LOCALISATION DES ZONES DE FRAI DE LA LAMPROIE MARINE (PETROMYZON MARINUS) EN MOYENNE GARONNE ET ETUDE DE SA CAPACITE DE FRANCHISSEMENT DU BARRAGE HYDROELECTRIQUE DE GOLFECH (82)

ETUDE DU COMPORTEMENT DU SILURE GLANE (SILURUS GLANIS) AU DROIT DU BARRAGE HYDROELECTRIQUE DE GOLFECH (82)

TECHNIQUE COMMUNE : LA RADIOTELEMETRIE

Etude financée par :

L'Union Européenne
L'Agence de l'Eau Adour-Garonne
La FNPF

Aurélien FREY
Laurent CARRY

mai 2009

MI.GA.DO. 9G-09-RT

Cette étude est cofinancée par l'Union européenne. L'Europe s'engage en Midi-Pyrénées avec le FEDER.

Association Migrateurs Garonne Dordogne – loi 1901 (JO du 29.03.89) – N°SIRET : 391 610 490 00065 – Site Internet : www.migado.fr
18 ter, rue de la Garonne – BP 95 – 47520 LE PASSAGE D'AGEN – Tél. 05 53 87 72 42 – Fax 05 53 87 00 99 – e-mail : migado@wanadoo.fr

RESUME

La lamproie marine (*Petromyzon marinus*) est une espèce vulnérable dont l'aire de répartition a diminuée en Europe au cours du 20ème siècle. C'est la raison pour laquelle, entre avril et juillet 2008, une campagne de suivi par radiopistage a été menée au sein de l'association MIgrateurs GAronne DOrdogne (MI.GA.DO) sur la lamproie marine et le silure glane (*Silurus glanis*). Les deux études, distinctes d'un point de vue biologique, ont été menées simultanément du fait de la similitude de la zone concernée par les deux espèces mais également par l'utilisation d'une technique commune, à savoir la radiotélémétrie.

Cette étude, planifiée sur trois ans (2006 à 2008), a pour objectif le repérage des zones de frai de la lamproie marine en moyenne Garonne, l'étude de la transparence du barrage hydroélectrique de Golfech pour cette espèce et pour terminer, l'étude du comportement du silure glane afin de tester les relations de prédation sur les espèces migratrices.

Le suivi de quarante lamproies équipées de radio-émetteurs en 2008 (115 en 3ans) a permis la localisation de plus de vingt zones favorables à la reproduction de l'espèce. De plus, l'étude a montré un faible taux de franchissement du barrage de golfech par les lamproies, taux insuffisant étant donné la localisation du barrage sur le linéaire.

En parallèle, 19 silures marqués en 2006 ont été suivis au niveau du secteur de Golfech. Cette expérience confirme le rythme trophique nycthéméral du silure et révèle que la concentration de l'espèce au pied de l'ouvrage est liée à un instinct de montaison pré-reproduction et non à une prédation sur les espèces migratrices présentes.

Mots clés : Radiopistage, lamproie marine, zone de reproduction, taux de franchissement, moyenne Garonne, silure glane, rythme trophique, migration.

SOMMAIRE

RESUME ..... **I**

SOMMAIRE ..... **II**

LISTE DES FIGURES ..... **IV**

LISTE DES TABLEAUX ..... **VI**

LISTE DES ANNEXES ..... **VI**

LISTE DES ABREVIATIONS ..... **VII**

INTRODUCTION **1**

1 CONTEXTE BIBLIOGRAPHIQUE **3**

1.1 PRESENTATION DU CADRE ET DES SITES D'ETUDE 3

1.1.1 LA GARONNE EN GENERAL 3

1.1.2 DESCRIPTION DU SITE DE GOLFECH 4

1.1.3 SECTEUR DE SUIVI DE LA LAMPROIE MARINE 7

1.1.4 SECTEUR DE SUIVI DU SILURE GLANE. 9

1.2 PRESENTATION DES ESPECES 10

1.2.1 PETROMYZON MARINUS 10

1.2.2 SILURUS GLANIS 15

2 MATERIEL ET METHODES **21**

2.1 PROTOCOLE DE MARQUAGE 22

2.1.1 MARQUAGE LAMPROIE 22

2.1.2 MARQUAGE SILURE 26

2.2 MATERIEL DE DETECTION 27

2.2.1 MATERIEL DE DETECTION AUTOMATIQUE 27

2.2.2 MATERIEL DE DETECTION MANUEL 30

2.3 PROTOCOLE DE SUIVI 31

2.3.1 SUIVI LAMPROIE 31

2.3.2 SUIVI SILURE 31

2.3.3 CONTRAINTES LIEES A LA RADIOTELEMETRIE 31

3 RESULTATS 33

3.1 RESULTAT DU SUIVI LAMPROIE 33

3.1.1 CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES 33

3.1.2 LE SUIVI LAMPROIE 34

3.2 RESULTAT DU SUIVI SILURE 42

3.2.1 CONTEXTE 2008 42

3.2.2 COMPORTEMENT D'AVRIL A JUILLET 44

3.2.3 COMPORTEMENT AU DROIT DU BARRAGE 45

3.2.4 COMPORTEMENT EN FONCTIONS DES DEBITS 46

3.2.5 ESTIMATION DE LA POPULATION. 47

4 DISCUSSION 48

4.1 PETROMYZON MARINUS 48

4.1.1 EPOQUE DE MARQUAGE. 48

4.1.2 RESULTATS ACQUIS. 48

4.1.3 FRANCHISSEMENT DE GOLFECH. 48

4.1.4 GESTION ET PECHE.
ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.

4.2 SILURUS GLANIS 50

4.2.1 LE SILURE ET L'ALOSE. 50

4.2.2 INSTINCT DE MONTAISON. 50

4.2.3 GESTION HALIEUTIQUE. 50

5 CONCLUSION 52

BIBLIOGRAPHIE 53

ANNEXES 55

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de localisation du système Gironde-Garonne-Dordogne.

Figure 2 : Plan d'ensemble de l'aménagement hydroélectrique de Golfech.

Figure 3 : Schéma d'ensemble du fonctionnement d'un ascenseur à poisson.

Figure 4 : Schéma en vue aérienne du site hydroélectrique de Golfech.

Figure 5 : Linéaire d'étude de la lamproie marine.

Figure 6 : Linéaire d'étude du silure glane.

Figure 7 : Vue d'ensemble d'une lamproie marine.

Figure 8 : Les 7 fentes branchiales et le disque buccal d'une lamproie marine.

Figure 9 : Cycle de vie de la lamproie marine.

Figure 10 : Effectifs de lamproie marine comptés aux stations de Golfech (Garonne) et Tuilières, puis Mauzac depuis 2006 (Dordogne).

Figure 11 : Répartition des effectifs de lamproie selon les axes Garonne et Dordogne.

Figure 12 : Vue générale d'un Silure glane de 1,04m pour 9,5 Kg.

Figure 13 : Relation poids/taille d'après 98 silures de la station de contrôle de Golfech.

Figure 14 : Nombre de silures comptés à la station de contrôle de Golfech depuis 1993.

Figure 15 : Taux de franchissement de la Grande Alose au niveau de l'ascenseur de Golfech en relation avec le nombre de silure comptabilisés à la station de contrôle.

Figure 16 : Bilan annuel des passages d'aloses et de silures à la station de contrôle vidéo de Golfech.

Figure 17 : Principe du radiopistage en milieu aquatique.

Figure 18 : a. Emetteur F 1815 et son antenne ; b. Emetteur F 1815.

Figure 19 : Transpondeur TIRIS (30mm).

Figure 20 : Emetteur F1860 et son antenne.

Figure 21 : Enregistreur LOTEK.

Figure 22 : Schéma global de détection de l'enregistreur LOTEK.

Figure 23 : Coffret lecteur/enregistreur TIRIS.

Figure 24 : a. Appareil manuel ATS R2000 ; b. Véhicule de radiopistage équipé d'une antenne toit.

Figure 25 : Débits et Température de la Garonne à Tonneins depuis 1993.

Figure 26 : Courbe des débits à Tonneins et des températures pour les 3 années d'études.

Figure 27 : Localisation des zones de frai de la lamproie marine sur la moyenne Garonne.

Figure 28 : a. Zone de frai pour lamproie marine (Aiguillon) ; Nid de lamproie sur le Lot (vue polarisée).

Figure 29 : Progressions typiques de quatre lamproies radiomarquées en 2008

Figure 30 : Caractéristiques des vitesses de migrations des lamproies radiomarqués.

Figure 31 : Boîtes à moustaches représentant la distribution des vitesses de migration au sein des stocks de lamproies suivies.

Figure 32 : Nombre d'incursions des lamproies radiomarquées au pied du barrage et temps de présence cumulés.

Figure 33 : Nombre d'incursions des lamproies radiomarquées dans le bassin de stabulation de l'ascenseur à poissons et temps de présence cumulés en heures.

Figure 34 : Lamproies comptées à Golfech lors des 3 années d'étude et taux de retour des individus radiomarqués.

Figure 35 : Bilan du comptage lamproies aux stations de contrôle et de la pêche (estuarienne + fluviale).

Figure 36 : Nombre de silures comptés à la station de contrôle de Golfech de 1993 au 31 juillet 2008.

Figure 37 : Nombre de silures ayant empruntés l'ascenseur de Golfech comparé aux incursions au barrage des silures radiomarqués (moyenne 2006 à 2008).

Figure 38 : Moyenne du nombre d'incursions des silures radiomarqués au pied du barrage par tranche horaire sur les 3 années d'études.

Figure 39 : Répartition diurne et nocturne des silures radiomarqués sur le secteur d'étude.

Figure 40 : Comparaison du nombre d'incursions des silures radiomarqués au pied du barrage et dans le bassin de stabulation de l'ascenseur de Golfech.

Figure 41 : Répartition du temps passé par les silures radiomarqués dans le bassin de stabulation de l'ascenseur de Golfech.

Figure 42 : Données et variables environnementales concernant les silures radiomarqués ayant passé le barrage.

Figure 43 : Silhouette d'un silure avec ablation de la caudale à la vitre de la station de contrôle de Golfech.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Progression des études entreprises par MIGADO concernant Silurus glanis.

Tableau II : Caractéristiques des émetteurs lamproie.

Tableau III : Protocole d'implantation de radio-émetteurs chez la lamproie marine.

Tableau IV : Caractéristiques des émetteurs silure.

Tableau V : Extrait d'enregistrement LOTEK.

LISTE DES ANNEXES

Annexe A : Protocole de marquage de la lamproie marine.

Annexe B : Fréquences et biométrie des 40 lamproies radiomarquées en 2008.

Annexe C : Fréquences et biométrie des 19 silures radiomarqués en 2006.

Annexe D : Caractéristiques et positions des antennes LOTEK au pied du barrage hydroélectrique de Golfech.

Annexe E : Tests de détection de l'enregistreur LOTEK au droit du barrage de Golfech.

Annexe F : Tests de détection des différents émetteurs à l'aide du matériel de radiopistage manuel.

Annexe G : Tableau récapitulatif de l'expérience lamproie.

Annexe H : Tableau récapitulatif des expériences silure.

LISTE DES ABREVIATIONS

ATS : Advanced Telemetry System

COGEPOMI : COmité de GEstion des POissons Migrateurs

DDAF : Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt

DIREN : Direction Régionale de l'Environnement

ECOGEA : Etudes et Conseils en Gestion de l'Environnement Aquatique

EDF : Electricité De France

ENSAT : Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse

EPIDOR : Etablissement Public Interdépartemental DORdogne

GGD : Gironde Garonne Dordogne

GHAAPPE : Groupe d'Hydraulique Appliquée aux Aménagements Piscicoles et à la Protection de l'Environnement

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

LF : Low Frequency (*basse fréquance*)

LOGRAMI : LOire GRAnds MIgrateurs

MIGADO : Migrateurs Garonne Dordogne

MIGRADOUR : Migrateurs ADOUR

MRM : Migrateurs Rhône Méditerranée

ONEMA : Office National de l'Eau et du Milieu Aquatique

RFID : Radio Frequency IDentification (*identification de fréquence radio*)

SAGA : Saumon Atlantique Garonne Ariège

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SMEAG : Syndicat Mixte d'Etude et d'Aménagement de la Garonne

TIRIS : Texas Instrument Radio Identification System

INTRODUCTION

Ces dernières années, nous assistons à une prise de conscience, au niveau européen, de la richesse que constituent les différentes populations de migrateurs amphihalins en France. Cet intérêt est en adéquation avec les objectifs que se fixe l'Europe à savoir, une valorisation du patrimoine régional (la pêche de la lamproie marine, tradition alimentaire en Aquitaine, représente un chiffre d'affaire de plusieurs centaines de milliers d'euros en moyenne Garonne (GIRARDIN et al, 2004)) avec les espèces migratrices amphihalines qui constituent des ressources renouvelables exploitées ou exploitables. Or la France possède un potentiel de façade maritime sans égal permettant d'accueillir de nombreuses espèces migratrices qui y ont historiquement trouvé les conditions favorables à leur développement. De ces migrateurs fluviatiles qui marquent imperturbablement le rythme des saisons, la lamproie marine (Petromyzon marinus) est sûrement le plus original, le plus ancien aussi puisque ces animaux constituent le groupe le plus primitif des vertébrés existants, car non considérés au sens strict comme des poissons (SURLEVE-BAZEILLE, 2007).

Les lamproies marines ne remontent plus le Rhône. Sur la Loire, les travaux projetés ayant été stoppés, cela a indirectement sauvé l'espèce. Seuls les bassins de la Garonne, de la Dordogne, et de l'Adour dans une moindre mesure, restent encore des lieux privilégiés pour les remontées et le développement des larves. Cet état de fait tient certainement à des milieux qui ont été à l'abri des grands aménagements industriels et qui ont maintenu des qualités d'habitats encore correctes.

Le premier volet de cette étude aura pour but la localisation des zones de frai de la lamproie marine sur la moyenne Garonne. Concernant la partie Dordogne, cette étude a déjà été réalisée par MI.GA.DO en collaboration avec le bureau d'étude ECOGEA (ABOULKER, 2006). Le repérage des nids a pu se faire visuellement le long de la Dordogne et de ses principaux affluents car l'eau est suffisamment claire. Les eaux de la Garonne étant très turbides, ce protocole n'était pas transposable. La technique retenue a par conséquent été un suivi par radiopistage d'un certain nombre de lamproies préalablement capturées et équipées de radio-émetteurs Il sera également évalué la capacité de franchissement du barrage hydroélectrique de Golfech (82) par l'espèce.

Lancée en 2006, cette étude vise à compléter les connaissances de la biologie de l'espèce restant encore mal connue en France, mais surtout de définir une politique de gestion écologique de son milieu de vie. En effet il est impératif, voir urgent, de protéger les frayères ainsi que les zones de croissances des juvéniles sur les axes traditionnellement fréquentés, aux vues des multiples actions au niveau du lit des cours d'eau (ouvrages, pollutions, dragages,…) qui modifient l'équilibre écologique et le recrutement de l'espèce.

La colonisation de nouvelles espèces dans un milieu relève d'un phénomène naturel, en revanche lorsque cette colonisation est d'origine anthropique elle peut avoir des effets néfastes sur le milieu, comme le dysfonctionnement trophique. Dans le domaine de l'ichtyologie de nombreuses introductions, amenées ou non par l'aquaculture, ont eu lieu dans les milieux aquatiques français. A la vue de ces phénomènes, l'homme a commencé à mesurer les impacts qu'elles pouvaient causer et à envisager des solutions pour remédier à ces espèces dévastatrices.

Cette étude portera également sur le silure glane (Silurus glanis), qui est l'un des plus grands poissons des eaux continentales françaises. Souvent victime d'une mauvaise réputation pourtant infondée, le silure glane est considéré comme une espèce globalement menacée à l'échelle européenne (PROTEAU et al, 2007) en raison d'une pêche excessive et des modifications du milieu naturel (canalisations, dragages et aménagements divers sur les cours d'eau). Il est donc classé à l'annexe III de la convention de Berne sur les espèces de faune menacées (FRIES et al, 1997). Dans certains pays comme l'Estonie, l'Allemagne et la Grèce, il est protégé par la loi et scrupuleusement surveillé en Finlande, Suède, Suisse, République Tchèque et aux Pays-Bas.

En France, cela fait une quarantaine d'années que le Silure glane, présent dans le Rhin français dès le XIXème siècle, ne cesse de coloniser les eaux continentales de l'Hexagone. Il s'est étendu

et a colonisé très rapidement les milieux aquatiques et vit aux côtés d'autres espèces autochtones. Il est actuellement considéré comme acclimaté et en extension (KEITH et ALLARDI, 1997) mais pas naturalisé, car il n'est pas complètement intégré aux populations résidentes. Cependant, malgré un intérêt croissant pour le silure glane, peu de travaux s'attachent à la connaissance de cette espèce.

Le silure est observé en moyenne Garonne au niveau de Golfech (82) depuis le début des années 1990, et se reproduit de manière pérenne aujourd'hui. Malgré tous les détracteurs, y compris au sein des pêcheurs, ce poisson représente un certain intérêt halieutique. Mais le manque d'informations et de données du silure ne permet pas une gestion efficace des populations.

Le passage par le site de Golfech est obligatoire pour tout migrateur. De ce fait, la rapide colonisation observée, ainsi que l'installation d'une population de Silurus glanis à l'aval de Golfech, provoquèrent des inquiétudes vis-à-vis de l'impact de cette espèce sur les populations migratrices transitant sur l'axe fluvial de la Garonne.

C'est pourquoi depuis 2004, MI.GA.DO mène différentes campagnes expérimentales sur l'espèce (pêches, estimation de la population, radiopistage,…) afin d'enrichir les connaissances sur ce poisson. Le second volet de l'étude aura donc pour but d'étudier le comportement et la mobilité du silure par radiopistage au droit du barrage hydroélectrique de Golfech et du canal de fuite de l'usine. Egalement lancée en 2006, cette troisième campagne successive viendra compléter la base de données existante.

Ici, seront présentés, pour chaque volet, les résultats de la campagne 2008, ainsi que la synthèse d'analyse des 3 campagnes successives (2006, 2007 et 2008) réalisées.

1 CONTEXTE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1 PRESENTATION DU CADRE ET DES SITES D'ETUDE

1.1.1 La Garonne en général

Le système fluvio-estuarien Gironde-Garonne-Dordogne, situé dans la partie Sud-Ouest de la France, comprend deux axes principaux (*fig.1*), la Garonne et la Dordogne, qui se rejoignent au Bec d'Ambés pour former l'estuaire de la Gironde. La surface totale du bassin versant est de 80.000 km^2 et son linéaire total de 3.414 km (les deux grands axes et leurs principaux affluents). Le module de la Dordogne est de 330 m^3/s et celui de la Garonne de 631 m^3/s au niveau de leur confluence. Le bassin est réparti sur 6 régions et 20 départements, avec une densité moyenne de 50 hab/km^2. La problématique des poissons migrateurs ne concerne cependant que 3 régions et 11 départements.

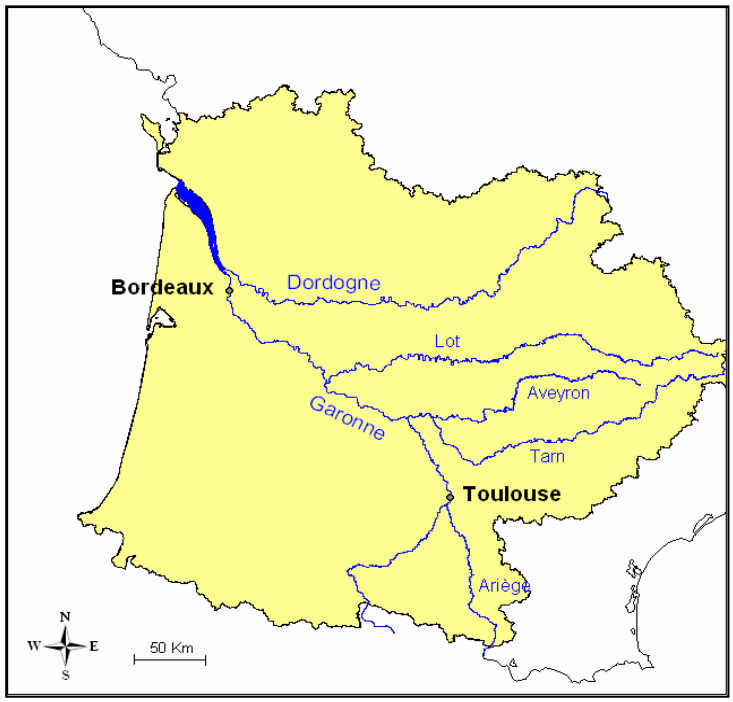


Figure 1 : Carte de localisation du système Garonne-Dordogne. (MI.GA.DO, modifié).

La Garonne, longue de 525 km, prend sa source dans les Pyrénées espagnoles au Val d'Aran, dans le Massif de la Maladetta et entre en France à Pont-du-Roi (Haute-Garonne). La surface du bassin versant est de 29 500 km^2. Si on inclut les principaux affluents (Lot, Tarn, Aveyron, Ariège), son linéaire total est de 1.850 km (dont 50 km en Espagne) pour une surface de 56 000 km^2.

Le régime d'alimentation est complexe : nival pour la Garonne jusqu'à Toulouse, pluvio-nival en aval de cette ville et pour les grands affluents en provenance du Massif Central (Lot et Tarn).

La qualité des eaux a été jugée globalement satisfaisante (LAURONCE et SUSPERREGUI, 2005). Cependant le bassin est influencé par des pollutions générées localement et provenant des parties moyennes à basses des axes. Les pollutions organiques, azotées et phosphorées représentent le principal facteur de dégradation de la qualité des eaux du bassin de la Garonne. Leurs origines sont essentiellement liées aux rejets domestiques et industriels. Les zones amont des axes semblent relativement préservées. Le bassin a une vocation agricole affirmée (cultures et élevages) caractérisée par une forte demande en eau pour les besoins de l'irrigation (40% des surfaces irriguées françaises). Ces eaux présentent de fortes teneurs en nitrates ayant pour principale origine les apports diffus issus des pratiques agricoles. Les nitrates sont également présents dans des secteurs où l'élevage est dense comme les bassins de l'Aveyron et du Tarn. En outre, les principales zones à risque liées aux pesticides agricoles sont localisées au niveau des zones viticoles, tout particulièrement au niveau de Bordeaux (33) ou d'Agen (47).

Autrefois axe important de navigation et de transport de marchandises, la Garonne n'est aujourd'hui navigable pour les plus gros bateaux que dans son estuaire, jusqu'au Pont de Pierre à Bordeaux, et pour les grosses péniches jusqu'à Langon (33), la suite se faisant par le Canal de Garonne qui est voué presque exclusivement au tourisme fluvial.

L'activité hydroélectrique est très présente dans les sous-bassins amont pyrénéens, ce qui provoque un certain nombre d'obstacles à la libre circulation des poissons, de même pour l'irrigation. Ils exercent deux grands types d'impacts sur les populations de poissons :

- ils réduisent le linéaire accessible (et donc les habitats disponibles) en interdisant le passage amont ou en ne permettant qu'à une fraction de la population de poursuivre leur migration.

- ils entraînent pour certains (hydroélectricité notamment) des mortalités parfois conséquentes lors de la dévalaison des migrateurs (anguille argentée, smolt de saumon atlantique…)

Sur la Dordogne, les caractéristiques et la densité des obstacles conduisent à considérer que les parties moyennes et/ou les têtes de bassin de 5 des principaux cours d'eau (Isle, Dordogne, Maronne, Cère et Vézère) sont définitivement condamnées pour les migrateurs. Sur la partie aval du bassin, 3 aménagements hydroélectriques (Bergerac, Tuilières et Mauzac) exercent également des impacts, à la fois à la montaison et à la dévalaison. En l'état actuel des choses, 573 km, soit 38% du linéaire, sont potentiellement colonisables par une espèce comme l'anguille (LAURONCE et SUSPERREGUI, 2005).

Sur la Garonne, un certain nombre d'aménagements hydroélectriques, érigés sur les principaux axes (Lot, Tarn-Aveyron, Ariège, Garonne) condamnent l'accès à une partie importante des habitats. Actuellement, 747 km, soit 40% du linéaire, sont potentiellement colonisables par l'anguille (LAURONCE et SUSPERREGUI, 2005). Golfech (82) est le premier obstacle rencontré par les poissons sur le cours d'eau Garonne, situé à 270 kilomètres de l'océan.

1.1.2 Description du site de Golfech

Plusieurs facteurs favorables (son estuaire, son régime, ses milieux favorables) ont fait du fleuve Garonne un axe privilégié de la migration des poissons (BELAUD et LABAT, 1992). On y retrouve encore actuellement l'anguille (*Anguilla anguilla*), la grande alose (*Alosa alosa*), des salmonidés (*Salmo salar* et *Salmo trutta fario*) ou bien la lamproie marine (*Petromyzon marinus*).

La première difficulté physique rencontrée par les poissons migrateurs anadromes sur la Garonne est un seuil construit jadis pour faciliter la navigation près d'Agen (seuil de Beauregard). Aujourd'hui, ce seuil n'a plus d'utilité et, par conséquent, n'est plus entretenu. Subissant les rouages du temps et des débits, celui-ci se détruit tous les ans un peu plus, et ne pose plus de problème à la migration.

La limite amont de la zone accessible aux poissons migrateurs se situait, depuis 1912, à Toulouse (31) (exploitation hydroélectrique du seuil de la chaussée du Bazacle, équipée en passe à poissons en 1989), jusqu 'à l'édification et la mise en service en 1972 du complexe hydroélectrique de Golfech. Le nouvel obstacle, d'une hauteur de 17 mètres, est donc le premier ouvrage infranchissable de la Garonne (270 Km de l'océan), amputant l'aire de migration de plusieurs centaines de kilomètres sur le fleuve et ses principaux affluents (Tarn, Aveyron).

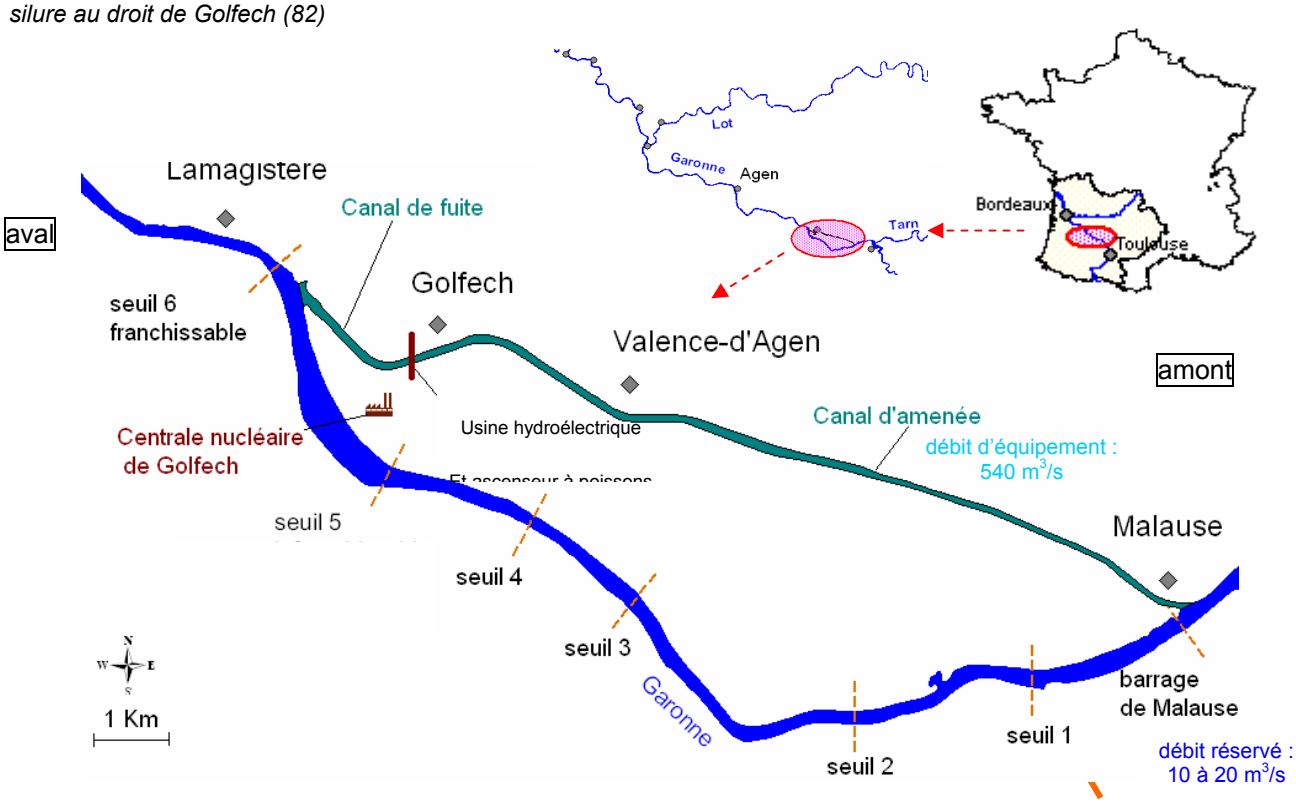


Figure 2 : Plan d'ensemble de l'aménagement hydroélectrique de Golfech (MI.GA.DO., modifié).

L'aménagement hydraulique comprend essentiellement (*fig.2*) :

un barrage mobile sur Garonne, haut de 10 mètres, situé à Malause (82), juste en aval de la confluence du Tarn,

une prise d'eau pouvant acheminer 650 m^3/s, par un canal de 10 630 mètres de long, qui transite rive droite vers l'usine hydroélectrique de Golfech,

l'usine, de débit équipé atteignant 540 m^3/s, posséde 3 turbines et développe une puissance de 69 mégawatts. La chute brute est en condition d'étiage est de 17 mètres,

un canal de restitution, de 1950 mètres de long, rejoignant la Garonne en amont immédiat de Lamagistère (82) et où est pompée l'eau de refroidissement d'une centrale nucléaire de 2 *x* 1300 mégawatts, dont la première tranche fonctionne depuis 1990,

le lit naturel de la Garonne reçoit un débit réservé de 10 à 20 m^3 ainsi que le débit de crue lors de l'ouverture des vannes du barrage de Malause.

A la construction du complexe, le barrage de Malause a été équipé de deux passes à poissons de type écluse Borland, qui se sont révélées inefficaces (BELAUD et LABAT, 1992), en particulier du fait de l'inaccessibilité des orifices d'entrée par suite de l'érosion rapide du lit en aval. Mais, c'est à l'usine de Golfech et non au barrage de Malause que se posent régulièrement les problèmes de blocage des poissons migrateurs, attirés par le débit le plus fort à la confluence du canal de restitution.

Dès 1981, des opérations de capture des migrateurs à l'aval de l'usine et de transfert manuel en amont ont été conduites de façon à examiner les possibilités de recolonisation des frayères amont (TRAVADE *et al*, 1992). En parallèle à ces actions, EDF a initié des études destinées à examiner la faisabilité d'un ouvrage de franchissement à l'usine de Golfech.

Ce dispositif de franchissement devait être utilisable par l'ensemble des poissons migrateurs

présents en Garonne (alose, saumon, truite de mer, lamproie, anguille). Une attention toute particulière a été portée à l'alose (*Alosa alosa*), migrateur non seulement le plus abondant sur le site, mais également le plus exigeant vis à vis du type de passe utilisé. Pour ces diverses raisons, le choix s'est porté vers la solution de l'ascenseur dont l'intégration dans le site semblait par ailleurs poser moins de problèmes que celle d'une passe classique (TRAVADE *et al*, 1992). La construction débuta en 1986 et la mise en service se fit courant 1987.

Dans son principe, un ascenseur à poissons est un système mécanique qui consiste à capturer les poissons, au pied de l'obstacle, dans une cuve contenant une quantité d'eau appropriée à leur nombre, puis à remonter cette cuve et à la déverser en amont (*fig.3*).

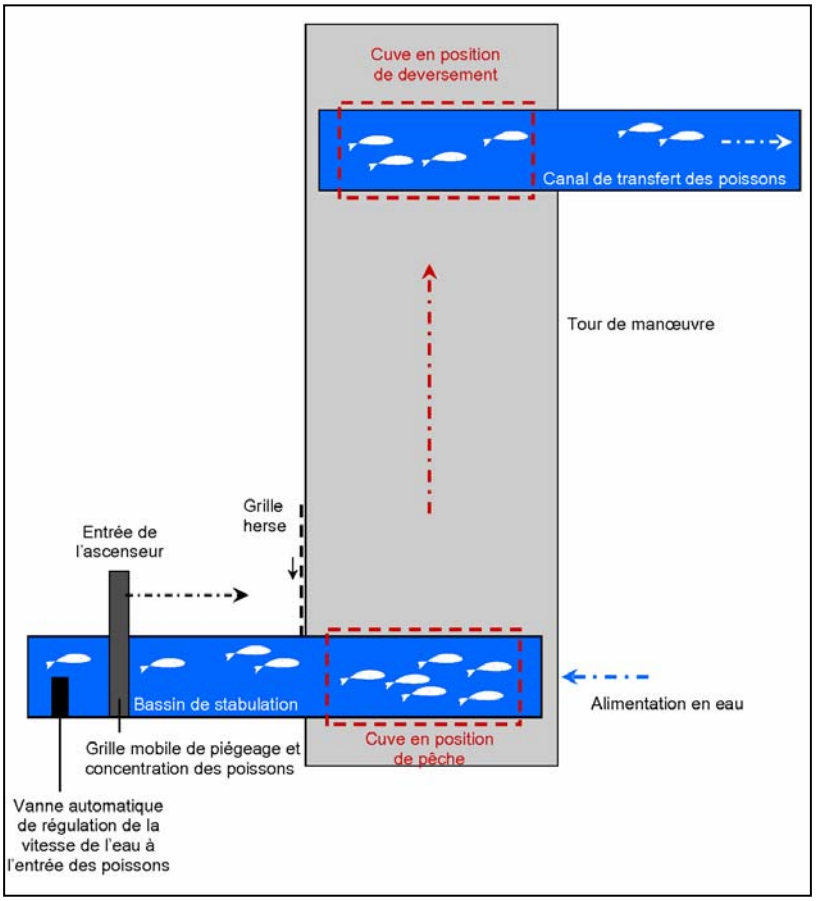


Figure 3 : Schéma d'ensemble du fonctionnement d'un ascenseur à poisson.

Les migrateurs sont attirés dans un bassin de stabulation (*fig.3*) par un débit d'attrait, constitué d'une veine d'eau aux caractéristiques adaptées au comportement migratoire naturel et aux capacités de nage (vitesse et endurance) des espèces concernées (3 à 5 m^3/s et une chute d'eau de 0,2 à 0,4 m). Ils y sont piégés à intervalles réguliers, par un système anti-retour puis concentrés par une grille verticale mobile, au-dessus de la cuve située à l'extrémité amont du bassin de stabulation. Une deuxième grille verticale mécanisée située à l'aval immédiat de la cuve, est alors descendue pour empêcher les poissons d'accéder sous cette cuve lorsque celle-ci est en manœuvre. La cuve est remontée par un treuil puis vidangée dans le bief amont. Le déversement s'effectue dans un canal de transfert (*fig.4*) relié au canal d'amenée en amont de l'usine hydroélectrique. Le poisson est incité à en sortir en assurant un courant d'une vitesse suffisante dans le canal de transfert.

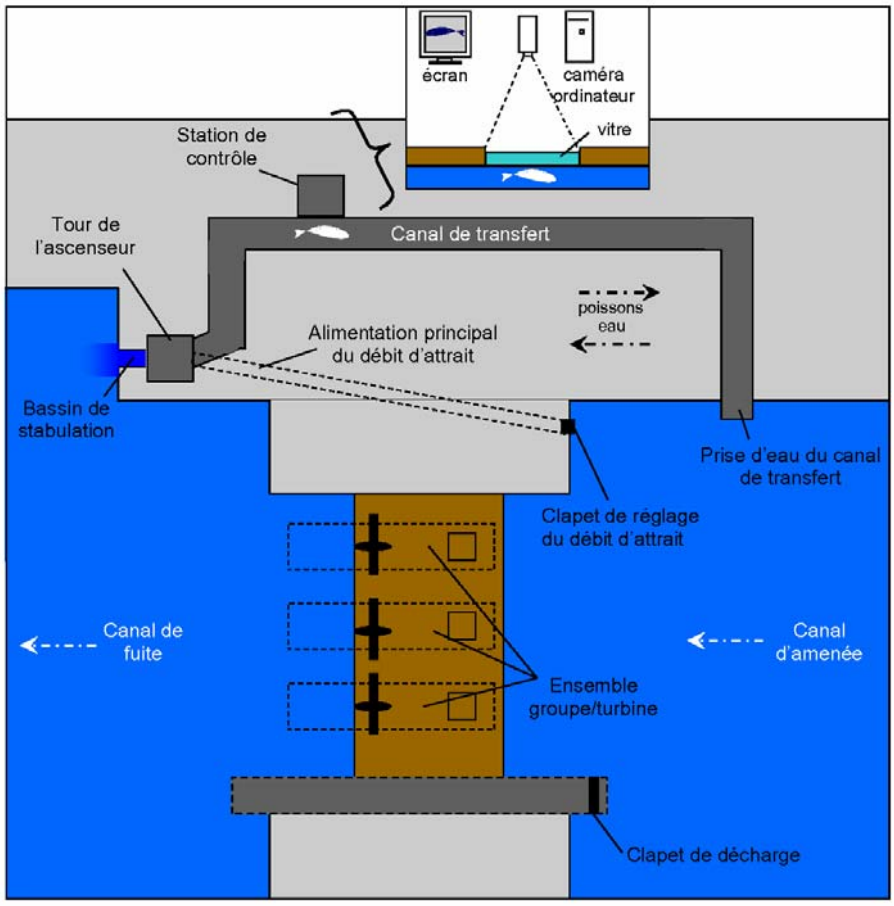


Figure 4 : Schéma en vue aérienne du site hydroélectrique de Golfech.

Le dispositif de franchissement est équipé, depuis 1992, d'une station de comptage vidéo (*fig.6*). Le principe consiste à filmer les poissons dans le canal de transfert au niveau d'une vitre. Les silhouettes des poissons sont binarisées, compressées et stockées en temps réel par ordinateur. Un logiciel permet ensuite de dépouiller manuellement les séquences enregistrées. Ce système fonctionne 24h/24h et toute l'année, ce qui permet de connaître en temps réel le nombre exhaustif de poissons et d'espèces qui empruntent le dispositif de franchissement. Ce contrôle est un des éléments fondamental pour la gestion des espèces migratrices sur le bassin, cela permet ainsi de connaître les effectifs de toutes les espèces migratrices franchissant le barrage et la structure des populations de saumon (âge, taille). Cela permet également une veille écologique pour l'ensemble des espèces de rivière.

1.1.3 Secteur de suivi de la Lamproie marine

La zone d'étude retenue dans le cadre du protocole de suivi de la lamproie marine correspond à la Moyenne Garonne, entre Couthures-sur-Garonne (à la limite des départements Gironde/Lot et Garonne) et le barrage hydroélectrique de Golfech dans le Tarn et Garonne (*fig.5*).

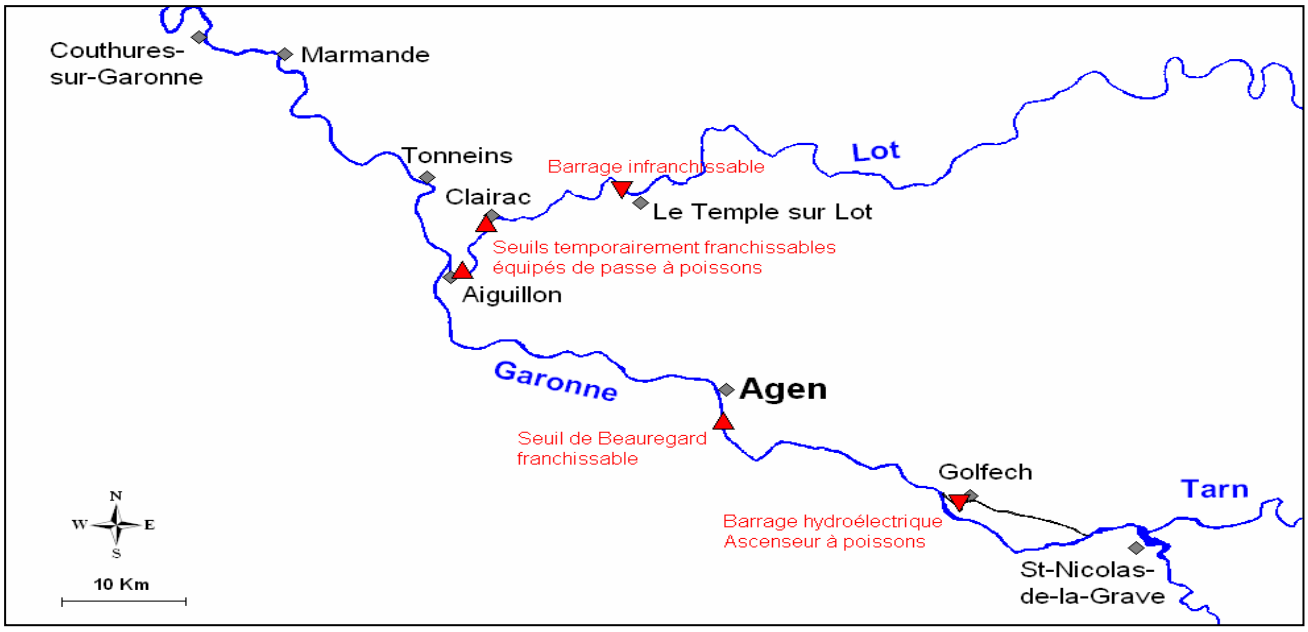


Figure 5 : Linéaire d'étude de la lamproie marine. (Source MI.GA.DO., modifié).

Ce linéaire de 100 km de long fait parti d'un site Natura 2000 important à la biologie et à l'écologie des nombreuses espèces, telles que les espèces migratrices amphihalines comme la grande alose (*Alosa alosa*), la lamproie marine (*Petromyzon marinus*) ou encore le saumon atlantique (*Salmo salar*).

A ceci se rajoute la partie aval du Lot qui a jouée un rôle primordial dans la migration des lamproies en 2006 (ABOULKER, 2006). Cette partie du Lot comprend la zone située entre la confluence Lot/Garonne et le barrage de Clairac.

1.1.4 Secteur de suivi du Silure glane.

Concernant le silure, le site d'étude est beaucoup plus restreint, une dizaine de kilomètres de linéaire seulement. Il correspond principalement au canal de fuite de l'usine hydroélectrique E.D.F. de Golfech et au bras court-circuité de la Garonne, allant du barrage de Malause à l'aval de Lamagistère (*fig.6*). Des prospections pourront avoir lieu ponctuellement en aval, jusqu'à Agen.

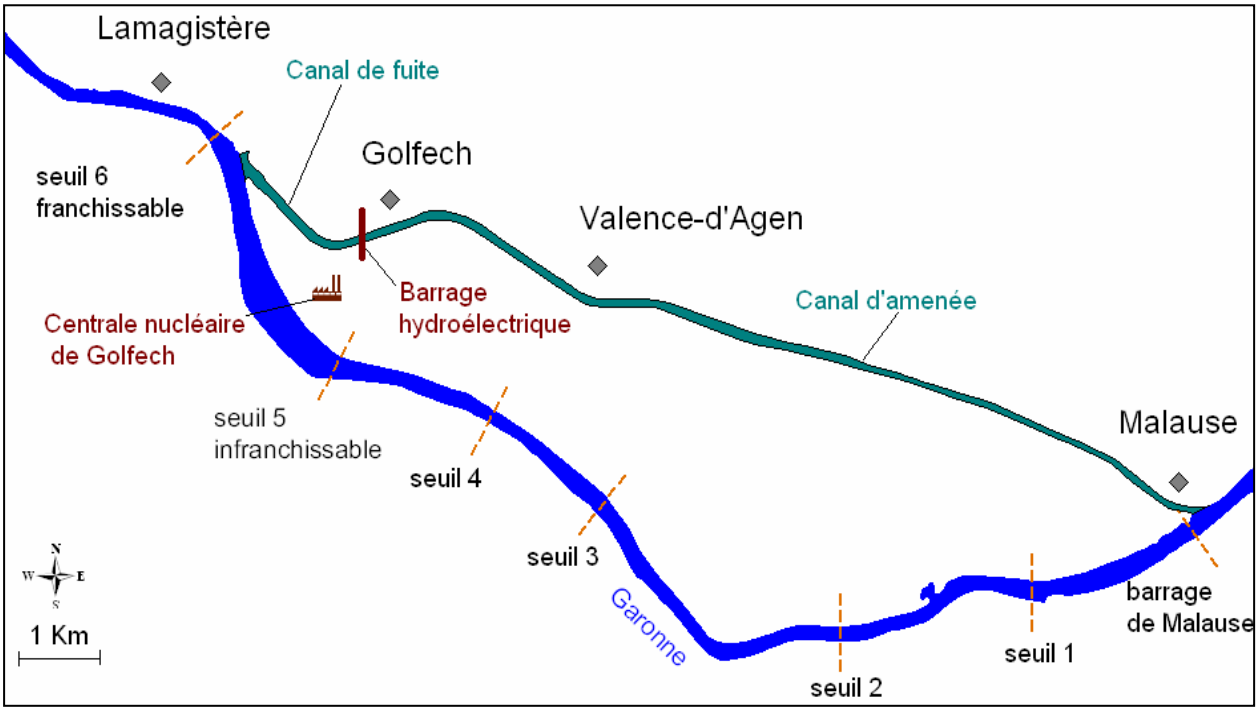


Figure 6 : Linéaire d'étude du silure glane. (Source MI.GA.DO., modifié).

1.2 PRESENTATION DES ESPECES

1.2.1 Petromyzon marinus

1.2.1.1 Classification systématique (Sabatié, 1998)

Règne :	Animal
Embranchement :	Vertébrés
Super-Classe :	Agnathes
Classe :	Cyclostomes
Sous-classe :	Cephalaspidomorphi
Super-Ordre :	Petromyzonoïdae
Famille :	Petromyzonidae
Genre :	*Petromyzon*
Espèce :	P*etromizon marinus* L., 1758

1.2.1.2 Description

La lamproie possède un corps anguilliforme (fig.7) recouvert d'une peau lisse dépourvue d'écailles mais sécrétant un abondant mucus (DUCASSE et LEPRINCE, 1980). Cette espèce sans nageoire paire possède des nageoires impaires et 2 dorsales. Par ailleurs, elle possède en arrière de l'œil 7 paires de fentes branchiales (fig.8) permettant à l'organisme de respirer par l'intermédiaire des spiracules (pores branchiaux).

Figure 7 : Vue d'ensemble d'une lamproie marine.

La lamproie marine ne possède pas de mâchoire, d'où le terme d'Agnathes *(cf. 1.2.2.1)*, mais un disque buccal (*fig.8*), garni de dents cornées, adapté à la succion. Il est aussi possible de noter la présence d'un organe olfactif, mis en communication avec l'extérieur via le tube nasal situé à l'avant de l'animal, et d'une oreille interne. Cette famille se différencie des invertébrés par la présence d'un crâne ce qui appuie le fait que la Super-Classe des agnathes illustre une certaine transition entre l'embranchement des invertébrés et des vertébrés (DUCASSE et LEPRINCE, 1980).

En conclusion, la lamproie renferme des caractères primitifs (comme l'absence de mâchoire) et d'autres hautement spécialisés (comme le disque buccal) témoignant de sa longue histoire.

Figure 8 : Les 7 fentes branchiales et le disque buccal d'une lamproie marine.

1.2.1.3 Cycle de vie

La lamproie marine est une espèce migratrice amphihaline anadrome (LASCAUX et LAGARRIGUE, 2001), c'est-à-dire qu'elle présente une phase de croissance en mer et remonte se reproduire en eau douce (*fig.9*). Contrairement au saumon, il n'y aurait pas de phénomène de « homing » chez la lamproie (SABATIE, 1998), bien qu'aujourd'hui, l'hypothèse d'un homing de bassin soit envisagée.

La migration vers les eaux douces a lieu de décembre à mai. Les lamproies arrêtent alors de s'alimenter et vivent sur leur réserve. La reproduction proprement dite se déroule de mai à juillet lorsque l'eau atteint une température comprise entre 15 et 18°C (LASCAUX et LAGARRIGUE, 2001), sur un substrat composé de galets et de graviers. Les lamproies vont alors creuser un nid, de 80 cm à 1,5 m de diamètre, en utilisant les mouvements de leur corps et en s'aidant de leur ventouse pour déplacer les plus gros galets. A l'issue de l'accouplement, les géniteurs meurent. La reproduction des individus matures marque la fin du cycle vital de ces animaux.

Deux semaines après la reproduction, éclosent des pré-larves qui vont s'enfouir dans le nid et consommer leur réserve vitelline (LASCAUX et LAGARRIGUE, 2001). Ce n'est que quatre à six semaines après la fécondation que les larves appelées larves ammocètes vermiformes vont quitter

le nid pour s'enfouir dans du sédiment sablo-limoneux. Elles sont alors planctonophages et vont rester 5 ans en eau douce. A l'issu de cette vie larvaire, elles vont se métamorphoser (de juillet à octobre) et dévaler vers la mer (d'octobre à février). La phase de grossissement en mer dure environ deux ans ; la lamproie est alors hématophage et parasite d'autres poissons grâce à sa ventouse, se nourrissant de leur sang et de leur tissu (LASCAUX et LAGARRIGUE, 2001).

Au bout de ces 7 à 8 ans de vie, elle entame sa migration anadrome qui est l'objet principal de notre étude.

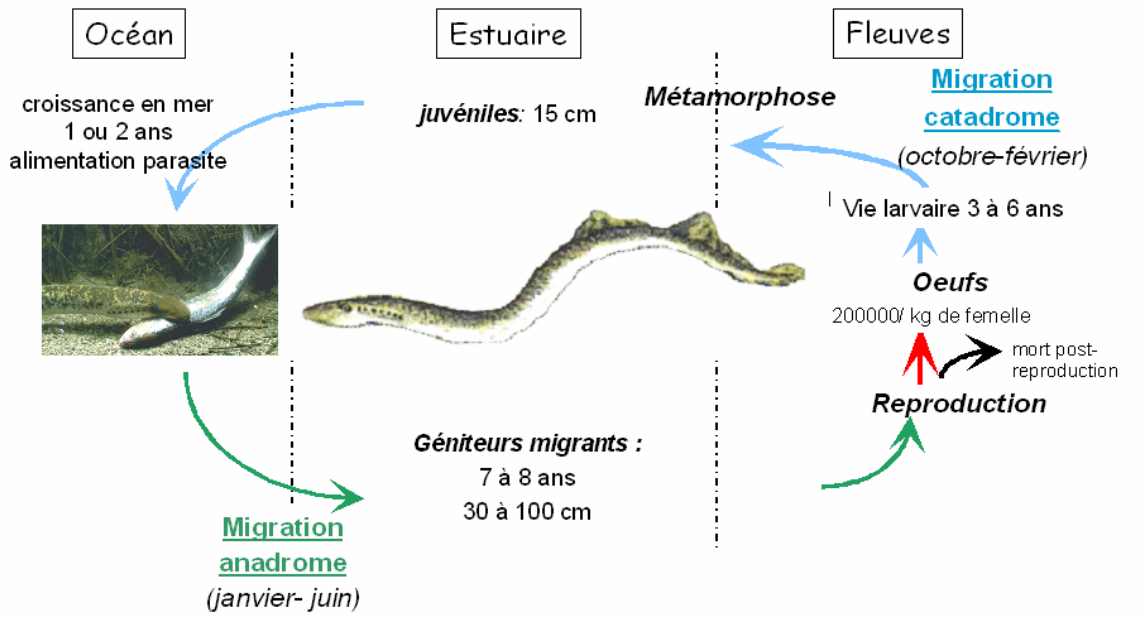


Figure 9 : Cycle de vie de la lamproie marine. (Source MI.GA.DO., modifié).

1.2.1.4 Contexte d'étude

Depuis le milieu du XXème siècle, l'aire de répartition européenne de la lamproie marine (*Petromyzon marinus*) a chuté comme chez tous les grands migrateurs amphihalins. Elle reste abondante en France où son aire a chuté et s'est fragmentée suite à l'impact des activités humaines. Parmi les rivières de la façade Manche-Atlantique qu'elle colonise encore, le système fluvio-estuarien Gironde Garonne Dordogne accueille la plus grande population. Jusqu'en 1975, cette dernière était cantonnée dans les parties basses des deux fleuves, respectivement en aval d'Agen et de Bergerac (24), en raison de la présence de barrages infranchissables. Les programmes de restauration à la libre circulation des poissons migrateurs ont depuis permis de ré-ouvrir un linéaire total trois fois plus important.

En ce qui concerne le bassin d'étude, la lamproie marine migre pour se reproduire sur la Dordogne, la Garonne et leurs affluents. D'une manière générale, l'espèce est abondante depuis 2002, les effectifs comptés aux stations de contrôle de Golfech et de Tuilières (24) sont nettement plus important que lors de la période 1993-2001 (*fig.10*). (La station de Tuilières n'est plus en service depuis 2005 car l'usine de Tuilières ne fonctionne plus, elle fut remplacée par la station de Mauzac (24), barrage situé à 15 Km en amont de Tuilières).

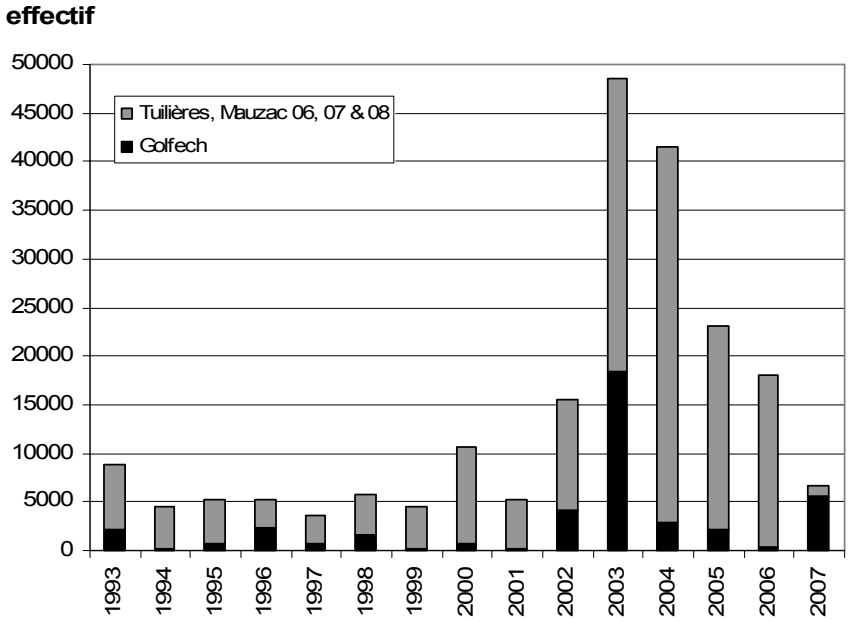


Figure 10 : Effectifs de lamproie marine comptés aux stations de Golfech (Garonne) et Tuilières, puis Mauzac depuis 2006 (Dordogne). (Source MIGADO.).

Cette constatation est nette sur l'axe Dordogne et plus fluctuante sur l'axe Garonne. Ceci confirme une préférence pour l'axe Dordogne (*fig.11*), malgré l'absence de phénomène de « homing » chez la lamproie marine. Seule l'année 2007 contredit cette tendance, puisque 84% des lamproies comptabilisées au premier obstacle de chaque axe ont emprunté l'axe Garonne.

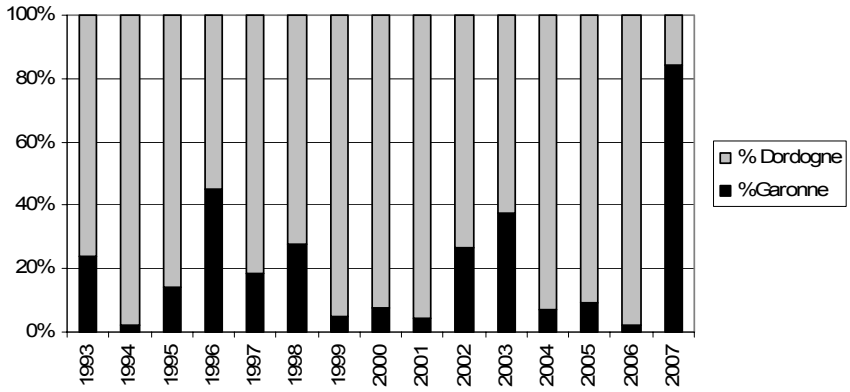


Figure 11: Répartition des effectifs de lamproie selon les axes Garonne et Dordogne.

Pour évaluer correctement l'état du stock reproducteur, il est important de compléter les comptages des effectifs passants aux stations de contrôle par les effectifs se reproduisant en aval de ces stations de contrôle. Sur la Dordogne, le suivi de la reproduction en aval est mené depuis 2003. Ce suivi permet d'évaluer les différents sites de reproduction, le nombre de nids, les caractéristiques morphométriques des zones de reproduction et d'extrapoler par la suite le nombre

de géniteurs potentiels (en Dordogne, on estime que 77% à 86% de stock reproducteur de lamproie passe à la station de Tuilières, ce qui correspond à 14% à 23% de reproducteurs sur les frayères aval). Ce travail est relativement facile à réaliser sur la Dordogne du fait de la faible turbidité de l'eau. En revanche, sur la Garonne ce type d'évaluation des effectifs est impossible à mener sachant que l'eau est très turbide et que ce fleuve est plus capricieux que la Dordogne qui fonctionne par éclusé.

Sur l'ensemble du territoire national français, les lamproies *P. marinus, L. fluviatilis* et *L. planeri* sont protégées et peuvent faire l'objet de mesures de protection de biotope (arrêté du 8.12.1988). La convention de Bern (19-09-1979) qui vise à protéger la faune et la flore et leurs habitats naturels les liste en Annexe III. Depuis la Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992, elles font aussi partie des espèces prioritaires d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de Zones Spéciales de Conservation (ou ZSC). Les mesures à prendre doivent concerner à la fois les zones de reproduction, les zones de nourrissage ainsi que les zones éventuelles de migration (TAVERNY *et al*, 2005).

Pour arriver à un jeu de données complet en Garonne, il a fallu mener une étude par radiotélémétrie. Cette étude, a débuté en 2006, 2008 correspondant à la 3ème et dernière campagne.

La pêche

Deux grandes catégories de pêcheurs sont présentes sur le bassin. La pêcherie professionnelle est localisée sur les parties aval et moyenne du bassin à travers une pêcherie professionnelle fluviale et estuarienne. Seuls les adultes de lamproie marine font l'objet d'une pêche ciblée, menée principalement à l'aide de deux métiers de pêche : le filet tramail et les bourgnes (ou nasses). De plus, les licences « filet » et « petite pêche » permettent aux amateurs de pêcher avec ces deux mêmes techniques. La pêche s'effectue essentiellement de la fin décembre à la mi-mai. Des suivis existent sur les pêcheries professionnelles et amateurs aux engins. Ces suivis sont réalisés grâce à des pêcheurs volontaires et c'est en moyenne 100 000 lamproies marine qui sont capturées tous les ans dans l'estuaire de la Gironde et sur la partie aval de la Garonne. Depuis quelques années la pêche à la lamproie marine semble s'intensifier et il est à craindre, à partir de cette année 2008, une pression de pêche supplémentaire sur l'espèce en raison d'un moratoire alose.

A la suite de l'effondrement constaté du stock de la grande alose (Alosa alosa), le Comité de gestion des poissons migrateurs « Garonne Dordogne Charente Seudre Leyre », lors de sa réunion du 18 décembre 2007, a décidé l'application d'un moratoire, reconductible sur 5 ans. L'arrêté préfectoral en date du 19 février 2008 stipule l'interdiction de la pêche de la grande alose en Gironde et les axes Garonne-Dordogne, et fixe les conditions de pêche relatives à l'alose feinte (Alosa fallax). Ce moratoire peut donc entraîner, chez les pêcheurs d'aloses, des reports sur la lamproie marine. Toutefois, cette nouvelle réglementation est accompagnée d'une interdiction de pêche, à compter du 15 mai, de certaines espèces dont la lamproie marine.

1.2.2 Silurus glanis

1.2.2.1 Classification systématique (Tixier, 1998)

Règne :	Animal
Embranchement :	Vertébrés
Super-Classe :	Gnathostomes
Classe :	Ostéichtyens
Sous-classe :	Actinopterygiens
Super-Ordre :	Téléostéens
Ordre :	Siluriformes
Sous-ordre :	Siluroidae
Famille :	Siluridae
Genre :	*Silurus*
Espèce :	Silurus glanis L., 1758

La famille des Siluridae comprend une douzaine de genres et une centaine d'espèces dans le monde. La plus répandue en Europe est *Silurus glanis*, le silure glane. C'est le seul Siluridae que l'on peut rencontrer en France. On trouvera seulement une autre espèce européenne de ce genre, *Silurus aristotelis* au nord-ouest de la Grèce. Les autres espèces connues sont essentiellement représentées en Asie Centrale et du sud-est (VALADOU, 2007)

1.2.2.2 Description

Le silure glane a un corps allongé de forme ovale mais aplati latéralement dans sa partie postérieure (fig.12). Il a une tête large, et aplatie finie par une mâchoire ornée de petites dents en cardes sur les intermaxillaires, la mandibule, le vomer et les pharyngiens. Ses dents forment des râpes et sont orientées vers l'intérieur de la gueule. Cette bouche est munie de six barbillons dont deux très longs sur la mâchoire supérieure et quatre plus courts sur la mandibule (SPILLMANN, 1961). Ces barbillons ont un rôle sensoriel. La paire de barbillons de la mâchoire supérieure, mobile, est un organe chimio-sensoriel sensible aux stimuli d'ordre olfactif, gustatif et tactile (BRUSLE et QUIGNARD, 2001).

Figure 12 : Vue générale d'un silure glane de 1,04m pour 9,5 Kg.

Il a une nageoire dorsale très petite, ainsi que deux nageoires pectorales ossifiées et très rigides. Quant à sa nageoire anale, elle est très longue, environ les 2/3 de la longueur du corps (VALADOU 2007), et à peine séparée de la nageoire caudale par une petite échancrure. Il se déplace par mouvements ondulatoires. Il a de petits yeux, sa capacité visuelle est donc faible mais

compensée par une détection acoustique perfectionnée. En effet, la vessie natatoire gazeuse est libre et reliée à l'oreille interne par les osselets de Weber, ce qui permet au poisson de percevoir une large gamme de vibrations (VALADOU et al, 2007).

La peau est nue, dépourvue d'écailles (fig. 12), recouverte d'un abondant mucus la rendant visqueuse. La coloration du dos est en général brun à vert olive, les flancs sont plus clairs et marbrés tandis que le ventre est de couleur blanchâtre à jaunâtre (SCHLUMBERGER et al, 2001).

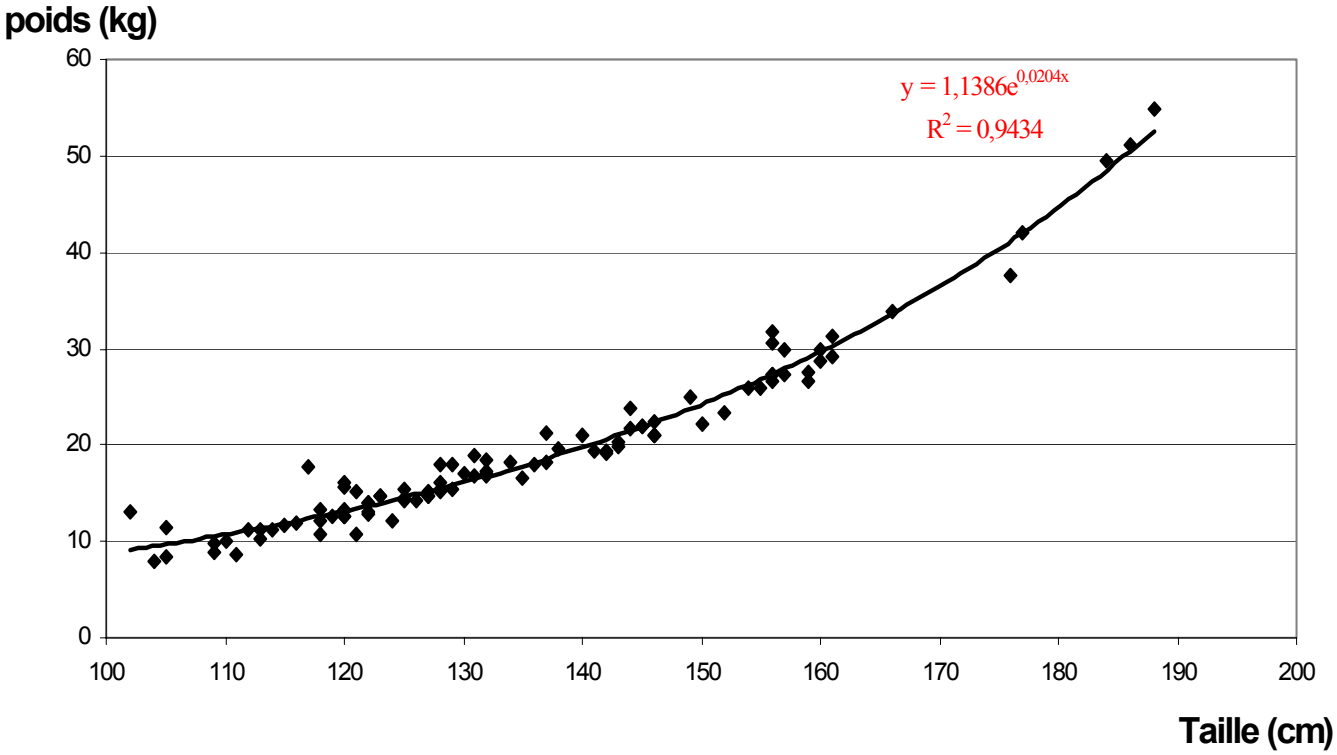


Figure 13 : Relation poids/taille d'après 98 silures de la station de contrôle de Golfech. (Source MIGADO)

La taille et le poids varient énormément selon sa zone géographique. En France le plus gros spécimen pêché pesait 110kg et mesurait environ 3m. C'est l'un des plus grands poissons d'eau douce européen. Sa taille moyenne est de 1,30 m pour un poids oscillant de 20 à 80 kilogrammes. Il vit jusqu'à 30 ans, mais 20 ans en moyenne. Une courbe de croissance (fig.13), obtenue à partir de 98 individus piégés entre juin 2005 et juin 2006 à Golfech, a été réalisée par MIGADO.

1.2.2.3 Historique et répartition géographique

Origine géographique

Le silure est originaire du Danube. Contrairement au poisson chat, avec qui on le confond souvent et qui est une espèce d'origine nord américaine, ce poisson a toujours appartenu à la faune eurasiatique. L'étude de fossiles a montré que le silure était présent dans le bassin du Rhône avant les glaciations du quaternaire.

Historique de l'introduction

C'est en 1968 que plusieurs spécimens (environ une vingtaine), de 300g ont été introduits dans la

Sane morte, affluent de la Seille, d'où ils ont pu coloniser les cours d'eau de la Saône et du Rhône.

C'est à partir de ce moment que le silure a commencé son expansion dans nos réseaux. Les modifications apportées aux rivières ont permis aux silures de trouver son équilibre et de coloniser rapidement d'autres milieux. Cette réintroduction dans les années 70 dans la Seille a été pour le moins prometteuse, c'est ainsi que dans les 20 ans qui ont suivi, de multiples réintroductions ont permis au silure de coloniser la majorité de nos fleuves français. Aujourd'hui on peut le pêcher dans le Rhône, la Saône, la Loire, une partie de la Garonne et également dans le Rhin et la Seine.

Les premiers recensements de silures dans le bassin Garonne-Dordogne datent de 1992 (COUSTILLAS, 2007). Depuis cette date, la population n'a cessée de croître (fig.14).

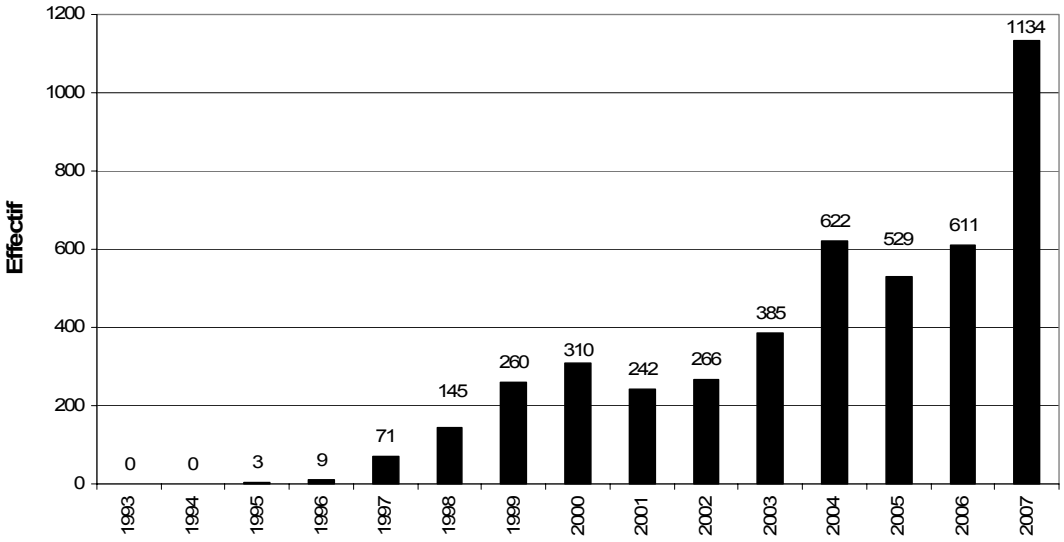


Figure 14 : Nombre de silures comptés à la station de contrôle de Golfech depuis 1993. (COUSTILLAS, 2007).

1.2.2.4 Quelques éléments de biologie

Le silure est une espèce euryhaline qui se trouve habituellement dans les cours d'eau et les plans d'eau intérieurs, on pourra la retrouver ponctuellement dans les eaux saumâtres et marines côtières. Le silure affectionne le secteur aval des cours d'eau de la zone à brème, c'est à dire des eaux calmes, troubles et profondes, avec des zones d'herbiers ou les retenues à fonds vaseux. On le retrouve à une profondeur de 5 à 10 mètres, sur des fonds sableux et vaseux à l'abri de la lumière. Le silure glane est présent sous différents climats et supporte une large gamme de température (3°C à 30°C).

Le silure glane atteint sa maturité sexuelle à l'âge de 3 à 5 ans, plus précisément 3 ans pour les mâles et 4 ans pour les femelles. Ils ont une reproduction sexuée, on reconnaît les mâles des femelles par la présence de petits tubercules sur le rayon osseux de la nageoire pectorale. Le silure glane a un cycle de reproduction annuel et l'âge de maturité sexuelle varie selon la zone géographique et le sexe.

En rivière, les frayères se situent sur les zones de hauts fonds à proximité des rives arborées, où les racines et les cavités offrent des abris sûrs. Les silures glanes produisent généralement des oeufs plus gros que ceux des autres poissons mais en nombre plus réduit (fécondité relative du silure glane : 20 000 à 30 000 ovocytes par kg de femelle) que les parents protègent.

1.2.2.5 Contexte d'étude

La rapide colonisation du canal de fuite de Golfech par *Silurus glanis* suscite de nombreuses interrogations, notamment vis-à-vis de l'impact de cette espèce sur les autres populations piscicoles, particulièrement les migrateurs transitant sur l'axe fluvial de la Garonne. En effet, le passage par l'ascenseur à poissons de Golfech est obligé aux migrateurs, afin d'assurer la colonisation de l'amont. Il en résulte une accumulation de poissons au pied du barrage. C'est à ce niveau que le silure pourrait exercer une prédation importante, lui assurant une nourriture abondante et constante. Mais la présence de celui-ci pourrait également provoquer un effarouchement auprès des autres espèces, empêchant ou limitant ainsi l'accès de celles-ci à l'entrée de l'ascenseur à poissons *(fig.15)*. Il est important de rappeler que l'efficacité de l'ascenseur est avérée si son taux de franchissement est important d'une part, et que son accès y soit rapide d'autre part.

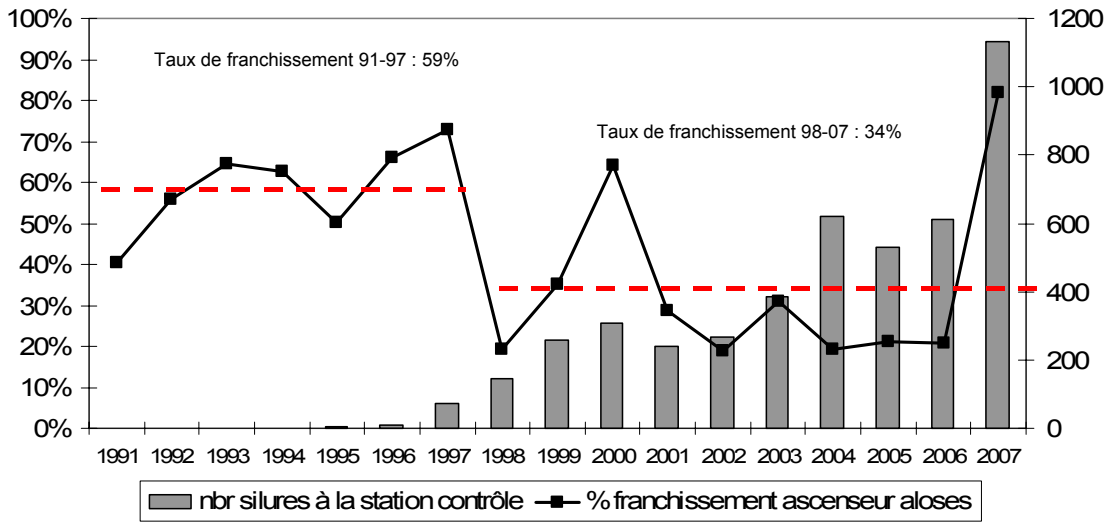


Figure 15 : Taux de franchissement de la Grande Alose au niveau de l'ascenseur de Golfech en relation avec le nombre de silure comptabilisés à la station de contrôle.

Cette dernière hypothèse a été mise en avant, par l'association MIGADO, suite au suivi de la grande alose, seule espèce du bassin dont on connaît le stock reproducteur et la répartition amont/aval de Golfech (comptage à la station de contrôle pour l'amont et suivi des frayères depuis les années 1990 pour l'aval). Depuis 1998, un changement de la répartition de la population a été observé, avec une baisse significative des effectifs à l'amont de Golfech. Ceci signifie que les individus n'empruntent plus l'ascenseur. Outre les paramètres environnementaux (débits et températures non favorables), la théorie de l'effarouchement par le silure fut envisager puisque aucun obstacle à la libre circulation n'existe au niveau du canal de fuite et qu'aucune modification du fonctionnement de l'ascenseur à poissons n'est à recenser. La grande alose est très craintive et possède une fenêtre de migration très courte, elle doit donc préférer se replier sur des frayères en aval si les conditions d'accès ne sont pas optimales au niveau de l'ascenseur de Golfech.

Suite à cette modification de répartition, une chute constante, et inexpliquée, du stock de grande alose est à déplorer (*fig.16*). Tous ces questionnements sont plus que jamais à l'ordre du jour avec un stock de silures passé à la station de contrôle ayant atteint 1134 individus en 2007, ainsi que des observations révélant des comportement très actif de cette espèce au niveau du canal de fuite et en particulier au droit de l'ascenseur à poissons (COUSTILLAS, 2007).

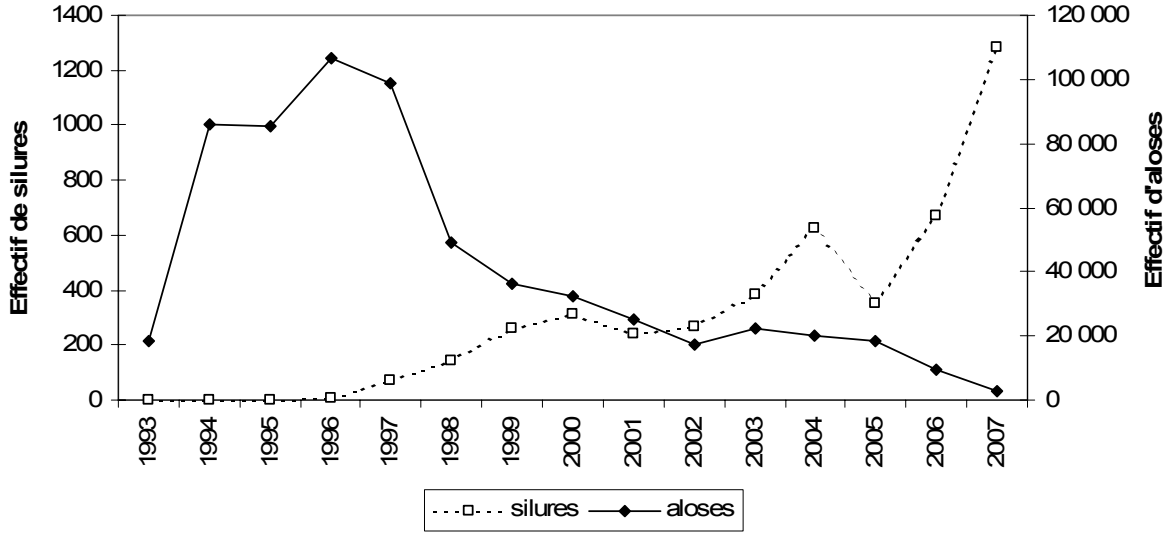


Figure 16 : Bilan annuel des passages d'aloses et de silures à la station de contrôle de Golfech. (Source MI.GA.DO., modifié).

C'est donc pour répondre à ces incertitudes, mais également pour augmenter les connaissances de l'espèce au niveau du bassin et plus globalement en France, que MIGADO mène des campagnes expérimentales sur le silure depuis 2004 *(tab.I)*. Les résultats et les conclusions de ces campagnes auront une importance capitale afin de mieux prendre en compte le silure dans la gestion des populations sur le secteur étudié, mais aussi dans les milieux aquatiques en général.

Tableau I : *Progression des études entreprises par MI.GA.DO. concernant Silurus glanis.*

	2004	**2005**	**2006**	**2007**
Type de capture	pêche scientifique au filet	pêche scientifique au filet	pêche scientifique au filet et capture dans le canal de transfert	
Partenaires	pêcheurs professionnels	► pêcheurs professionnels ► fédération de pêche du Tarn et Garonne ► université Paul Sabatier (laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes)	GHAAPPE	GHAAPPE
Individus capturés	33 ♀ 5 ♂	72 individus	37 individus	8 individus
Analyses/ Marquages	► biométrie ►contenus stomacaux	► biomètrie ► marquage de type « spaghetti » ► marquage passif par ablation franche au niveau de la nageoire caudale	► biomètrie ► marquage passif par ablation franche au niveau de la nageoire caudale ou implantation de transpondeur "TIRIS" (26 en 2006 et 8 en 2007) ► double marquage (passif + radioémetteur) en 2006 sur 19 silures pour radiopistage au droit du barrage de Golfech, suivi continué en 2007	
issues des pêches	Euthanasie	relâchés dans le canal de fuite	relâchés dans le canal de fuite	
Résultats	2 aloses et 1 lamproie retrouvées chez 2 mâles	► aucun retour sur le marquage spaghetti ► population estimée à 1300 individusdans le canal de fuite, par capture recapture	► définition d'un domaine vital ► définition de zones de repos ► estimation des durées de présence au pied du barrage ► activité nocturne	

2 MATERIEL ET METHODES

Le radiopistage est devenu une technique fréquemment utilisée en écologie pour approcher l'occupation de l'espace par un individu. Cette technique permet l'acquisition de nombreuses données. Les comportements observés peuvent être caractérisés indépendamment des conditions environnementales, limitantes avec d'autres méthodes (BLANC, 2007). En milieu aquatique, les poissons ne sont généralement pas visibles dans leur environnement naturel. La connaissance de leur biologie et mouvements s'appuyait alors sur des observations discontinues et isolées. Avec le radiopistage, les observations continues de mouvement et de comportement individuel sont devenues possibles (PRIEDE, 1980). La technique de radiopistage peut fournir des données de localisation, de mouvement ou de comportement à partir desquelles les tailles de domaines vitaux ou des modèles d'utilisation de l'habitat peuvent être estimées. Baras et Cherry (1990) estiment que cette technique fournit des résultats complets et précis de l'écologie des poissons.

Dans son principe général, le radiopistage consiste à associer à un organisme un émetteur muni d'une batterie qui émet, sur une fréquence déterminée, un signal pulsé sous la forme d'ondes électromagnétiques qui se propagent dans le milieu (*fig.17*).

Dans l'eau, l'application des techniques de radiopistage aux poissons pose certains problèmes d'utilisation qui n'existent pas pour les animaux terrestres, qui sont peu ou pas limités dans leur utilisation de l'espace par la configuration topographique (BLANC, 2007). Par ailleurs, le signal transmis par l'émetteur s'atténue plus rapidement dans l'eau que dans l'air et ce, d'autant plus qu'on est en profondeur, que la conductivité électrique de l'eau augmente et que la fréquence d'émission est élevée (WINTER, 1983). De plus, à cause des lois de la réfraction, seules les ondes dont les vecteurs forment un angle inférieur à 6° avec la perpendiculaire à l'interface air-eau peuvent traverser cet interface et se propager dans l'air (BLANC, 2007).

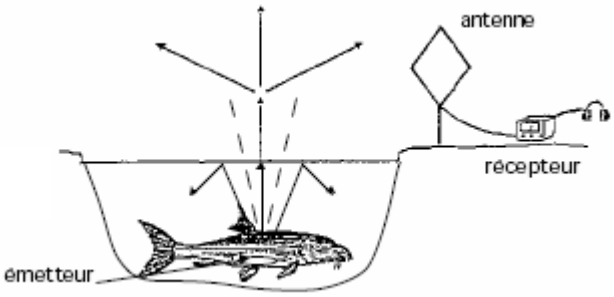


Figure 17 : Principe du radiopistage en milieu aquatique. (BARAS et CHERRY, 1992).

2.1 Protocole de marquage

Le protocole mis en place et réalisé lors de ce stage comprend trois parties majeures :

- le marquage des individus à suivre.

- le suivi manuel de ces individus.

- le suivi automatique de ces mêmes individus.

A ceci se rajoutera la gestion et la synthèse des données obtenues, développées dans la partie résultats.

Rappelons que les deux suivis, aux problématiques indépendantes, ont nécessité l'emploi de la même technique, c'est pourquoi la démarche et le matériel utilisé sont les mêmes, que se soit pour la lamproie ou le silure. Ici, seul l'émetteur introduit dans l'animal différera.

2.1.1 Marquage lamproie

2.1.1.1 Les radio-émetteurs.

Il faut rappeler que l'insertion de radio-émetteurs chez des lamproies marines fut réalisée pour la première fois en France par MIGADO lors de la première campagne en 2006.

Le choix de l'émetteur a été réalisé en prenant en compte plusieurs paramètres qui sont la distance d'émission, la taille, le maintien sur le poisson et la longévité de la pile. Un émetteur externe présentant une bonne distance d'émission aurait menacé de se décrocher. Un émetteur totalement interne avec antenne enroulée et incluse dans de la résine aurait eu une distance d'émission insuffisante. Enfin, l'émetteur devait être suffisamment petit pour être inclus dans la cavité générale d'une lamproie, et son poids ne devait pas dépasser 2% du poids de l'animal.

Ainsi, le choix s'est porté sur des émetteurs internes dotés d'une antenne externe. Après divers essais en 2006 et 2007, le modèle F 1815 (*tab.II & fig.18*), produit par Advanced Telemetry System (ATS), a été retenu. Cet émetteur, déjà expérimenté par MIGADO, a connu sa première utilisation avec le saumon.

Tableau II : Caractéristiques des émetteurs lamproie. (d'après ATS).

	Modèle F1815
Longueur (sans l'antenne)	36 mm
Diamètre	12 mm
Longueur antenne	340 mm
Poids	7 g
Autonomie garantie (1/2 autonomie max)	70 jours
Autonomie maximum	140 jours

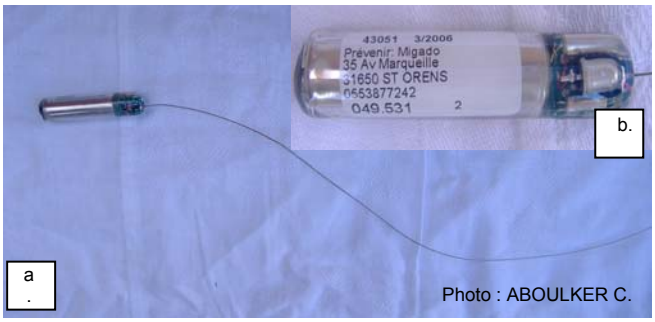


Figure 18 : a. Emetteur F 1815 et son antenne ; b. Emetteur F 1815.

Tous les émetteurs de ce modèle émettent sur une fréquence radio différente comprise entre 48 et 49 MHz. Ils émettent un signal à un rythme de 55 bips/minute. Cependant si l'émetteur reste immobile pendant au moins six heures, il va émettre un « double bip », c'est-à-dire que le signal va passer de 55 à 110 bips/minute. Cela permet de savoir si le poisson est mobile ou non, et en particulier s'il est toujours en vie.

Les émetteurs utilisés sont commandés par MIGADO à l'entreprise ATS. L'achat des 40 émetteurs représente un budget d'environ 8 500 dollars (soit 5700 euros).

2.1.1.2 Marques TIRIS (Texas Instrument Radio Identification System)

Comme les radio-émetteurs, ces marques servent d'interface de communication sans fil. L'identification sans contact RFID (Radio Frequency IDentification) est une technique qui se développe énormément ces dernières années et notamment dans le cadre des contrôles des passes à poissons, l'évaluation de l'efficacité des exutoires de dévalaison ou encore le suivi de l'activité migratoire (COUSTILLAS, 2007).

Ces marques sont basées sur l'utilisation d'identifiant passif ne comportant pas de source d'alimentation autonome et s'alimentant grâce à l'énergie produite par le dispositif de lecture ce qui leur confère une durée de vie extrêmement importante. Elles se présentent sous forme de petites ampoules de verre cylindriques et étanches faciles à insérer à un individu. Elles mesurent 30 mm, ont un diamètre de 4 mm et contiennent un circuit intégré et une bobine constituant l'antenne (*fig.19*).

Figure 19 : Transpondeur TIRIS (30mm).

Contrairement aux radio-émetteurs, ces marques sont des marques passives ou transpondeurs dits LF (Low Frequency) qui fonctionnent à 134 kHz. Cela signifie que les organismes marqués ne peuvent pas être suivis manuellement sur le linéaire d'étude mais seulement détectés à des endroits spécifiques nécessitant la pose d'antennes de réception permettant la lecture de l'identifiant inséré au poisson. Par ailleurs, il est impératif de posséder un dispositif récoltant les données. La distance de détection peut aller jusqu'à un mètre.

Dans notre cas, l'utilisation de ces marques nous sert à étudier la franchissabilité d'un obstacle : le barrage hydroélectrique de Golfech.

2.1.1.3 Implantation des émetteurs

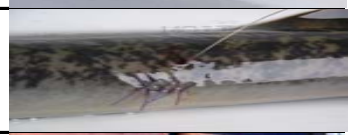
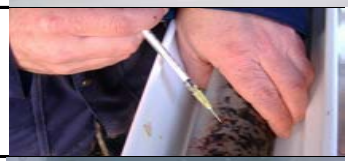
Les lamproies utilisées pour le marquage proviennent de la Dordogne. En effet les épisodes climatiques du mois d'avril et du mois de mai ont rendu impossible toutes poses de nasses sur la Garonne. Contraint par la date limite du 15 mai, date à partir de laquelle la pêche est interdite, la décision fut prise d'utiliser des lamproies de Dordogne. Celles-ci sont issues de la pêche professionnelle. Elles ont été fournies par Philippe et Sébastien Gautier.

Le protocole opératoire du marquage s'est déroulé sur le site de leur conservation post pêche (chez les pêcheurs, à Couthures-sur-Garonne) afin de limiter le stress lié au transport.

Quarante lamproies ont été radiomarquées en deux lots : vingt le lundi 05 mai et vingt le vendredi 09 mai 2008. Cette manipulation s'est déroulée en 7 étapes (tab.III & annexe A). Avant chaque marquage, tous les instruments et les émetteurs sont désinfectés afin de respecter les conditions d'hygiène. Pour travailler en situation stérile, aiguilles et compresses sont à usage unique.

De plus, chaque individu marqué est pesé, mesuré et identifié (annexe B). Sur les 40 lamproies marquées, aucune mortalité n'a été observée suite à l'opération. Le lâché post opératoire s'est déroulé à l'embarcadère de Couthures-sur-Garonne (le Point Kilométrique PK0 de notre étude). Toutes les lamproies ont été remises à l'eau au même endroit. En effet, l'an dernier plusieurs sites de lâché avaient été choisis, dont certains très en amont et proche du barrage de Golfech (ex : St Sixte à 5 Km en aval du site hydroélectrique). Mais les vitesses de migration élevées n'ont pas permis un suivi correct.

Tableau III : Protocole d'implantation de radioémetteurs chez la lamproie marine. (Source MI.GA.DO., modifié).

opérations	*tâches et produits*	*conditions et durées*	*illustrations*
anesthésie	► 40 L eau ► 25 mL d'eugénol à 10%	dans une civière de stabulation à l'obscurité 5 à 7 min	
incision	► application d'un linge humide sur la tête et les fentes branchiales afin de ne pas dessécher les tissus. ► à l'aide d'un scalpel, incision au niveau de la partie postérieure de la cavité générale (derrière les organes), dans un premier temps de manière superficielle, d'avant en arrière sur environ 2,5 cm. ► puis, les tissus sont délicatement coupés à l'aide du scalpel tenu face tranchante vers le haut afin de ne pas risquer d'endommager un organe.	support demi-cylindrique en PVC (gouttière)	
incursion de l"émetteur	► à l'aide d'une pince, les tissus sont écartés. ► le radio-émetteur peut alors être délicatement glissé à l'intérieur. ► le transpondeur Tiris est également inséré dans la cavité générale.	support demi-cylindrique en PVC (gouttière)	
l'antenne	► afin de limiter le risque d'infection, l'antenne ne ressort pas du corps de la lamproie au niveau de l'incision mais environ deux centimètres à l'arrière de la plaie. ► une aiguille trocart est insérée environ 2 cm derrière la plaie et ressort au niveau de l'incision. ► l'antenne peut alors être glissée dans l'orifice du trocart. Celui-ci une fois ressorti, entraîne l'antenne avec lui.	support demi-cylindrique en PVC (gouttière)	
suture	► 4 à 5 points de suture sont effectués grâce à une aiguille courbe adaptée ainsi que du fil à résorption lente. ► la suture de la plaie est directement suivie d'un nettoyage à la bétadine.	support demi-cylindrique en PVC (gouttière)	
antibiotique	► 0,15mL de Marbocyl 10% est injectée 3 à 5 cm en avant de la plaie.	support demi-cylindrique en PVC (gouttière)	
réveil	► eau claire continuellement oxygéné grâce à un système d'alimentation continue en eau.	bassin de réveil 1 à 2 heures	

2.1.2 Marquage silure

Il n'y a pas eu de marquage silure en 2007 et 2008. Tous les silures suivis lors de ces 2 campagnes résultent du marquage de 19 silures en 2006 (*annexe C*) qui a inclus à la fois des radio-émetteurs et des transpondeurs tiris.

Au cours des parties suivantes, seules les caractéristiques propres au marquage des silures seront développées sachant que le fonctionnement des émetteurs et les caractéristiques du marquage sont similaires à ceux décris précédemment pour la lamproie.

2.1.2.1 Les radio-émetteurs.

Le marquage sur cette espèce nécessite de se poser les mêmes questions que celles évoquées pour la lamproie. Les mêmes compromis doivent être fait concernant le choix des émetteurs (entreprise ATS). Pour le cas du silure, un émetteur externe, malgré sa bonne distance d'émission, n'offrait pas un bon maintien sur le poisson d'autant plus que l'étude silure s'étale sur plusieurs années. Un émetteur totalement interne, avec antenne enroulée ou dans un moule, offre une distance d'émission insuffisante sachant que le silure et un poisson de fond et que la réception radio diminue avec la profondeur et la turbidité. S'il avait été choisi une antenne externe, les risques d'infection auraient été multipliés avec de fortes probabilités de blessures. De plus, l'émetteur risquait de se détériorer lorsque le poisson racle le fond. Le choix s'est donc porté sur un émetteur interne doté d'une antenne externe mais incluse dans la cavité générale. Le modèle correspondant le plus adapté à la morphologie et à la biologie du silure est le modèle F 18 60 (*tab.IV & fig.20*).

Tableau IV : Caractéristiques des émetteurs silure. *(d'après ATS).*

	Modèle F1860
Longueur (sans l'antenne)	85 mm
Diamètre	38 mm
Longueur antenne	340 mm
Poids	132 g
Autonomie garantie	4 ans
Autonomie maximum	8 ans

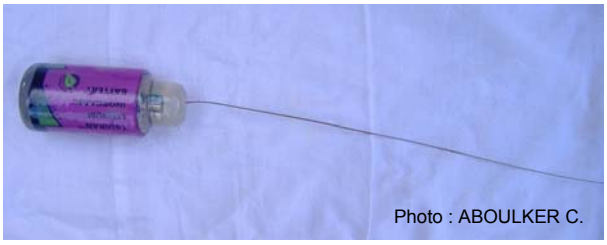


Figure 20 : Emetteur F1860 et son antenne.

Ces émetteurs fonctionnent de la même manière que les émetteurs lamproies avec notamment chaque émetteur émettant entre 48 et 49 MHz. Le choix des fréquences étant à notre charge, il sera bien entendu utile de ne pas prendre une fréquence existant déjà pour le marquage des lamproies. Ils émettent également un signal à un rythme de 55 bips/minute.

2.1.2.2 Marques TIRIS

Les 19 silures radiomarqués ont été munis de transpondeurs TIRIS pour matérialiser d'éventuels passages au-dessus du barrage de Golfech *via* l'ascenseur à poisson et tester la transparence de cet ouvrage. Les marques sont identiques à celles utilisées pour le suivi des lamproies.

2.1.2.3 IImplantation des émetteurs

Tous les poissons radiomarqués ont été capturés dans le canal de transfert du barrage hydroélectrique. Pour y accéder, ils ont déjà emprunté une première fois l'ascenseur à poissons.

En ce qui concerne le marquage, les étapes sont similaires au protocole des lamproies. Les seules différences viennent du dosage du bain anesthésiant qui est dans ce cas composé de 40 litres d'eau pour seulement 15 ml de solution d'eugénol, le silure étant plus facilement endormi que la lamproie. Une autre différence avec la manipulation lamproie vient de la taille de l'incision. L'émetteur étant plus large que celui utilisé pour la lamproie, la taille de l'incision pratiquée s'en trouve augmentée, et doit être minimum de 5 cm. Il est important de relever que cette étape a occasionné quelques saignements chez certains silures du fait de l'épaisseur de la couche de muscle, sans mettre en péril la survie des individus. L'antenne étant positionnée dans la cavité générale, cette dernière ne nécessite pas de mise en place comme chez la lamproie. Pour refermer la plaie 6 à 7 points de suture sont nécessaires pour le silure à cause de l'importance de l'incision. Pour finir, ce ne sont pas 0,15 ml de Marbocyl à 10 % qui sont injectés mais 2 à 2,5 ml selon la taille du silure considéré.

Le marquage n'a engendré aucune mortalité chez les silures qui ont été relâchés, quelques heures après le marquage et la phase de réveil, à l'aval immédiat du barrage hydroélectrique de Golfech.

2.2 MATERIEL DE DETECTION

Tout le matériel et les appareils cités dans cette partie sont les mêmes, que ce soit pour le suivi de la lamproie ou du silure. Il en va de même pour leur utilisation. Comme dit précédemment (II.1.1.1), dans les 2 suivis, seul le radio-émetteur implanté dans l'animal diffère. De plus, ce matériel nous a aimablement été prêté par le Groupe d'Hydraulique Appliquée à l'Aménagement des Passes à poissons et la Protection de l'Environnement (GHAAPPE) basé à Toulouse.

2.2.1 Matériel de détection automatique

2.2.1.1 L'enregistreur LOTEK

En 2006, un dispositif de détection automatique 24 heures sur 24 a été mis en place au niveau du barrage et de l'ascenseur à poisson, dans le but de détecter tout poisson radiomarqué qui se présenterait devant le barrage et d'étudier leur comportement (déplacements, entrées, sorties) au niveau de l'aménagement. Ce dispositif est composé d'une série de quatre antennes immergées et deux antennes aériennes (*fig.22 & annexe D*), toutes connectées (par le biais de câbles co-axiaux) à un enregistreur de la marque LOTEK (*fig.21*). Il est à noter que seules 2 antennes immergées ont été utilisées en 2008.

Figure 21 : Enregistreur LOTEK.

Cet appareil enregistre des signaux radio émis sur une gamme de fréquence allant de 48 à 52 MHz. Au préalable, il est donc nécessaire d'enregistrer dans l'appareil les fréquences des radio-émetteurs implantés. Ainsi, une fois en marche, le LOTEK scanne successivement chaque fréquence en continu.

Ce dispositif nécessite des réglages et des étalonnages qui ont été réalisés en 2006 par MIGADO. Ces réglages n'ont pas été modifié depuis mais régulièrement vérifié. Il a notamment fallu définir les zones couvertes ainsi que les gains attribués à chaque antenne. En ce qui concerne le gain, plus celui-ci sera élevé et plus la zone couverte par l'antenne considérée sera étendue, mais cela augmente par la même occasion la quantité de parasites enregistrés.

Le but recherché était de couvrir dans un premier temps une grande surface autour de la passe à poissons, puis dans un second temps une zone plus restreinte et précise à proximité de celle-ci.

Les antennes aériennes présentent l'avantage de détecter des signaux lointains. Elles sont par conséquent moins précises quant à la position du poisson. De plus, un signal émis peut « rebondir » sur un obstacle et être enregistré. Il s'agit dans ce cas d'un écho. Ces dernières ont donc été installées pour couvrir une grande zone sans chercher à être très précis ; elles ont par conséquent été affectées d'un gain élevé. Deux antennes aériennes ont été postées afin de délimiter deux secteurs.

Les antennes immergées ont elles pour but de localiser avec plus de précision la position d'un individu, principalement au niveau de l'entrée de l'ascenseur. Pour cela, un gain plus faible a été affecté à ces antennes.

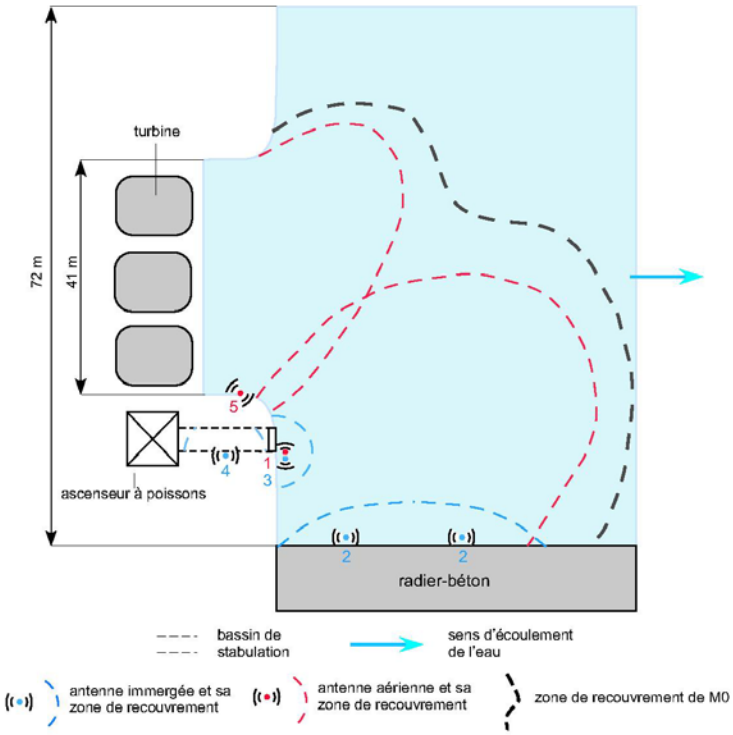


Figure 22 : Schéma global de détection de l'enregistreur LOTEK. (Source MI.GA.DO.).

Fonctionnement du lotek : Sachant que l'analyse d'une fréquence prend minimum 5 secondes par antenne, il faut éviter de rentrer trop de fréquences dans l'appareil, afin de ne pas perdre de données. Pour la campagne 2008, les fréquences silures seront en permanence dans l'appareil, alors que les fréquences lamproies seront rajoutées si le suivi par pointage manuel révèle une approche du barrage. Le balayage des fréquences se fait en débutant par une antenne fictive M0 (antenne « maîtresse »), correspondant à l'ensemble de toutes les antennes. Une valeur de gain supérieure aux autres antennes lui a été affectée, afin d'obtenir une zone de détection suffisamment étendue. Si M0 détecte un signal suffisamment important (puissance > 50), l'enregistreur scanne les autres antennes une à une, sinon il passe à la fréquence suivante (*tab.V & annexe E*). On nommera incursion, une entrée dans la zone de détection des antennes suffisamment longue pour induire un enregistrement, suivie d'une sortie caractérisée.

Ce système nécessite un déchargement régulier de l'enregistreur afin d'en éviter la saturation.

Tableau V : Extrait d'enregistrement LOTEK.

startdate	date	heure	fréquence	rate/temp	pwr	antenne
39642	*13/07/08*	*15:24:15*	*49,031*	*58*	*48*	*M0*
39642	*13/07/08*	*15:25:02*	*48,771*	*55*	*32*	*M0*
39642	13/07/08	15:26:27	48 280	55	144	M0
39642	13/07/08	15:26:34	48 280	55	110	1
39642	13/07/08	15:26:59	48 280	55	147	5
39642	13/07/08	15:39:38	48 280	55	231	M0
39642	13/07/08	15:39:45	48 280	55	224	1
39642	13/07/08	15:39:58	48 280	55	107	3
39642	13/07/08	15:40:04	48 280	55	129	4
39642	13/07/08	15:40:11	48 280	55	216	5
39642	*13/07/08*	*15:40:31*	*48,724*	*57*	*45*	*M0*

Puissance du signal insuffisante pour lancer le scanne sur chaque antenne individuellement (min 50).

Pas de détection sur les antennes 3 et 4 : incursion dans la zone du barrage.

détection sur toutes les antennes : poisson à l'entrée ou bien à l'intérieur de l'ascenseur.

Rythme différent de 55 bips/min : parasite.

2.2.1.2 L'enregistreur TIRIS :

L'enregistreur LOTEK permet de détecter les incursions au pied du barrage, éventuellement dans le bassin de stabulation de l'ascenseur à poissons, mais ne permet pas d'affirmer si le poisson à emprunter l'ouvrage de franchissement. C'est pourquoi les poissons ont été marqué par un transpondeur TIRIS, afin d'être détecté par un enregistreur pour relever la présence des individus marqués, confirmant ainsi le passage par l'ascenseur à poissons et donc le franchissement du barrage.

Figure 23 : Coffret lecteur/enregistreur TIRIS.

Ce système est composé de 5 éléments indispensables : une marque TIRIS (le transpondeur), une antenne située au niveau de la station de contrôle du canal de transfert avec un boîtier accord, un coffret de lecture/enregistrement et un ordinateur portable (*fig.23*). Il fonctionne en permanence et émet une impulsion de fréquence égale à 134 kHz à travers l'antenne. Lorsqu'une marque TIRIS passe à proximité de l'antenne, elle se charge en énergie afin d'émettre son code vers le dispositif de lecture. Le code d'identification unique du transpondeur est alors stocké au même titre que la date, l'heure sur un module de sauvegarde pouvant à tout moment être déchargé sur un ordinateur portable.

L'appareil est facile d'usage, puisqu'il n'est pas nécessaire de rentrer les codes des marques à l'avance et que ces derniers sont détectés instantanément.

2.2.2 Matériel de détection manuel

L'appareil de radiopistage manuel utilisé est le modèle R2000 de la marque Advanced Telemetry System, nous le nommerons « ATS » (*fig. 24*). Son utilisation est mobile (à pied, voiture ou bateau), il fonctionne sur batterie. Son principe de fonctionnement est le même que l'enregistreur LOTEK, à la différence qu'il n'enregistre pas les données. On y entre les fréquences désirées, l'appareil scanne ensuite ces fréquences (2 secondes par fréquence, modulable). Lorsque l'appareil détecte une fréquence, donc un radio-émetteur, l'appareil émet des « bips » audible à l'oreille, correspondant aux signaux émis par l'émetteur (55 bips par min). C'est ensuite à l'opérateur de reporter l'information dans sa base de données. Par souci d'efficacité, chaque fréquence trouvée sera ensuite effacée de l'appareil, afin de réduire le temps de balayage de toutes les fréquences.

Figure 24 : a. Appareil manuel ATS R2000 ; b. Véhicule de radiopistage équipé d'une antenne toit.

Le matériel de réception, c'est-à-dire le type d'antenne utilisé, diffère selon que le radiopistage se fasse à pied ou en voiture. Si l'ATS est utilisé à pied, une antenne manuelle (*annexe D*), appelée antenne boucle et analogue à celles du dispositif lotek, est utilisée. Lors de l'utilisation du bateau, c'est également cette antenne qui est utilisée. Pour une utilisation en voiture, une antenne de toit aimantée sur véhicule, est de rigueur, avec pour contrainte l'obligation d'utiliser un véhicule diesel (*fig.24*). En effet, un moteur essence génère de nombreux parasites et rend impossible le radiopistage. Ceci peut poser problème lors des sorties bateau possédant souvent un moteur essence. En effet sur un zodiac, la proximité avec le moteur peut générer des parasites. Il faudra alors positionner l'antenne manuelle de façon à atténuer ces parasites. En général, une position perpendiculaire au bateau diminue considérablement la gêne auditive.

L'antenne « toit » détecte des signaux à 700 mètres alors que l'antenne « manuelle » ne détecte des signaux qu'à 350 mètres (*annexe F*). Sachant que ces valeurs ne sont valables que dans le cas où les émetteurs se situent en surface et qu'il n'y a pas d'obstacles entre l'émetteur et l'antenne. Il est rare que les distances de réception soient aussi importantes. L'antenne « toit » offre une meilleure réception que l'antenne manuelle. Mais pour définir précisément la position d'un poisson, l'antenne « manuelle » est plus appropriée. En effet,

l'intensité du signal sera maximale si cette dernière est orientée verticalement en direction d'un organisme radiomarqué. De ce fait, il est possible de localiser précisément un individu par triangulation (3 points différents).

2.3 PROTOCOLE DE SUIVI

2.3.1 Suivi lamproie

Grâce aux cartes IGN (fournies par MIGADO), il a été défini un parcours routier le plus proche possible de la Garonne. Puis, pour faciliter la localisation précise des poissons, le linéaire a été gradué tous les 500 mètres afin de définir des points kilométriques. Le PK 0 correspond à l'embarcadère de Couthures-sur-Garonne, le site de lâcher des lamproies. Le barrage hydroélectrique de Golfech correspond au PK 101.

Les sorties, pour retrouver les organismes, prévues au rythme de 3 fois par semaine sont rapidement passées à 1 fois par semaine. Ce changement résulte du comportement passif de la quasi-totalité des lamproies, ces dernières étant pour la plupart immobilisées.

La période de suivi la plus dure à mener et la plus importante s'est déroulée lors des premières sorties. En effet, le comportement des organismes et l'impact du marquage ne peuvent pas être anticipés à l'avance et il faut rapidement pointer un maximum d'individus marqués. Deux sorties bateau ont été réalisées le 22 mai et le 12 juin afin de retrouver les individus non retrouvés jusque là. La première sortie a été effectuée avec un zodiac prêté par le bureau d'études ECOGEA. La deuxième sortie bateau s'est déroulée sur le bateau de pêcheurs professionnels : Philippe et Sébastien Gautier.

Chaque tournée, d'une durée de 5 à 7 heures, à permis un relevé précis des lamproies repérées grâce au système de points kilométriques développé précédemment.

L'antenne « toit » a été privilégiée dans les zones permettant un accès aux véhicules au dépend de l'antenne manuelle utilisée dans les zones difficiles d'accès et pour vérifier la position précise d'un individu marqué.

2.3.2 Suivi silure

Ce suivi a été réalisé à une fréquence de 3 à 4 tournées par semaine. D'une durée moyenne de 2 heures, une partie était effectuée à pied, au niveau du canal de fuite entre le barrage et le seuil 6 (soit 2 km) et l'autre partie en voiture, entre le seuil 5 et l'aval de Lamagistère (soit 4 km). De plus, des pointages manuels ont été effectués au pied du barrage dans le but de confirmer les enregistrements LOTEK.

Le secteur de suivi étant plus restreint que pour la lamproie, la graduation du linéaire en tronçon de 500 mètres n'était pas suffisante, c'est pourquoi les éléments du paysage ont été utilisés afin de réaliser une localisation plus fine.

2.3.3 Contraintes liées à la radiotélémétrie

Concernant la réception des signaux radio, le moindre obstacle (maison, bâtiment, digue) nuit à leur propagation. Il faut donc se tenir au plus près de la rivière, ce qui n'est pas toujours possible, soit parce qu'il n'existe pas d'accès, soit parce que la météo a rendu l'accès impraticable. Par conséquent, certains tronçons de la Garonne n'ont pas pu être

correctement prospectés.

Qui plus est, chaque fréquence est scannée pendant deux secondes, de ce fait, plus le nombre de fréquence dans l'appareil est important, plus le temps écoulé entre deux balayages sur la même fréquence sera important. Cette contrainte oblige donc à rouler très lentement, ce qui peut poser problème lorsque l'on roule sur un axe routier très fréquenté. D'une manière générale, en cours de balayage, il est déconseillé de dépasser les 40km/h dès que l'on scanne plus d'une douzaine de fréquences.

Le nombre maximum de fréquences rentrées est théoriquement de 40 (nombre total de lamproies radiomarquées), soit 80 secondes. Il est donc intéressant de repérer les lamproies immobiles d'une tournée sur l'autre, afin de les retirer de l'appareil et ainsi augmenter la vitesse de balayage. Ces fréquences sont donc vérifiées ponctuellement lors du passage à l'endroit correspondant.

Une autre contrainte majeure correspondait aux parasites générés par les lignes électriques. En effet, ceux- ci peuvent être tellement puissants qu'il devient alors impossible de déceler le moindre signal émis par un émetteur.

Une autre difficulté, pouvant orienter le choix des émetteurs, concerne les fréquences qui sont trop proches (ex : 48 280 et 48 281 Hz). Lors du radiopistage, ces 2 fréquences émettent indifféremment quelle que soit la fréquence qui est cherchée. Il faut donc choisir des émetteurs avec des fréquences suffisamment différentes, au moins 10 kHz de différence.

3 RESULTATS

3.1 RESULTAT DU SUIVI LAMPROIE

3.1.1 Conditions environnementales

Avant de présenter les résultats, replaçons les 3 années d'études (2006, 2007, 2008) dans le contexte hydraulique du bassin. La Garonne suit un régime pluvio-nival (*fig.25*). Les débits augmentent en hiver et au printemps alors que ces derniers atteignent leurs minimums en période estivale. Malgré un cycle régulier des températures, allant de 5°C au plus froid de l'hiver à 25°C au plus chaud de l'été (moyennes mensuelles), il n'existe pas une régularité du cycle des débits. On notera les deux années exceptionnelles 2003 et 2006, où des moyennes journalières ont put atteindre 30,8°C pour le mois d'août de la première et 28,9°C pour le mois de juillet de la seconde. Concernant les débits, la moyenne mensuelle du mois de janvier peut passer de 2000 m^3/s à 500m^3/s d'une année sur l'autre. Les moyennes mensuelles du mois d'août, elles, se situent chaque année entre 100 et 200 m^3/s.

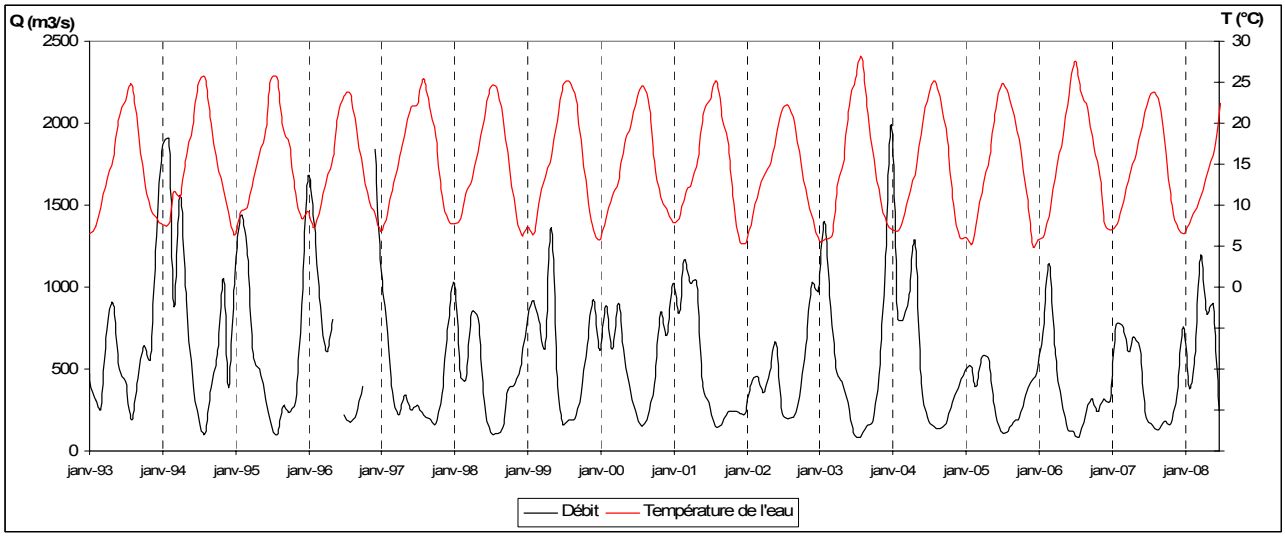


Figure 25 : Débits et Température de la Garonne à Tonneins depuis 1993. (Source Hydro eaufrance).

Les années 2006, 2007 et 2008 ne font pas parties des années au plus forts débits. Cependant, en 2006, malgré des débits importants en février et mars, ces derniers ont rapidement chuté au mois d'avril pour atteindre moins de 300 m^3/s début mai (*fig.26*). La température moyenne de l'eau lors des 15 premiers jours après le lâché des lamproies était de 14,6°C. Pour l'année 2007, il n'y a pas eu de fort débits durant les mois d'hiver, mais ces derniers restèrent conséquents (entre 600 et 800 m^3/s) jusqu'à la fin du mois de juin (*fig.28*). La température moyenne de l'eau lors des 15 premiers jours après le lâché était de 16,4°C. En 2008, les débits ont été importants avec notamment 2 pics, début avril et au mois de juin (*fig.26*). Ces hausses de régime ont été confortées par un soutien du Lot, affluent rive droite. La température moyenne de l'eau lors des 15 premiers jours après le lâché était également de 16,4°C.

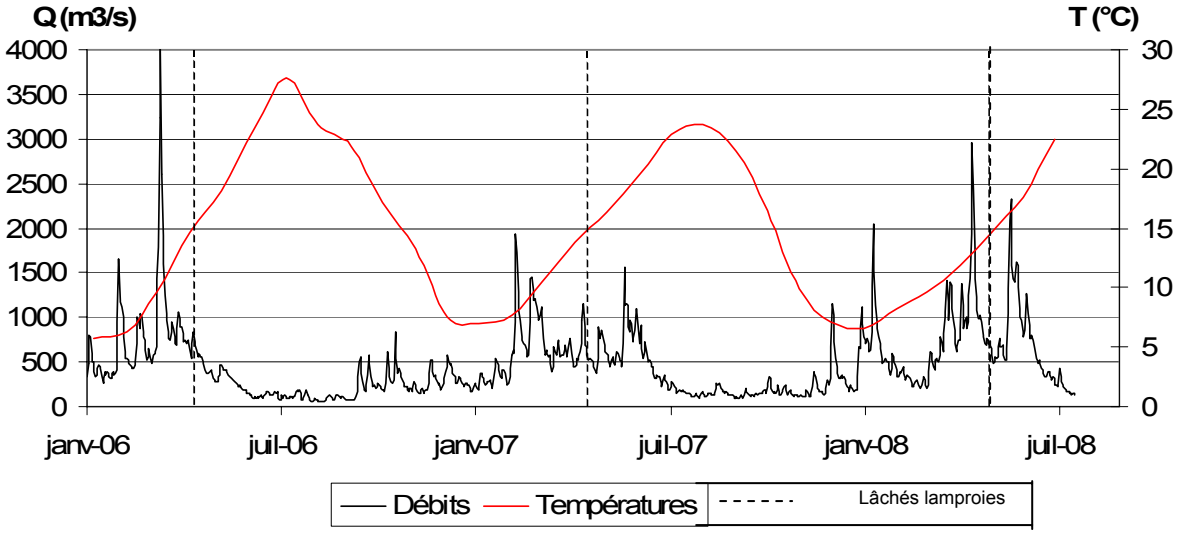


Figure 26 : Courbe des débits à Tonneins et des températures pour les 3 années d'études. (Source Hydro eaufrance*)*

En conclusion, nous pouvons affirmer que les 3 campagnes de suivi ont été effectuées dans des situations très différentes :

- en 2006, peu d'eau et une température en constante hausse, passant de 13°C au début de l'expérience à 21°C en fin d'expérience.

- en 2007, des débits constants, moyennement importants et une température d'eau rapidement à 18°C.

- en 2008, de fortes crues et une température fraîche pour l'époque, fluctuant de plusieurs degrés en raison des crues.

3.1.2 Le suivi lamproie

L'étude a été réalisée du 05 mai au 15 juillet 2008 (toutes les informations sur les autres campagnes de suivi se trouvent en *annexe G*), soit 72 jours de radiopistage. Sur les 40 individus radiomarqués, seul un n'a jamais été retrouvé lors des sorties terrain (lamproie 49 031) et un n'a pas quitté le lieu de lâché (lamproie 49 371). Les 38 lamproies restantes, représentant 95% du stock marqué, ont entamé une migration dans le cadre d'une recherche d'une zone de frai en moyenne Garonne. Cette migration a pu être mise en évidence grâce à l'accumulation de données et la construction de séquences temporelles pour chaque fréquence correspondant à une lamproie. Cette migration, débutée à Couthures-sur-Garonne, s'est principalement déroulée les premiers jours ayant suivi le lâché. Lors de la dernière tournée de radiopistage, 20 lamproies, soit 50 %, étaient encore trouvées.

3.1.2.1 Localisation

Pour les interprétations suivantes, nous nous baserons sur les 35 lamproies retrouvées lors de la sortie bateau du 12 juin 2008 et non sur les 38 suivies. En effet 3 fréquences, pourtant trouvées lors du radiopistage voiture, n'ont pas été retrouvées lors de la sortie bateau. Dans le doute ces fréquences sont écartées. Après le 12 juin, plus aucun mouvement significatif n'a été observé. Les disparitions survenues après cette date seront interprétées comme mort post-reproduction.

Sur ces 35 lamproies, aucune n'a atteint le secteur de Golfech situé au PK 101. Le Pk_{max} de migration se situe au PK 72,5 (lamproies 48 291 et 49 591) à hauteur de Agen. Les lamproies n'ont donc pas migré en amont de Golfech et ont toutes stoppé leur migration en aval d'Agen sur des zones potentielles de frai. En 2007, 78,4 % des individus marqués avaient atteint le complexe de Golfech et 2,9% en 2006. Si l'on détaille le comportement des lamproies suivies en 2008, 3 types de déplacement peuvent être distingués :

- les individus ayant migrés sur des frayères sans atteindre la confluence Lot/Garonne (PK 40,5) : 21 individus sur 35, soit 60 %.

- les individus s'étant arrêtés au niveau de la zone de confluence avec le Lot : 6 individus (17,5 %) ou ayant choisit le Lot : 3 individus (8,5 %).

- et enfin les individus ayant dépassés la confluence avec le Lot, mais sans atteindre Golfech : 5 lamproies (14 %).

La position finale de chaque lamproie est visible sur la figure 27. Ces sites correspondent à des frayères potentielles, notamment pour la construction du nid (*fig.28*).

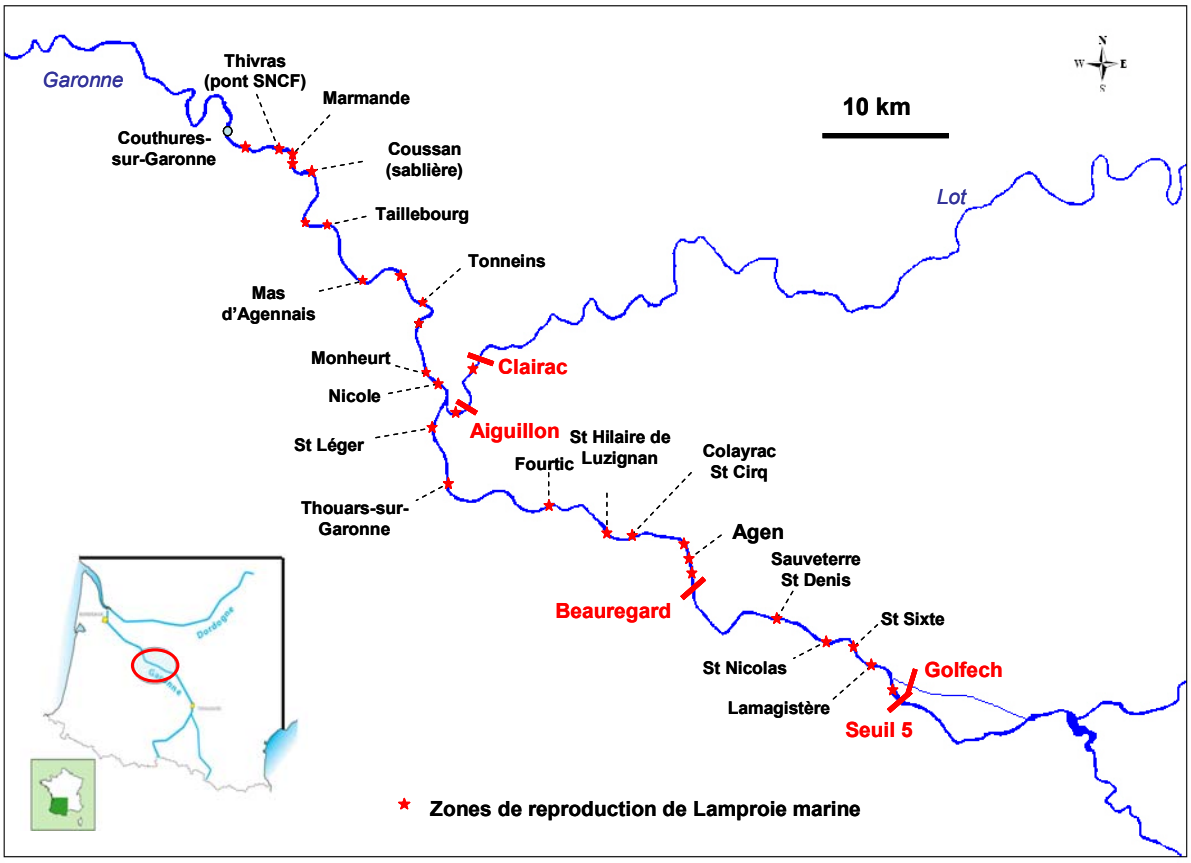


Figure 27 : Localisation des sites de reproduction de la lamproie marine sur la Garonne entre Couthure sur Garonne et Golfech.

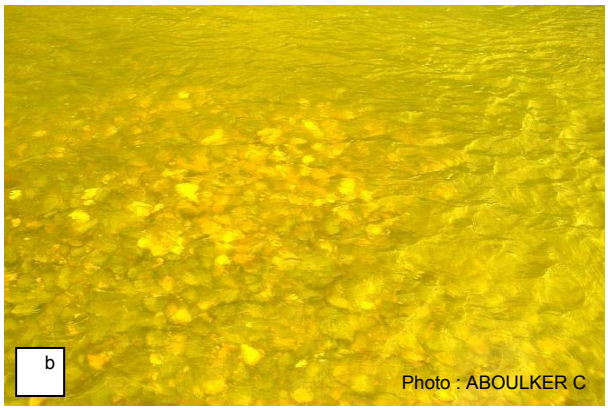


Figure 28 : a. zone de frai pour lamproie marine (Aiguillon) ; Nid de lamproie sur le Lot (vue polarisée).

Si l'on compare ces résultats à ceux de 2006 et 2007, tous les sites exploités cette année l'ont été lors des deux années précédentes. Un seul nouveau site est à prendre en compte, situé à proximité de Fourtic au PK 59. On se retrouve dans une configuration du type 2006, où 63 % des individus n'avaient pas dépassé la confluence entre le Lot et la Garonne. Pourtant en 2007, 80 % du stock marqué avait dépassé cette confluence permettant de mettre en évidence des zones de frai entre Agen et Golfech (Dolmayrac, St Sixte, Lamagistère,…). Les sites choisis rassemblent pour la plupart les caractéristiques des frayères à lamproies, c'est à dire un substrat grossier en tête de radier ou plat courant et faible profondeur (*fig.28*). Ce résultat montre également que les lamproies n'ont pas été affectées par l'opération de marquage et se sont comportées naturellement.

Concernant les 3 individus qui ont emprunté l'axe du Lot, leur migration s'est interrompue à 1,5 Km en amont de la confluence au niveau du seuil d'Aiguillon (47). Cet obstacle est équipé d'une passe à poissons (fonctionnelle uniquement lorsque la côte avale du Lot est suffisamment élevée) et le seuil fut effacé pendant la majorité du suivi 2008 en raison de forts débits. Malgré cela, ces 3 lamproies n'ont pas franchi le seuil et ont opté pour des sites traditionnellement fréquentés. En effet la zone aval du seuil d'Aiguillon est connue pour abriter de nombreux nids chaque année (témoignage de pêcheurs locaux et observations en bateau en 2006). En 2006, 3 % avait déjà choisi cette zone, alors que 20 % avait franchi le seuil. En 2007, 2,5 % ont choisi cette zone directement et 7,5 %, n'ayant pas trouvé l'entrée de l'ascenseur à poissons de Golfech, y sont arrivés après une dévalaison de près de 40 kilomètres.

3.1.2.2 Vitesses

Comme le montre la figure 29, la migration s'est principalement déroulée les jours qui ont suivi le lâché (13,76 jours en moyenne). Il en a été de même en 2006 (14,25 jours en moyenne), alors qu'en 2007, la période d'activité des lamproies radiomarquées a été beaucoup plus longue (25,97 jours en moyenne). Ce résultat provient du nombre important de lamproies arrivées au barrage hydroélectrique de Golfech. Certaines, qui ont vainement cherché l'entrée de l'ascenseur, ont eut un comportement de dévalaison après plusieurs dizaines de jours d'effort au pied du barrage. Ce points sera traité dans la partie III.1.2.3. .

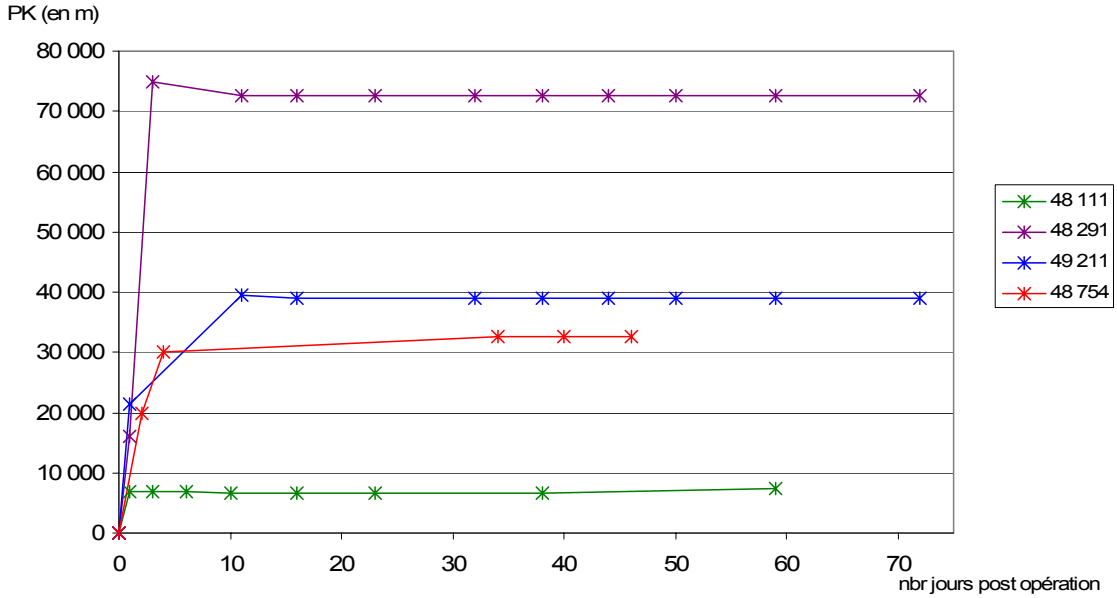


Figure 29 : Progressions typiques de quatre lamproies radiomarquées en 2008.

Les valeurs des vitesses de progression relevées lors de l'étude 2008 ne sont pas les mêmes pour tous les individus suivis. Ces vitesses varient de 2,85 Km/jr pour les plus lentes à 29,5 Km/jr pour les plus rapides (*fig.30*). La moyenne sur l'ensemble du stock étudiée est de 14,46 Km/jr.

		2006	2007	2008
Durée moyenne d'activité		14,25 jours	25,97 jours	13,76 jours
Migration principale		5 premiers jours	10 premiers jours	5 premiers jours
vitesse (Km/jr)	*moy*	10,00	14,87	14,46
	min	0,73	0,58	2,85
	Q1	5,57	8,93	7,00
	médiane	7,89	13,90	15,50
	Q3	16,00	21,40	21,50
	max	25,53	36,30	29,50

Figure 30 : Caractéristiques des vitesses de migrations des lamproies radiomarquées.

En 2007, bien que les vitesses maximales calculées soient supérieures à 2008, la répartition au sein du stock suivi est identique, avec 50 % des lamproies progressant entre 7 et 21,5 Km/jr (*fig.31*). Les moyennes des vitesses sont significativement identiques (test Student, t=0,182, p=0,856) pour les années 2007 et 2008. Concernant 2006, les valeurs de vitesses obtenues sont inférieures à 2007 et 2008, mais restent statistiquement identiques (test Tukey, au risque α=0,05).

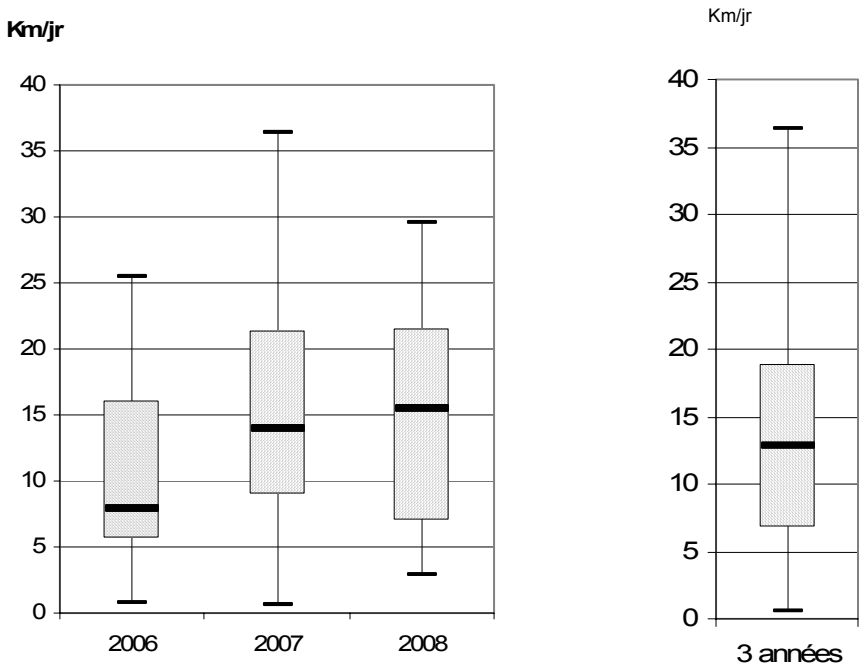


Figure 31 : Boîtes à moustaches représentant la distribution des vitesses de migration au sein des stocks de lamproies suivies.

3.1.2.3 Comportement au droit du barrage

En 2008, seules 19 lamproies ont été comptabilisées à la station de contrôle de Golfech, et aucune lamproie radiomarquées n'a rejoint l'ascenseur à poisson. Il en est de même pour 2006, où malgré 434 lamproies ayant franchi le complexe de Golfech, aucune radiomarquée ne s'est présentéé à l'ascenseur. Donc, les résultats de cette partie reposeront uniquement sur les données enregistrées en 2007, qui ont été entièrement redépouillées.

Sur 40 lamproies radiomarquées cette année là, 37 ont été suivies, 29 ont atteint le secteur de Golfech (78,4 %), 23 sont arrivées au pied de l'obstacle (62,2 %). Ces 23 individus sont entrés au moins une fois chacun dans le bassin de stabulation de l'ascenseur. Seulement 2 lamproies ont emprunté avec succès l'ascenseur (5,4 %), les 21 autres (56,8 %) ont réussi à sortir du bassin de stabulation pourtant équipé d'un accès anti-retour.

De plus, sur les 15 lamproies équipées de transpondeur TIRIS et relâchées au droit immédiat du barrage, aucune ne fut captée à la station de contrôle, donc aucune n'a emprunté l'ascenseur avec succès. Malheureusement nous n'avons aucune information sur leur comportement à l'entrée de l'ascenseur (difficulté à trouver l'entrée, attente dans le bassin de stabulation puis échappement,…).

Les 2 lamproies ayant franchi le barrage (48 351 et 48 111) se sont présentées à l'ascenseur

à poissons respectivement 8 et 16 jours après leur lâché à Couthures-sur-Garonne. Ceci correspond à des vitesses de 12,5 et 6,25 Km/jr. De plus, leur attente au pied du barrage hydroélectrique fut quasi nulle, par exemple, la lamproie 48 351 a emprunté l'ascenseur et franchi le barrage à sa première tentative. Elle a mis 44 min avant de trouver l'entrée de l'ascenseur et son attente une fois dans le dans le bassin de stabulation fut de 6 min et 27 sec.

Pour les 21 autres lamproies, il est possible d'analyser leur comportement au pied de l'obstacle grâce à l'enregistreur Lotek (*fig.32*).

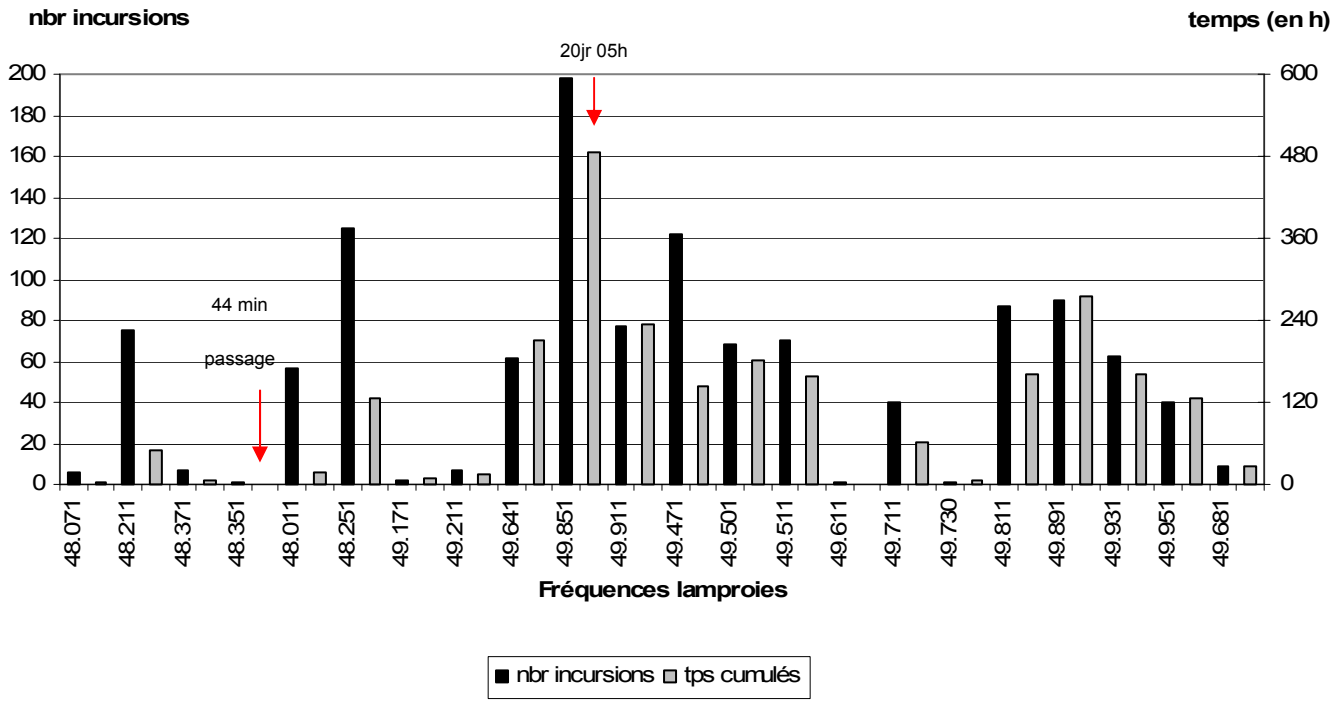


Figure 32 : Nombre d'incursions des lamproies radiomarquées au pied du barrage et temps de présence cumulés.

Si l'on observe le nombre d'incursions au pied du barrage (*rappel* : entrée significative dans la zone de détection des antennes, suivie d'une sortie caractérisée), celui-ci est très variable d'un individu à l'autre. En effet certaines lamproies ne sont entrées qu'une seule fois dans cette zone pour une durée de 1h et 22min (ex : lamproie 49 611). A l'inverse, d'autres ont multiplié les tentatives jusqu'à 198 incursions pour un temps cumulé de 20 jours et 5 h (49 851).

Concernant l'efficacité de l'ascenseur, nous pouvons comparer ces incursions aux nombres d'entrées dans l'ascenseur, mis en évidence grâce aux antennes 3 et 4 (*fig.33*). Celles-ci varient énormément. Il peut y exister une incursion unique résultant :

au succès du franchissement, comme nous l'avons vu avec la lamproie 48 351, dont l'attente dans le bassin de stabulation fut de 6min et 27sec.

à l'échec du franchissement, entraînant l'échappement du piège, comme la lamproie 49 211, dont l'attente fut de 1h et 31min. Rappelons que la fréquence de remontée de l'ascenseur est de 2h la nuit.

Le maximum d'entrées enregistrées dans le bassin de stabulation est de 26 (lamproie 49

931). Le temps moyen d'attente dans le bassin de stabulation par entrée pour l'ensemble des lamproies suivies est 16min et 24sec.

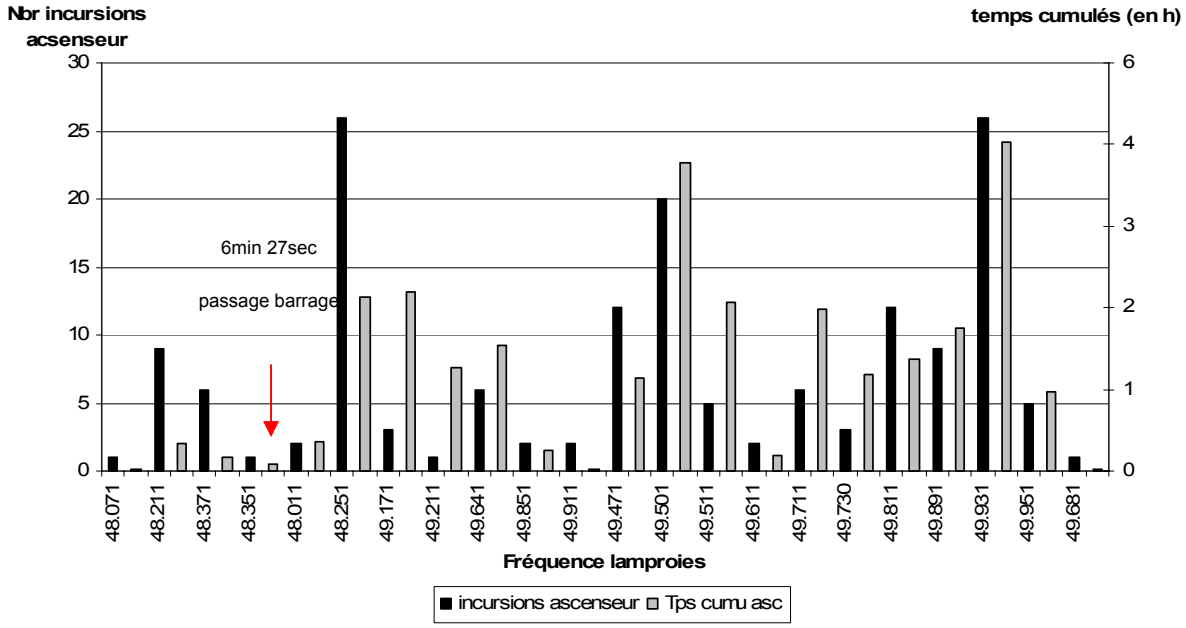


Figure 33 : Nombre d'incursions des lamproies radiomarquées dans le bassin de stabulation de l'ascenseur à poissons et temps de présence cumulés en heures.

Il n'existe aucune relation entre le nombre d'incursion au barrage et le nombre d'entrée dans l'ascenseur (lamproie 49 851 : 198 incursions au barrage pour 2 tentatives dans l'ascenseur, lamproie 49 730 : 1 incursion pour 3 tentatives dans l'ascenseur), tout comme il n'existe pas de relation entre le nombre de lamproies passées à l'ascenseur et le nombre d'incursions de lamproies au barrage ou dans l'ascenseur.

Les lamproies n'ayant pas empruntées la cuve de l'ascenseur ne se sont pas reproduites au pied de l'ouvrage. Ces dernières, après de multiples tentatives de montaison et des temps d'attente variés, se sont repliées sur des zones aval propices à la reproduction. Ce repli s'est réparti dans le temps en fonction des temps d'attente au pied du barrage (*fig.32*). Les lamproies ayant eut une faible persévérance ne sont restées bloquées que quelques heures (lamproie 49 611), d'autres à la volonté plus accrue n'ont dévalé qu'au bout de 40 jours (lamproie 49 811). Ces replis peuvent être classés en quatre catégories :

- un faible repli dans le bras court-circuité de la Garonne, donc un repli de quelques kilomètres.

- un repli inférieur à 20 kilomètres sur des frayères déjà choisi lors de la montaison par d'autres lamproies radiomarquées.

- un repli sur le Lot, correspondant à une dévalaison de 60 kilomètres avant d'emprunter l'affluent rive droite.

- un repli important de plus de 60 kilomètres, qui, pour certaines lamproies correspond à un

arrêt sur des sites de reproduction en aval du lieux de lâché. (Aucune prospection n'a eu lieu en aval du point le plus aval de lâché : Couthures-sur-Garonne).

Les vitesses de dévalaison ont été identique aux vitesses de montaison, ce qui signifie que ces replis sont actifs. Ce ne sont pas des lamproies agonisantes et dévalant aux aléas du courant, ces lamproies cherchent bien un site de reproduction propice.

3.1.2.4 Le bilan de la station de contrôle de Golfech

Le nombre de lamproies contrôlées à Golfech en 2008 est de 19 (*fig.34*). Ce faible résultat n'était jamais arrivé depuis la mise en fonctionnement de l'ascenseur en 1987. L 'année 1994 détenait jusqu'à ce jour le plus faible nombres de passages à l'ascenseur avec 107 individus.

Année	Comptage lamproies à Golfech	Lamproies Radiomarquées	Taux de retour des radiomarquées à Golfech
2006	434	35	2,9%
2007	5626	40	78,4%
2008	19	40	0,0%

Figure 34 : Lamproies comptées à Golfech lors des 3 années d'étude et taux de retour des individus radiomarqués.

Concernant la manipulation, on constate que le taux de retour des lamproies marquées dépend du nombre de lamproies migrant à l'amont de Golfech. Ceci voudrait dire que notre stock marqué se comporte comme le stock naturel. Il resterait donc à déterminer les raisons de ces variations d'effectif d'une année sur l'autre.

Lorsque l'on compare le nombre de géniteurs estimé chaque année (pêche, comptage stations contrôle et frayères), on ne voit pas apparaître le cycle biologique naturel de 7 ou 8 ans de la lamproie marine. La dynamique annuelle de l'espèce est encore mal connue, les variantes environnementales (débit et température de la Garonne) ne permettent pas non plus à elles seules d'expliquer ces variations de stock. Il serait donc intéressant de comparer ces données à celles de la pêche estuarienne et fluviatile sur la période d'étude, mais malheureusement les informations obtenues, auprès de pêcheurs volontaires, sont publiées par le Cemagref avec un délai de 4 ans (*fig.35*). Actuellement, les dernières données disponibles datent de 2004. Si ces données de pêches sont fiables, il ne semble pas y avoir de relation entre les quantités pêchées en aval, et le nombre de géniteurs arrivant aux stations de contrôle.

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
passages à Tulières * Mauzac depuis 2006	6693	4468	4419	2923	2913	4223	4367	9820	5093	11435	30265	38762	21052	17574*	1053*	3500*
passages à Golfech	2086	107	741	2382	663	1618	222	789	219	4147	18344	2834	2132	434	5626	19
captures filet	**121 116**	**24 714**	**33 132**	**37 573**	**41 105**	**66 139**	**67 745**	**140 039**	**65 486**	**74 203**	**101 888**	**130 648**	-	-	-	-
professionnels	100 930	20 595	27 610	31 311	34 254	55 116	54 454	116 699	54 572	61 836	84 888	108 848	-	-	-	-
amateurs	20 186	4 119	5 522	6 262	6 851	11 023	13 291	23 340	10 914	12 367	17 000	21 800	-	-	-	-
captures bourgne	**31 583**	**15 161**	**14 853**	**8 186**	**4 897**	**7 168**	**11 437**	**14 789**	**13 339**	**17 837**	**18 838**	**19 863**	-	-	-	-
professionnels	18 578	8 918	9 902	5 457	3 498	5 120	9 531	12 324	11 116	14 859	15 738	16 563	-	-	-	-
amateurs	13 005	6 243	4 951	2 729	1 399	2 048	1 906	2 465	2 223	2 978	3 100	3 300	-	-	-	-
total captures	**152 699**	**39 875**	**47 985**	**45 759**	**46 002**	**73 307**	**79 182**	**154 828**	**78 825**	**92 040**	**120 726**	**150 511**				
prix (€/Kg)	12,2	13,7	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15	15	15						

Figure 35 : Bilan du comptage lamproies aux stations de contrôle et de la pêche (estuarienne + fluviale). (Source MI.GA.DO. et GIRARDIN, 2006)

La production sur le bassin Gironde Garonne Dordogne de lamproie marine, en 2004, est de 150,5 tonnes (*fig.35*) pour une valeur de 2,5 millions d'euros, ce qui correspond à une exploitation halieutique très importante pour le bassin. Ces chiffres sont basés sur des données de pêcheurs volontaires, qui ne sont pas en majorité. Il est donc impossible de savoir la quantité réellement prélevée par la pêche. Mais il est certain qu'afin d'écouler ces stocks important, des campagnes de valorisation gustative de la lamproie ont été entreprises ces dernières années, afin d'augmenter l'attractivité du produit, autrefois réservé à une population très locale et patrimoniale.

Il est estimé que la production des pêcheurs non-professionnels correspond à 20 % de celle des professionnels pour la technique filet (GIRARDIN *et al*, 2006), ce qui représente 16 % de la quantité pêchée. Concernant la technique bourgne, elle représente en moyenne 35 % des pêches professionnelles, pouvant atteindre 70 %, comme en 1993 et 1994. Cela représente de 25 à 40 % du stock pêché.

3.2 RESULTAT DU SUIVI SILURE

3.2.1 Contexte 2008

Au 31 juillet 2008, 554 silures ont emprunté l'ascenseur à poissons de Golfech (*fig.36*). En 2007, il en été passé 1129 à la même date, soit le double. L'une des explications peut être la réduction de l'ouverture de l'entrée de l'ascenseur. En avril 2008, la largeur de cette ouverture a été réduite de 38 à 25 cm. Dans le but de réduire l'échappement des lamproies dans le bassin de stabulation. Ce changement n'a cependant pas induit une diminution de la taille des silures comptés à la vitre. Il arrive encore d'observer plusieurs silures dépassant les 2 mètres et les 25 centimètres de large dans la même nuit.

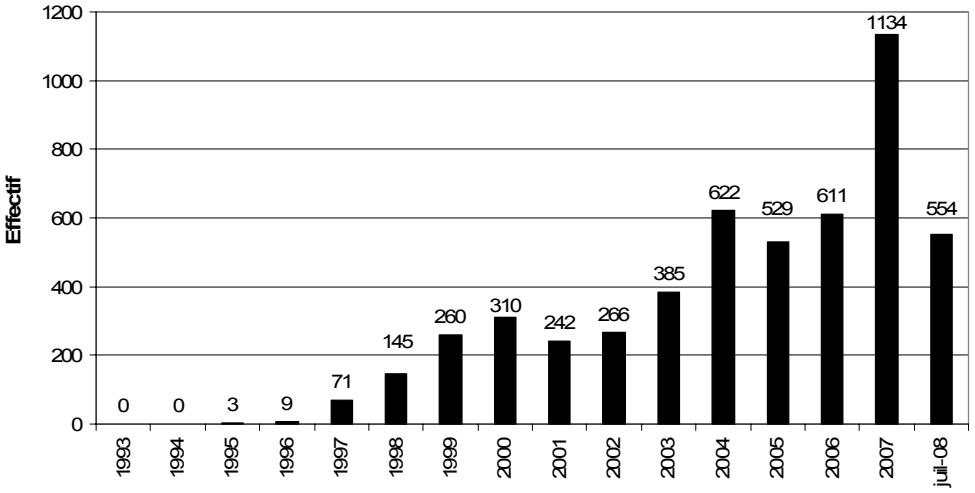


Figure 36 : Nombre de silures comptés à la station de contrôle de Golfech de 1993 au 31 juillet 2008. (Source MI.GA.DO.)

Concernant la répartition de ces passages à la station de contrôle, les silures sont actifs du mois d'avril au mois de juillet avec un pic très distinctif au mois de mars (*fig.37*). Cette répartition justifie donc les suivis effectués durant ces trois dernières années du mois d'avril au mois de juillet. Les données correspondent donc à la phase active des silures et permettront ainsi de conclure sur leur comportement.

Si l'on observe les incursions au pied du barrage hydroélectrique enregistrées grâce au Lotek (basé sur le même principe que les lamproies)(*fig.37*), on remarque que les silures radiomarqués sont le plus actifs durant cette même période. Ils ont exactement le même comportement que les autres silures, ce qui prouve qu'une fois opérés, les silures radiomarqués ne sont pas affectés, et garde un comportement naturel. Nous pourrons donc nous baser sur les observations de ces silures radiomarqués pour émettre des conclusions sur la population totale.

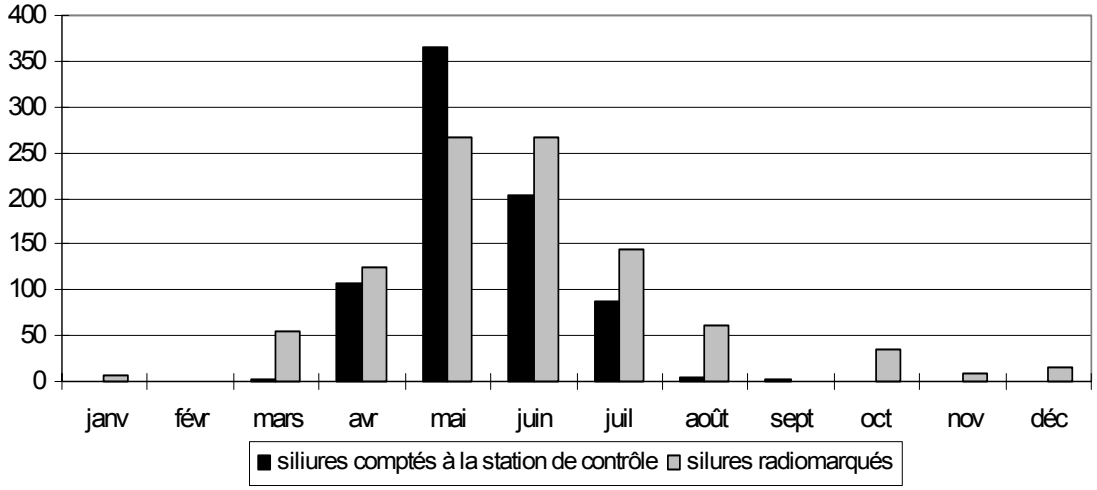


Figure 37 : Nombre de silures ayant empruntés l'ascenseur de Golfech comparé aux incursions au barrage des silures radiomarqués (moyenne

Le suivi 2008 s'est, en réalité, basé sur le suivi de 16 silures. En effet, des 19 radiomarqués,1 silure (fréquence 48 081) fut pêché au mois de juin 2006, et 2 autres (49 681 et 49 980) ont emprunté l'ascenseur à poisson en avril 2007 pour l'un et mai 2007 pour l'autre.

3.2.2 Comportement d'avril à juillet

L'ensemble des données de 2006 à 2008 ont permis de révéler une activité nocturne des silures radiomarqués (*fig.38*). Les enregistrements Lotek , ainsi que les pointages manuels au niveau du barrage montrent que l'activité principale des silures étudiés se manifeste de 20h à 5h. Le nombre d'incursions au barrage est significativement supérieur (test Student, t=9,007, p<0,0001) la nuit (20h-5h) que le jour (6h-19h).

Durant la période diurne, les silures n'étant pas présent au barrage, ont fait l'objet d'un suivi manuel sur plusieurs kilomètres à l'aval du barrage. Ces pointages ont permis de montrer qu'après avoir passé la nuit au pied du barrage, les silures se replient sur certains secteurs privilégiés au niveau du canal de fuite ou bien du bras court-circuité de la Garonne (*fig.39*). Ces zones, en général profondes, peuvent être assimilées à des zones de repos puisque les poissons peuvent y stagner pendant plusieurs jours voir semaines. De plus, elles sont spécifiques pour chaque individu ou groupe d'individus. Ce comportement s'apparente donc à un rythme nycthéméral des individus dont le facteur synchroniseur serait le crépuscule, avec une phase active de nuit et une phase de repos le jour.

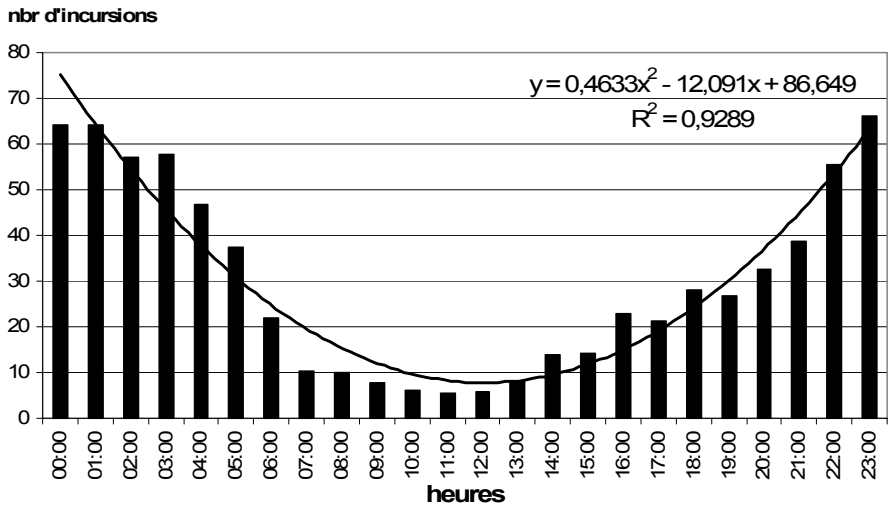


Figure 38 : Moyenne du nombre d'incursions des silures radiomarqués au pied du barrage par tranche horaire sur les 3 années d'études.

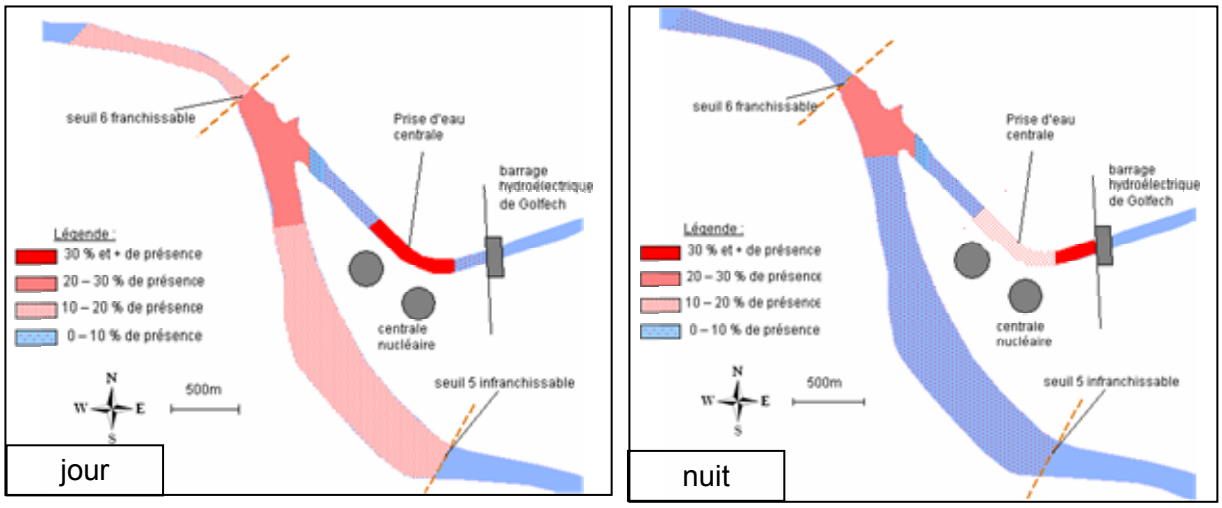


Figure 39 : Répartition duiurne et nocturne des silures radiomarqués sur le secteur d'étude

3.2.3 Comportement au droit du barrage

Pendant les périodes allant d'avril à juillet, tous les silures marqués sont venus au barrage. Ces allers et venus sont inégalement répartis au sein du stock marqué (*fig.40*). Certains poissons n'ont pas effectué plus de 25 incursions au barrage en 3 ans (49 080), alors que certains ont dépassé les 200 incursions (48 724 : 352 incursions). La durée d'une incursion est très variable, allant de quelques minutes à plusieurs heures, le maximum étant 18h et 35min.

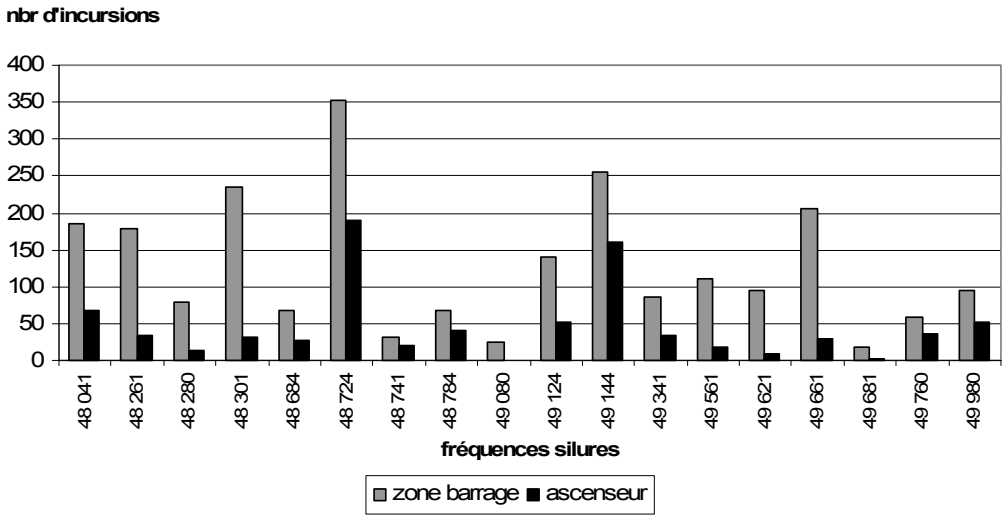


Figure 40 : Comparaison du nombre d'incursions des silures radiomarqués au pied du barrage et dans le bassin de stabulation de l'ascenseur de Golfech.

Seul un silure (49 080) sur le stock suivi n'est jamais entré dans le bassin de stabulation de l'ascenseur, malgré 25 incursions au barrage. En moyenne, 36% (de 11% à 68%) des incursions au barrage sont accompagnées d'une tentative de franchissement par l'ascenseur.

Voici, présentées en figure 41, les caractéristiques des tentatives d'entrées dans l'ascenseur des silures radiomarqués. Ces données ont été obtenues grâce aux antennes 3 et 4 de l'enregistreur Lotek.

Nombre total d'entrées dans l'ascenseur	822		
Nombre d'entrrées < à 1 min	400	soit	48,7 %
Nombre d'entrées entre 1 et 10 min	146	soit	17,8 %
Nombre d'entrées entre 10 et 30 min	145	soit	17,6 %
Nombre d'entrées > à 30 min	131	soit	15,9 %

Figure 41 : Répartition du temps passé par les silures radiomarqués dans le bassin de stabulation de l'ascenseur de Golfech.

Ces résultats montrent une certaine envie de migrer vers l'amont. Malgré cela, seuls 4 silures (soit 22%) ont franchi l'ascenseur avec succès en 3 ans (*fig.42*).

Fréquence	49 681	49 980	48 724	48 280
Date passage	25/04/07	25/05/07	03/07/08	14/07/08
Nombre incursions barrage	19	96	352	80
Entrées acsenseur avant passage	3	51	190	14
Débit Débit moyen du jour (m^3/s)	437	387	252	267
Température Température moyenne du jour (°C)	17,17	19,74	22,47	22,6

Figure 42 : Données et variables environnementales concernant les silures radiomarqués ayant passés le barrage.

3.2.4 Comportement en fonctions des débits

Les forts débits seront considérés dans cette partie dès lors qu'il existe une surverse supérieure au débit réservé de 20 m^3/s au barrage de Malause. Ces débits ne sont pas toujours synonymes de crues, mais sont en général suffisant pour provoquer l'arrêt de l'ascenseur.

Grâce aux pointages manuels, il a été montré que le nombre de silures dans le bras court-circuité de la Garonne, et principalement au seuil n°5, est significativement supérieur (test Student, t=2,613, p=0,005) lorsque nous sommes en situation de débit supérieur au débit turbiné (550 m3/s).

3.2.5 Estimation de la population.

En 2005, une estimation de la population de silures dans le canal de fuite fut entreprise, basée sur la méthode de Lincoln-Petersen (capture-marquage-recapture). L'hypothèse fondamentale de cette méthode est que la population soit close, c'est à dire qu'il n'y a pas d'échange avec l'extérieur (émigration/immigration) ni de naissance ou de mortalité. Il a donc été considéré que la population de silure en amont du seuil 6 était close : en supposant les arrivées de l'aval négligeable et en sachant qu'aucune dévalaison n'est possible depuis l'amont du barrage de Golfech et de Malause. L'étude, se déroulant sur une saison, limite l'impact des naissances et de la mortalité.

Figure 43 : Silhouette d'un silure avec ablation de la caudale à la vitre de la station de contrôle de Golfech. (Source MI.GA.DO.)

72 silures ont été pêchés au filet au pied du barrage hydroélectrique de Golfech et marqué par une ablation de la nageoire caudale (*fig.43*). Il n'y a pas eu de recapture, mais un comptage des individus marqués au niveau de la station de contrôle vidéo. Sur 206 passages à la vitre, 11 individus étaient marqués. La population restant à l'aval de l'ouvrage a donc été estimée entre 1200 et 1300 individus.

D'autres marquages passifs (ablation caudale ou transpondeur TIRIS) ont été réalisés en 2006 et 2007 affin d'améliorer cette estimation approximative. De plus, le radiopistage a montré que la population de silures estimée ne se cantonnait pas uniquement au canal de fuite, mais pouvait se replier à l'aval, à partir du mois de septembre, de plusieurs kilomètres, parfois même jusqu'au seuil de Beauregard. La dernière estimation réalisée en 2008, qui concerne la population entre Agen et Golfech, est d'environ 9000 individus, avec un taux de franchissement à l'ascenseur de 11,6%.

Il est évident que la méthode n'est pas adaptée, mais cela donne une bonne idée de la biomasse amont/aval que représente cette population. Pour information, il est passé 2506 silures à la station de Golfech ces 3 dernières années. Ces silures mesuraient en moyenne 130 cm, ce qui vaut un poids de 16,1 Kg d'après la courbe de croissance établie par MI.GA.DO. Cela représente en moyenne un passage de 40 467 Kg, soit 40 tonnes, de silure sur la partie amont de Golfech en 3 ans.

4 DISCUSSION

4.1 Petromyzon marinus

4.1.1 Epoque de marquage.

Le marquage n'a pas eu lieu à la même époque durant les différentes campagnes. En 2006, les lamproies ont été marquées dès le 11 avril. En 2007 à partir du 23 avril et, à partir du 05 mai pour 2008. Il est certain qu'un marquage à la même époque aurait permis une plus grande comparaison des 3 volets du suivi. Mais ce décalage est la conséquence de différents facteurs imprévisibles. En effet, même étant prêt pour le marquage, un retard dans la livraison des émetteurs est possible, comme cela a pu être le cas. Mais des facteurs naturels peuvent également être la cause de ce non synchronisme. Les conditions hydrauliques, comme en 2008, ont empêché toutes manipulations sur la Garonne au mois d'avril, mais également la pêche des lamproies nécessaire à l'étude. Il faut ensuite tenir compte de la dynamique de la population naturelle et de son époque de migration. En 2006, le marquage s'est déroulé quelques jours après les premiers passages à la vitre de la station de contrôle de Golfech, il en est de même pour 2007. La migration a donc été décalée de 15 jours. Mais en 2008, malgré le retard subit en conséquence des débits, aucune lamproie n'était encore passée à la station de contrôle, il n'y avait donc pas de biais à craindre quant au comportement migratoire des lamproies. De plus, après étude des résultats, les frayères recensées au bout des 3 années sont les mêmes. Nous pouvons donc affirmer, avec du recul, que la date de marquage, ainsi que le marquage en lui-même, n'ont pas influé sur le comportement des lamproies suivies et sur les résultats obtenus.

4.1.2 Résultats acquis.

Au terme de cette étude, le premier résultat à retenir concerne les vitesses de migration de l'espèce. Malgré des déplacements hétérogènes, les vitesses de migration sont identiques au cours des 3 années. La moyenne calculée sur l'ensemble des individus suivis est de 12,87 kilomètres/jour, avec des maximums atteignant 36,3 kilomètres/jour. Cette nouvelle donnée, encore absente de la littérature, pourra être utilisée comme outil dans la future gestion de l'espèce sur le bassin : par exemple, l'estimation des temps entre la présence à l'estuaire et l'arrivée au barrage de Golfech ou encore définir des périodes d'arrêt de pêche pouvant laisser passer le flux migratoire principal.

La localisation des zones potentielles de frai est le deuxième succès de l'étude. C'est en tout 25 sites favorables à la reproduction de la lamproie marine qui ont été trouvés grâce au radiopistage. Ceci représente une première étape, puisqu'il faut maintenant estimer la fréquentation de ces zones qui permettra de connaître le potentiel d'accueil du linéaire d'étude. Cette estimation pourra se faire grâce à l'évaluation de la répartition des géniteurs en amont et en aval de Golfech.

4.1.3 Franchissement de Golfech.

Les années 2006 et 2008 ont présenté des conditions telles, qu'elles n'ont pas permis au stock marqué de rejoindre l'ouvrage de Golfech et ainsi d'observer le franchissement de l'obstacle. Seule l'année 2007, aux débits moyens et constants avec des températures optimales, a vu des résultats intéressants sur la migration du stock radiomarqué. En effet 62% des organismes suivis ont atteint le barrage hydroélectrique de Golfech et offrent des informations sur le comportement au droit de barrage.

Seulement 5,4% des lamproies suivies ont emprunté l'ascenseur avec succès, alors que

56,8% ont réussi à s'échapper le l'ascenseur. Ce taux de franchissement est très faible et pose le problème de la transparence de l'ouvrage. De plus, le comportement face à l'ouvrage est très hétérogène, l'attente allant de quelques heures à plus d'un mois. Le repli des individus n'ayant pas pu franchir l'obstacle n'avait jamais était observé chez cette espèce. Cette faible persévérance de certaines lamproies peut s'expliquer par une fenêtre de ponte relativement courte. Lorsque la température est optimale et les conditions hydrauliques favorables, les individus doivent trouver rapidement un site ou construire leur nid, sous peine de mourir avant de s'être reproduit.

Cependant, le manque d'informations relatives au franchissement de la lamproie ne permet pas de se prononcer définitivement sur le taux de franchissement de l'espèce. Il serait intéressant dans les années à venir de se concentrer sur cette problématique pour compléter les données. Il serait possible de marquer des individus uniquement de transpondeur TIRIS, assez tôt dans la saison (au environ du 15 mars) et de les lâcher en divers endroit du linéaire. Cette technique, peu coûteuse comparée au radiomarquage, permettrait de marquer un plus grand nombre de lamproies (150 par exemple). De plus, le marquage passif nécessite un investissement moindre dans le suivi, puisque les détections sont automatiques et enregistrées, de plus il n'y a pas de perte de temps à la recherche des individus. Cette action permettrait d'établir plus précisément le taux de franchissement de l'ouvrage et de définir une répartition amont/aval de l'espèce. Sur le bassin de la Dordogne, les eaux claires ont permis de localiser une quinzaine de site de reproduction en aval du barrage de Tuilières et de compter le nombre de nids utilisés. Ainsi, il est estimé que 15 à 20% du stock Dordogne se reproduit sur ces 15 sites aval. La connaissance, sur la Garonne, de la répartition en amont et en aval de Golfech permettrait de connaître la population présente sur les 25 sites recensés en s'affranchissant du comptage de nids, impossible compte tenu de la turbidité des eaux de la Garonne.

Malgré tout, ce premier résultat de 5,4% de franchissement remet en cause l'efficacité de l'ascenseur à poissons de Golfech et corrobore de récents résultats sur le taux de franchissement non satisfaisant du saumon atlantique (47%) et de la grande alose (inférieur à 50%). Certains réglages de l'ascenseur peuvent sans doute être apportés. La persistance de certaines lamproies a montré un nombre important d'entrées et de sorties au niveau du bassin de stabulation de l'ascenseur à poissons. L'ouverture de 38 cm en 2007 laisse apparaître un échappement important vis-à-vis de la lamproie. Elle fut donc modifiée en 2008 et mesure actuellement 25 cm. Malheureusement aucune lamproie radiomarquée n'est parvenue au barrage cette année, et n'a permis de valider cette modification. D'autres paramètres pourraient améliorer les taux de franchissement des migrateurs, comme l'augmentation du débit d'attrait et l'augmentation de la fréquence de remontée de cuve de l'ascenseur qui est actuellement de 2 heures toutes les nuits. Il est évident que certains individus ont le temps de trouver la sortie du piège. Or nous avons vu que l'efficacité d'un dispositif se juge au taux de franchissement mais aussi au délai d'attente en aval de l'ouvrage. Par conséquent, une autre solution pourrait être la construction d'une deuxième entrée pour l'ascenseur ou la construction d'un canal collecteur, semblable à celui du barrage de Carbonne (en amont, sur la Garonne) facilitant l'accessibilité de l'ascenseur, légèrement excentrée à Golfech. Le canal collecteur est matérialisé par un couloir immergé, longeant l'ensemble du barrage, et muni de plusieurs entrées, conduisant directement les poissons devant l'entrée de l'ascenseur. L'efficacité de ce système s'est avérée relativement bonne, sur le site de Carbonne, pour l'ensemble des migrateurs de la Garonne amont.

4.2 Silurus glanis

4.2.1 Le silure et l'alose.

Le suivi par radiopistage a pu mettre en évidence une faible activité du silure pendant la journée, et une activité marquée du crépuscule à l'aube. Nous pouvons donc conclure à un rythme d'activité trophique nycthéméral dont le facteur synchroniseur serait le crépuscule. Ceci correspond donc au premier élément de réponse quant à l'effarouchement de la grande alose. En effet, cette dernière a un rythme totalement opposé, avec des passages à la station de contrôle en pleine journée.

A côté de cela, de récentes études, montrant que le franchissement du saumon ne dépassait pas 47% à l'ascenseur de Golfech, ont entraîné une réévaluation du taux de franchissement de la grande alose avant les années 2000, période où MI.GA.DO. ne suivait pas encore les frayères en aval de Golfech. Autrefois estimé à 59%, il semble plus juste d'utiliser actuellement l'estimation de 42%. Donc la chute observée du taux de franchissement depuis l'apparition du silure est moindre et s'avère vraisemblablement être imputée à la baisse importante du stock d'aloses composé aujourd'hui de moins de 2000 individus, plutôt qu'à la présence du silure.

Enfin, toutes les observations faites au niveau du barrage montrent que malgré la forte concentration de silures, ces derniers n'ont pas un comportement de chasse mais une attitude attentiste. Cette information fut confirmée lors de la venue du Docteur Peter BEEK, coordinateur du projet LIFE de réintroduction de la grande alose (Alosa alosa) dans le RHIN, et de l'essai d'un échosondeur 3D. Plusieurs silures se tenaient les uns à côtés des autres en l'espace de quelques mètres sans comportement de prédation et nageaient simplement dans le courant. Ce comportement n'a pas changé malgré le nombre décroissant d'aloses, ce qui pourrait prouver que les silures au pied du barrage ne sont pas présents à cause des aloses.

Même si le silure n'est plus mis en cause dans le déclin de la grande alose, sa présence peut être une gêne supplémentaire, puisque l'alose, très craintive, n'hésitera pas à se replier en aval à la première contrainte rencontrée. Le taux d'exploitation de l'alose par la pêcherie est en moyenne de 60% chaque année et s'est révélé supérieur à 80% en 2007. Il a été démontré que ce prélèvement du stock ne permet pas un renouvellement correct de l'espèce (CHANSEAU et al, 2004). Ces taux de capture semblent donc être l'une des causes du déclin de la grande alose.

4.2.2 Instinct de montaison.

Il a clairement été mis en évidence lors de cette étude, que le silure, comme de nombreuses autres espèces, est animé d'un instinct de migration lors de sa période de reproduction. Son comportement vis-à-vis des débits montre une volonté de rejoindre l'amont à partir du mois d'avril pour trouver des zones propices à sa reproduction malgré un milieu aux conditions déjà favorables. Cette détermination est observable uniquement sur la période avril-juillet et non le reste de l'année.

4.2.3 Gestion halieutique.

Le silure, après quelques dizaines d'années, a fait preuve d'une bonne intégration au sein des populations piscicoles de certains cours d'eau (exemple : la Saône), mais il n'existe actuellement aucune donnée pour des axes migrateurs à fort intérêt patrimonial comme la Garonne. Si certaines espèces comme la perche soleil ou le poisson chat ont rapidement été classées comme nuisibles, le statut du silure dans nos eaux divise encore aujourd'hui les communautés de pêcheurs ou de scientifiques. De plus en plus nombreux, ces individus colonisent maintenant jusqu'aux petits cours d'eau en tête de bassin et il est trop tard pour

interrompre son extension.

Toutefois, des ouvrages comme l'ascenseur de Golfech, permettrait une gestion des effectifs de silures. Une fois qu'une politique claire sera établie sur l'espèce par les instances de gestion, il pourrait être décidé de limiter la montaison d'individus à l'amont du barrage ou, à l'inverse, la favoriser. Seulement, limiter sa montaison par l'ascenseur, reviendrait à limiter également les autres espèces, notamment les migrateurs, ce qui n'est pas concevable. D'un autre côté, favoriser son passage à l'amont, peut engendrer un dysfonctionnement des populations déjà en place. Rappelons que 40 tonnes de silures ont transité par l'ascenseur ces 3 dernières années et plus de 80 tonnes depuis 1995. On sait qu'actuellement l'espèce représente déjà environ 20% de la biomasse à l'amont du barrage de Golfech (communication personnelle, F. DAUBA, ENSAT)

L'intérêt grandissant pour cette espèce parmi les pêcheurs s'exprime par l'augmentation des ventes de permis de pêche auprès des fédérations. L'une des solutions envisageables serait le prélèvement d'individus au niveau du piège de Golfech afin de peupler des étangs spécifiques dédiés à la pêche sportive de l'espèce, comme cela existe déjà pour d'autres espèces tels le black bass ou la carpe.

5 CONCLUSION

L'expérience inédite de radiopistage menée sur les espèces Silurus glanis et Petromizon marinus fut une première pour le bassin de la Garonne. Ce suivi réalisé sur 3 ans a donc permis un apport important d'informations sur la biologie et le comportement des deux espèces étudiées.

Le premier enseignement concerne la localisation des zones de reproduction de la lamproie marine jusqu'alors inconnues. C'est ainsi 25 sites, répartis de Couthures-sur-Garonne à Golfech, qui ont put être mis en évidence. Ces données seront utilisées afin de protéger au mieux ces zones fréquentées par les géniteurs. De plus, si les effectifs de l'espèce venaient à décliner, ces zones feraient l'objet d'une surveillance particulière.

La deuxième réponse de cette étude écarte l'hypothèse du silure prédateur de la grande alose. Même si la présence en masse du silure peut avoir un impact sur la migration de l'espèce, il n'est en rien responsable de la chute du stock reproducteur. La pêche tient donc sa part de responsabilité dans la disparition de la grande alose.

Par ailleurs, ce dernier résultat a put mettre en évidence des informations insoupçonnées par rapport à l'efficacité de l'ouvrage de franchissement de Golfech. Surestimés autrefois, les taux de franchissement de plusieurs espèces (alose, saumon, lamproie,..) se révèlent insuffisant pour un ouvrage comme Golfech. Etant le premier obstacle rencontré par les migrateurs lors de leur montaison sur la Garonne, l'ascenseur à poissons de Golfech se doit d'être le plus efficace possible. Le système doit être réadapté aux migrations actuelles afin d'optimiser sa transparence.

Malgré le succès de cette étude, de nouvelles questions apparaissent aujourd'hui. En effet, il reste maintenant à estimer la fréquentation des zones de frai de la lamproie marine, car le nombre d'individus pouvant être accueillis sur les zones recensées n'a pas été mis en évidence. Cette donnée est primordiale pour une meilleure estimation du stock reproducteur en aval et en amont de la station de Golfech. Enfin, il reste à se positionner quant à la gestion à adopter vis-à-vis du silure. Doit-on limiter sa colonisation pour préserver l'équilibre en place sur des sites encore préservés ou favoriser sa colonisation vers l'amont, le laissant trouver sa place au sein des populations et augmentant ainsi les territoires de pêche sportive.

BIBLIOGRAPHIE

ABOULKER C., 2006, Localisation des zones de frai de la lamproie marine (Petromyzon marinus L.) en moyenne Garonne et étude du comportement du silure glane (Silurus glanis L.) au droit du barrage hydroélectrique de Golfech par radiotélémetrie, rapport pour l'obtention de la maîtrise d'Ingénierie des Milieux Aquatiques et des Corridors Fluviaux, Université Francois Rabelais et association Migado.

BARAS E. & CHERRY B., 1990, Seasonal activities of female Barbus barbus (L.) in the river Ourthe (Southern Belgium), as revealed by radio tracking. Aquatic Living Ressources, 3, 283-294.

BELAUD A. & LABAT R., 1992, Etudes ichtyologiques préalables à la conception d'un ascenseur à poissons à Golfech (Garonne, France). Hydroécologie appliquée, 4(1), 65-89.

BLANC L., 2007, Analyses des données de radiopistage, ADE-4, Fiche thématique 7.2, 1-28.

BRUSLE J. & QUIGNARD J. P., 2001, Les silures, Biologie des poissons d'eau douce européens, Lavoisier Tech & Doc, 48-53.

CARRY L. & DELPEYROUX J.M., 2007, Etude des rythmes de migration des espèces amphibiotiques et holobiotiques de la Garonne au niveau de la station de contrôle de Golfech au cours de l'année 2006, Rapport annuel MIGADO, 1-35.

CHANSEAU M., CASTELNAUD G., CARRY L., VANDEMBRUCKE M. & BELAUD A., 2004, Essai d'évaluation du stock de géniteurs d'alose Alosa alosa du bassin versant Girnonde Garonne Dordogne sur la période 87-2001 et comparaison de différents indicateurs d'abondance, Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture BFPP(2005), 374, 1-19.

COUSTILLAS J., 2007, Localisation des zones de frai de la lamproie marine (Petromyzon marinus L.) en moyenne Garonne et étude du comportement du silure glane (Silurus glanis L.) au droit du barrage hydroélectrique de Golfech par radiotélémetrie, rapport pour l'obtention du Master 2 pro Gestion de la Biodiversité, Université Paul Sabatier et association Migado.

DUCASSE J. & LEPRINCE Y., 1980, Etude préliminaire de la biologie des lamproies dans le bassin de la Garonne et de la Dordogne. Ministère de l'agriculture, école nationale des ingénieurs des travaux des eaux et forêts, Groupement de Bordeaux, division aménagement littoraux et aquaculture. Rapport de stage au C.T.G.R.E.F., 1-151.

FIERS V., GAUVRIT B., GAVASSI E., HAFFNER P. & MAURIN H., 1997, Statut de la faune de France Métropolitaine: statuts de protection, degrès de menace, statuts biologiques, Réserves naturelles de France, Paris, Muséum Natuional d'Histoire Naturelle.

GIRARDIN M., CASTELNAUD G. & BEAULATON L., 2004, Surveillance halieutique de l'estuaire de la Gironde. Suivi des captures 2002, Etude la faune circulant, CEMAGREF, 201.

HYDRO (banque hydro EauFrace), http://www.hydro.eaufrance.fr

KEITH P. & ALLARDI J., 1997, Bilan des introductions de poissons d'eau douce en France, Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 344/345, 181-191.

LASCAUX J.M. & LAGARRIGUE T., 2001, Localisation des zones de frai de la lamproies

marine (Petromyzon marinus) sur la rivière Dordogne dans le département du Lot, Rapport de sous-traitance MI.GA.DO./ECOGEA, 1-15.

LAURONCE V. & SUSPERREGUI N, 2005, INDICANG : Rapport d'étape, Bassin Gironde Garonne Dordogne, MI.GA.DO, AADPPEDG, 5-10.

PRIEDE I.G., 1980, An analysis of objectives in telemetry studies of fish in the natural environment. In : A Handbook on biotelemetry and radiotracking. AMLANER, C.J. & MACDONALD, D.W. (EDS.) Pergamon press, 105-117.

PROTEAU J. P., ELIE P. & SCHLUMBERGER O, 2007, Le silure glane : biologie, écologie, élevage.

RODIER G., 2007, Evaluation du stock reproducteur de la Grande Alose (Alosa alosa, L.) sur la moyenne Garonne en 2007 : suivi, évolution et pistes de gestion, Rapport pour l'obtention du master 1 Systèmes écologiques, Université Bordeaux 1 et association Migado.

SABATIE M.R., 1998, Eléments d'écologie de la lamproie marine (Petromyzon marinus) dans une rivière Bretonne : le Scorff. Contribution à la connaissance de la dynamique de cette population non exploitée, INRA, Rapport final de la convention région Bretagne n°12172/95, 1-53.

SCHLUMBERGER O., SAGLIOCCO M. & PROTEAU J.P., 2001, Biogéographie du silure (Silurus glanis) : causes hydrographiques, climatiques et anthropiques, Bull. Fr. Pêche Piscic., 359, 485-498.

SPILLMANN C. J., 1961, Famille des Siluridae, Faune de France, poissons d'eau douce, P. Lechevalier, 65, 166-168.

SURLEVE-BAZEILLE J.-E., 2007, Le livre de la Lamproie, éditions confluences, 9-97.

TAVERNY C., URDACI M., ELIE A.M., BEAULATON L., ORTUSI I., DAVERAT F. & ELIE P., 2005, Biologie, écologie et pêche des lamproies migratrices (agnathes amphihalins), Rapport final, troisième tranche foncionnelle, CEMAGREF : Ecosystèmes estuariens et poissons migrateurs amphihalins, 1-92.

TRAVADE F., LARINIER M., TRIVELLATO D. & DARTIGUELONGUE J., 1992, Conception d'un ascenseur à poissons adapté à l'alose (Alosa alosa) sur un grand cours d'eau : l'ascenseur de Golfech sur la Garonne, Hydroécologie appliquée, 4(1), 91-119.

TIXIER P., 1998, Le silure glane (Silurus glanis L.) : Biologie, Colonisation et Impacts. Université Paris IV, rapports bibliographique réalisé dans le cadre d'une maîtrise de biologie, 24.

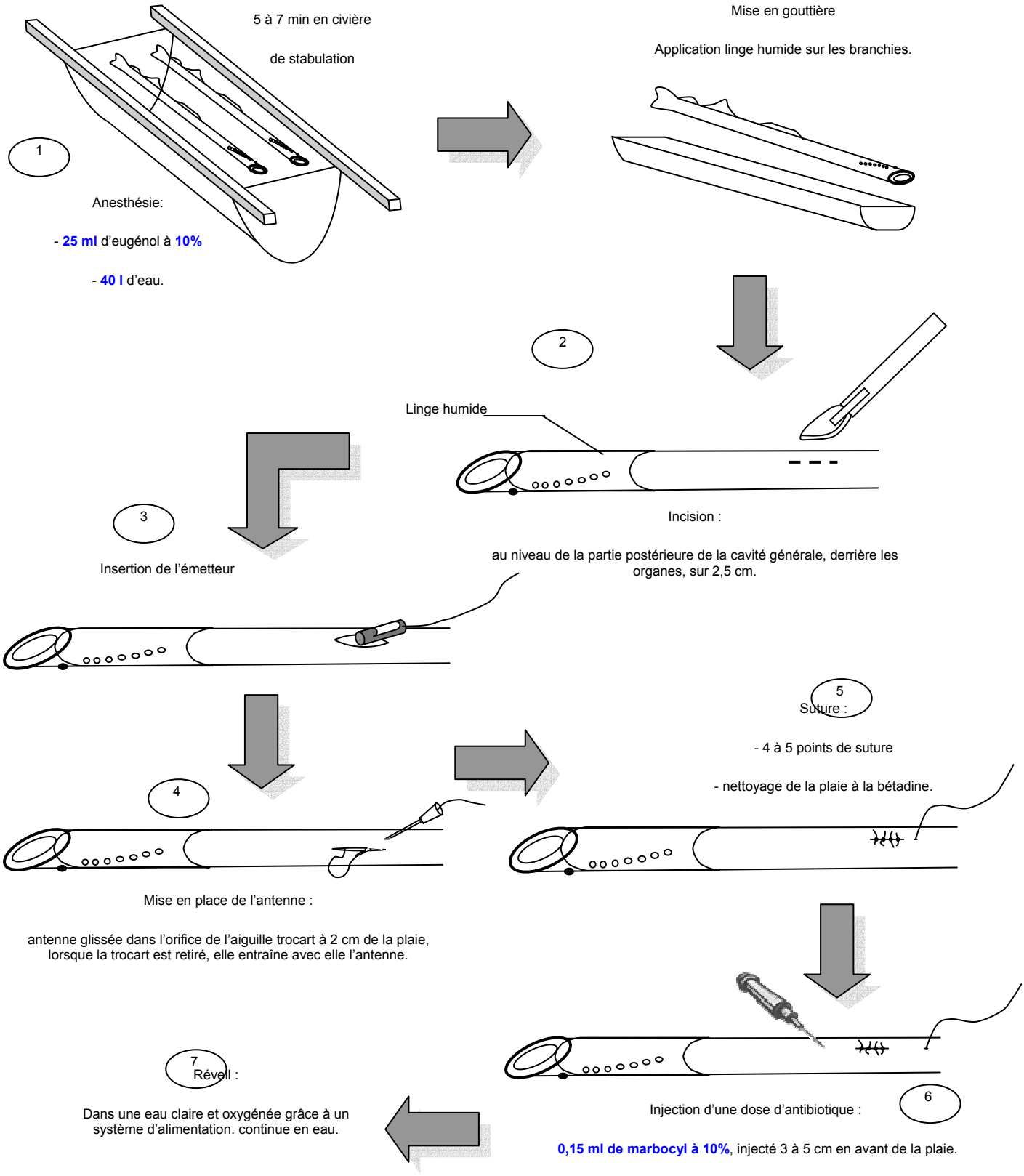
VALADOU B., CHANGEUX T., PROTEAU J.-P., BELLIARD J. & LEDOUBLE O., 2007, Le silure glane (Silurus glanis L.) en France. Evolution de son aire de répartition et prédiction de son extension. I.R.D. (Institut de Recherche pour le Développement), C.S.P. (Conseil Supérieur de la Pêche), CEMAGREF, 1-92.

WINTER J.D., 1983, Underwater biotelemetry, Fisheries techniques, American Fisheries Society, Bethesda, 371-395.

ANNEXES

Annexe A : Protocole de marquage de la lamproie marine. (d'après MI.GA.DO).

MODE OPERATOIRE



Annexe B : Fréquences et biométrie des 40 lamproies radiomarquées en 2008.

N°	Freq TIRIS	Freq ATS	poids (kg)	taille (cm)	lachée à	date	remarques
1	7E9A686	48 291	1,100	84	Couthures	05/05/08	mâle
2	7E9A66E	49 731	1,350	90,7	Couthures	05/05/08	
3	7E9A685	49 751	1,450	88,2	Couthures	05/05/08	femelle
4	7E9A688	49 651	1,150	86	Couthures	05/05/08	femelle
5	7E9A671	49 451	1,450	94	Couthures	05/05/08	
6	7E9A677	48 251	1,650	95	Couthures	05/05/08	
7	7E9A672	49 371	1,350	89,2	Couthures	05/05/08	
8	7E9A666	49 211	1,350	91	Couthures	05/05/08	mâle ; antenne entortillée
9	7E9A66F	49 951	1,100	83	Couthures	05/05/08	femelle
10	7E9A684	49 911	1,350	91	Couthures	05/05/08	
11	7E9A626	49 791	1,450	97	Couthures	05/05/08	femelle
12	7E9A624	48 371	1,050	85	Couthures	05/05/08	mâle
13	7E9A625	49 712	1,000	81,9	Couthures	05/05/08	
14	7E9A621	48 211	1,250	80	Couthures	05/05/08	
15	7E9A687	49 870	1,200	88,8	Couthures	05/05/08	femelle
16	7E9A66D	48 111	1,200	82	Couthures	05/05/08	mâle
17	7E9A67A	49 851	1,300	86	Couthures	05/05/08	
18	7E9A622	49 811	1,650	91	Couthures	05/05/08	
19	7E9A689	49 891	1,300	89	Couthures	05/05/08	
20	7E9A678	49 541	1,150	86,6	Couthures	05/05/08	
21	7E9A67C	49 511	1,100	81	Couthures	09/05/08	femelle + sang
22	7E9A623	48 351	1,200	86	Couthures	09/05/08	mâle
23	7E9A680	49 501	1,200	90	Couthures	09/05/08	
24	7E9A670	49 031	1,100	82	Couthures	09/05/08	
25	7E9A62A	48 081	1,100	81	Couthures	09/05/08	
26	7E9A628	48 771	1,200	84	Couthures	09/05/08	sang
27	7E9A63E	49 931	1,050	83	Couthures	09/05/08	difficulté pour l'émetteur
28	7E9A627	49 171	1,050	86	Couthures	09/05/08	
29	7E9A62B	49 571	0,900	80	Couthures	09/05/08	mâle
30	7E9A629	49 471	1,100	88	Couthures	09/05/08	
31	7E9A63C	49 671	1,250	83	Couthures	09/05/08	femelle
32	7E9A637	49 581	1,050	77	Couthures	09/05/08	
33	7E9A638	49 831	1,100	85	Couthures	09/05/08	
34	731BB66	48 754	1,200	85	Couthures	09/05/08	
35	7E9A639	49 591	0,950	80	Couthures	09/05/08	
36	7E9A63A	49 702	1,000	78	Couthures	09/05/08	
37	7E9A67D	48 501	1,200	86	Couthures	09/05/08	
38	7E9A67E	49 641	1,000	78	Couthures	09/05/08	mâle
39	7E9A63D	48 071	1,350	87	Couthures	09/05/08	
40	7E9A63B	49 611	1,250	83	Couthures	09/05/08	sang

Annexe C : Fréquences et biométrie des 19 silures radiomarqués en 2006.

N°	Freq TIRIS	Freq ATS	taille (cm)	date lâcher	opérateur
1		48 261	126	28/04/2006 14h	Mathieu
2		48 684	145	28/04/2006 14h	Laurent
3	7E9A59F	48 724	141.5	09/05/2006	Mathieu
4	7E9A5A0	49 561	153	09/05/2006	Mathieu
5	7E9A5A1	49 980	126	09/05/2006	Mathieu
6	7E9A5A2	49 080	142.5	09/05/2006	Mathieu
7	7E9A5A3	49 144	184.5	09/05/2006	Laurent
8	7E9A5A4	48 280	162	09/05/2006	Mathieu
9	7E9A5A5	49 661	174.5	09/05/2006	Laurent
10	7E9A5A6	49 760	143	15/05/2006 13h25	Laurent
11	7E9A5A7	49 341	137.5	15/05/2006 13h25	Mathieu
12	7E9A5A8	48 784	121.5	15/05/2006 13h25	Laurent
13	7E9A67B	48 041	121	15/05/2006 13h25	Mathieu
14	4024410	49 621	98	15/05/2006 13h25	Laurent
15	7E9A683	48 301	138.5	23/05/2006 15h	Laurent
16	7E9A682	49 681	121	23/05/2006 15h	Mathieu
17	7E9A681	49 124	124	23/05/2006 15h	Laurent
18		48 741	138	23/05/2006 15h	Mathieu
19		48 081	120.5	23/05/2006 15h	Laurent

Annexe D : Caractéristiques et positions des antennes LOTEK au pied du barrage hydroélectrique de Golfech.

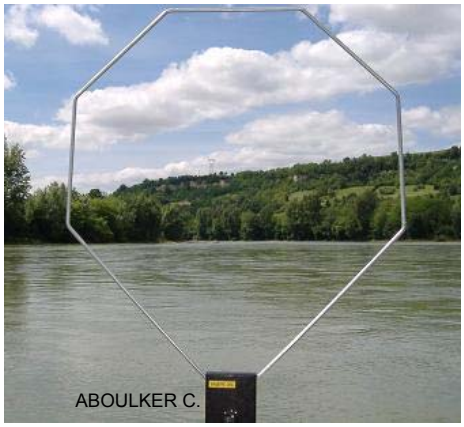
	Position	Localisation	Gain (sans unité)
Antenne 1	aérienne	Entrée passe à poissons	80
Antenne 3	immergée	Entrée passe à poissons	48
Antenne 4	immergée	Bassin de stabulation	48
Antenne 5	aérienne	Sortie turbines	80

antenne 1

exutoire des trois turbines (antenne 5)

entrée de l'ascenseur à poissons (antenne 3)

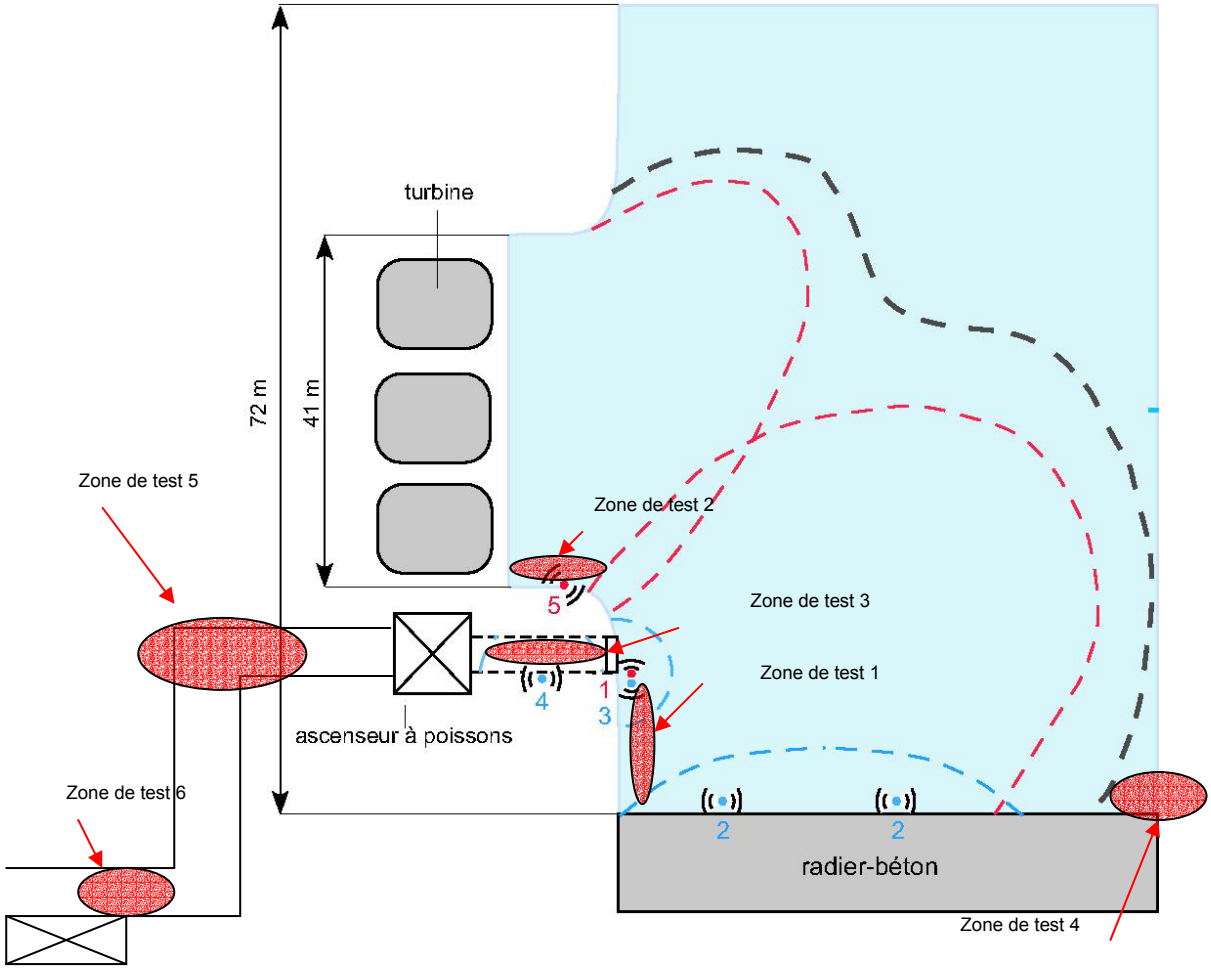
Vue d'ensemble du barrage et de l'ascenseur à poissons de Golfech



Antenne aérienne (1 et 5) et/ou manuelle

bassin de stabulation (antenne 4)

Annexe E : Tests de détection de l'enregistreur LOTEK au droit du barrage de Golfech.



Zone de test 1 (12 scannages) :

L'émetteur est uniquement capté par les antennes 1 et 5 (ainsi que M0). Sur 9 min de test, l'antenne 3 a détecté une seule fois 1 des 3 émetteurs, avec une puissance très faible : 60.

L'antenne M0 détecte l'émetteur avec une puissance moyenne de 140 (1 seule valeur inférieure à 107). L'antenne 1 détecte l'émetteur à chaque scannage avec une puissance moyenne de 150 (avec 1 seule valeur inférieure à 112). L'antenne 5 détecte l'émetteur à chaque scannage avec une puissance moyenne de 135 (1 seule valeur inférieur à 90).

Zone de test 2 (10 scannages) :

L'émetteur est uniquement capté par les antennes 1 et 5 (ainsi que M0). Sur 8 min de test, l'antenne 3 a détecté une seule fois 1 des 3 émetteurs, avec une puissance très faible : 62.

L'antenne M0 détecte l'émetteur avec une puissance moyenne de 145 (1 seule valeur inférieure à 106). L'antenne 1 détecte l'émetteur à chaque scannage, excepté une fois, avec une puissance moyenne de 160 (avec 2 valeurs inférieures à 160). L'antenne 5 détecte l'émetteur à chaque scannage avec une puissance moyenne de 130 (2 valeurs inférieures à 120).

Zone de test 3 (16 scannages) :

L'émetteur est capté par les antennes 1, 3, 4 et 5 (ainsi que M0). Sur 12 min de test, L'antenne M0

détecte l'émetteur avec une puissance moyenne de 235 (valeurs comprises entre 231 et 235). L'antenne 1 détecte l'émetteur à chaque scannage avec une puissance moyenne de 230 (1 seule valeur différente de 235). L'antenne 3 détecte l'émetteur à chaque scannage, excepté une fois, avec une puissance moyenne de 165 (comprises entre 119 et 195). L'antenne 4 détecte l'émetteur à chaque scannage avec une puissance moyenne de 160 (comprises entre 100 et 190). L'antenne 5 détecte l'émetteur à chaque scannage avec une puissance moyenne de 230 (comprises entre 203 et 235).

Zone de test 4 (18 scannages) :

L'émetteur est uniquement capté par les antennes 1 et 5 (ainsi que M0). Sur 14 min de test, l'antenne M0 détecte l'émetteur avec une puissance moyenne de 116 (valeurs comprises entre 80 et 160). L'antenne 1 détecte l'émetteur à chaque scannage avec une puissance moyenne de 120 (valeurs comprises entre 60 et 160). L'antenne 5 détecte l'émetteur à chaque scannage avec une puissance moyenne de 110 (valeurs comprises entre 60 et 160).

Zone de test 5 :

Le temps de ce test fut de 9 min. Pour cette durée, seulement 6 scannages ont été obtenus contre 12 pour la zone de test 1 à durée équivalente. Ces 6 scannages sont uniquement sur M0 avec une puissance moyenne de 70 et à 2 reprises sur l'antenne 1 mais avec des puissances inférieures à 50.

Zone de test 6 :

Seule 1 détection par M0 (puissance : 43) observée sur une durée de plus de 10 minutes.

Conclusions :

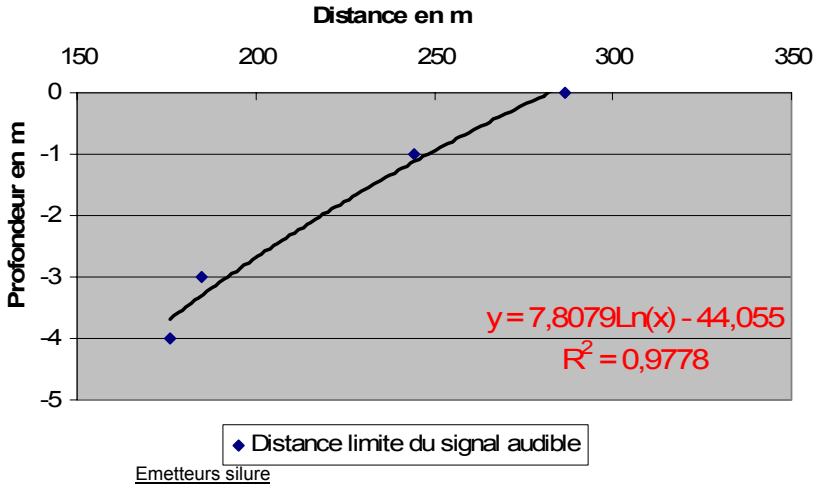
D'après ces tests, un individu qui rentre dans le canal de l'ascenseur, obtiendra des puissances supérieures à 200 pour les antennes 1 et 5 (ainsi que M0), et des puissances supérieures à 100 pour les antennes 3 et 4. Ces dernières n'ayant jamais détecté les émetteurs lors des tests dans les autres zones.

Un individu ayant emprunté l'ascenseur ne sera plus détecté par le Lotek une fois dans le canal de transfert ou bien à des puissances tellement faible que celles-ci ne seront pas fiables.

Annexe F : Tests de détection des différents émetteurs à l'aide du matériel de radiopistage manuel.

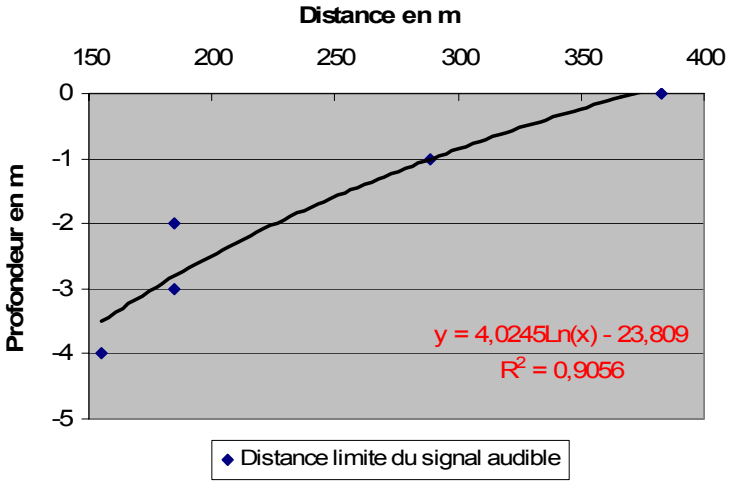
Emetteurs lamproie

Emetteur Lamproie	
Distance (m)	Profondeur (m)
286,38	0
244,2	-1
-	-2
184,8	-3
176	-4

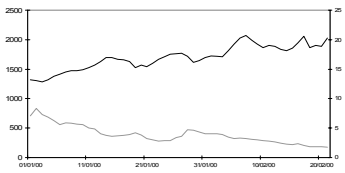
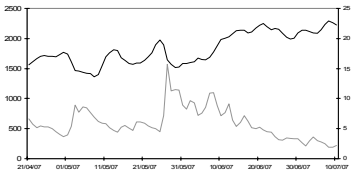
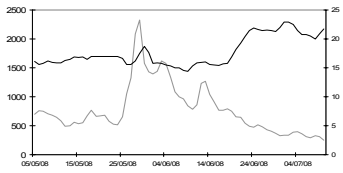


Emetteurs silure

Emetteur Silure	
Distance (m)	Profondeur (m)
382,58	0
288,6	-1
184,8	-2
184,8	-3
155,2	-4



Annexe G : Tableau récapitulatif de l'expérience lamproie.

	2006	2007	2008
Nombre de lamproies radiomarquées	35	40	40
Date de marquage et lieux de laché	► 11/04/2006 (20 lamproies) ► 21/04/2006 (15 lamproies) toutes lâchées à Couthures sur Garonne	► 23/04/2007 (10 lamproies à Couthures sur Garonne et 10 à Monheurt) ► 25/04/2007 (10 lamproies à Couthures sur Garonne et 10 à St Sixte)	► 05/05/2008 (20 lamproies) ► 09/05/2008 (20 lamproies) toutes lâchées à Couthures sur Garonne
Date de la fin du radiopistage	01/06/2006	10/07/2007	16/07/2008
Débits moyens sur cette période	390,40 à Tonneins	593,43 à Tonneins	750,53 à Tonneins
Température moyenne de l'eau sur cette période	16,98	18,37	17,97
Température *Débits (Tonneins)*			
Nombre de jours de radiodpistage	52	81	72
Nombre de tournées effectuées	22	36	15
Lamproies retrouvées au moins une fois	35	39	39
Nombre de lamproies au pied du barrage	0	23	0
Lamproies dans le bassin de stagnation	0	23	0
Lamproies ayant franchi le barrage	0	2	0
Lamproies dans le bras court-circuité	1	4	0
Nombre de lamproies sur le Lot	8	4	3
Lamproies au dessus du seuil d'Aiguillon	7	0	0
PK min	500	29 700	5 000
PK max	100 200	barrage	72 500
PK moy	32 300	78 000	29 000
Durée moyenne d'activité	14,25 jours	25,97 jours	13,76 jours
Dévalaison	0	10	0
Nombre de lamproies marquées TIRIS	30	15	40 (les mêmes que radiomarquées)
Date de marquage et lieux de lâché	► 03/04/2006 (15 lamproies) ► 18/04/2006 (10 lamproies) ► 21/04/2006 (5 lamproies) toutes lâchées à Couthures sur Garonne	► 09/05/2007 en aval immédiat du barrage de Golfech	► 05/05/2008 (20 lamproies) ► 09/05/2008 (20 lamproies) toutes lâchées à Couthures sur Garonne
Retour à la station de contrôle	0	0	0

Annexe H : Tableau récapitulatif des expériences silure.

	2004	2005	2006	2007	2008
Type de capture	pêche scientifique au filet	pêche scientifique au filet	pêche scientifique au filet et capture dans le canal de transfert		
Partenaires	pêcheurs professionnels	► pêcheurs professionnels ► fédération de pêche du Tarn et Garonne ► université Paul Sabatier (laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes)	► pêcheurs professionnels ► GHAAPPE	► pêcheurs professionnels ► GHAAPPE	GHAAPPE
Individus capturés	33 ♀ 5 ♂	72 individus	37 individus	8 individus	
Analyses/ Marquages	► biométrie ►contenus stomacaux	► biomètrie ► marquage de type « spaghetti » ► marquage passif par ablation franche au niveau de la nageoire caudale	► biomètrie ► marquage passif par ablation franche au niveau de la nageoire caudale ou implantation de transpondeur "TIRIS" (26 en 2006 et 8 en 2007) ► double marquage (passif + radioémetteur) en 2006 sur 19 silures pour radiopistage au droit du barrage de Golfech, suivi continué en 2007		suivi par radiopistage des 19 silures marqués en 2006
Issues des pêches	Euthanasie	relâchés dans le canal de fuite	relâchés dans le canal de fuite		
Résultats	2 aloses et 1 lamproie retrouvées chez 2 mâles	► aucun retour sur le marquage spaghetti ► population estimée à 1300 individusdans le canal de fuite, par capture recapture	► définition d'un domaine vital ► définition de zones de repos ► estimation des durées de présence au pied du barrage ► activité nocturne		► sagnation dans l'ascenseur ► montaison avant la reproduction
Conclusion	► Les silures en état de stress ont tendance à régurgiter le contenu de leur estomac, c'est pourquoi la dissection des 72 silures capturés au filet n'a pas donné plus de résultat. ► En 2008, la population de silure entre le seuil de Beauregard et le barrage de Golfech est estimée à environ 9000 individus. ► Le silure adopte un rythme trophique opposé à celui de la grande alose. Il est présent au barrage d'avril à juillet, c'est à dire avant et pendant sa reproduction. Il tente de rejoindre des zones amont avant la reproduction. ► Les temps de stagnation dans le bassin de stabulation de l'ascenseur montre un rythme inadapté des remontées de cuve de l'ascenseur. De plus l'échappement au piège de l'ascenseur est important.				

Les données figurant dans ce document ne pourront être exploitées de quelque manière que ce soit, sans l'autorisation écrite préalable de MI.GA.DO. et de ses partenaires financiers.