en lot 1 (travaux à définir et à lancer entre 2009 et 2012).

Même si les seuils sur la Durance 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 et rédige le rapport.

I. Suivi de la passe-piège à anguilles

La passe-piège à anguilles constitue un dispositif de piégeage permanent (Figure 12).

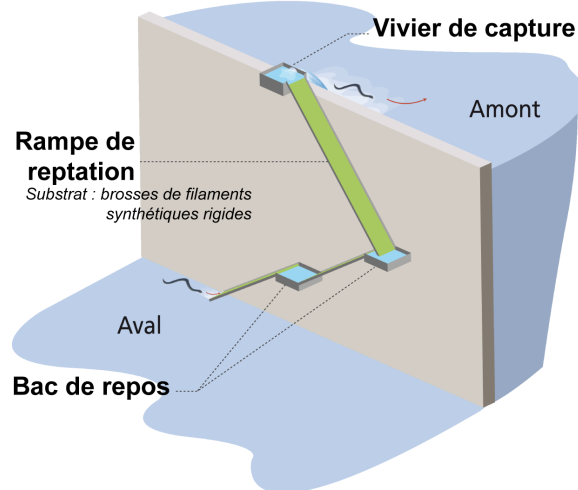


Figure 13 : Schéma simplifié d'une passe-piège à anguilles (MRM)

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'eugénol (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 13). Pour chaque intervention, l'opérateur remplit une fiche d'intervention standard (Annexe 1).



Figure 14 : Traitement des anguilles (MRM)

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 et sa dynamique migratoire :

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

Après le bilan des effectifs capturés et leur évolution sur la saison de migration en 2011, une analyse interannuelle des facteurs biologiques et environnementaux apportera des premiers éléments de compréhension de l'évolution du nombre d'individus piégés dans la passe-piège du barrage EDF de Mallemort depuis 2004.

III.1. Caractérisation de la migration des anguilles

Les captures brutes (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 environnementaux sont utilisés pour décrire et expliquer l'évolution des captures : débit, température, cycle lunaire et turbidité.

III.2. Caractérisation biologique 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 (perte de poids),
- Si $b > 3$, on parle d'allométrie majorante (grossissement).
- De la structure de taille de la population d'anguilles capturées.

RESULTATS

I. Effectifs de captures

Au total, 714 anguilles ont été capturées dans la passe-piège de Mallemort en 2011 (Annexe 2). Les premières captures ont eu lieu le 11 avril 2011 et se sont étalées jusqu'au 9 octobre 2011 (Figure 14).

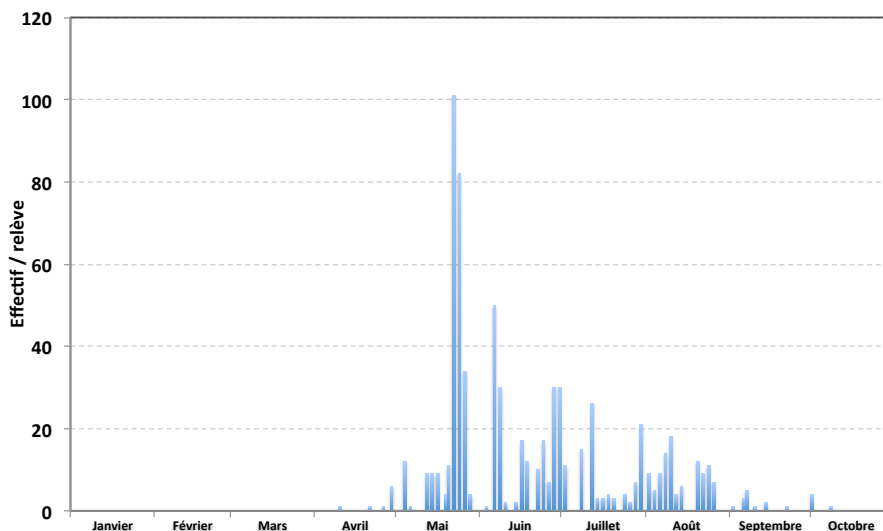


Figure 15 : Evolution des effectifs d'anguilles par relève dans la passe-piège du barrage de Mallemort en 2011

L'évolution des captures en 2011 s'avère unimodale avec un pic de franchissement en mai. En effet, 38,7% des individus ont été capturés pendant ce mois. Les effectifs piégés tendent à décroître régulièrement jusqu'en octobre même si ces le nombre d'individus par relève reste irrégulier (migration par « à-coups »).

Sur la période 2004-2011, le nombre de captures a explosé en 2006 d'un facteur de 3 et 10 par rapport à 2004 et 2005. Puis, le nombre de captures s'est effondré en 2007 avec seulement 45 anguilles piégées. Les effectifs restent à peu près stables avant d'augmenter fortement en 2010 avec 315 captures puis en 2011 avec 714 individus piégés. Il s'agit d'ailleurs la meilleure année depuis la mise en place de la passe-piège du barrage EDF de Mallemort (Figure 15).

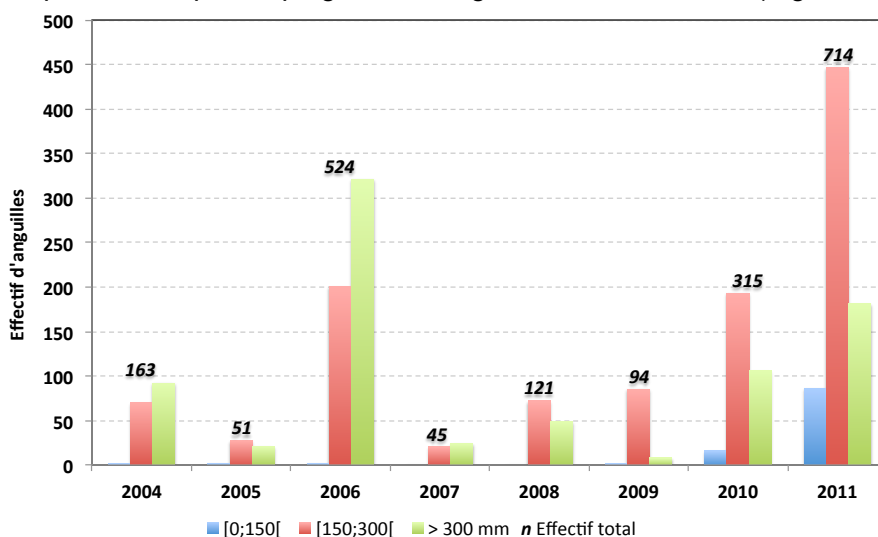


Figure 16 : Evolution annuelle des effectifs d'anguilles en fonction de leur taille entre 2004 et 2011

En distinguant les phases du cycle biologique de l'Anguille par la taille (comportement différent selon les stades), ce sont essentiellement les individus inférieurs à 300 mm, correspondant à des anguillettes âgées d'au minimum de 2 ans, qui sont capturées dans la passe-piège du barrage de

Mallemort. Seules les années 2005 et 2006 sont caractérisées par une majorité de captures d'individus supérieurs à 300 mm, correspondant à des anguilles sédimentaires. La présence d'anguilles inférieures à 150 mm, dont les effectifs ont explosés en 2011, attestent un recrutement récent du bassin versant de la Durance.

La figure 16 illustre les effectifs mensuels cumulés pour chaque année. Cette comparaison met en évidence une migration précoce des anguilles en 2011. Après une forte remontée des anguilles entre mai et juin (50% des individus capturés dès juin), les effectifs décroît régulièrement jusqu'en octobre (Figure 16).

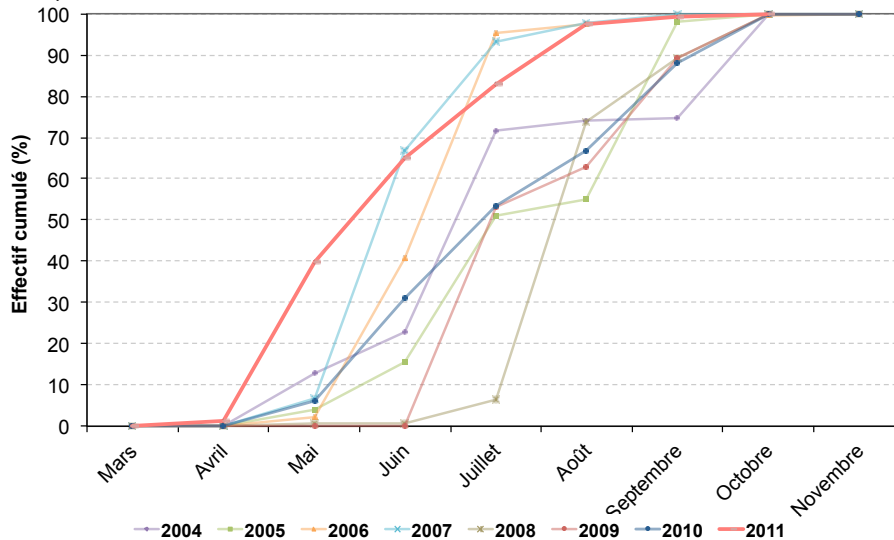


Figure 17 : Effectif cumulé (% sur l'effectif total annuel) de la population d'anguilles capturées dans la passe-piège de Mallemort entre 2004 et 2011

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 sur une courte période entre mai et août en 2006 et 2007 et entre juillet et septembre en 2008 (crue morphogène sur la période mai-juin 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.

II. Suivi des paramètres abiotiques

II.1. Débits

Le débit moyen journalier du tronçon court-circuité est resté quasiment constant en 2011 ($4,6 \text{ m}^3/\text{s}$) sauf lors de la crue du 6 juin où il a atteint $40,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

En revanche, le tronçon aval a connu plusieurs épisodes de restitutions durant la saison de migration de l'anguille de 2011 :

- un premier au début de la saison de migration (1^{er} janvier au 15 avril),
- un second en pleine saison de migration (4 au 28 juin),
- un troisième en fin de saison de migration (21 au 23 septembre) (Figure 18).

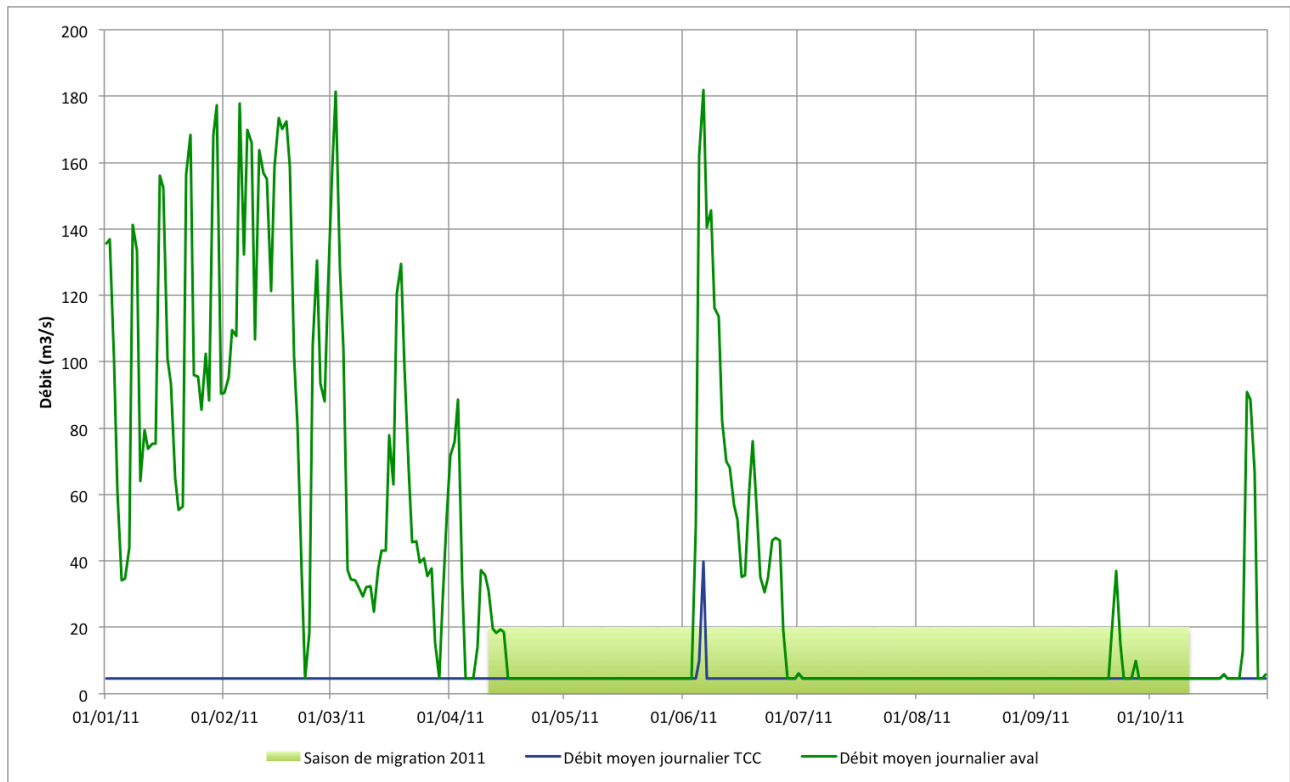


Figure 18 : Débits moyens journaliers du tronçon court-circuité et du tronçon aval à la restitution en 2011

Comparativement aux précédentes saisons de migration, les restitutions ont été peu fréquentes ; sur les 181 jours qui se sont écoulés entre la première et la dernière capture, seulement 32 ont connu des épisodes de restitution avec des débits journaliers moyen compris entre 10 et $152 \text{ m}^3/\text{s}$ (118 jours sur 169 jours de migration en 2010)

II.2. Température

Au même titre que le débit, la température de l'eau du tronçon aval est influencée par les restitutions d'eau. La température de l'eau mesurée à la restitution en 2011 est en moyenne 1,7 °C plus froide que celle mesurée à hauteur du barrage avec une différence de température pouvant aller jusqu'à 5°C. De même la température varie moins à la restitution (écart-type = 4,21) qu'au niveau du barrage (écart-type = 4,78) (Figure 19).

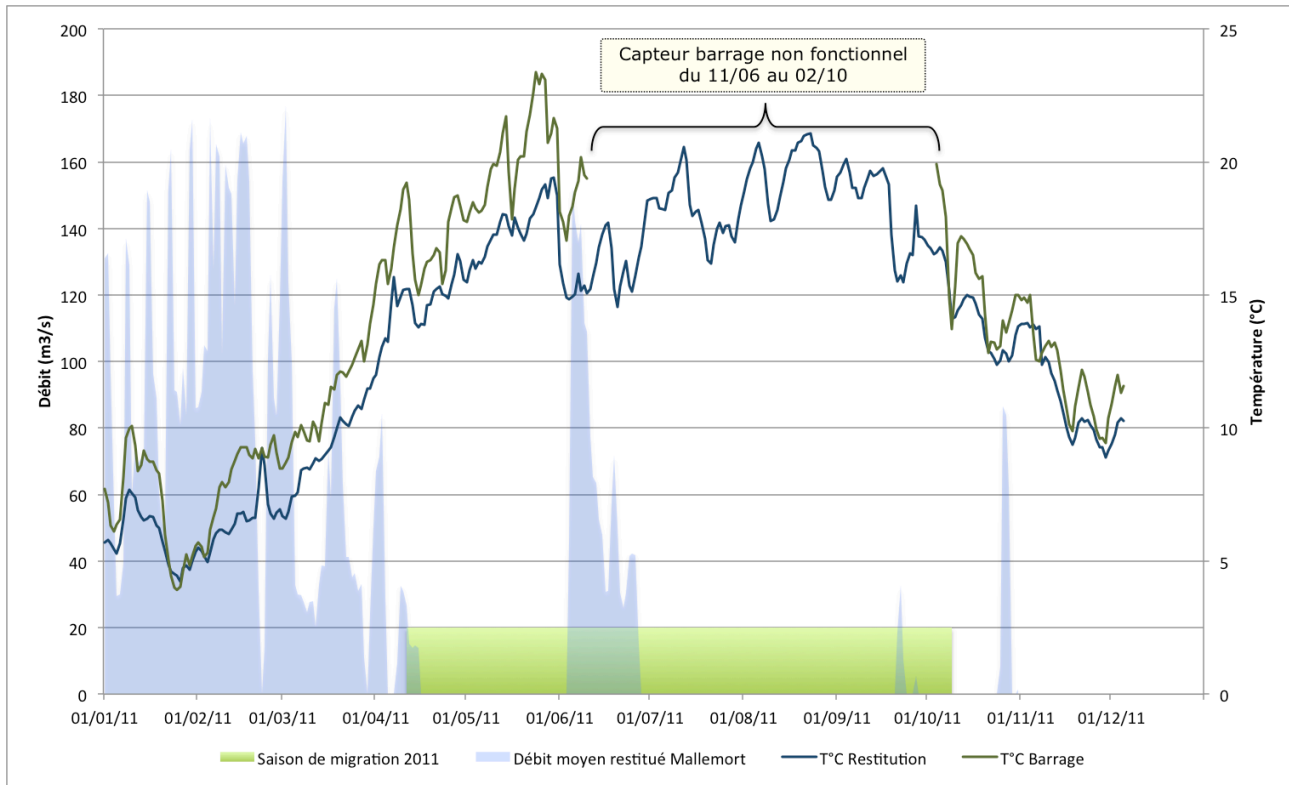


Figure 19 : Evolution des températures au niveau du barrage de et de la restitution EDF de Mallemort en 2011

Ces différences de températures peuvent avoir des conséquences lors des phases de restitutions sur le comportement migratoire des anguilles, la température minimale permettant la migration de l'anguille (11°C) est par exemple franchie 11 jours plus tôt sur le tronçon court-circuité qu'à la restitution. La mise hors service du capteur de température du barrage de Mallemort ne permet cependant pas de suivre l'évolution de la température du 11 juin au 2 octobre.

III. Caractérisation de la dynamique de migration des anguilles au droit de la passe-piège

III.1. Influence du débit

Il n'est pas possible de mettre en évidence une corrélation entre le débit moyen journalier du tronçon court-circuité et les effectifs capturés car les variations de débit ayant été trop rares au cours de l'année (une seule le 6 juin). Bien que les effectifs capturés lors de cette crue comptent parmi les plus élevés de l'année, l'augmentation de la température et les restitutions d'eau (110 m³/s) qui l'ont accompagné ne permettent pas de déterminer quel a été le paramètre déclencheur de ce pic migratoire (Figure 20).

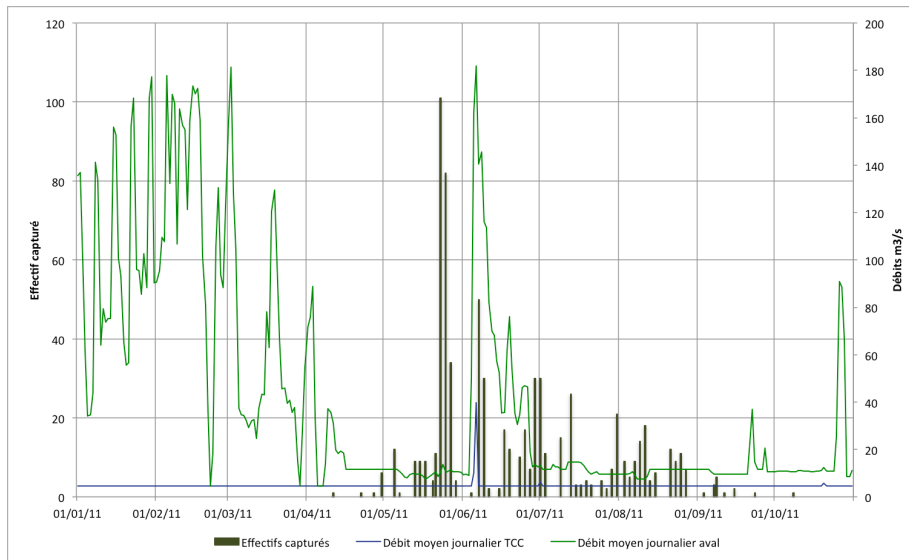


Figure 20 : Evolution des captures en fonction du débit du tronçon court-circuité et du débit en aval de la restitution de Mallemort en 2011

La comparaison des effectifs capturés avec les débits moyens journaliers à l'aval de la restitution ne permet pas quand à elle de dégager de tendance nette (Figure 21)

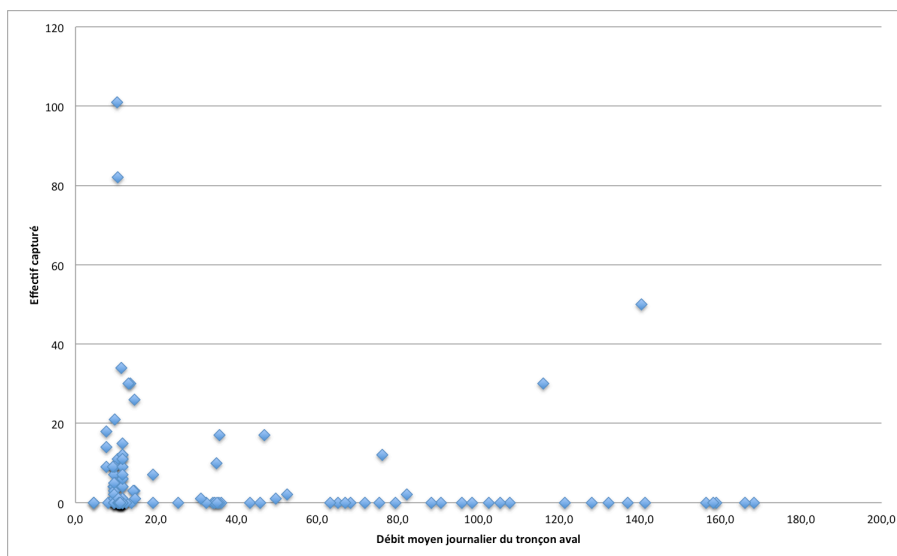


Figure 21 : Relation entre le débit à l'aval de la restitution de Mallemort et le nombre de captures en 2011

Aucune corrélation ($p=0,05$) entre les débits du tronçon aval et les effectifs capturés n'est mise en évidence sur l'année 2011 par le test de corrélation de Pearson.

III.2. Influence de la température

L'augmentation de la température est souvent décrite comme un facteur initiateur de la migration. Elle stimule l'activité des anguilles (espèce poïkilotherme) qui retrouvent ainsi des capacités de nage et de franchissement en adéquation avec les conditions de milieu.

La Figure 22 compare les effectifs capturés avec les températures de l'eau au niveau du barrage. L'impact de la température de l'eau restituée sur la température du tronçon aval et sur le comportement migratoire des anguilles étant difficile à évaluer, ce graphique ne prend en compte que la température au niveau du barrage de Mallemort.

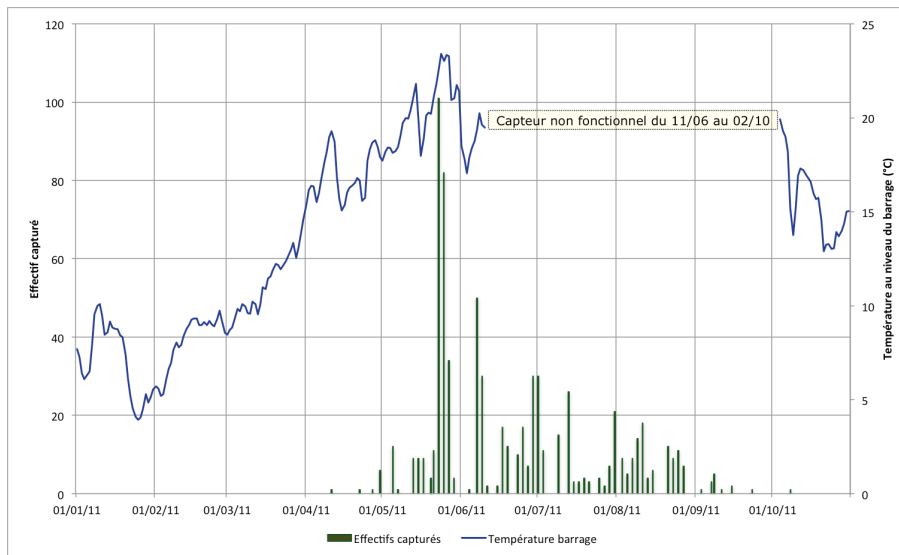


Figure 22 : Evolution des captures d'anguilles en fonction de la température de l'eau au niveau du barrage de Mallemort en 2011

La première capture de la saison a été enregistrée à une température de 19,27°C après un fort réchauffement (3,7°C en 7 jours) (Figure 22) ce qui tendrait à confirmer le rôle initiateur de ce paramètre.

L'évolution des captures d'anguilles semble être également en lien avec la température de l'eau durant la saison de migration. Les effectifs les plus élevés de l'année sont relevés lors de fortes augmentations de la température (de 18 à 23°C en 9 jours pour le premier pic de migration et de 17 à 20°C en 6 jours pour le second).

Toutefois, l'absence de données du 11 juin au 2 octobre consécutive à une mise hors service du capteur ne permet pas de comparer ces variables pour le reste de la saison de migration

Toutes les anguilles ont été capturées au-dessus d'un seuil de 13,5°C. Ces résultats se rapprochent de ceux observés les années précédentes, plus particulièrement ceux de 2008 et 2009 et 2010. Néanmoins, l'écart entre les seuils annuels de température peut être relativement élevé avec une amplitude de 8,2°C entre 2006 et 2007 (Tableau 2). 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 au moment où l'effort de migration s'est produit.

Tableau 2 : Seuils de température observés pour l'activité de migration entre 2004 et 2011

Année	Seuil de température (°C)
2004	13,0
2005	16,0
2006	11,2
2007	19,4
2008	15,5
2009	12,0
2010	13,3
2011	13,76

On note cependant que, si la température seuil pour l'activité de migration est de 13,76 °C, les captures de plus d'un individu par relève n'interviennent qu'à partir de 17,90 °C (cf Figure 23).

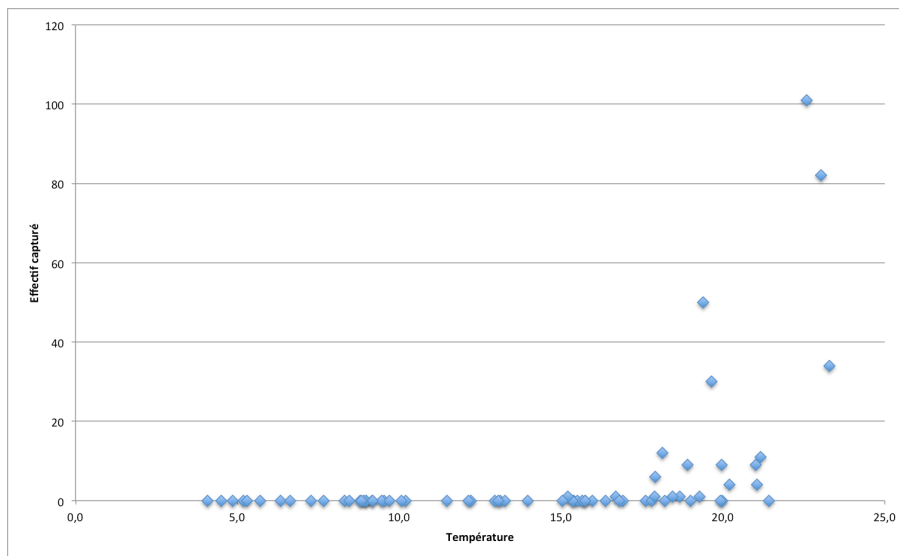


Figure 23 : Relation entre la température de l'eau au niveau du barrage de Mallemort et les effectifs d'anguilles capturées en 2011

La corrélation positive entre ces deux variables est avérée ($p < 0,05$) mais est à nuancer au regard de la valeur du coefficient de détermination ($R^2 = 0,19$). Il faut tout de même rester prudent quant à son analyse car le test ne prend pas en compte les effectifs capturés du 11 juin au 2 octobre (capteur de température hors service).

III.3. Influence du cycle lunaire

Les anguilles sont lucifuges et comme cela a pu être observé pour la migration de dévalaison, la pleine lune semble inhiber leur mobilité (BRUIJS et DURIF, 2009 *in* VAN DEN THILLART, 2009). Par ailleurs, cette caractéristique est d'autant plus prononcée que l'individu est grand.

On relève, à Mallemort en 2011, l'absence de pic migratoire important lors des périodes de pleine lune, sans que l'activité migratoire ne semble stimulée par la nouvelle lune. En effet, les effectifs les plus importants sont relevés lors de phases lunaires allant de 0,4 à 0,6 (cf Figure 24).

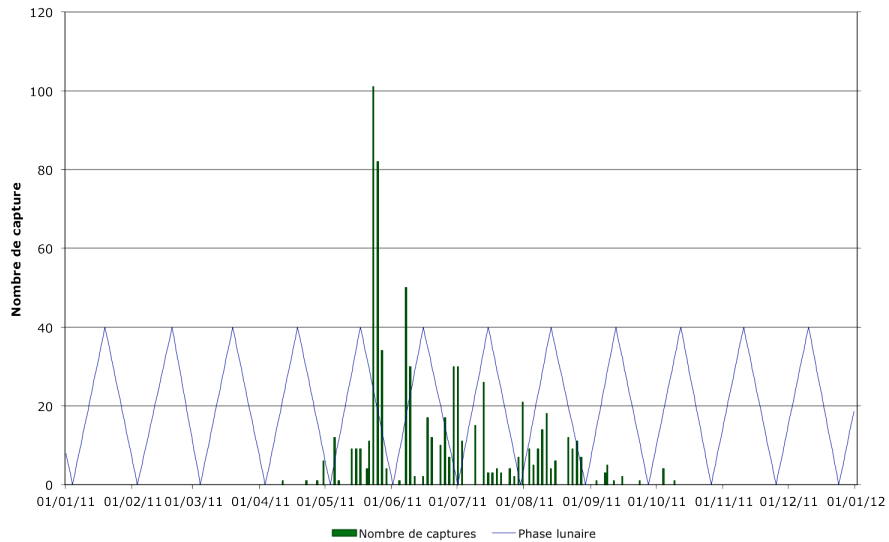


Figure 24 : Evolution des captures d'anguilles en fonction des phases lunaires en 2011

En dehors des trois effectifs relevés les plus importants, l'activité migratoire semble répartie homogènement sur les différentes phase lunaires (cf Figure 25).

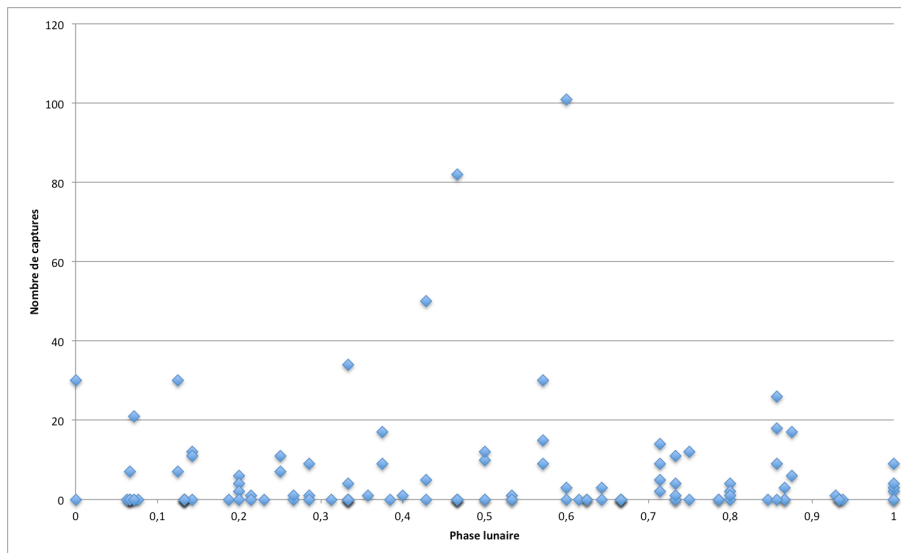


Figure 25 : Relation entre la phase lunaire et le nombre d'anguilles capturées par jour en 2011

Aucune corrélation ($p=0,05$) entre les débits du tronçon aval et les effectifs capturés n'est mise en évidence sur l'année 2011 par le test de corrélation de Pearson.

III.4. Synthèse

714 anguilles ont été piégées dans la passe-piège du barrage EDF de Mallemort sur la fenêtre de migration entre le 11 avril et le 9 octobre 2011 ce qui constitue l'effectif capturé le plus important depuis la mise en place de la passe piège en 2004. L'évolution des captures suit une courbe unimodale, caractérisée un pic de franchissement en mai et une décroissance régulière jusqu'en octobre.

La température de l'eau semble influencer les captures. Aussi en 2011, les anguilles ont été capturées au-dessus d'un seuil de température de 13,7°C. Ce seuil demeure toutefois très fluctuant entre les années (de 11°C en 2006 à 19°C en 2007), phénomène s'expliquant par des conditions, notamment de débit, défavorables. L'augmentation des températures par la suite stimule l'activité migratoire d'où l'augmentation des captures. Aucune corrélation entre le débit, le cycle lunaire et les captures réalisées n'a été mise en évidence.

L'étude des facteurs environnementaux n'explique qu'en partie l'évolution relative du flux migrant au niveau de la passe. D'autres variables, notamment biologiques, doivent intervenir d'autres facteurs dans le processus de migration.

IV. Caractérisation biologique de la population migrante d'Anguille au droit de la passe-piège de Mallemort

IV.1. Longueur et poids moyens

En 2011, le spectre de taille et de poids de la population échantillonnée varie respectivement de 90 à 430 mm et de 1 à 110 g (Tableau 2). La taille et le poids moyens sont respectivement de 250,81 mm et 26,71 g.

Tableau 3 : Caractéristiques biométriques des anguilles capturées dans la passe-piège du barrage de Mallemort en 2011

	Effectif	Moyenne	Ecart-type	Min	Max
Taille (mm)	714	250,81	72,23	90	430
Poids (g)	714	26,71	18,63	1	110

La comparaison des échantillons annuels d'Anguille souligne la singularité des individus capturés depuis 4 ans quelle que soit la variable biométrique prise en compte. En effet, les moyennes et les valeurs extrêmes du poids et de la longueur totale des individus tendent à décroître depuis 2008. En particulier, les individus capturés en 2009 et 2011 sont en moyenne les plus petits (respectivement 270,83 et 250,81 mm). *A contrario*, les échantillons des précédentes années de suivi apparaissent assez homogènes avec des valeurs moyennes oscillant entre 301 et 318 mm pour la taille et entre 46 et 48 g pour le poids (Figure 17).

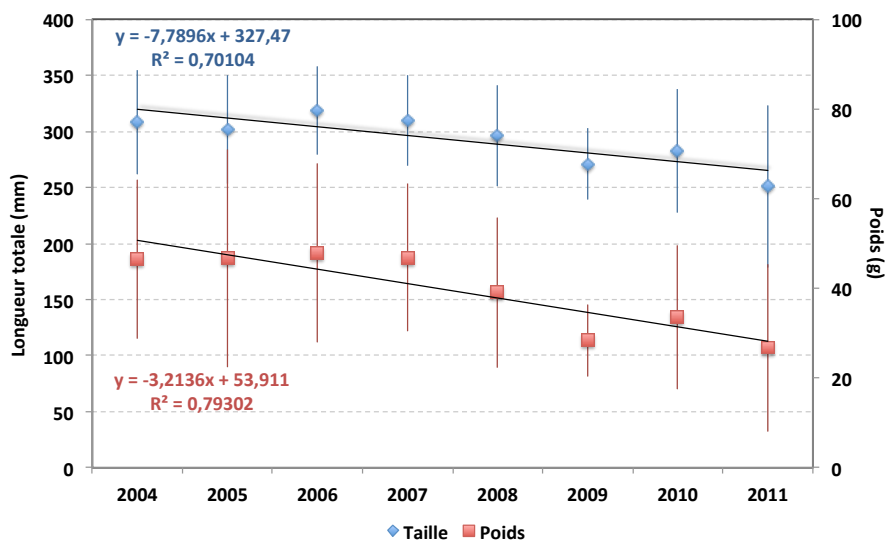


Figure 26 : Evolution interannuelle de la taille et du poids moyens mensuels des anguilles capturées dans la passe-piège du barrage de Mallemort entre 2004 et 2011

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 les individus inférieurs à 150 mm capturés depuis 2008.

IV.2. Relation taille poids

La relation taille-poids (Figure 18) fait ressortir une corrélation relativement forte entre les deux variables. L'équation est de type puissance $y = a \cdot x^b$:
 $Pds = 6,04 \cdot 10^{-7} \cdot L^{3,1433}$, $r = 0,9541$.

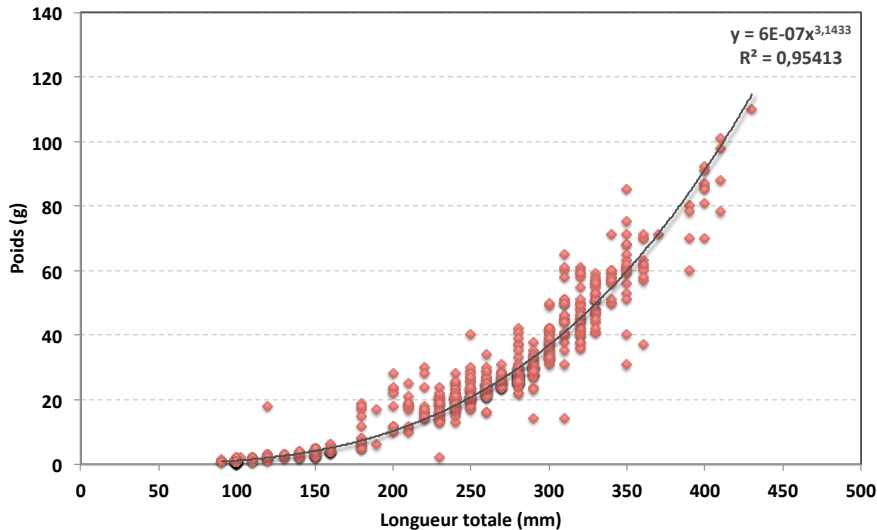


Figure 27 : Relation entre la taille et le poids de l'échantillon d'anguilles piégées en 2011

La taille et le poids sont fortement corrélés pour l'ensemble des années de suivi, hormis en 2009 ($R = 0,7486$). La validité de ces résultats ne semble donc pas être remise en cause au regard de la valeur du coefficient de corrélation (Figure 19).

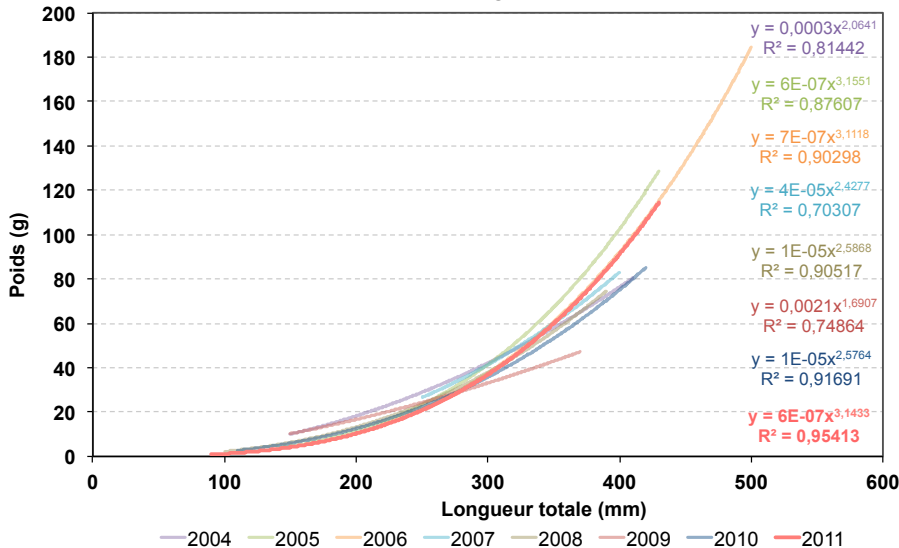


Figure 28 : Comparaison des relations Taille-Poids établies pour les différentes années de suivi

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, 2009 et 2010 pour lesquelles l'allométrie est dite minorante (les individus grandissent plus vite qu'ils ne grossissent),
- Les populations d'anguilles capturées en 2005, 2006 et 2011 pour lesquelles l'allométrie est dite majorante (les individus grossissent plus vite qu'ils ne grandissent).

Il semble apparaître en outre que la condition physique 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, la significativité de ces résultats peut être remise en cause au vu des faibles effectifs.

IV.3. Structure de la population

La gamme de taille varie entre 90 et 430 mm. Les classes de tailles les plus représentées sont [260-270[et [280-290[(respectivement 8,3% et 12,2% de la population migrante d'Anguille)

(Figure 20). Il est par ailleurs intéressant d'observer une structure quasi-bimodale de la taille avec des captures d'individus, dont la taille est comprises entre 100 et 110 mm, assez conséquente (40 individus).

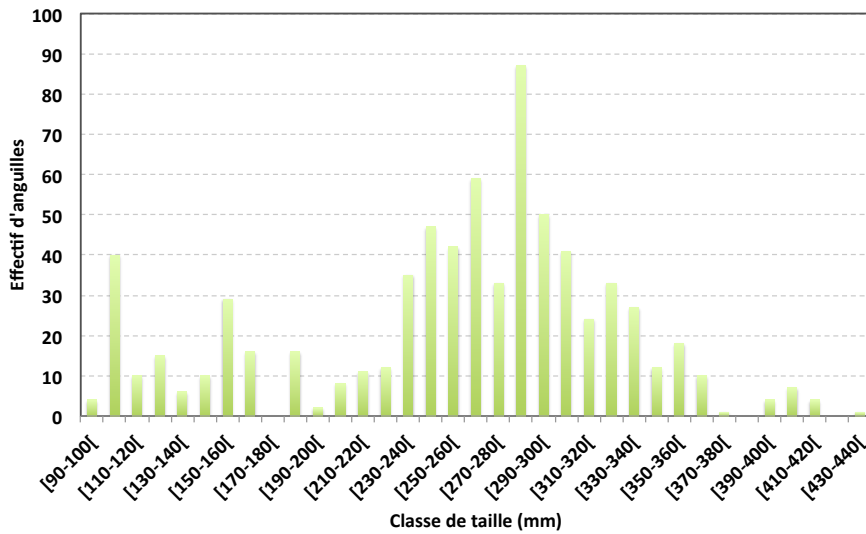


Figure 29 : Structure en traile de la population d'anguilles capturées en 2011

La structure de taille de la population migrante est assez similaire entre 2004 et 2011 au niveau de la passe-piège du barrage de Mallemort bien qu'un glissement de la structure en taille au profit des petits individus s'observe depuis 2010. L'amplitude des tailles est par ailleurs très étendue pour ces mêmes années. En effet, elle varie pour 90% de la population migrante entre 160 et 400 mm en 2010 et 100 et 390 mm en 2011 (Figure 21). *A contrario* en 2009, l'amplitude des tailles, comprise entre 150 et 370 mm, est très faible par rapport aux autres années.

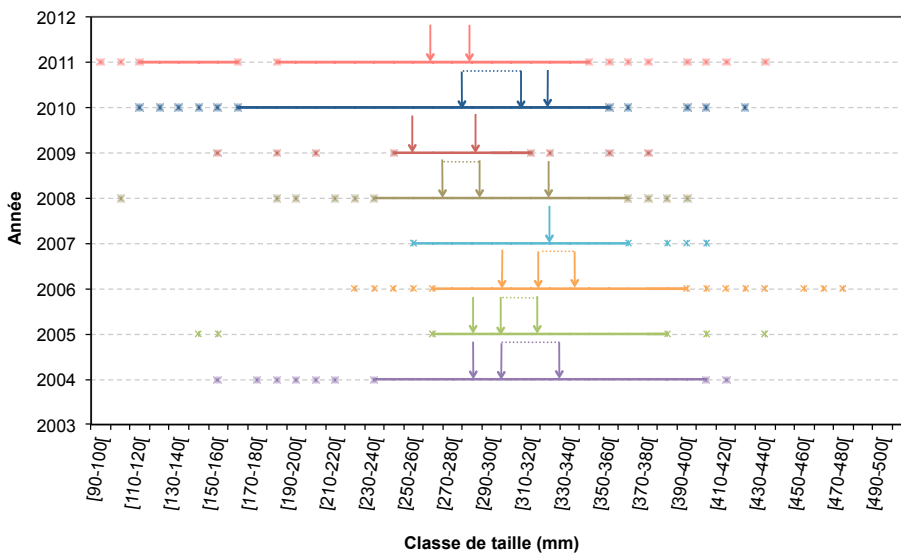


Figure 30 : Structure en taille de la population migrante par année (90% des individus) – ↓ et ↓↓ : classe(s) représentée(s) par le maximum d'individus

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.

IV.4. Évolution des caractéristiques biologiques des individus

En 2011, la taille moyenne augmente régulièrement sur la période de remontée jusqu'à atteindre un maximum en octobre (276 mm) (Figure 22).

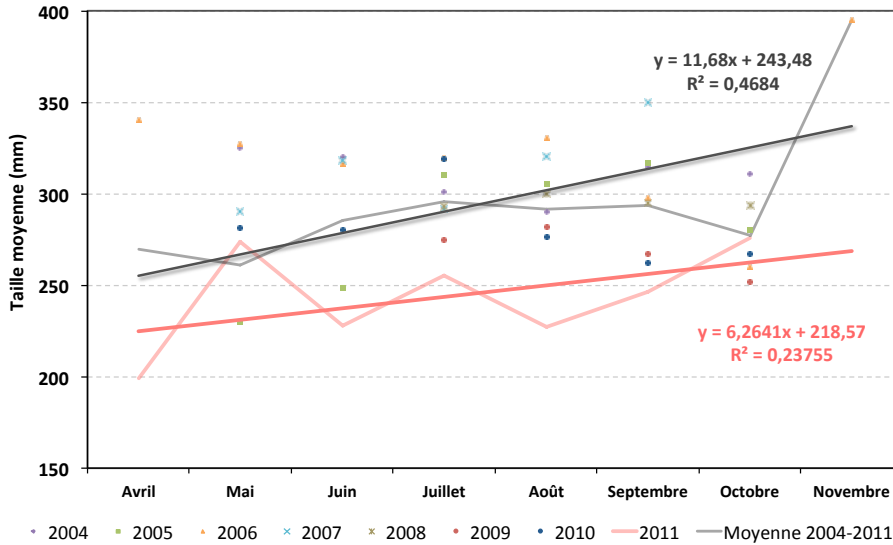


Figure 31 : Evolution mensuelle de la taille moyenne des anguilles capturées en 2011 – comparaison avec la moyenne interannuelle 2004-2011

L'évolution mensuelle de la taille moyenne des anguilles est hétérogène entre 2004 et 2011 mais ces variabilités restent néanmoins peu significatives (faible coefficient de détermination). Aussi, l'évolution mensuelle semble suivre 3 tendances suivant les années :

- 2005, 2009 et 2010 : la taille moyenne des anguilles augmente - plus ou moins rapidement – jusqu'à atteindre un pic en juillet (2005 et 2010) ou août (2009) puis diminue régulièrement jusqu'en octobre,
- 2004, 2006 : la taille moyenne diminue jusqu'en août (2004) voire octobre (2006) avant une hausse de cette variable en fin de période de remontée,
- 2007 et 2008 : aucune tendance observable, vraisemblablement due aux faibles effectifs capturés.

Malgré cette hétérogénéité, l'évolution interannuelle montre une hausse régulière de la taille moyenne des individus sur la saison de migration de l'Anguille (Figure 22).

Le coefficient de condition K est préférable à la relation Taille-Poids pour étudier la condition physique des poissons. La Figure 23 montre l'évolution de ce facteur au cours de l'année pour les 7 années de suivi.

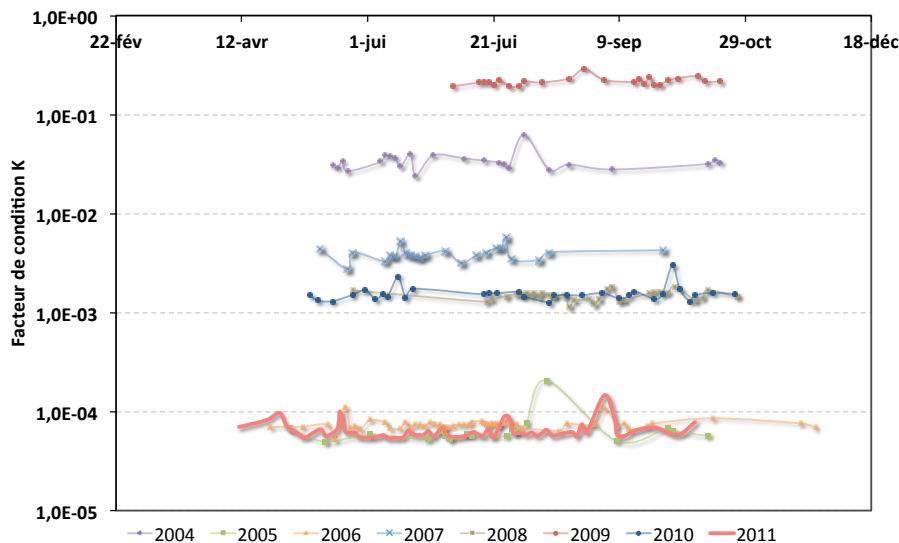


Figure 32 : Evolution du coefficient de condition K sur la période de suivi 2004-2011

Aucune tendance ne ressort de l'analyse de l'évolution de K sur les 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 - qui sont par ailleurs les plus petits, 2004, 2007, 2008 et 2010 et à l'inverse, une condition moindre pour les individus piégés en 2005, 2006 et 2011.

L'irrégularité des courbes semble mettre en évidence l'influence d'autres facteurs comme les conditions environnementales.

La longueur et le poids moyens des individus piégés en 2011 sont respectivement de 250,81 mm et de 26,71 g. En termes de croissance, les anguilles grossissent plus vite qu'elles ne grandissent (embonpoint), phénomène également observé en 2005 et 2006.

Concernant la structure de taille de la population échantillonnée, les classes les mieux représentées sont [260-270[et [280-290[mm avec une gamme de taille variant de 90 à 430 mm en 2011. Cette structure de taille est semblable pour les sept années de suivi avec néanmoins l'observation depuis les 2 dernières années d'un glissement des tailles en faveur des petits individus. L'étude des facteurs biologiques ne révèle aucune similitude entre les années.

DISCUSSION

Il est important de préciser que les données obtenues ne correspondent pas au flux migrant potentiel se présentant au pied du barrage et doivent en réalité être considérées comme des indices sur l'évolution relative du flux migrant sur un site donné (LAFAILLE et RIGAUD, 2008 *in* ADAM *et al.*, 2008). En effet, la sélectivité des passes-pièges à Anguille, malgré leur spécificité vis-à-vis de l'espèce, dépend d'un certain nombre de facteurs dont la nature du substrat, l'inclinaison de la rampe ainsi que de la gamme de taille des individus. A ceci s'ajoute la position sur le site et le débit d'appel du dispositif qui influent directement sur son attractivité. La représentativité des individus piégés par rapport au flux total ne pourrait être estimée qu'au cas par cas par des méthodes de Capture – Marquage – Recapture (LAFAILLE et RIGAUD, *ibidem*).

I. Dynamique de population

I.1. Effectif de captures

En 2011, 714 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 3), les effectifs restent tout de même faibles sur la période de suivi avec un minimum de 45 individus en 2007 et un maximum de 714 individus cette année.

Tableau 4 : 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
2010	180917	136699	317616	315
2011	27973	81813	109786	714

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 théoriquement 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. Par ailleurs, l'effet cumulatif des seuils et barrages crée un filtre qui provoque un écrémage des effectifs migrants.

Toutefois, les pêches électriques réalisées par l'ONEMA en aval du barrage de Mallemort confirment les faibles effectifs d'anguilles (Figure 24). 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 1998-2010). 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 - excepté un individu en 2011 (226 mm, 16 g) - sur les stations en amont du barrage (Station de Cadenet - Données ONEMA 2000-2001 et 2010-2011 - et station de Saint Paul lès Durance – données ONEMA 2007, 2009 et 2011). Par ailleurs, les tailles des individus s'échelonnent sur une gamme très étendue allant de 100 à 700 mm.

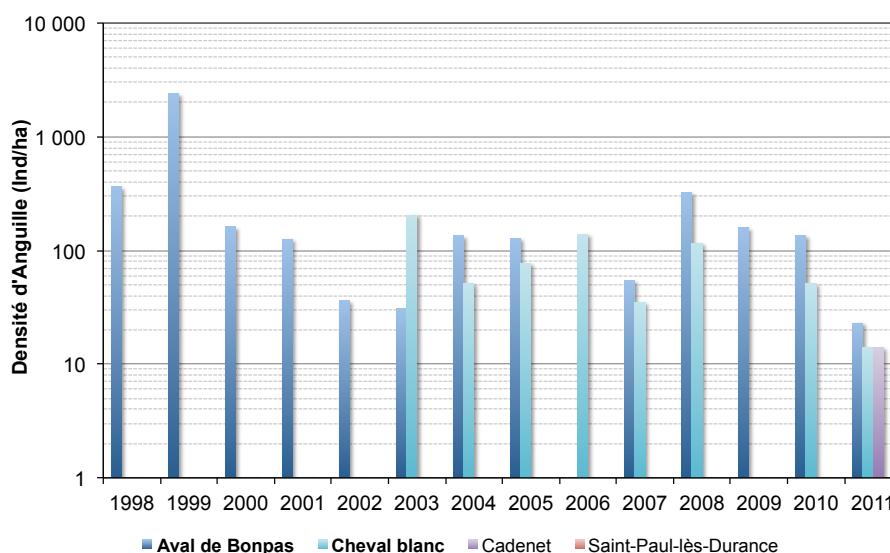


Figure 33 : Evolution interannuelle des densités d'Anguille (Ind/ha) par pêche électrique sur quatre stations sur la Durance entre 1998 et 2010 (Station en aval du barrage de Mallemort) (Données ONEMA)

La comparaison des données issues de la passe-piège du barrage de Mallemort et celles des pêches électriques doit être prise avec précaution. D'une part, les méthodes utilisées sont différentes et donc la capturabilité de l'espèce (probabilité d'être capturé par une unité d'effort pour un individu pris au hasard dans un ensemble – classe d'âge...) en fonction de ces dernières également. D'autre part, les méthodes d'échantillonnage par pêche électrique sur la Durance ne ciblent pas spécifiquement l'Anguille (notions d'habitats, d'effort de pêche...) dont le comportement (déplacement nocturne, faible activité diurne...) ne facilite pas sa capture.

I.2. Caractérisation de la migration des anguilles

Globalement, les captures débutent en avril et se terminent en octobre, avec la présence d'un pic plutôt estival de capture, et confirment une colonisation en été des anguillettes et anguilles jaunes (CRIVELLI, 1998). En 2011, la période de remontée est plus précoce que les années précédentes avec un pic de capture observé en mai. Les conditions hydro-climatiques particulières cette année semblent expliquer en grande partie l'avancement de la migration de l'Anguille.

La migration des anguilles à l'aval du barrage de Mallemort entre 2004 et 2010 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, notamment en 2010, 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. 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 très marquée en Durance minimiserait l'influence de ce paramètre sur les captures (WHITE et KNIGHTS, *ibidem*). Pourtant, des débits élevés de restitution sur le barrage de Mallemort empêchent la migration des anguilles dont les capacités de nage sont insuffisantes. 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 pour comprendre les mécanismes de la migration : cycle lunaire, phénomènes de chémo-réception... (WHITE et KNIGHTS, *ibidem*). Le cycle lunaire et la turbidité ont été étudiés en 2011 sans qu'aucune influence de ces variables sur la migration des anguilles n'a été mise en évidence.

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.

Dans tous les cas, plusieurs années de suivi sont encore nécessaires afin d'identifier les facteurs déterminant l'activité migratoire des anguilles dans les eaux continentales et donc expliquant la variabilité des captures (une série de données de 10 années permettrait d'obtenir une bonne robustesse des résultats).

II. Caractérisation biologique des anguilles

La gamme de taille est étendue, allant de 90 à 510 mm sur les 7 années de suivi. La population migrante est donc constituée d'anguillettes mais également d'anguilles jaunes ou sédentaires.

Plus précisément, 60% des individus ont une longueur totale inférieure à 300 mm. 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 inférieure est une anguillette, stade biologique possédant encore un fort comportement migratoire. D'ailleurs, les individus capturés dont la taille est inférieure à 150 mm (108 individus dont 16 en 2010 et 86 en 2011) témoignent d'une migration rapide, malgré des 6 obstacles présents à l'aval et, d'une colonisation récente de la bassin de la Durance.

A l'inverse, les anguilles jaunes (individus supérieurs à 300 mm) sont encore bien représentées alors qu'il est considéré que plus la taille de l'individu est élevée, plus les phénomènes de migration diminuent (EDELIN, 2005 ; LAFAILLE *et al.*, 2005b). Ceci suggère un comportement migratoire fort jusqu'à un stade de croissance avancé.

Hormis les facteurs physiologiques et environnementaux, la densité-dépendance expliquerait en partie la distribution des anguilles (EDELIN, 2005). D'autres facteurs internes et environnementaux influencent les phénomènes migratoires des anguilles.

III. 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 et le complexe 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. Dans le cadre d'un programme de recherche lancé au niveau national, des études ont été lancées pour d'évaluer *in situ* les mortalités dans les turbines de grande taille :

- En 2009 : au niveau de l'usine hydroélectrique EDF de Fessenheim sur le Rhin (groupe Kaplan 4 pâles),
- En 2010 :
- Au niveau de l'usine hydroélectrique EDF de Iffezheim sur le Rhin (groupe Kaplan 5 pâles),
- Au niveau de l'usine hydroélectrique CNR de Vallabrègues sur le Rhône (groupe bulbe).

Sur le Rhône, la mortalité moyenne a été estimée à 8,5% au niveau de l'usine-écluse de Vallabrègues. Cette valeur est ainsi moins élevée que le taux de mortalité théorique pour ce type

de turbine.

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 en 2014 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.
- Développement et évaluation 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.

IV. 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 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 – 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.

Suivi de la passe-piège à anguilles du barrage EDF de Mallemort sur la Durance - 2011

Concernant les aménagements de Bonpas et de Mallemort, ouvrages inclus dans la ZAP Anguille, la question de la dévalaison sera de toute manière posée d'ici 2015.

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 EDF, la Fédération de pêche du Vaucluse et l'Association MRM.

CONCLUSION

En 2010, 714 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 les passe-pièges 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. Malgré cela, ce dispositif de franchissement semble être efficace d'une part, au regard de la large gamme de taille des individus l'utilisant et d'autre part, au regard des 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...).

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 et C. De ce fait, le suivi est reconduit en 2012 en partenariat avec EDF, la Fédération de pêche du Vaucluse et l'Association MRM.

Des réflexions ont été ouvertes sur d'autres protocoles de suivi, et notamment un système pérenne de franchissement automatique, mais elles sont à l'heure actuelle en attente. Avant d'engager des travaux d'automatisation de la passe, EDF souhaite toutefois poursuivre cette collaboration tripartite pendant quelques années afin d'apprécier l'efficacité du dispositif de franchissement, notamment au regard de l'augmentation des débits réservés. Par ailleurs, de nombreuses inconnues subsistent sur la biologie de l'Anguille – en particulier, la dévalaison – et sur l'efficacité du système automatique – aucun retour d'expérience à l'heure actuelle.

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'actions prioritaires 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 (Anguilla 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.

ADAM G., FEUNTEUN E., PROUZET P., RIGAUD C. (COOR.), 2008. *L'Anguille européenne : Indicateurs d'abondance et de colonisation.* Editions Quae, Versailles : 394 p.

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., Bardonnnet A., Beaulaton 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.

BRIJJS M.C.M., DURIF C.M.F., 2009. "Silver eel migration and behaviour". In : **VAN DEN THILLART G. (EDS.), 2009.** *Spawning migration of the European Eel : reproduction index, a useful tool for conservation management.* Fish and fisheries serie 30, Springer Science & Business Media B.V.

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.

COGEPOMI, 2008. *Plan de gestion Anguille de la France - Volet local de gestion Rhône Méditerranée.* Direction Régionale de l'Environnement Rhône-Alpes Bassin Rhône – Méditerranée : 32 p.

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

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

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

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

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).

EDELIN 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.

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.

LAFAILLE 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.

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).

LAFAILLE 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.

LAFAILLE P., RIGAUD C., 2008. "Indicateurs de colonisation et de sédentarisation". In : **ADAM G., FEUNTEUN E., PROUZET P., RIGAUD C. (COOR.), 2008.** *L'Anguille européenne : Indicateurs d'abondance et de colonisation.* Editions Quae, Versailles : pp 275-330.

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

LEBEL I., MENELLA J.Y., LE CORRE M., 2001. Bilan des actions du Plan Migrateurs concernant l'Alose feinte (*Alosa fallax rhodanensis*) sur le bassin Rhône-Méditerranée-Corse. Bull. Fr. Pêche Piscic., (362-363) : pp 1077-1100.

LECOMTE-FINIGER R., 1994. Contribution de l'otolithométrie à l'étude de la dynamique de migration larvaire de l'Anguille européenne *Anguilla anguilla*. Bull. Fr. Pêche Piscic. 335 : pp 17-34.

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

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).

Suivi de la passe-piège à anguilles du barrage EDF de Mallemort sur la Durance - 2011

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.

MEDAD, 2008. Circulaire DCE n°2008/25 du 6 février 2008 relative au classement des cours d'eau au titre de l'article L.214-17-I du code de l'environnement et aux obligations qui en découlent pour les ouvrages. Texte 9/43 : 9p.

MEEDAT, 2008. Projet de loi relatif à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement.

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.

SVEDÅNG 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.

VAN DEN THILLART G. (EDS.), 2009. *Spawning migration of the European Eel : reproduction index, a useful tool for conservation management.* Fish and fisheries serie 30, Springer Science & Business Media B.V.

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 (ANGUILLA ANGUILLA) (MRM)	2
FIGURE 2 : REPARTITION DE L'ANGUILLE EUROPEENNE SUR LES BASSINS RM & C (DELEGATION DE BASSIN RHONE-MEDITERRANEE - DREAL RHONE-ALPES)	4
FIGURE 3 : LOCALISATION DES OBSTACLES SUR L'AXE RHONE – DURANCE JUSQU'AU BARRAGE EDF DE MALLEMORT (MRM)	12
FIGURE 4 : AMENAGEMENT HYDRO-ELECTRIQUE DE BEAUCAIRE-VALLABREGUES	13
FIGURE 5 : SEUIL DE COURTINE (MRM)	13
FIGURE 6 : SEUIL DE CALLET AVANT SA REFECTION EN 2009 (© MRM / F. GARDIN. 2007)	13
FIGURE 7 : SEUIL 67 (MRM)	14
FIGURE 8 : SEUIL SNCF OU 66 (© MRM / F. GARDIN. 2007)	14
FIGURE 9 : BARRAGE EDF DE BONPAS (A GAUCHE) ET ZONE DE REPTATION ARTIFICIELLE (A DROITE)	14
FIGURE 10 : BARRAGE EDF DE MALLEMORT (© MRM / F. GARDIN. 2007)	15
FIGURE 11 : PASSE-PIEGE DU BARRAGE EDF DE MALLEMORT (© MRM / F. GARDIN. 2007)	15
FIGURE 12 : SCHEMA SIMPLIFIE D'UNE PASSE-PIEGE A ANGUILLES (MRM)	18
FIGURE 13 : TRAITEMENT DES ANGUILLES (MRM)	18
FIGURE 14 : EVOLUTION DES EFFECTIFS D'ANGUILLES PAR RELEVÉ DANS LA PASSE-PIEGE DU BARRAGE DE MALLEMORT EN 2011	20
FIGURE 15 : EVOLUTION ANNUELLE DES EFFECTIFS D'ANGUILLES EN FONCTION DE LEUR TAILLE ENTRE 2004 ET 2011	20
FIGURE 16 : EFFECTIF CUMULE (% SUR L'EFFECTIF TOTAL ANNUEL) DE LA POPULATION D'ANGUILLES CAPTUREES DANS LA PASSE-PIEGE DE MALLEMORT ENTRE 2004 ET 2011	21
FIGURE 17 : EVOLUTION INTERANNUELLE DE LA TAILLE ET DU POIDS MOYENS MENSUELS DES ANGUILLES CAPTUREES DANS LA PASSE-PIEGE DU BARRAGE DE MALLEMORT ENTRE 2004 ET 2011	29
FIGURE 18 : RELATION ENTRE LA TAILLE ET LE POIDS DE L'ECHANTILLON D'ANGUILLES PIEGEES EN 2011	30
FIGURE 19 : COMPARAISON DES RELATIONS TAILLE-POIDS ETABLIES POUR LES DIFFERENTES ANNEES DE SUIVI	30
FIGURE 20 : STRUCTURE EN TRAILLE DE LA POPULATION D'ANGUILLES CAPTUREES EN 2011	31
FIGURE 21 : STRUCTURE EN TAILLE DE LA POPULATION MIGRANTE PAR ANNEE (90% DES INDIVIDUS) – ↓ ET ↓↓↓ : CLASSE(S) REPRESENTEE(S) PAR LE MAXIMUM D'INDIVIDUS	31
FIGURE 22 : EVOLUTION MENSUELLE DE LA TAILLE MOYENNE DES ANGUILLES CAPTUREES EN 2011 – COMPARAISON AVEC LA MOYENNE INTERANNUELLE 2004-2011	32
FIGURE 23 : EVOLUTION DU COEFFICIENT DE CONDITION K SUR LA PERIODE DE SUIVI 2004-2011	32
FIGURE 24 : EVOLUTION INTERANNUELLE DES DENSITES D'ANGUILLE (IND/HA) PAR PECHE ELECTRIQUE SUR QUATRE STATIONS SUR LA DURANCE ENTRE 1998 ET 2010 (STATION EN AVAL DU BARRAGE DE MALLEMORT) (DONNEES ONEMA)	35

TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : STATUTS DE PROTECTION ET DE CONSERVATION DE L'ANGUILLE EUROPEENNE (INPN ; MNHN)	6
TABLEAU 2 : CARACTERISTIQUES BIOMETRIQUES DES ANGUILLES CAPTUREES DANS LA PASSE-PIEGE DU BARRAGE DE MALLEMORT EN 2011	29
TABLEAU 3 : EFFECTIF ANNUEL ESTIME D'ANGUILLES CAPTUREES EN RIVE DROITE ET GAUCHE DE L'USINE-ECLUSE DE BEUCAIRE-VALLABREGUES ET AU BARRAGE DE MALLEMORT (2011 – EFFECTIF D'AVRIL A OCTOBRE)	34

ANNEXES

ANNEXE 1 : FEUILLE D'INTERVENTION STANDARD	I
ANNEXE 2 : RECAPITULATIF DES CAPTURES D'ANGUILLES DANS LA PASSE-PIEGE DU BARRAGE DE MALLEMORT EN 2010	II
ANNEXE 4 : EVOLUTION MENSUELLE DE LA TAILLE MOYENNE DES ANGUILLES (MM) SUR LA PERIODE DE SUIVI 2004-2010	IX

Suivi de la passe-piège à anguilles du barrage EDF de Mallemort sur la Durance
Campagne d'études 2010

Annexe 1 : Feuille d'intervention standard
SUIVI DE LA PASSE-PIÈGE DE MALLEMORT

DATE : 02/05/2010

NB NUITS PIEGEAGE :

HEURE :

OPERATEUR : B Alamelle

LIEU DE RELACHE :

PETITES ANGUILLES (<150 mm)

GROSSES ANGUILLES (> ou = 150 mm)

POIDS TOTAL:

POIDS TOTAL :

NOMBRE :

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

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 2010

Date	Longueur totale (mm)	Poids (g)	Date	Longueur totale (mm)	Poids (g)
11/04/11	250	24	17/05/11	300	37
22/04/11	98	1,5	17/05/11	150	3
27/04/11	102	2	17/05/11	230	15
30/04/11	260	24	17/05/11	230	15
30/04/11	300	42	20/05/11	270	25
30/04/11	290	38	20/05/11	250	29
30/04/11	150	5	20/05/11	280	25
30/04/11	250	17	20/05/11	320	61
30/04/11	90	1,4	21/05/11	260	25
05/05/11	350	56	21/05/11	120	18
05/05/11	310	14	21/05/11	210	11
05/05/11	240	20	21/05/11	160	4
05/05/11	250	21	21/05/11	240	18
05/05/11	230	14	21/05/11	280	25
05/05/11	240	21	21/05/11	240	20
05/05/11	180	6	21/05/11	310	51
05/05/11	230	13	21/05/11	280	22
05/05/11	240	18	21/05/11	290	32
05/05/11	110	2	21/05/11	280	30
05/05/11	140	3	23/05/11	160	4
05/05/11	120	3	23/05/11	330	55
07/05/11	290	30	23/05/11	340	71
13/05/11	210	19	23/05/11	350	61
13/05/11	130	2	23/05/11	300	31
13/05/11	260	25	23/05/11	320	38
13/05/11	110	2	23/05/11	280	27
13/05/11	290	28	23/05/11	330	48
13/05/11	370	71	23/05/11	310	40
13/05/11	220	17	23/05/11	320	42
13/05/11	240	25	23/05/11	300	34
13/05/11	160	4	23/05/11	320	36
15/05/11	160	6	23/05/11	330	53
15/05/11	360	61	23/05/11	400	86
15/05/11	280	26	23/05/11	320	40
15/05/11	240	13	23/05/11	330	51
15/05/11	260	21	23/05/11	410	78
15/05/11	150	5	23/05/11	260	23
15/05/11	240	15	23/05/11	220	30
15/05/11	220	16	23/05/11	400	70
15/05/11	160	4	23/05/11	340	58
17/05/11	350	85	23/05/11	330	44
17/05/11	290	30	23/05/11	250	18
17/05/11	290	32	23/05/11	360	60
17/05/11	300	33	23/05/11	350	61
17/05/11	260	22	23/05/11	270	29

Suivi de la passe-piège à anguilles du barrage EDF de Mallemort sur la Durance - 2011

Date	Longueur totale (mm)	Poids (g)	Date	Longueur totale (mm)	Poids (g)
23/05/11	390	80	23/05/11	290	30
23/05/11	350	63	23/05/11	250	21
23/05/11	280	37	23/05/11	240	18
23/05/11	260	34	23/05/11	280	26
23/05/11	340	60	23/05/11	290	29
23/05/11	300	38	23/05/11	250	20
23/05/11	330	57	23/05/11	280	26
23/05/11	270	24	23/05/11	300	42
23/05/11	300	35	23/05/11	320	45
23/05/11	360	70	23/05/11	310	46
23/05/11	300	42	23/05/11	320	44
23/05/11	220	28	23/05/11	330	47
23/05/11	290	30	23/05/11	340	50
23/05/11	260	29	23/05/11	290	34
23/05/11	260	30	23/05/11	330	59
23/05/11	300	33	23/05/11	280	26
23/05/11	290	35	23/05/11	330	48
23/05/11	350	59	23/05/11	320	44
23/05/11	200	28	23/05/11	320	40
23/05/11	300	41	23/05/11	270	28
23/05/11	330	51	23/05/11	160	4
23/05/11	330	48	23/05/11	150	5
23/05/11	290	28	23/05/11	160	6
23/05/11	310	50	23/05/11	140	3
23/05/11	400	91	23/05/11	120	2
23/05/11	250	20	23/05/11	110	1
23/05/11	310	45	23/05/11	180	17
23/05/11	410	101	23/05/11	110	2
23/05/11	310	35	23/05/11	100	1
23/05/11	290	30	23/05/11	90	1
23/05/11	400	87	25/05/11	250	20
23/05/11	290	28	25/05/11	240	18
23/05/11	320	50	25/05/11	270	25
23/05/11	340	57	25/05/11	290	29
23/05/11	320	48	25/05/11	260	24
23/05/11	320	45	25/05/11	280	28
23/05/11	280	28	25/05/11	290	34
23/05/11	350	65	25/05/11	330	58
23/05/11	350	68	25/05/11	280	26
23/05/11	400	85	25/05/11	320	46
23/05/11	250	24	25/05/11	280	27
23/05/11	270	26	25/05/11	330	41
23/05/11	300	38	25/05/11	260	27
23/05/11	200	12	25/05/11	320	44
23/05/11	320	38	25/05/11	320	40

Suivi de la passe-piège à anguilles du barrage EDF de Mallemort sur la Durance - 2011

Date	Longueur totale (mm)	Poids (g)	Date	Longueur totale (mm)	Poids (g)
25/05/11	260	24	25/05/11	280	26
25/05/11	270	26	25/05/11	290	32
25/05/11	240	18	25/05/11	280	30
25/05/11	360	70	25/05/11	300	33
25/05/11	300	39	25/05/11	290	31
25/05/11	270	26	25/05/11	350	40
25/05/11	290	30	25/05/11	280	27
25/05/11	410	98	25/05/11	330	51
25/05/11	330	41	25/05/11	260	23
25/05/11	300	39	25/05/11	320	41
25/05/11	290	30	25/05/11	340	58
25/05/11	320	40	25/05/11	270	25
25/05/11	280	28	25/05/11	260	23
25/05/11	260	24	25/05/11	230	20
25/05/11	290	30	25/05/11	160	5
25/05/11	270	26	25/05/11	130	3
25/05/11	240	18	25/05/11	100	1
25/05/11	250	22	25/05/11	120	3
25/05/11	400	81	25/05/11	180	19
25/05/11	350	68	25/05/11	90	1
25/05/11	280	28	25/05/11	110	2
25/05/11	320	46	25/05/11	330	47
25/05/11	320	48	27/05/11	290	28
25/05/11	320	50	27/05/11	290	30
25/05/11	290	30	27/05/11	300	32
25/05/11	410	88	27/05/11	260	25
25/05/11	290	33	27/05/11	140	2
25/05/11	310	40	27/05/11	230	21
25/05/11	430	110	27/05/11	240	25
25/05/11	310	45	27/05/11	300	38
25/05/11	250	23	27/05/11	260	25
25/05/11	400	92	27/05/11	210	19
25/05/11	340	50	27/05/11	160	4
25/05/11	290	28	27/05/11	280	27
25/05/11	330	46	27/05/11	290	30
25/05/11	320	60	27/05/11	160	5
25/05/11	280	29	27/05/11	360	37
25/05/11	280	26	27/05/11	280	26
25/05/11	340	59	27/05/11	280	27
25/05/11	300	38	27/05/11	150	4
25/05/11	330	56	27/05/11	240	20
25/05/11	270	25	27/05/11	220	16
25/05/11	300	38	27/05/11	360	63
25/05/11	360	57	27/05/11	280	27
25/05/11	300	42	27/05/11	280	28

Suivi de la passe-piège à anguilles du barrage EDF de Mallemort sur la Durance - 2011

Date	Longueur totale (mm)	Poids (g)	Date	Longueur totale (mm)	Poids (g)
27/05/11	100	1	07/06/11	260	16
27/05/11	260	25	07/06/11	220	15
27/05/11	120	2	07/06/11	250	18
27/05/11	210	18	07/06/11	270	25
27/05/11	240	25	07/06/11	240	16
27/05/11	280	26	07/06/11	280	28
27/05/11	280	27	07/06/11	290	24
27/05/11	280	30	07/06/11	260	27
27/05/11	240	20	07/06/11	130	2
27/05/11	290	32	07/06/11	260	26
27/05/11	240	23	07/06/11	230	14
29/05/11	360	62	07/06/11	270	24
29/05/11	280	27	07/06/11	260	21
29/05/11	280	28	07/06/11	250	21
29/05/11	100	1	07/06/11	240	17
04/06/11	98	1	07/06/11	180	5
07/06/11	280	42	07/06/11	140	2
07/06/11	230	14	07/06/11	160	4
07/06/11	280	37	07/06/11	150	3
07/06/11	250	18	07/06/11	150	3
07/06/11	250	19	07/06/11	150	3
07/06/11	280	33	09/06/11	230	17
07/06/11	240	21	09/06/11	260	23
07/06/11	280	26	09/06/11	260	22
07/06/11	230	14	09/06/11	280	29
07/06/11	310	46	09/06/11	310	61
07/06/11	240	20	09/06/11	280	27
07/06/11	250	21	09/06/11	310	58
07/06/11	320	58	09/06/11	290	14
07/06/11	280	25	09/06/11	260	16
07/06/11	270	27	09/06/11	260	21
07/06/11	230	14	09/06/11	280	28
07/06/11	230	16	09/06/11	290	31
07/06/11	260	22	09/06/11	260	24
07/06/11	260	22	09/06/11	230	15
07/06/11	280	31	09/06/11	270	27
07/06/11	280	29	09/06/11	280	30
07/06/11	350	71	09/06/11	280	27
07/06/11	270	24	09/06/11	240	17
07/06/11	280	22	09/06/11	260	22
07/06/11	280	41	09/06/11	270	24
07/06/11	310	44	09/06/11	260	21
07/06/11	310	60	09/06/11	240	23
07/06/11	220	14	09/06/11	150	3
07/06/11	120	2	09/06/11	140	2

Suivi de la passe-piège à anguilles du barrage EDF de Mallemort sur la Durance - 2011

Date	Longueur totale (mm)	Poids (g)	Date	Longueur totale (mm)	Poids (g)
09/06/11	160	4	23/06/11	160	4
09/06/11	120	1	23/06/11	150	3
09/06/11	180	5	23/06/11	100	1
09/06/11	150	3	23/06/11	100	1
09/06/11	160	4	25/06/11	260	25
09/06/11	150	3	25/06/11	260	26
11/06/11	260	22	25/06/11	280	30
11/06/11	250	18	25/06/11	250	20
15/06/11	100	1	25/06/11	240	20
15/06/11	120	2	25/06/11	180	15
17/06/11	150	4	25/06/11	300	32
17/06/11	100	1	25/06/11	290	31
17/06/11	150	5	25/06/11	270	27
17/06/11	140	4	25/06/11	270	26
17/06/11	150	4	25/06/11	160	4
17/06/11	140	3	25/06/11	130	3
17/06/11	230	20	25/06/11	100	1
17/06/11	240	21	25/06/11	98	1
17/06/11	290	28	25/06/11	120	3
17/06/11	210	17	25/06/11	160	4
17/06/11	230	20	25/06/11	150	4
17/06/11	240	22	27/06/11	150	4
17/06/11	240	21	27/06/11	100	1
17/06/11	240	18	27/06/11	90	1
17/06/11	210	12	27/06/11	240	18
17/06/11	250	20	27/06/11	250	23
17/06/11	230	16	27/06/11	280	26
19/06/11	140	3	27/06/11	350	31
19/06/11	100	1	29/06/11	280	30
19/06/11	320	42	29/06/11	280	28
19/06/11	140	3	29/06/11	350	75
19/06/11	280	39	29/06/11	270	24
19/06/11	200	12	29/06/11	280	26
19/06/11	190	6	29/06/11	310	44
19/06/11	200	10	29/06/11	310	65
19/06/11	220	14	29/06/11	220	18
19/06/11	220	15	29/06/11	260	21
19/06/11	180	8	29/06/11	220	17
19/06/11	100	1	29/06/11	240	18
23/06/11	250	27	29/06/11	270	25
23/06/11	240	17	29/06/11	280	28
23/06/11	280	30	29/06/11	290	31
23/06/11	280	27	29/06/11	260	25
23/06/11	240	20	29/06/11	280	26
23/06/11	230	19	29/06/11	230	21

Suivi de la passe-piège à anguilles du barrage EDF de Mallemort sur la Durance - 2011

Date	Longueur totale (mm)	Poids (g)	Date	Longueur totale (mm)	Poids (g)
29/06/11	250	21	03/07/11	310	38
29/06/11	240	17	03/07/11	280	26
29/06/11	280	29	03/07/11	260	23
29/06/11	230	17	03/07/11	150	4
29/06/11	280	25	03/07/11	100	1
29/06/11	290	31	03/07/11	120	2
29/06/11	230	21	03/07/11	210	18
29/06/11	250	24	03/07/11	240	21
29/06/11	250	21	03/07/11	100	1
29/06/11	250	30	09/07/11	330	51
29/06/11	150	3	09/07/11	320	42
29/06/11	150	3	09/07/11	260	23
29/06/11	100	1	09/07/11	390	70
01/07/11	310	41	09/07/11	330	51
01/07/11	350	53	09/07/11	320	36
01/07/11	390	78	09/07/11	300	34
01/07/11	270	27	09/07/11	310	31
01/07/11	350	60	09/07/11	330	45
01/07/11	330	42	09/07/11	280	27
01/07/11	260	23	09/07/11	320	38
01/07/11	320	59	09/07/11	350	61
01/07/11	230	21	09/07/11	300	34
01/07/11	260	24	09/07/11	340	60
01/07/11	260	23	09/07/11	330	53
01/07/11	300	40	13/07/11	230	13
01/07/11	260	22	13/07/11	240	19
01/07/11	230	20	13/07/11	260	23
01/07/11	290	30	13/07/11	290	31
01/07/11	230	19	13/07/11	290	30
01/07/11	240	21	13/07/11	230	17
01/07/11	290	23	13/07/11	180	8
01/07/11	200	23	13/07/11	320	59
01/07/11	230	21	13/07/11	280	24
01/07/11	240	22	13/07/11	260	26
01/07/11	220	24	13/07/11	300	33
01/07/11	240	21	13/07/11	280	30
01/07/11	230	19	13/07/11	260	23
01/07/11	150	5	13/07/11	260	23
01/07/11	100	2	13/07/11	260	22
01/07/11	130	3	13/07/11	100	2
01/07/11	150	5	13/07/11	300	35
01/07/11	180	6	13/07/11	260	22
01/07/11	100	1	13/07/11	230	16
03/07/11	230	2	13/07/11	230	19
03/07/11	250	23	13/07/11	240	20

Suivi de la passe-piège à anguilles du barrage EDF de Mallemort sur la Durance - 2011

Date	Longueur totale (mm)	Poids (g)	Date	Longueur totale (mm)	Poids (g)
13/07/11	210	10	31/07/11	340	51
13/07/11	230	16	31/07/11	250	20
13/07/11	150	5	31/07/11	310	40
13/07/11	180	7	31/07/11	290	28
13/07/11	130	3	31/07/11	180	6
15/07/11	280	29	31/07/11	150	5
15/07/11	260	23	31/07/11	120	3
15/07/11	120	2	03/08/11	260	21
17/07/11	150	5	03/08/11	270	24
17/07/11	180	6	03/08/11	180	7
17/07/11	100	1	03/08/11	280	35
19/07/11	260	25	03/08/11	320	49
19/07/11	260	27	03/08/11	280	29
19/07/11	280	30	03/08/11	280	28
19/07/11	260	29	03/08/11	270	25
21/07/11	270	31	03/08/11	100	1
21/07/11	390	60	05/08/11	260	25
21/07/11	350	51	05/08/11	270	25
25/07/11	230	21	05/08/11	280	31
25/07/11	240	22	05/08/11	310	50
25/07/11	150	5	05/08/11	100	1
25/07/11	200	22	07/08/11	280	27
27/07/11	210	21	07/08/11	280	28
27/07/11	230	19	07/08/11	270	26
29/07/11	300	38	07/08/11	250	21
29/07/11	360	71	07/08/11	310	50
29/07/11	300	41	07/08/11	100	1
29/07/11	280	27	07/08/11	100	1
29/07/11	290	28	07/08/11	100	1
29/07/11	280	25	07/08/11	100	1
29/07/11	300	42	09/08/11	290	27
31/07/11	340	56	09/08/11	290	28
31/07/11	300	39	09/08/11	280	26
31/07/11	330	57	09/08/11	280	25
31/07/11	270	24	09/08/11	240	21
31/07/11	300	35	09/08/11	230	22
31/07/11	360	58	09/08/11	240	26
31/07/11	280	28	09/08/11	250	28
31/07/11	290	27	09/08/11	310	51
31/07/11	200	18	09/08/11	250	21
31/07/11	290	30	09/08/11	100	1
31/07/11	280	27	09/08/11	100	1
31/07/11	300	36	09/08/11	100	1
31/07/11	330	51	09/08/11	150	2
31/07/11	330	53	11/08/11	260	25

Suivi de la passe-piège à anguilles du barrage EDF de Mallemort sur la Durance - 2011

Date	Longueur totale (mm)	Poids (g)	Date	Longueur totale (mm)	Poids (g)
11/08/11	270	26	23/08/11	300	36
11/08/11	250	23	23/08/11	280	28
11/08/11	240	21	23/08/11	290	28
11/08/11	300	49	23/08/11	250	20
11/08/11	310	50	23/08/11	280	28
11/08/11	280	26	23/08/11	110	1
11/08/11	320	55	25/08/11	210	25
11/08/11	120	2	25/08/11	240	28
11/08/11	180	12	25/08/11	250	40
11/08/11	210	19	25/08/11	300	50
11/08/11	250	24	25/08/11	330	56
11/08/11	260	25	25/08/11	280	27
11/08/11	260	23	25/08/11	150	3
11/08/11	150	3	25/08/11	230	24
11/08/11	100	1	25/08/11	100	1
11/08/11	100	1	25/08/11	110	1
11/08/11	100	1	25/08/11	120	2
13/08/11	270	25	27/08/11	320	51
13/08/11	260	25	27/08/11	290	29
13/08/11	240	21	27/08/11	270	28
13/08/11	110	1	27/08/11	250	26
15/08/11	280	28	27/08/11	180	5
15/08/11	320	46	27/08/11	140	4
15/08/11	340	57	27/08/11	250	21
15/08/11	290	28	03/09/11	180	18
15/08/11	250	21	08/09/11	250	21
15/08/11	270	24	08/09/11	240	19
21/08/11	260	24	08/09/11	100	1
21/08/11	270	26	08/09/11	290	31
21/08/11	280	28	08/09/11	300	36
21/08/11	300	33	07/09/11	200	24
21/08/11	190	17	07/09/11	280	27
21/08/11	100	1	07/09/11	300	35
21/08/11	110	2	11/09/11	280	28
21/08/11	100	1	15/09/11	290	29
21/08/11	100	1	15/09/11	250	26
21/08/11	280	28	23/09/11	240	21
21/08/11	120	2	02/10/11	250	24
21/08/11	100	1	02/10/11	280	26
23/08/11	350	62	02/10/11	300	34
23/08/11	280	30	02/10/11	300	33
23/08/11	300	39	09/10/11	250	27

Annexe 3 : Bilan des principaux résultats du suivi de la passe-piège du barrage EDF de Mallemort entre 2004 et 2011

Suivi de la passe-piège à anguilles du barrage EDF de Mallemort sur la Durance - 2011

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Effectif	163	51	522	45	122	94	315	714
Taille moyenne (mm)	308,3	301,8	318,5	310	296,1	270,8	282,8	250,8
Amplitude taille (mm)	150 - 410	140 - 430	220 - 500	250 - 400	100 - 390	110 - 420	110 - 420	90 - 430
Poids moyen (g)	46,4	46,6	47,9	46,9	39	28,4	33,6	26,7
Amplitude Poids (g)	13 - 103	4 - 126	13 - 170	20 - 81	2,5 - 82	14 - 63	2 - 107	1 - 110
Période de migration	Mai à octobre	Mai à octobre	Avril à novembre	Mai à septembre	Mai à octobre	Juillet à octobre	Mai à octobre	Avril à octobre