



**LOCALISATION DES ZONES DE REPRODUCTION DE LA LAMPROIE MARINE
(*Petromyzon marinus L.*) SUR LA MOYENNE GARONNE EN 2007**

**COMPORTEMENT DU SILURE (*Silurus glanis L.*) AU DROIT DU BARRAGE DE LA
CENTRALE HYDROELECTRIQUE DE GOLFECH EN 2007**

UNE TECHNIQUE COMMUNE : LE RADIOPISTAGE

Etude financée par :

L'Union Européenne
L'Agence de L'Eau Adour-Garonne

Julien COUSTILLAS
Laurent CARRY
Jean Marie DELPEYROUX

Mai 2008

MI.GA.DO. 11G-08-RT



SOMMAIRE

Introduction

1	Matériel et méthode	3
1.1	Le site d'étude :	3
1.2	Les organismes cibles :	5
1.2.1	La lamproie marine :	5
1.2.2	Le silure glane :	8
1.3	Particularités des émetteurs et protocole de marquage :	11
1.3.1	Pour la lamproie :	11
1.3.2	Pour le silure :	14
1.4	Le matériel de détection :	15
1.4.1	Le matériel de détection automatique :	15
1.4.2	Le matériel de détection manuel :	18
1.5	Protocole de terrain et contraintes liées à la radiotéléométrie :	19
1.5.1	Protocole de suivi :	19
2	Résultats	20
2.1	Conditions environnementales :	20
2.2	Résultats concernant les lamproies :	20
2.2.1	Les lamproies ne s'étant pas présentées au barrage (B+A) :	21
2.2.2	Les lamproies s'étant présentées au barrage (C+D+E) :	23
2.3	Résultats concernant les silures :	27
2.4	Détection au niveau de la cuve de l'ascenseur à poissons :	30
2.5	Situation géographique des individus après la période de migration :	30
	Conclusion :	31

Bibliographie

Annexes

Introduction

Le groupe Garonne a décidé de lancer une étude de radiopistage en 2006 sur deux espèces piscicoles présentes en grand nombre sur la Garonne : Le silure (*Silurus glanis L*) et la lamproie marine (*Pétromyzon marinus L*). En effet, les seules données existantes sur le bassin pour ces deux espèces sont celles issues de la station de contrôle de Golfech mais de nombreuses interrogations subsistent sur leur comportement en aval du barrage de l'usine hydroélectrique. Ainsi, cette opération ne cherche pas à comprendre les relations entre ces individus lors de leur déplacement sur la moyenne Garonne mais elle a pour but d'utiliser une technique commune, le radiopistage, pour tenter de répondre à un certain nombre de questions les concernant.

✓ La lamproie marine

La lamproie marine (*Petromyzon marinus L.*), est un poisson migrateur diadrome historiquement présent sur le système fluvio-estuarien Gironde-Garonne-Dordogne.

En effet, du fait de sa forte exploitation par la pêche professionnelle et des enjeux socio-économiques associés (1 million d'euros en moyenne sur la période 1990 – 2000), il est indispensable d'assurer une bonne gestion de la population, notamment en permettant à une fraction conséquente du stock de se reproduire sur les cours d'eau.

Aucun phénomène de homing n'ayant été jusqu'à présent mis en évidence, la gestion de la population de lamproie marine doit être a minima conduite à l'échelle du système Gironde Garonne Dordogne. C'est pourquoi, depuis 2003, un suivi de l'activité de reproduction est effectué sur la Dordogne en aval du barrage de Tuilières pour dénombrer le plus exhaustivement possible les nids de lamproie sur un tronçon de 60 kilomètres. Les résultats obtenus en 2003 et 2004 font état d'une activité de reproduction impliquant 7000 à 14000 géniteurs, représentant un pourcentage non négligeable du stock reproducteur global (respectivement 14 à 30% pour ces 2 années).

Afin d'appréhender plus précisément l'état du stock reproducteur en Garonne, Il a été décidé de réaliser en 2004, dans le même objectif, un premier suivi de la reproduction de la lamproie marine en aval de Golfech. La campagne 2004 a confirmé les difficultés d'observation récurrentes sur la Garonne, liées à la turbidité de l'eau (fonte des neiges, crues). La méthode d'inventaire mise au point sur la Dordogne n'est donc pas exportable sur la moyenne Garonne.

Un suivi par radiotélémétrie d'un nombre statistiquement représentatif d'individus a été initié en 2006 et reconduit en 2007 afin de localiser les principales zones de reproduction et d'en faciliter les suivis futurs. Il doit également permettre d'appréhender la fraction de la population migrante qui demeure à l'aval de Golfech et ainsi estimer l'ensemble du stock reproducteur présent sur le bassin.

✓ Le silure

Depuis plusieurs années, une accumulation de silures a été constatée dans le canal de fuite de l'usine hydroélectrique, à l'aval immédiat du barrage dès le mois de mai, pendant la période de remontée et de reproduction des grands migrateurs, notamment de la grande alose.

L'hypothèse d'une barrière physique constituée par les silures vis-à-vis des aloses, a donc été émise du fait de la chute des effectifs contrôlés au niveau de la station de contrôle de Golfech. Ceux-ci les contraindraient un peu plus à se reproduire au niveau d'une « frayère forcée » dans le canal de fuite au lieu d'emprunter l'ascenseur à poissons et de remonter en amont de Golfech. Ainsi, la télédétection devrait permettre de connaître la position ainsi que la mobilité d'un certain nombre de silures radiomarqués. A noter que seule l'influence du silure sur l'aloise a été suggérée car c'est la seule espèce dont on connaît la répartition amont-aval de Golfech (grâce au suivi de la reproduction de ce poisson), répartition qui a tendance à s'inverser ces dernières années au détriments des passages par le système de franchissement.

Dans un second temps, lorsqu'un poisson marqué remontera par l'ascenseur à poisson en amont du barrage, il sera possible de les suivre durant plusieurs années, ce qui enrichira les connaissances sur ce poisson. En effet, quasiment aucune recherche n'a été menée sur le comportement de ce poisson en France. Cette année 2007 constitue la deuxième année de suivi de cette espèce au niveau de l'aménagement hydroélectrique EDF de Golfech. A noter que les individus suivis sont ceux marqués en 2006 (19 silures), toujours présents sur le site en 2007.

1 Matériel et méthode

1.1 Le site d'étude :

En ce qui concerne la lamproie marine, la zone retenue dans le cadre du protocole d'étude 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.1 ci-dessous).

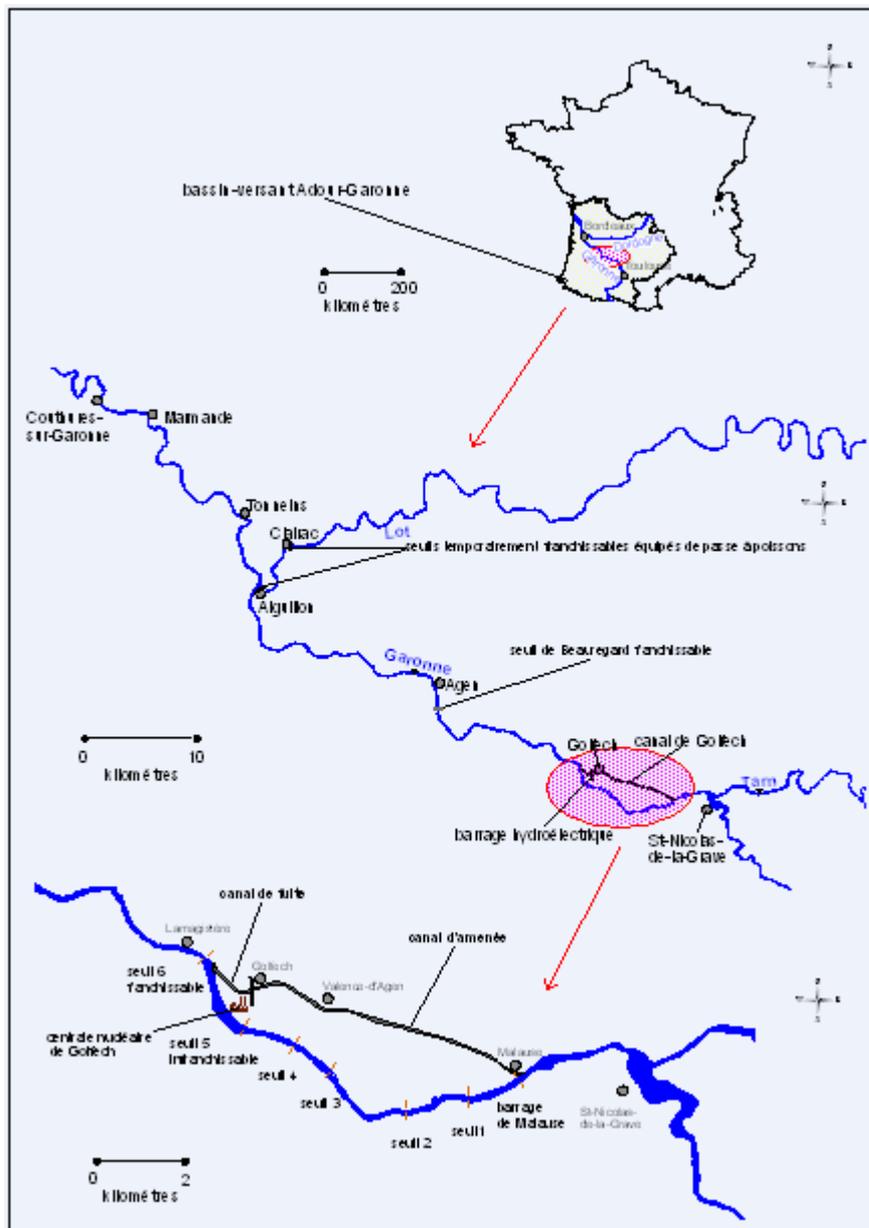


Figure 1 : Carte de localisation des sites d'étude

Ce tronçon de Garonne étudié 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 avale du Lot qui a jouée un rôle primordial dans la migration des lamproies en 2006. Cette partie du Lot comprend la zone située entre la confluence des cours d'eau Lot/Garonne et le barrage de Clairac.

Ce linéaire de 100 km de long est étudié grâce à l'apposition de ponts kilométriques (PK) sur une carte IGN [exemple annexe 1]. Ces derniers vont permettre un relevé précis des poissons radiomarqués en partant du PK 0 se situant à Couthures-sur-Garonne.

Concernant maintenant les prospections liées au silure glane, elles ont été effectuées au niveau du canal de fuite du barrage (entre le barrage hydroélectrique de Golfech et le seuil 6 franchissable), au niveau du cours court-circuité de la Garonne (entre le seuil 5 infranchissable et le seuil 6 (fig.4) et en aval du seuil 6 jusqu'à l'aval de Lamagistère (fig.3).

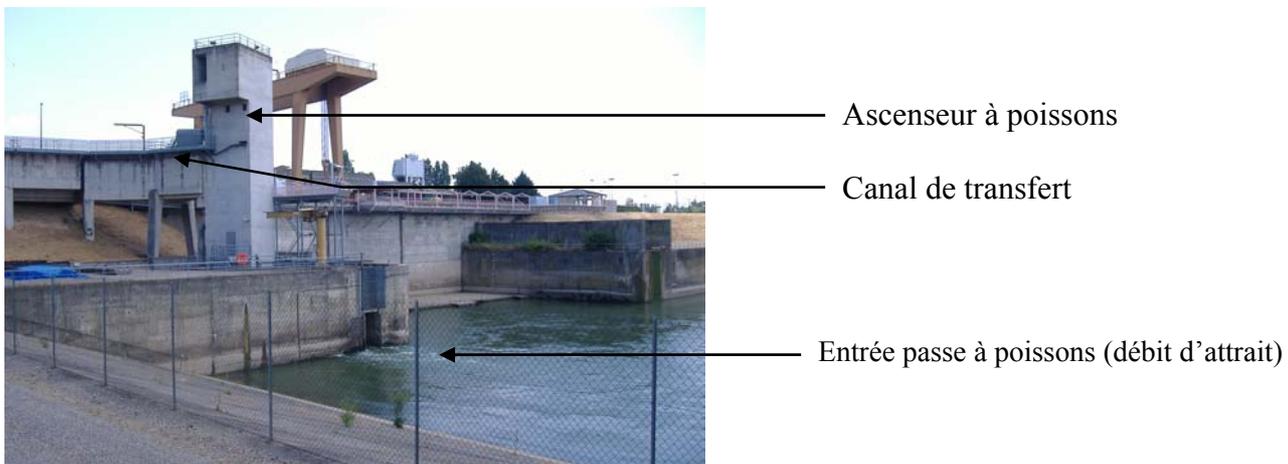


Figure 2 : Photographie du barrage hydroélectrique de Golfech



Figure 3 et 4 : Photographies du seuil 6 franchissable (gauche) et du seuil 5 infranchissable (droite)

Cette partie terrain a également été balisée de points kilométriques ainsi que de repères visuels au niveau du canal de fuite pour faciliter les relevés.

1.2 Les organismes cibles :

1.2.1 La lamproie marine :

Classification : (Sabatié, 1998)

Lamproie marine :	<i>Petromizon marinus</i> L., 1758
Embranchement :	Vertébrés
Super-Classe :	Agnathes
Classe :	Cyclostomes
Sous-classe :	Cephalaspidomorphi
Super-Ordre :	Petromyzonoïdae
Famille :	Petromyzonidae
Genre :	<i>Petromyzon</i>
Espèce :	<i>marinus</i>

Il est important de souligner qu'avec les myxines, les lamproies sont les seules représentantes des Agnathes.

Anatomie et biologie : (Sabatié, 1998 ; Lascaux et Lagarrigue, 2001 ; Ducasse et Leprince, 1980 ; Hardisty et Potten, 1971)

- **Morphologie** : La lamproie possède un corps anguilliforme recouvert d'une peau lisse dépourvue d'écaille mais sécrétant un abondant mucus.



Figure 5 : Vue d'ensemble d'une lamproie marine

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 permettant à l'organisme de respirer par l'intermédiaire des spiracules. La lamproie marine possède également un disque buccal, garni de dents cornées, substituant le système de mâchoire retrouvé chez les vertébrés et non adapté à la succion (voir Fig.7)



Figure 6 : Tête d'une lamproie marine



Figure 7 : Disque buccal de la lamproie marine

Il est aussi possible de noter la présence d'un organe olfactif, mis en communication avec l'extérieure 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.

Il est aussi intéressant de relever chez la femelle un bourrelet urogénital permettant de retenir le mâle pendant le bref accouplement.

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.

- *Cycle de vie*: Au même titre que le saumon atlantique, la lamproie marine fait partie des espèces amphihalines migratrices anadromes. Elle présente donc une phase de croissance en mer et remonte, transitant par les estuaires puis les fleuves et leurs affluents, pour se reproduire en eau douce dans nos cours d'eau. C'est d'ailleurs le cas pour 11 de 38 espèces de lamproies trouvées à la surface du globe.

Cette espèce diffère des caractéristiques du saumon atlantique par sa migration qui ne suit pas le phénomène dit de « homing ». Au cours de ce transit, ayant lieu de décembre à mai, les lamproies stoppent leur alimentation (vivant sur leurs réserves) et les femelles perdent la vue.

De plus, ce transit implique des changements drastiques dans la physiologie de cet organisme vivant. Il semblerait même que se serait la variation de ses capacités osmorégulatrices qui déclancheraient sa migration (Hardisty et Potter, 1971).

La période de reproduction en elle-même se déroule de mai à juillet en réponse à des températures de l'eau échelonnées entre 15 et 18°C.

Les zones de fraie se situent au niveau des sites ayant pour substrat des galets ou des graviers (la lamproie est lithophile) au sein desquels le mâle construit un nid, de 80 cm à 1,5 m de diamètre, à l'aide de sa ventouse essentielle au déplacement des gros galets. La femelle y pond ses œufs (plusieurs milliers) aidée par le mâle qui la strangule, via son corps serpentiforme, tout en diffusant sa semence. A l'issue de cet acte d'une durée de quelques secondes, les 2 géniteurs s'adonnent à un second accouplement, pouvant intervenir plusieurs jours après le premier, avant de mourir. En fait, le frai des individus matures marque la fin du cycle vital de ces animaux.

Deux semaines après la reproduction, les pré-larves éclosent et s'enfouissent dans le nid vivant sur leurs réserves vitellines. C'est 2 à 4 semaines plus tard que ces pré-larves se transforment en larves ammocètes vermiformes et quittent le nid pour s'enfouir dans du sédiment sablo-limoneux où elles vont devenir planctonophages (surtout des diatomées, principal représentant du phytoplancton).

Leur vie larvaire en eau douce dure 5 ans à l'issue desquels, elles vont tout d'abord se métamorphoser entre juillet et octobre puis dévaler vers la mer entre octobre et février.

En mer, elles entament une phase dite de croissance s'échelonnant sur 2 à 3 ans. Elles deviennent alors hématophages et se nourrissent du sang et des tissus des poissons parasités grâce à sa ventouse et aux anticoagulants sécrétés au niveau de son disque buccal (voir fig.8).

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



Figure 8 : Touladi parasité par 2 lamproies marines
www.invadingspecies.com

- *Cas de la lamproie dans le bassin Garonne-Dordogne*: (Carry [MIGADO Garonne], 2006 et 2007 ; Lascaux et Lagarrigue, 2001). Sur bassin Gironde-Garonne-Dordogne, cette espèce représente un intérêt patrimonial et économique indiscutable. D'une manière générale, cette espèce se porte bien sachant qu'une augmentation depuis 2002 des effectifs passant aux stations de contrôle de Golfech, de Tuillière et de Mauzac (axe Dordogne : 15 km en amont de Tuillière) a été observée (fig 9).

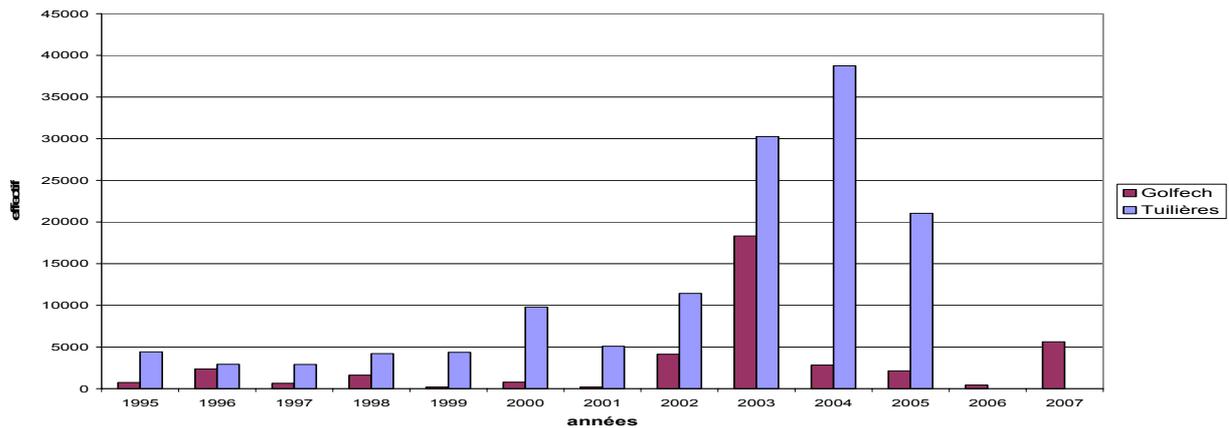


Figure 9 : Evolution des passages de lamproies marine à Golfech et Tuilières entre 1995 et 2007

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 des 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 (ex : en 2004 au niveau de Tuilière, 50 000 géniteurs ont été estimés : station de contrôle 38 000 et 12 000 pour l'estimation à l'aval). Sur la Dordogne, ce travail est relativement facile à réaliser 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 du fait de son régime pluvio nival.

Ainsi pour arriver à un jeu de données complet, la technique de radiopistage semble adaptée. Cette étude, qui a débuté en 2006, demande un travail sur plusieurs années afin de connaître dans le détail l'impact de tous les paramètres influant tels les paramètres biotiques et abiotiques. Pour l'instant 2 campagnes ont été menées, une en 2006 sur 35 organismes radiomarqués et une en 2007 sur 40 organismes marqués (annexe 2). Ces campagnes doivent également permettre d'appréhender le pourcentage d'individus passant en amont du barrage de Golfech.

1.2.2 Le silure glane :

Classification : (Berg, 1964 in Tixier, 1998)

Silure glane :	<i>Silurus glanis</i> L., 1758
Embranchement :	Vertébrés
Super-Classe :	Gnathostomes
Classe :	Ostéichtyens
Sous-classe :	Actinoptérygiens
Super-Ordre :	Téléostéens
Ordre :	Cypriniformes
Sous-ordre :	Siluroidae
Famille :	Siluridae
Genre :	<i>Silurus</i>
Espèce :	<i>glanis</i>

Morphologie :

Possédant un corps allongé, large et trapu dans sa partie antérieure, le silure est caractérisé par sa nageoire anale, difficile à distinguer de la caudale, qui représente à elle seule 2/3 de sa longueur totale. Une autre caractéristique correspond à ses 2 nageoires pectorales ossifiées et très rigides. Chez cette espèce, la nageoire dorsale est de petite taille et il n'y a pas de nageoire adipeuse (voir fig.10). Sa tête, large et aplatie possède une énorme bouche renfermant une mâchoire munie de dents en cardes orientées vers l'intérieure de la gueule et formant de ce fait des râpes.



Figure 10 : Dessin d'ensemble d'un silure glane
www.sites.estvideo.net

Afin de pallier sa faible capacité visuelle, résultant de la faible dimension de ses yeux, sa bouche est munie de 3 paires de barbillons offrant un bon équipement sensoriel. En effet, ces barbillons font office d'organes chimio-sensoriels, olfactifs, gustatifs et tactiles (Brusle et Quignard, 2001 in Valadou 2007). Ses petits yeux sont aussi compensés par une détection acoustique qui est particulièrement développée. Il reçoit une large gamme de vibrations au niveau des osselets de Weber situés entre la vessie natatoire et l'oreille interne. Ceci facilite la localisation des proies qui se fait aussi grâce à ses barbillons et à sa ligne latérale (Tixier, 1998). Comme chez la lamproie, sa peau est recouverte de mucus et dépourvue d'écaille. Sa couleur varie suivant le milieu considéré du vert olive au gris anthracite (Schlumberger et Proteau, 2001 in Valadou 2007), en revanche, son ventre est toujours blanc. Cette espèce, à la nage serpentiforme, peut atteindre 3 m en France et 110 kg. Cependant, sa taille et son poids varient énormément suivant la zone géographique considérée.

Origine et aire de répartition : (Tixier, 1998 ; Valadou, 2007)

Ce poisson est originaire du sud/est de l'Europe. Il est important de noter que cette espèce n'est pas contemporaine sur le territoire français sachant que les fossiles les plus anciens de *Silurus Sp* datent du Miocène moyen ou supérieur.

Après un ensemble d'acclimatations ayant échouées entre la fin du XIX^{ème} et la première moitié du XX^{ème} siècle, son introduction (ou plutôt sa réintroduction) s'est faite avec succès à la fin des années 70 dans le Bassin de la Saône par le propriétaire d'un étang. Sa recolonisation, grandement

facilitée par l'homme (déversements volontaires et anonymes) s'est faite en France au niveau de tous les bassins fluviaux en moins de 30 ans. Après avoir colonisé la Saône, son extension toucha la Loire puis dans les années 90 le Rhône. A la suite de ceci, il a été possible d'assister à une véritable explosion des populations au niveau du Tarn aval, de la Garonne moyenne et avale puis de la Dordogne avale et de l'Isle avale.

L'extension rapide du silure glane sur le territoire français est la résultante de multiples introductions volontaires et de l'utilisation des canaux trans-bassins par cette espèce (Penil, 2004 *in* Valadou, 2007).

Il est important de relever qu'à partir de 1995 la progression de cette espèce a été particulièrement importante dans les grands bassins de la Loire et de la Garonne.

Principaux éléments de biologie : (Tixier, 1998 ; Valadou, 2007)

Le silure est une espèce euryhaline* trouvée principalement dans les cours d'eau et les plans d'eau intérieures. Affectionnant particulièrement le secteur aval des cours d'eau, c'est une espèce d'eau chaude ayant une croissance optimale pour des températures de 28 à 30°C.

En ce qui concerne sa nutrition, elle a été observée à partir d'un minimum de température de 11°C. Il est aussi possible de relever dans la littérature des données indiquant que sa reproduction serait principalement déclenchée par des températures allant de 18 à 20°C pendant une période relativement longue.

Cette espèce rustique supporte donc une large gamme de variation des températures. Par ailleurs, elle supporte une grande variété de conditions écologiques, c'est une espèce plastique et eurytope*.

Cet organisme est relativement grégaire et vit généralement en petits groupes. Il vit caché le jour et possède une activité nocturne marquée entre le crépuscule et l'aube. C'est durant cette partie de la journée que se réalise la majeure partie de sa nutrition. Les adultes sont principalement ichtyophages, bien qu'opportunistes dans certains cas, avec une grande variété d'espèces rentrant dans leur régime alimentaire (Pinter, 1976 *in* Tixier, 1998).



La période de frai, de ce poisson au cycle de reproduction annuel, se situe entre fin avril et fin juillet et dure de 1 mois et demi à 2 mois et demi (Mohr, 1957 *in* Tixier 1998 ; Berg, 1964 *in* Tixier, 1998).

Figure 11 : Silure glane sur son site de reproduction
www.sites.estvideo.net

L'âge de la maturité sexuelle, évalué entre 3 et 5 ans, varie suivant la zone géographique et le sexe considérés.

La reproduction se fait sur les zones de hauts fonds à proximité des rives arborées (fig.11) au sein d'un nid mis en place par le mâle. Ce dernier reste près du nid pendant la période de développement des œufs pour protéger et oxygéner la ponte issue de la femelle.

Les œufs éclosent vers 4 à 5 jours après la ponte libérant des petites larves qui se fixent sur des racines pour éviter l'envasement et l'asphyxie. Leur croissance sera par la suite de 38 à 48 cm/an avant la maturité sexuelle puis de 5 à 7 cm/an suite à l'acquisition de leur potentiel reproducteur. Pour finir, le silure glane a une longévité allant de 15 à 20 ans et peut, dans certains cas, atteindre l'âge de 40 ans.

• *Cas du silure sur la Garonne* : (Carry [MIGADO Garonne], 2006 et 2007). Les premiers recensements de silures dans le bassin Garonne-Dordogne datent de 1995. Depuis cette date, la population n'a cessé de croître (fig.12).

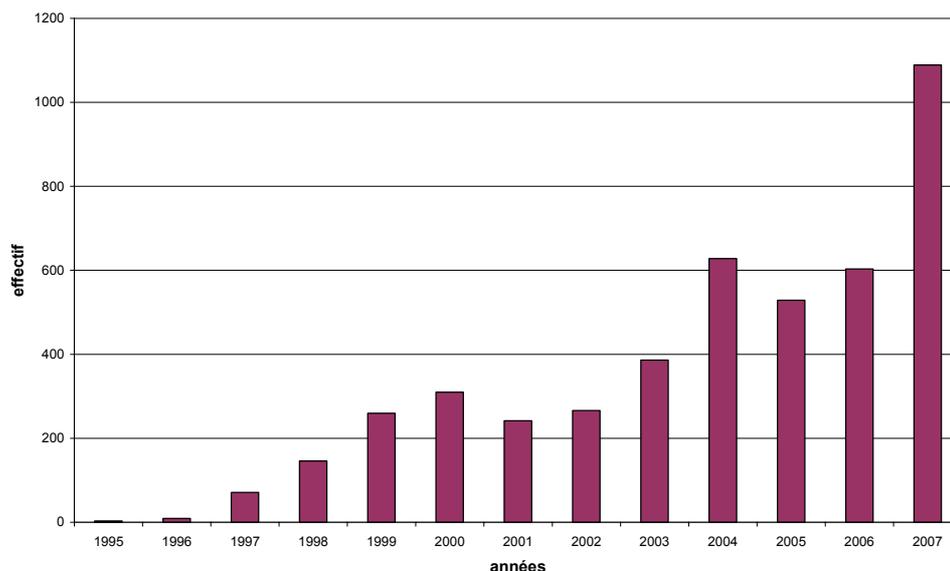


Figure 12 : Nombre de silures passés entre 1995 et 2007 à Golfech

Cette rapide colonisation ne se fait pas sans poser certains problèmes notamment vis-à-vis de l'impact de cette espèce sur les populations de migrateurs transitant sur l'axe fluvial de la Garonne. En effet, le silure glane est susceptible d'effaroucher de nombreuses espèces lorsque celles-ci se présentent à l'ascenseur à poissons, de Golfech rendant leur passage à l'amont de l'ouvrage plus difficile. Ce questionnement, s'est notamment posé vis-à-vis de la grande alose, seule population de grands migrateurs dont on connaît précisément la totalité du stock reproducteur.

En effet, le stock reproducteur d'aloses passant à la station de contrôle connaît depuis 1998 une baisse continue et intensifiée à partir de 2005. A ceci se rajoute le fait que depuis quelques années, de nombreux reproducteurs chez l'alose privilégient la partie aval du canal de fuite pour ce reproduire au dépend de zones en aval du barrage de Golfech plus propices au bon développement des œufs et des larves. Donc l'hypothèse d'une influence comportementale du silure sur l'alose n'est pas écartable d'autant plus qu'il n'y a pas d'obstacle à la libre circulation au niveau du canal de fuite et que l'ascenseur fonctionne parfaitement. Cependant rien n'a encore été prouvé tant que l'impact des facteurs abiotiques n'est pas connu dans ces moindres détails.

Mais ces questionnements sont plus que jamais à l'ordre du jour avec des stocks de silures ayant atteints des records en 2007 (1134 individus passés à la station de contrôle) et des observations révélant des accumulations importantes de cette espèce au niveau du canal de fuite et en particulier au droit de l'ascenseur à poissons en période nocturne et également depuis 2003 durant la journée. Etant donné le peu de connaissances relatives concernant cette espèce au niveau du bassin et plus globalement en France, des campagnes expérimentales ont été menées :

- **2004** : une pêche scientifique a été menée par l'association MIGADO et des pêcheurs professionnels. 38 individus (33 femelles matures et 5 mâles) ont été capturés et leur contenu stomacal analysé. 2 aloses et une lamproie seulement ont été trouvées dans les estomacs de 2 mâles. Ceci n'est pas suffisant pour prouver une prédation importante du silure sur ces espèces. Donc le phénomène d'effarouchement semblerait seulement comportemental.

- **2005** : une autre pêche scientifique sur 72 individus a été menée. Après l'analyse biométrique, chaque individu a subi un marquage de type « spaghetti » et a été relâché au niveau du canal de fuite de l'usine hydroélectrique de Golfech. Cette opération a été menée en collaboration avec la fédération de pêche du Tarn et Garonne et l'université Paul Sabatier (laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes). Ces marques permettent aux pêcheurs locaux de signaler les recaptures. Les poissons piégés au cours de cette campagne ont aussi été marqués d'une ablation franche au niveau de la nageoire caudale pour être reconnus à la vidéo de la station de contrôle de Golfech. Ceci a

permis de faire une estimation grossière de la population non marquée de silures en bas du barrage grâce au ratio silures marqués et passés au niveau du canal de transfert/silures marqués restés en bas du barrage. Cette opération permet d'estimer la population présente au droit de Golfech entre **1500 et 2500 individus**.

- **2006/2007** : dans la continuité des résultats issus des campagnes de 2004 et 2005, il était nécessaire d'affiner les prospections pour connaître dans le détail le comportement de poisson au droit immédiat du barrage hydroélectrique. C'est la raison pour laquelle, l'étude par radiotélémétrie a été lancée en 2006 grâce au marquage de 19 silures avec des radio-émetteurs [récapitulatif annexe 3]. Cette initiative a été réitérée en 2007 avec le suivi des silures marqués en 2006.

1.3 Particularités des émetteurs et protocole de marquage :

1.3.1 Pour la lamproie :

Le marquage à proprement parler des lamproies s'est déroulé en 3 phases. Pour commencer, 40 d'entre elles ont été munies de radio-émetteurs au cours de 2 campagnes de marquage (le 23 et le 25 avril 2007). Pour terminer, 15 autres lamproies ont été équipées de transpondeurs ou marques tiris (le 09 mai 2007).

Les radio-émetteurs :

L'expérience d'insertion de radio-émetteurs chez la lamproie marine menée cette année correspond à la seconde tentative en France vu que le premier marquage sur cette espèce, réalisé également par l'association MIGADO, date de 2006.

Cette année, 40 individus ont fait l'objet de marquage [récapitulatif annexe 2].

Les émetteurs utilisés sont commandés par MIGADO à l'entreprise ATS (Advanced Telemetry System).

Le choix du modèle des émetteurs 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. Les émetteurs externes semblaient intéressants pour leur distance d'émission mais risquaient de se décrocher. Pour les émetteurs internes, le risque de se décrocher était nul mais ils offraient une distance d'émission insuffisante. Il est important de noter que le choix du modèle des émetteurs devait être fait en se souciant de la rationalité de la taille de l'émetteur face au volume de la cavité générale de la lamproie. Par ailleurs, le poids de l'émetteur sélectionné ne devait pas dépasser 2% du poids de l'animal. Au final, les émetteurs commandés sont des émetteurs internes avec une antenne externe.

Tableau 1 : Caractéristiques des émetteurs lamproie

	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

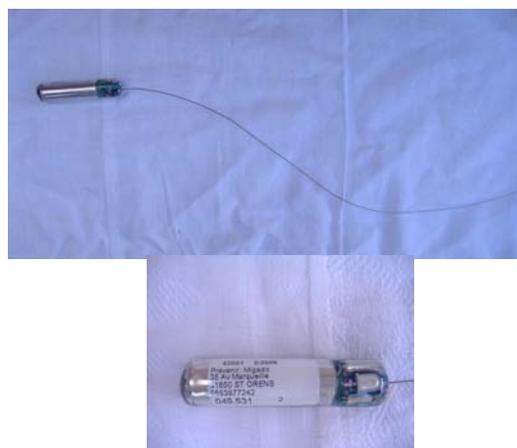


Figure 13 et 14 : photos, générale et détaillée, des émetteurs lamproie

Tous les émetteurs de ce modèle émettent sur une fréquence radio différente comprise entre 48 et 49 MHz. Par ailleurs, ils produisent un signal à une fréquence de 55 bips/min lorsque le poisson est en activité et de 55 à 110 bips/min lorsque ce dernier est immobile quelque soit les circonstances. Suivant la fréquence émise, les termes de simple bip, dans le premier cas, et de double bip, dans le second cas, sont employés. Il est important d'évoquer que la fréquence des signaux nous permet d'appréhender si les organismes marqués sont morts

Les lamproies utilisées pour le marquage sont issues de la pêche professionnelle. Elles ont été prises par 2 pêcheurs associés (Philippe et Sébastien Gautier) à l'aide de nasses sur les cours de la Garonne et de la Dordogne.

Le protocole opératoire du marquage s'est déroulé sur le site de leur conservation suite à la pêche afin de limiter le stress lié au transport. Cette manipulation s'est déroulée en 7 étapes. Entre chaque étape le matériel a subi un nettoyage et surtout une désinfection à la bétadine. Par ailleurs, avant leur insertion, les émetteurs ont été nettoyés et désinfectés à l'alcool à 90° puis à la bétadine. Pour finir, les aiguilles des seringues ont bien évidemment été changées à chaque individu marqué.

1) Anesthésie de l'animal : les lamproies sont plongées par groupes de 2 dans un bassin, pendant 5 à 7 min, dans un bain composé de 25 ml solution d'eugénoïl (extrait de clou de girofle) à 10% (dilution avec de l'alcool à 90°) et de 40 l d'eau. Ce dosage résulte d'autres études menées par MIGADO nécessitant l'anesthésie de lamproies. Une fois que les organismes sont plongés dans le bassin, matérialisé par une civière (fig.15), ce dernier est fermé afin d'éviter que les lamproies, très vivaces, quittent ce contenant.



Figure 15 : Lamproie dans le bassin anesthésiant

2) Incision et insertion de l'émetteur : une fois les lamproies endormies et pesées, ces dernières sont placées une à une dans un support semi-cylindrique en PVC en forme gouttière. Dans le but de maintenir les branchies humides et de calmer les individus, un linge est posé sur la tête de l'animal. Les lamproies sont par la suite incisées au niveau de la partie postérieure de la cavité générale, derrière les organes, grâce à un scalpel préalablement trempé dans de la bétadine pour limiter tout risque d'infection. L'incision est pratiquée d'avant en arrière sur environ 2,5 cm. Elle est dans un premier réalisée superficiellement puis les tissus sont délicatement coupés vers le haut afin de ne pas endommager les organes. Puis les tissus sont écartés, grâce à une pince désinfectée, et la paroi de la cavité générale est perforée avec le scalpel. L'incision est ensuite agrandie et l'émetteur y est glissé.



Figure 16 : Incision de la cavité générale d'une lamproie



Figure 17 : Insertion d'un émetteur

3) Mise en place de l'antenne : l'antenne externe ne ressort pas au niveau de la précédente incision réalisée à l'animal afin de réduire les



Figure 18 : Mise en place de l'antenne d'un émetteur

risques potentiels d'infection. Elle ressort 2 cm en arrière de la plaie. Cette opération est réalisée à l'aide d'une aiguille trocart qui est insérée en arrière de la plaie et ressort au niveau de l'incision. L'antenne est glissée dans l'orifice de l'aiguille et lorsque le trocart est retiré, elle entraîne avec elle l'antenne (fig.18).

4) Suture de la plaie : 4 à 5 points de suture sont réalisés (fig.19), afin de refermer la plaie, grâce à une aiguille courbe adaptée ainsi que du fil à résorption lente (\approx 1 mois) conseillé par un vétérinaire spécialisé. La suture de la plaie est directement suivie d'un nettoyage à la bétadine toujours pour limiter les risques d'infection.



5) Injection d'une dose d'antibiotique : 0,15 ml de marbocyl à 10%, recommandé également par le vétérinaire, est injecté 3 à 5 cm en avant de la plaie pour palier tous risques d'infection futurs.



Figure 20 : Injection d'une dose d'antibiotique chez une lamproie

6) Le réveil : cette étape, clôturant l'opération, permet de relever d'éventuelles anomalies dues à l'opération et de réveiller l'animal dans des conditions optimales. Après avoir été mesuré, chaque individu est immédiatement placé dans un bassin dit de réveil (fig.21) contenant de l'eau claire et oxygénée grâce à un système d'alimentation continue en eau. Sur les 40 lamproies marquées, aucune mortalité n'a été observée suite à l'opération. Cette étape dure 1 à 2 heures et précède le lâché des organismes marqués dans le milieu naturel.



Figure 21 : Lamproies opérées dans un bassin de réveil

7) *Le lâché* : comme ceci a été mentionné ci-avant, le lâché a été réalisé en 2 phases. Tout d'abord, le 23/04/2007, 10 des 20 lamproies marquées ce jour là ont été remises à l'eau au niveau de Couthures-sur-Garonne (Point Kilométrique ou PK 0). Les 10 autres étant lâchées à Monheurt (PK 36 700). Puis le 25/04/2007, 10 lamproies supplémentaires ont été lâchées à Couthures-sur-Garonne et les 10 autres à S^t Sixte (PK 95 500).

Cette opération s'est faite au niveau de plusieurs sites afin d'optimiser les chances que les organismes arrivent à la station de contrôle de Golfech pour répondre aux questions concernant la problématique de franchissement du barrage hydroélectrique. En effet, en 2006 la totalité des lamproies avaient été lâchées à Couthures et ayant eu de faibles vitesses de progression, aucune n'avait atteint l'ouvrage.

1.3.2 Pour le silure :

Il n'y a pas eu de marquage silure au cours de l'été 2007. Tous les silures faisant partis de l'étude 2007 résultent en fait du marquage de 2006 qui a inclus à la fois les radio-émetteurs et les transpondeurs tirés. Ce dernier s'est déroulé au cours de 4 campagnes (le 28/04, le 09/05, le 15/05 et le 23/05) et a permis de marquer 19 poissons [récapitulatif annexe 3].

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

Les radio-émetteurs :

Les 19 silures issus de la pêche ont étaient munis de radio-émetteurs. Ces poissons ont été préalablement capturés dans le canal de transfert du barrage hydroélectrique. Il est intéressant de noter que l'implantation de radio-émetteurs chez le silure en était à son premier essai. Puis, ils ont été transférés jusqu'au site où l'opération s'est déroulée à savoir la terrasse sous le canal de transfert et adjacente à l'ascenseur à poissons [récapitulatif de la manipulation annexe 4]. 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. Si notre choix s'était orienté vers un émetteur totalement interne, avec antenne enroulée ou dans un moule, la distance d'émission aurait été 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 (tableau 2 et fig. 22 et 23).

Tableau 2 : Caractéristiques des émetteurs silure

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



Figure 22 et 23 : photos, générale et détaillée, des émetteurs silure

Ces émetteurs fonctionnent de la même manière que les émetteurs lamproies avec notamment chaque émetteur qui émet sur une fréquence radio différente des autres émetteurs.

En ce qui concerne le marquage, les étapes sont similaires. 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'émetteur silure. Ce dernier étant plus large que celui utilisé pour la lamproie, la taille de l'incision pratiquée s'en trouve augmentée avec pour le silure avec une incision sur 5 cm. Il est important de relever que cette étape a occasionnée 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.

Les marques TIRIS :

Sur les 19 silures radiomarqués, 15 ont été munis de transpondeurs TIRIS [récapitulatif annexe 3] pour matérialiser d'éventuels passages des silures au dessus du barrage de Golfech *via* l'ascenseur à poisson et tester la transparence de cet ouvrage. 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 ont un diamètre de 4 mm et contiennent un circuit intégré et une bobine constituant l'antenne.

Ce type d'appareillage nécessite la pose d'antennes de réception permettant la lecture de l'identifiant ou transpondeur inséré au poisson. Par ailleurs, il est impératif de posséder un dispositif récoltant les données (présenté par la suite).

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 sur le linéaire de Garonne étudié mais seulement détectés à des endroits spécifiques. La distance de détection peut aller jusqu'à un mètre. Ces marques ont été implantées dans la cavité générale des individus, au moment de la mise en place des radio émetteurs.

1.4 Le matériel de détection :

1.4.1 Le matériel de détection automatique :

L'enregistreur LOTEK :

Ce dispositif (fig.24) est utilisé de façon similaire pour le suivi des lamproies radio marquées et des silures radio marqués. C'est un appareil de détection automatique des organismes 24h/24 qui a été mis en place afin d'appréhender tous les poissons qui se présentent à l'ascenseur et de voir le comportement des espèces cibles au droit immédiat du barrage. Le terme de comportement laisse sous entendre les



Figure 24 : Enregistreur télémétrique LOTEK

intrusions successives au barrage des poissons marqués dans la zone couverte par le lotek ainsi que les zones fréquentées et les déplacements effectués par ces mêmes poissons à l'aval immédiat de l'ouvrage.

Ce dispositif est composé de 4 antennes immergées et de 2 antennes aériennes toutes connectées à un enregistreur lotek. Ce dernier enregistre les signaux radio compris entre 48 et 52 MHz.

Son fonctionnement nécessite de rentrer préalablement dans l'appareil les fréquences des poissons potentiellement dans la zone du barrage (ceux au barrage et situés à moins de 30 km de ce dernier). Dans notre cas, 48 fréquences ont été rentrées. Une fois sa mise en marche, ces mêmes fréquences vont être scannées une à une en continu.

Ce dispositif nécessite des réglages et des étalonnages qui ont été réalisés en 2006 par MIGADO. 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.

En pratique, pour évaluer la zone couverte par chaque antenne lors des réglages, un émetteur a été immergé et déplacé au droit du barrage à l'aide d'un bateau du CSP (Conseil Supérieur de la Pêche) conduit par Serge Vogel (garde chef à la DR 7 de Toulouse).

- **Le choix des antennes** : il a été fait afin de couvrir au départ une grande surface de réception à l'aide d'une antenne fictive dite M0 correspondant au fonctionnement simultanée de toutes les antennes reliées au lotek. Puis, par la suite des zones plus restreintes incluses dans la zone de réception de M0 ont été matérialisées à l'aide de 3 antennes immergées (antennes 2, 3 et 4) et de 2 antennes aériennes (1 et 5).

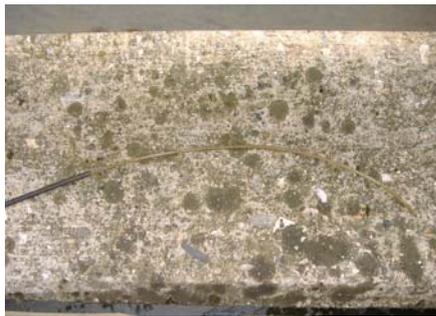


Figure 25 et 26 : Photos d'une antenne immergée à gauche et d'une antenne aérienne à droite

Il est important de noter que dans le cas des antennes aériennes, les échos des émissions radio sur des supports solides peuvent être détectés ce qui pose un problème de fiabilité concernant la position des poissons détectés.

Les antennes aériennes (fig.26), aptes à recevoir des signaux lointains mais peu précises, ont été affectées d'un gain élevé afin de couvrir une grande zone de réception. Leur emplacement délimite 2 secteurs propres et un 3^{ème} correspondant à leur recouvrement [voir annexe 5].

Les antennes immergées (fig.25) ont été affectées d'un gain plus faible afin de localiser avec plus de précision ceci dans le but de localiser avec plus de précision les organismes marqués au droit du barrage et notamment lorsque ces derniers se présentent à l'ascenseur antennes 3 et 4).

Pour terminer, l'antenne 2 comprend en fait 2 antennes immergées à 10 m l'une de l'autre.

- **Fonctionnement du lotek** : afin de ne pas surcharger l'appareil, seules les fréquences des poissons à proximité du barrage et des poissons pouvant potentiellement arriver au barrage sont rentrées dans le lotek. Cette volonté de minimiser le nombre de fréquences répond au problème du temps trop important que mettrait le dispositif pour balayer complètement toutes les fréquences des organismes marqués sur chaque antenne sachant que l'analyse d'une fréquence prend 5 secondes par antenne. Les pointages, notamment pour la lamproie, ont permis d'ajouter ou de supprimer des fréquences au cours de la campagne de suivi.

Le balayage des fréquences se fait en débutant par l'antenne fictive M0 (antenne « maîtresse » : ensemble des 5 antennes). Cette antenne fictive a été affectée d'un gain supérieur aux autres antennes pour étendre encore d'avantage la zone de détection. Si M0 détecte un signal suffisamment important (puissance > 50), le scanne sur chaque antenne prise individuellement aura lieu. Dans le cas contraire, le lotek passe directement à une autre fréquence qu'il scanne sur M0 à nouveau (illustration tableau 3).

Tableau 3 : Exemple type d'enregistrement lotek

Date	Time	Frequency	Rate/Temp	Pwr	Ant
01/01/1900	20:59:17	49.341	55	153	M0
01/01/1900	20:59:24	49.341	55	193	1
01/01/1900	20:59:36	49.341	56	41	2
01/01/1900	20:59:55	49.341	55	110	4
01/01/1900	21:00:55	48.011	57	44	M0
01/01/1900	21:02:21	49.931	57	43	M0

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

Pas de détection sur les antennes 3 et 5

Ce système nécessite un déchargement régulier de l'enregistreur pour éviter la saturation.

L'enregistreur TIRIS :

il est important de rappeler que la seule utilité de cet enregistreur est de relever la présence des individus marqués de transpondeurs tiris ayant préalablement empruntés l'ascenseur à poissons et se présentant au niveau du canal de transfert (fig.27). Cet appareil récolte donc des données utilisées dans le cadre de la problématique de franchissement du barrage.



Figure 27 : Canal de transfert (passe à poissons)

Ce système tiris est composé de 5 éléments indispensables : une marque tiris (le transpondeur), une antenne située au niveau du canal de transfert avec un boîtier accord, un coffret de lecture/enregistrement (fig.28) et un ordinateur portable. Il fonctionne en permanence et émet une impulsion de fréquence égale à 134 kHz à travers une 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. Ce code d'identification unique du transpondeur est alors stocké au même titre que la date, l'heure et le code de la station sur un module de sauvegarde pouvant à tout moment être déchargé *via* un ordinateur portable.



Figure 28 : Coffret de lecture/enregistrement tiris

L'enregistreur ATS :

Ce type d'appareillage peut servir d'enregistreur automatique ou de matériel de détection manuel. Le modèle ici présent (fig.29) est le R 2000. Il est branché en continu sur une prise secteur et possède un spectre allant de 30 à 220 MHz. Par ailleurs, il permet de scanner un maximum de 200 fréquences.

Dans le cadre de son utilisation automatisée, le but est de mettre en évidence le passage des organismes radiomarqués *via* la passe à poissons et principalement pour les organismes n'étant pas munis de transpondeur tiris. Les fréquences des organismes à proximité du barrage sont rentrées dans l'ATS et sont scannées ou encore balayées en continu



Figure 29 : ATS modèle R 2000 utilisation automatique

sur l'antenne disposée verticalement au niveau du canal de transfert. Lorsqu'un signal est perçu, la fréquence de l'organisme passé est enregistrée au même titre que la date, l'heure et la puissance du signal. Toutes ces données sont stockées au niveau du boîtier enregistreur situé sous l'ATS (fig 29).

Le gain affecté à l'antenne permet de détecter les émetteurs 10 m en amont et en aval de cette dernière. Ceci permet de ne pas passer à côté de certains poissons sachant que le balayage de toutes les fréquences rentrées (à savoir 43) prend quasiment 1 min 30 (2 secondes pour chaque fréquence).

Il est nécessaire de décharger l'enregistreur grâce à un ordinateur portable afin de visualiser les données et de ne pas saturer le disque dur de l'ATS.

1.4.2 Le matériel de détection manuel :

Le même ATS que celui décrit ci-dessus est utilisé (modèle R 2000), son fonctionnement est donc le même (fig. 30). La différence vient de l'usage qui en est fait. Ici son utilisation est mobile que ce soit à pied ou embarqué dans une voiture. Il est utilisé pour le radiopistage silure et lamproie.

Par ailleurs, il peut être utilisé de 2 façons. Sa principale utilisation est semi automatique, avec un balayage continu des fréquences rentrées dans l'appareil. A chaque signal perçu (grâce à un écouteur audio branché sur l'ATS), le scanne est stoppé et la fréquence, la date, l'heure ainsi que la position du poisson sont relevées. Puis la fréquence identifiée est supprimée de la liste de l'appareil pour faciliter la suite la prospection en allégeant le scanne. Il est aussi possible de l'utiliser de façon manuelle en réglant soit même la fréquence que l'on veut scanner et en restant dessus le temps voulu. Si un signal est alors perçu, comme dans le cas précédant, la fréquence est relevée avec les autres paramètres et supprimée de la liste rentrée au départ.



Figure 30 : ATS modèle R 2000 utilisation manuelle

Le matériel de réception, c'est-à-dire le type d'antenne utilisé, diffère si le radiopistage se fait à pied ou en voiture. Si l'ATS est utilisé à pied, une antenne « manuelle », analogue à celles du dispositif lotek, est utilisée. Ce type d'antenne, appelé antenne boucle, est utilisé lorsque le protocole nécessite des réceptions en basses fréquences ce qui est notre cas (rappel : fréquences des émetteurs entre 48 et 49 MHz). Pour une utilisation en voiture, une antenne « toit » aimantée sur le capot est de rigueur.

L'antenne « toit » détecte des signaux à 700 m alors que l'antenne « manuelle » ne détecte des signaux qu'à 500 m. 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. Ces dernières sont même souvent largement inférieures aux valeurs évoquées ci-dessus. Au final, l'antenne « toit » offre une meilleure réception que l'antenne manuelle. Mais pour caractériser 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 radiomarcqué.

1.5 Protocole de terrain et contraintes liées à la radiotéléométrie :

1.5.1 Protocole de suivi :

- *Les lamproies* : le suivi des lamproies s'est effectué sur les 100 km de Garonne entre Couthures-sur-Garonne et Golfech. Les sorties, pour retrouver les organismes, se sont déroulées à un rythme de 3 fois par semaine jusqu'au 1^{er} juin puis à un rythme de 2 fois par semaine par la suite. Ce changement résulte du comportement passif de la quasi-totalité des lamproies à cette date, 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. La suite des tournées s'est fait en tenant compte de la position de chaque poisson à la tournée précédente. C'est d'ailleurs cette stratégie qui a rendu le suivi de 35 lamproies sur 100 km de cours d'eau faisable. Généralement, une tournée lamproie nécessite au préalable de rentrer les fréquences de tous les organismes à suivre et de définir un parcours routier sur les cartes IGN pour faciliter au maximum l'accès au cours d'eau.

Chaque tournée, d'une durée moyenne de 7 heures, a 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.

- *Les silures* : ce suivi a tout d'abord été fait à une fréquence de 2 fois par semaine puis, lorsque le suivi lamproie s'est relâché (01/06/2007), 3 fois par semaine ou plus si des tournées supplémentaires sont effectuées le week end.

Les tournées, d'1h30 en moyenne, ont été faites à pied et en voiture. Le suivi s'est fait à pied au niveau du canal de fuite entre le barrage et le seuil 6 (soit 1,5 km) puis en voiture entre le seuil 5 et l'aval de Lamagistère (soit 4 km).

Le travail terrain concernant le silure se doit d'être fait en étant plus méticuleux sachant que certains poissons rejoignent des zones profondes telles les fosses.

Pour finir, les prospections silures ont également été poussées sur quelques affluents de la Garonne (ex : la Barguelonne) et jusqu'à Agen à partir du moment où certains individus ont disparus sur le site d'étude de référence.

- *Les sorties bateau* : étant donné les difficultés pour retrouver les silures disparus sur le linéaire de la Garonne et vu que nous ne connaissons pas la position de certaines lamproies et pour d'autres la position précise, 3 sorties bateau ont été organisées quand les conditions hydrauliques de la Garonne (fleuve tumultueux) étaient bonnes.

Un zodiac, prêté par le bureau d'études ECOGEA, nous a permis de réaliser la première et la troisième sorties bateau. Elles se sont faites entre Lamagistère et Boé (à 5 km en amont d'Agen) le 10/05/2007 et le 04/07/2007 (fig.31). La deuxième sortie bateau s'est déroulée le 03/07/2007 sur le bateau de 2 pêcheurs professionnels (Philippe et Sébastien Gautier) entre Boé et Tonneins (soit 44 km).

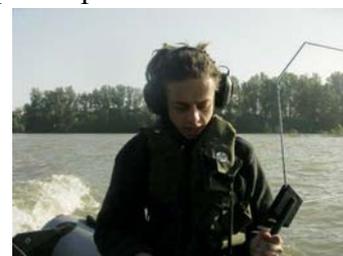


Figure 31 : Radiopistage sur le zodiac avec antenne manuelle et casque audio

- *Les enregistreurs automatiques* : ces dispositifs ont nécessité un déchargement régulier et une analyse hebdomadaire des données afin d'adapter les tournées sur le terrain. Dans le même cadre, les pointages manuels permettent de vérifier et de valider les données des enregistreurs et notamment du lotek. Au cours de la manipulation, l'ATS et le lotek ont subi des changements de fréquences suivant l'évolution des positions des poissons au pointage manuel.

2 Résultats

2.1 Conditions environnementales :

Avant de présenter les résultats obtenus sur les espèces cibles, il semble essentiel de se pencher sur les caractéristiques hydrauliques de l'année 2007 comparé à l'année 2006.

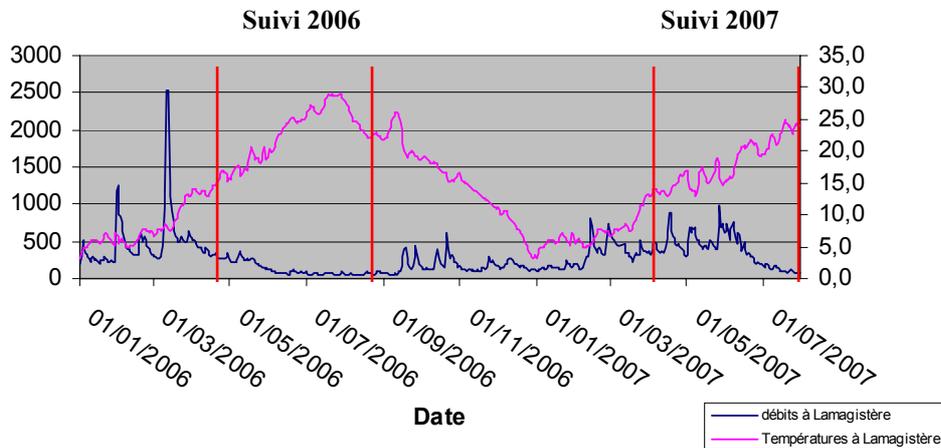


Figure 32 : Evolution 2006/2007 des débits et des températures à Lamagistère (jusqu'à fin juillet)

Si une comparaison est faite entre ces 2 années, les courbes traduisent un niveau hydraulique élevé pour l'année 2007. En effet, pour les périodes de suivi (voir fig.34), les débits de 2007 sont, en moyenne, 10 fois plus élevés qu'en 2006 et les températures sont beaucoup plus faibles (moy de 21°C en 2006 et de 18°C en 2007 sur la période de suivi). Ceci met en évidence des conditions de radiopistage de nos organismes radiomarqués très différentes pour ces 2 années de suivi.

2.2 Résultats concernant les lamproies :

L'étude a été réalisée du 23 avril au 10 juillet 2007 ce qui équivaut à une campagne de radiopistage de 2 mois et demi. Sur les 40 individus marqués (nombre statistiquement représentatif), seuls 3 d'entre eux n'ont jamais été retrouvés lors des sorties terrain. Les 37 lamproies restantes, représentant 92,5 % du stock marqué, ont entamé une migration dans le cadre de la recherche de zones de frai en moyenne Garonne. Cette migration a pu être mise en évidence grâce à la récolte de données et à la construction de séquences temporelles pour chaque fréquence. Cette migration s'est faite à partir des différents points de lâché mentionnés dans la méthode. Pour la plupart des lamproies, cette migration s'est principalement déroulée les premiers jours ayant suivi le lâché. Les valeurs des vitesses de progression relevées lors de notre étude sont des valeurs dépassant largement tout ce qui a été observé auparavant et notamment lors du suivi réalisé en 2006. Cette année, certaines lamproies ont eu des progressions de 40 km/j (fig.34) alors qu'en 2006 les vitesses observées ne dépassaient pas 10 km/j. Cependant cette valeur constitue un maximum et ne doit pas servir de référence vu que les caractéristiques de la migration diffèrent d'un individu à l'autre (fig.34).

Concernant maintenant les distances de migration, ces dernières ont été très importantes cette année avec notamment 2 lamproies lâchées à Couthures-sur-Garonne étant montées au dessus de la station de contrôle de Golfech ce qui équivaut à une migration supérieure à 100 km. En 2006, une seule lamproie avait atteint le secteur de Golfech sans se présenter à l'usine hydroélectrique. Cette

différence entre 2006/2007 est aussi visible lorsque les comptages des lamproies non marquées ayant emprunté l'ascenseur sont étudiés. En 2006, 434 lamproies avaient emprunté l'ascenseur à poisson contre 5 626 en 2007.

Sur 37 lamproies suivies cette année, 28 (soit 75,5 %) ont atteint le secteur de Golfech (Lamagistère→Golfech) et **24 (soit 65 %) ont atteint l'usine hydroélectrique de Golfech** quelque soit le point de lâcher pris en considération. Les 35 % ne s'étant pas présentés au barrage ont stoppé leur migration en aval du barrage sur des zones potentielles de frai. 5 types de comportements distincts ont pu être relevés chez ces individus :

- 9 lamproies (soit 24,5 %), la progression a été stoppée sur des zones en aval de Golfech [ex **A** fig. 36: 49 581] sur des zones potentielles de frai.
 - 4 lamproies (soit 11%), ont atteint des zones de frai au niveau du secteur de Golfech sans se présenter à l'ascenseur à poissons de Golfech [ex **B** fig. 36: 49 751].
 - 2 d'entre elles (soit 5,5 %), ont franchi l'usine hydroélectrique de Golfech après un transit via l'ascenseur à poissons [ex **C** fig.36 : 48 351].
 - 16 (soit 43 %) se sont présentés à l'usine et suite à un temps plus ou moins long allant de 2 semaines à un mois se sont repliés en aval vers les zones de frai déjà identifiées grâce aux lamproies ayant stoppé leur progression rapidement après le lâché et n'ayant jamais atteint le barrage [ex **D** : 49 811].
 - 6 (soit 16 %) se sont présentées à l'usine et ont été perdues suite à leur repli [ex **E** : 49 511].
- Ces derniers ne nous permettent pas de mettre en évidence les zones de frai en moyenne Garonne, mais permettent de multiplier les données concernant le comportement des lamproies marquées au niveau du barrage.

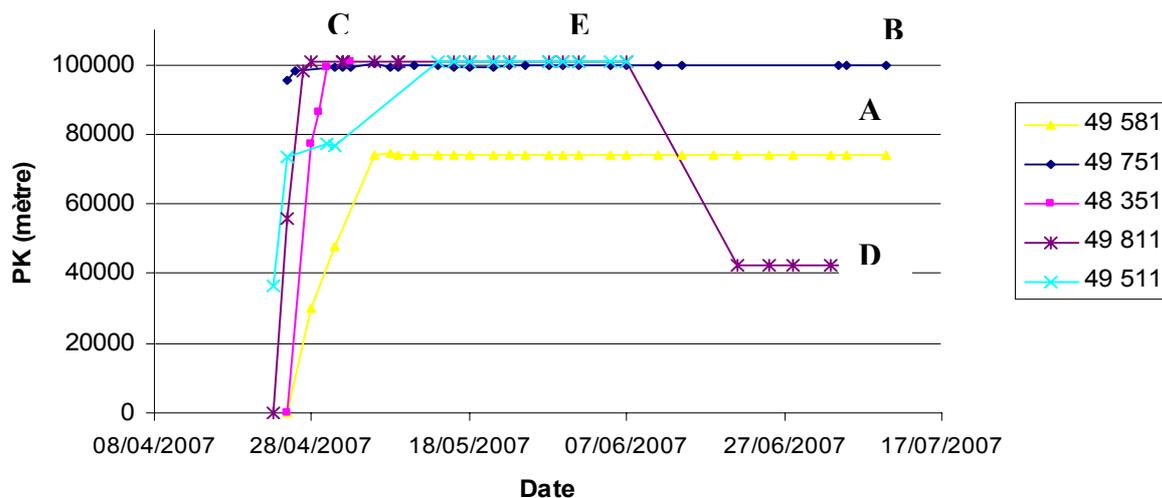


Figure 34 : Cinq progressions typiques des lamproies radiomarquées

2.2.1 Les lamproies ne s'étant pas présentées au barrage (B+A) :

Suite aux différents lâchés réalisés, une partie des lamproies a stoppé la migration sur le site d'étude très rapidement. C'est en moyenne au bout d'une dizaine de jours (ex : 49 541 lâchée le 23/04 et immobilisée le 02/05 au bout de 9 jours) que leur progression a été stoppée au niveau de zones potentiellement favorable à la frai et notamment à la construction du nid. Ces organismes sont au nombre de 13. Ces lamproies ont opté pour 9 sites différents (fig.35).

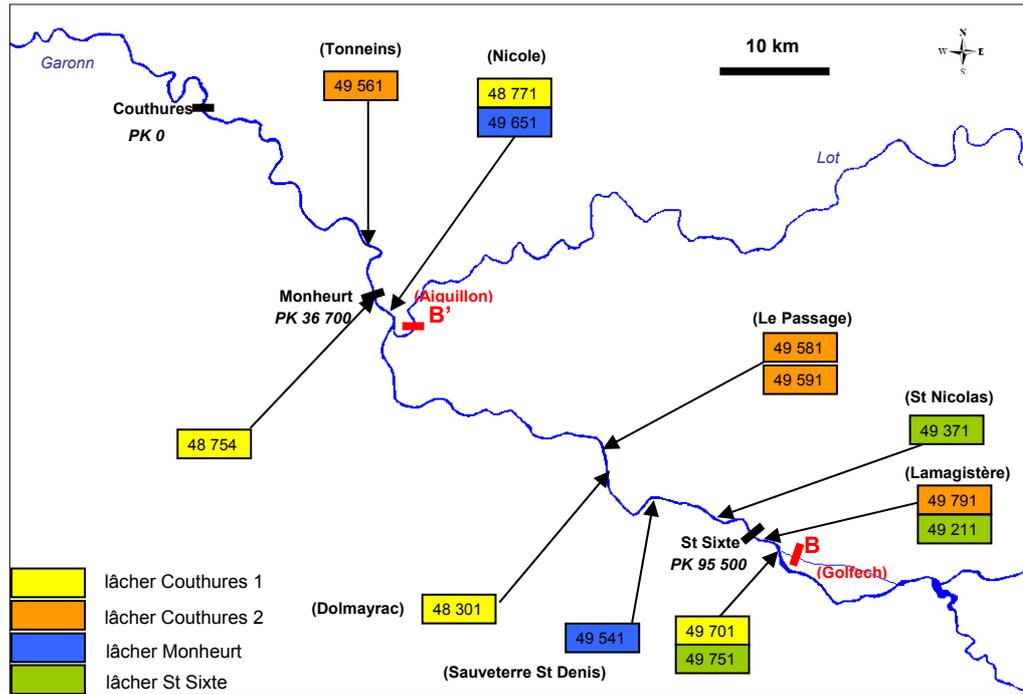


Figure 35 : Carte de localisation des 13 lamproies ne s'étant pas présentées au barrage

En guise de synthèse, ces sites sont : 1) Tonneins (PK 29 700), 2) Monheurt (PK 36 600), 3) Nicole (du PK 39 400 au PK 39 550), 4) Le Passage (du PK 73 100 au PK 73 800), 5) Dolmayrac (PK 75 500), 6) Sauveterre S^t Denis (PK 85 500), 7) S^t Nicolas la Balerme (PK 91 200), 8) Lamagistère (du PK 98 300 au PK 98 800) et 9) confluence canal de fuite/tronçon court-circuité de la Garonne (du PK 99 400 au PK 99 600).

Il apparaît clairement que, même si tous les lâchés n'ont pas été fait à Couthures-sur-Garonne, ces sites se situent largement plus en amont que ce qui avait été observé lors du suivi de 2006. Les seules similarités, à ce stade des résultats, sont les sites de Monheurt, de Nicole et de Tonneins donc les sites potentiels de frai les plus en aval en 2007.

Il est important de remarquer que les 13 lamproies n'ont pas eu une progression égale. En effet, si les distances de migration en fonction des points de lâcher sont prises en compte il apparaît clairement qu'elles ne sont pas identiques. Une fois immobilisées, ce stock de lamproies peut être subdivisé en 2 groupes. Un groupe de 4 lamproies (31% des 13) qui ont stoppé leur progression en aval de la confluence Lot/Garonne. Elles ont progressé sur des distances allant de 2 700 m (49 651) à 39 500 m (48 771). Le second groupe est constitué par les lamproies immobilisées en amont de la confluence Lot/Garonne (9 donc 69%) avec une distance maximale de migration de 99 400 m pour la lamproie 49 701.

Au cours de leur migration, aucune des 13 lamproies n'a opté pour l'axe du Lot. Cette option avait pourtant été prise par de nombreuses lamproies lors de l'étude menée en 2006. Ce choix est d'autant plus étonnant que l'axe du Lot est traditionnellement très fréquenté par les lamproies marines et que la zone avale au barrage d'Aiguillon est connue pour abriter de nombreux nids chaque année (témoignage pêcheur locaux et observations bateau en 2006)

Les sites choisis par les lamproies rassemblent pour la plupart les caractéristiques des frayères à lamproies



Figure 36 : Exemple d'une zone typique de frai pour la lamproie marine (Aiguillon)

(substrat grossier en tête de radier ou plat courant et faible profondeur, ex : fig.36).

Cependant, certains organismes ont opté pour des zones plus profondes possédant même dans certains cas des substrats sableux à sablo-vaseux voir même rocheux (ex : 48 754 au site de Monheurt) ce qui ne devrait pas convenir à cette espèce lithophile.

Ces précédents résultats concernant la position des sites n'ont pas pu être validés par l'observation de nids sachant que la Garonne, au même titre que le Lot ont eu des eaux très turbide cette année du fait des nombreuses pluies qui ont engendré des débits important et de forte crues.

Ces organismes sont restés sur le site choisi jusqu'à début juillet, période de leur reproduction. En 2006 la reproduction s'était faite plus rapidement avec les premières lamproies retrouvées mortes début juin. Il y a donc un mois de décalage entre 2006 et 2007.

La phase pré-reproductive pendant laquelle les organismes attendent des conditions de milieu favorables a donc duré 2 mois et demi.

2.2.2 Les lamproies s'étant présentées au barrage (C+D+E) :

Les 2 organismes s'étant présentés à l'usine hydroélectrique et ayant emprunté l'ascenseur à poissons avec succès ont eu un temps de latence au droit de ce dernier très court (fig.37).

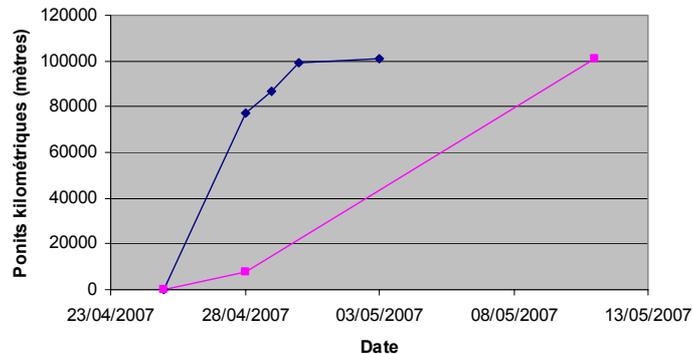


Figure 37 : Progression relevée chez les 2 lamproies étant passées au dessus du barrage

L'attente la plus importante au droit du barrage est de 3 jours pour la lamproie 48 351. Cependant, cette observation n'a pas été réitérée une seule fois pour les autres lamproies qui n'ont pas trouvé l'ouverture et au final, sur les 24 lamproies ayant eu l'opportunité de passer en amont de l'usine, seules 2 soit un peu plus de 8 % l'ont fait. **Cependant, Les lamproies radiomarquées ont fait des aller-retours devant l'ouvrage occasionnant même des détections au niveau du bassin de stabulation l'ascenseur à poissons (en moyenne pour tous les organismes : 2 détections bassin de stabulation pour une incursion) mais sans jamais parvenir à passer au dessus de l'ouvrage. On rappelle que la nuit, les rythmes de l'ascenseur à poissons changent, passant systématiquement à 1 remontée toutes les 2 heures entre 23h et 6h. Ces individus migrants essentiellement la nuit, il semblerait que ce rythme de remontée ne soit pas approprié, les individus ressortant facilement de la zone de stabulation.**

Grâce aux données récoltées sur le Lotek, il a été possible de faire des tableaux de synthèse et une analyse de l'évolution du nombre et des temps d'incursions au niveau du barrage en fonction des différentes fréquences et des dates (fig.38 à 41).

Figure 38 : Nombre total d'incursions (23 avril au 17 juillet) pour chaque fréquence lamproie

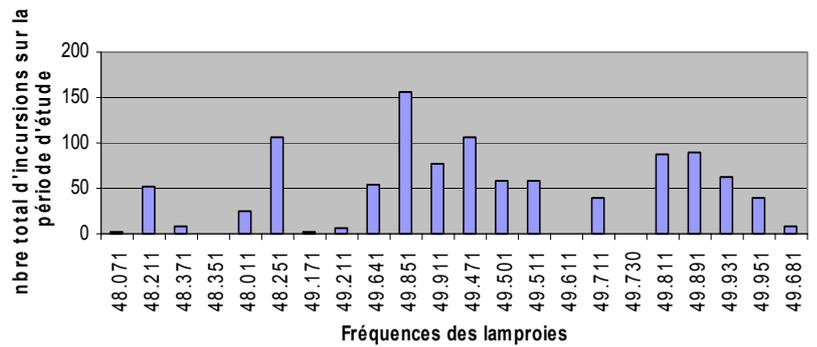
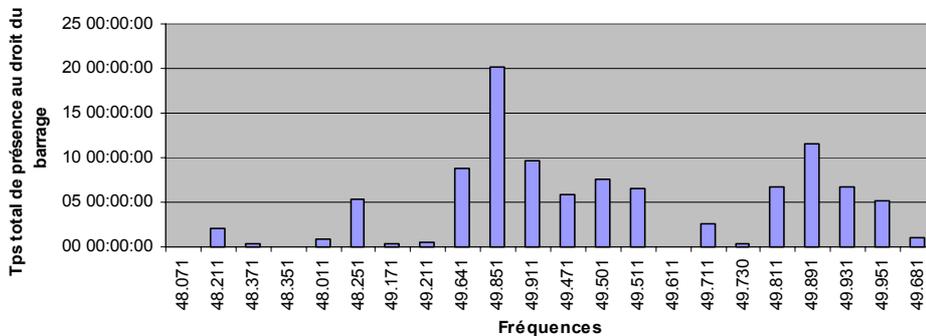


Figure 39 : Temps total (23 avril au 17 juillet) passé au barrage pour chaque fréquence lamproie



Ces premières figures indiquent que les lamproies s'étant présentées dans la zone du barrage ont réalisé un nombre d'incursions dans les zones couvertes par les antennes allant de 1 à 157. Si toutes les fréquences sont prises en compte, le nombre moyen d'incursions par fréquence est de 47. Le temps de présence au barrage maximum est de 20 jours, 5 heures et 40 min alors que le minimum est de 44 min. En moyenne une lamproie se présentant au droit de l'ouvrage reste quasiment 5 jours. En fait, en fonction des organismes (donc des fréquences), il n'y a pas eu la même persévérance pour franchir l'ouvrage. Une analyse de variance (ANOVA à un facteur) a permis de confirmer que le facteur date a bel et bien un impact significatif sur le nombre d'incursions ($F= 23,314$ et $Pr>F=<0,0001$) ainsi que sur le temps de présence ($F= 16,74$ et $Pr>F=<0,0001$).

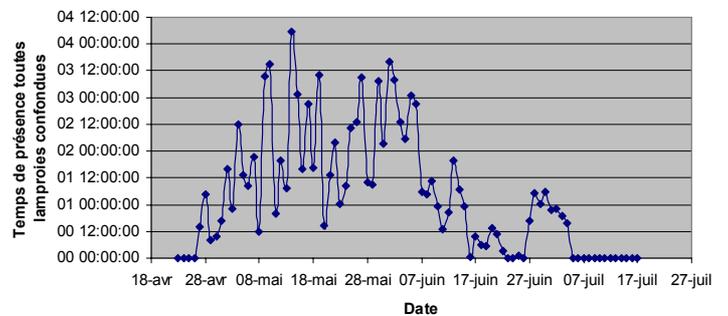
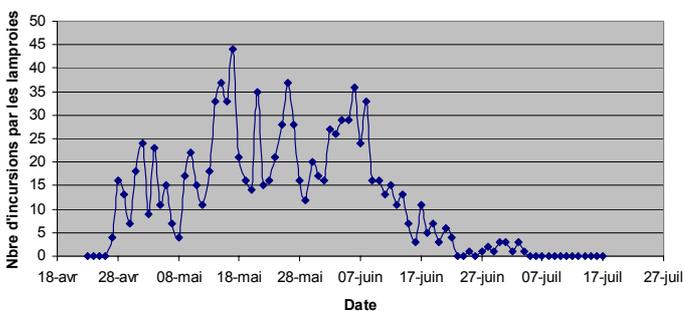


Figure 40 et 41 : Nombre d'incursions et temps de présence journaliers des lamproies au niveau du barrage

Que ce soit pour le nombre d'incursions ou pour les temps de présence, les 2 courbes obtenues suivent les mêmes tendances avec, à partir du 26 avril une augmentation croissante des incursions

et de ce fait des temps de présence. Cette augmentation atteint un maximum du 14 au 17 mai ce qui précède le pic de lamproies non marquées passant à l'ascenseur (du 18 au 25 mai). Il y a par la suite une chute jusqu'au 18 mai suivie d'une augmentation se clôturant début juin. Pour finir le nombre d'incursions ainsi que le temps de présence des lamproies vont diminuer jusqu'à atteindre 0. Par ailleurs, une analyse de la régression linéaire entre le nombre d'incursions des lamproies marquées et le nombre de lamproies passées à l'ascenseur (fig.42) indique qu'il y a bien une corrélation significative entre ces 2 paramètres avec une valeur de p égale à 0,0001 pour α égale à 5 %. Comme ceci est visible sur les figures précédentes, les valeurs du nombre d'incursions et du temps de présence avoisinant le 0 correspondent au début de la reproduction des lamproies, début juillet.

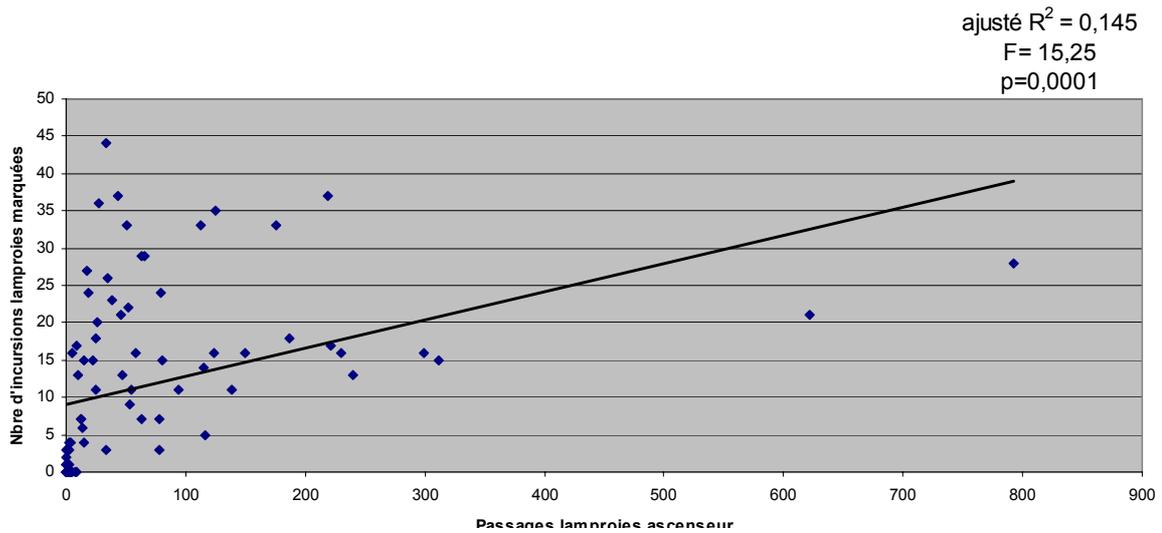


Figure 42 : Corrélation entre le nombre de lamproies passées à l'ascenseur et le nombre d'incursions de nos lamproies radiomarquées

Si les données températures 2007 sont corrélées aux nombres d'incursions et aux temps de présence (fig. 43 et 44) il est apparu que lorsque les températures augmentent, le nombre d'incursions ainsi que le temps de présence des lamproies au droit du barrage diminuent.

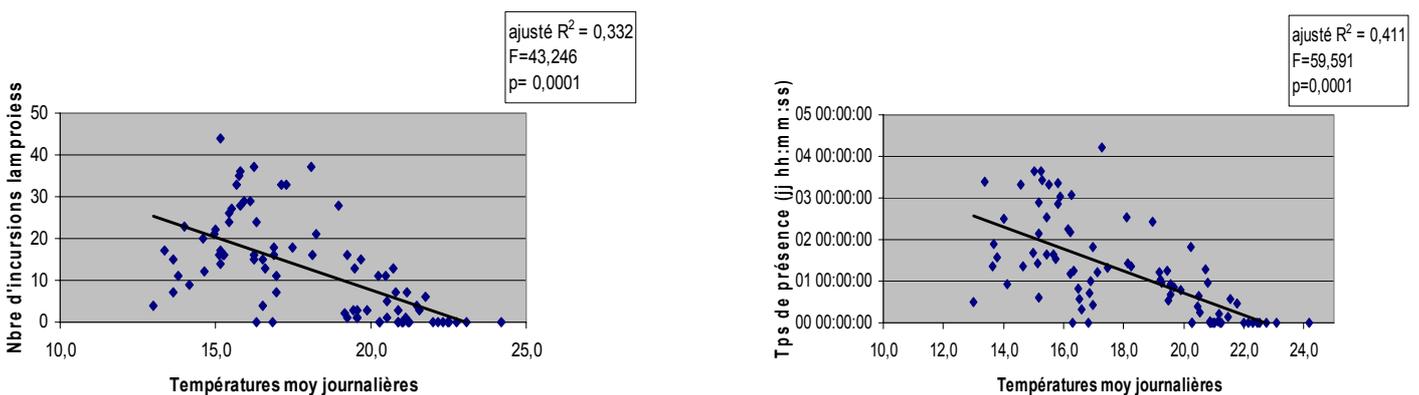


Figure 43 et 44 : Nombre d'incursions et temps de présence des lamproies en fonction des températures relevées à Lamagistère

Les 2 régressions se sont révélées significatives par un test statistique de régression linéaire (p value $< \alpha = 5\%$). Les résultats apparaissent dans l'encadré à côté du graphique. Ce déclin du nombre d'incursions et des temps de présence à partir du début du mois de juin est la résultante du

repli progressif des lamproies marquées au niveau de zones plus en aval propices au frai. Ce repli ne s'est pas fait de façon homogène et s'est réparti dans le temps entre mi-mai et fin juin. Certaines lamproies (ex : 49 611) se sont repliées au bout d'une heure illustrant une persévérance très faible de ces lamproies pour passer l'ouvrage. Le temps maximal de recherche de l'entrée de l'ascenseur à poissons avant un replis est de 1 mois et demi (ex : 49 891). Cette redescente des lamproies s'est faite en quelques jours à des vitesses avoisinant celles lors de la montaison. Les distances de repli ont été très variables et les zones choisies par les organismes (fig.45) sont dans certains cas des zones que n'ont pas été fréquentées auparavant par les organismes lâchés lors de leur progression vers l'amont (ex : 48 211 lâchée à St Sixte et repliée à Nicole). Au final, 11 sites ont été fréquentés par les lamproies marines une fois les migrations achevées :

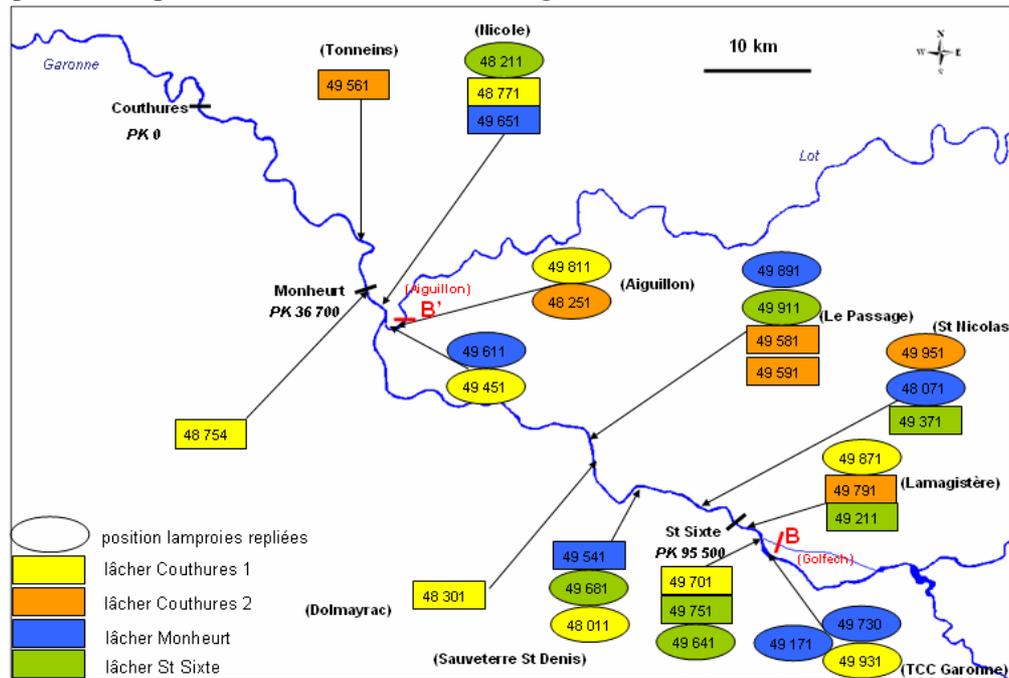


Figure 45 : Carte de localisation des 29 lamproies après le repli de celles s'étant présentées au barrage

Ces sites sont : **1)** Tonneins (PK 29 700 ; 1 lamproie), **2)** Monheurt (PK 36 600 ; 1 lamproie), **3)** Nicole (du PK 39 400 au PK 39 750 ; 3 lamproies), **4)** Aiguillon (du PK L 41 250 au PK L 42 250 ; 4 lamproies) **5)** Le Passage (du PK 73 100 au PK 73 800 ; 4 lamproies), **6)** Dolmayrac (PK 75 500 ; 1 lamproie), **7)** Sauveterre S^t Denis (du PK 85 500 au PK 87 500 ; 3 lamproies), **8)** S^t Nicolas la Balerm (du PK 91 200 au PK 92 300 ; 3 lamproies), **9)** Lamagistère (du PK 98 300 au PK 98 800 ; 3 lamproies), **10)** confluence canal de fuite/tronçon court-circuité de la Garonne (du PK 99 400 au PK 99 600 ; 3 lamproies) et **11)** Le tronçon courts-circuits de la Garonne (du PK M 99 500 au PK M 100 000 ; 3 lamproies).

La seconde localisation a permis de mettre 2 nouveaux sites en évidence : le site d'Aiguillon ainsi que le site au niveau du tronçon court-circuité de la Garonne. Ces 2 sites avaient déjà été fréquentés l'an passé.

En compilant les données de 2006 et de 2007, il est possible de cartographier l'ensemble des zones fréquentées par les lamproies pour se reproduire (figure 46) :

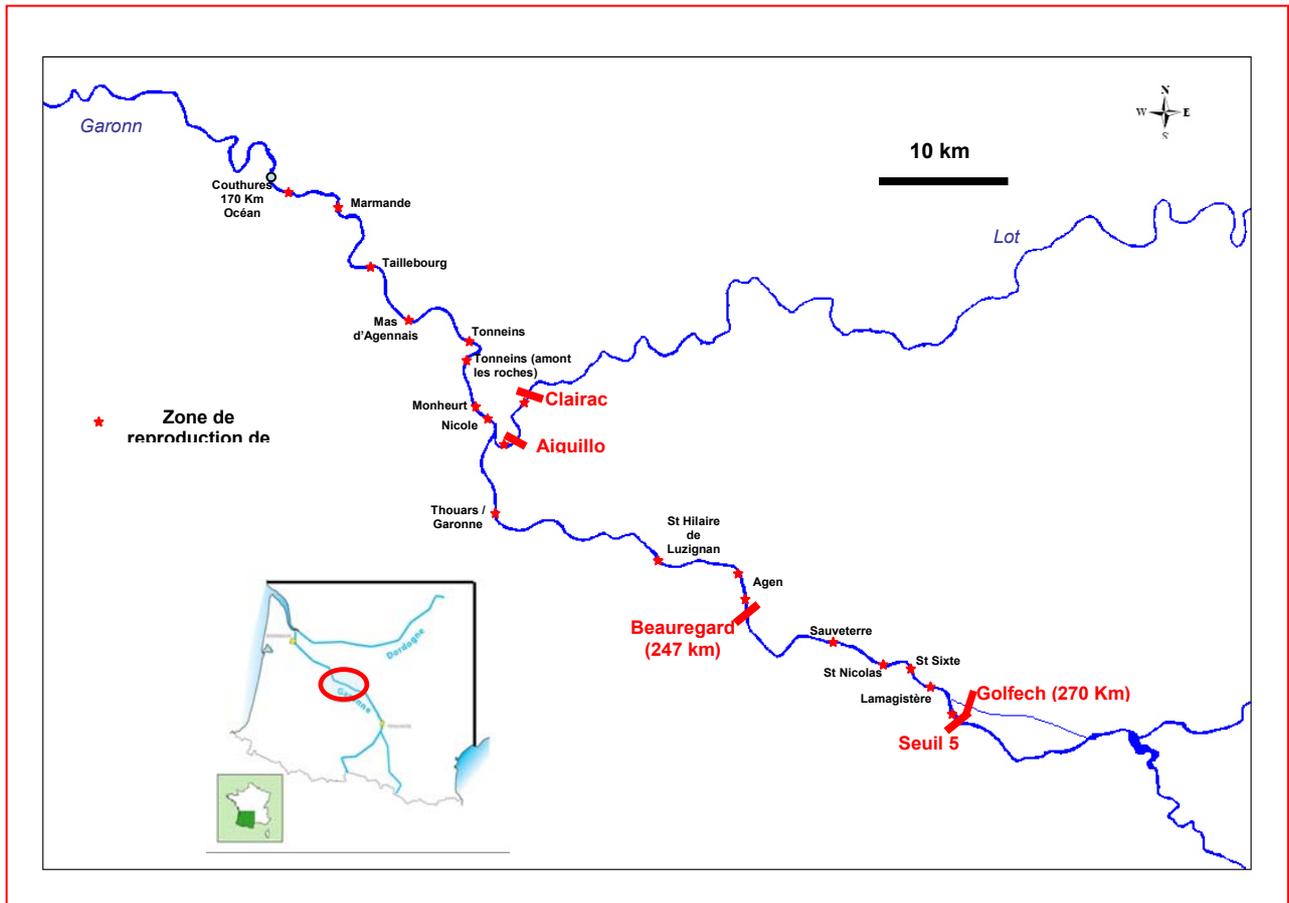


Figure 46 : Situation géographique des zones de reproduction des lamproies marines radiopistées en 2006 et 2007

2.3 Résultats concernant les silures :

Pour débiter, il s'est avéré que les silures ont été plus facilement radiopistées que les lamproies. Par ailleurs, l'association d'un enregistrement en continu sur le Lotek et de pointages diurnes et nocturnes a permis d'obtenir des résultats homogènes dans le temps et dans l'espace.

Les pointages manuels de 2006 et de 2007 ont permis de mettre en avant que le comportement jour/nuit des silures s'assimile grossièrement à un rythme nyctéméral. En effet, l'ensemble des pointages réalisés la nuit (période d'activité) révèlent que les silures se concentrent majoritairement au droit du barrage et au niveau du seuil 6 alors que pendant la période diurne (période de repos), ces poissons se replient au niveau de certains secteurs privilégiés. Ces secteurs privilégiés se situent au niveau du tronçon court-circuité de la Garonne, de certains secteurs du canal de fuite (partie aval du canal de fuite et surtout portion entre les 2 tours aéroréfrigérantes) et de la zone située à proximité du seuil 6 (fig. 47 et 48). Ces zones fréquentées le jour sont des zones profondes assimilées à des zones de repos. Ces zones sont spécifiques à chaque individu et souvent identiques pendant plusieurs jours voir plusieurs semaines.

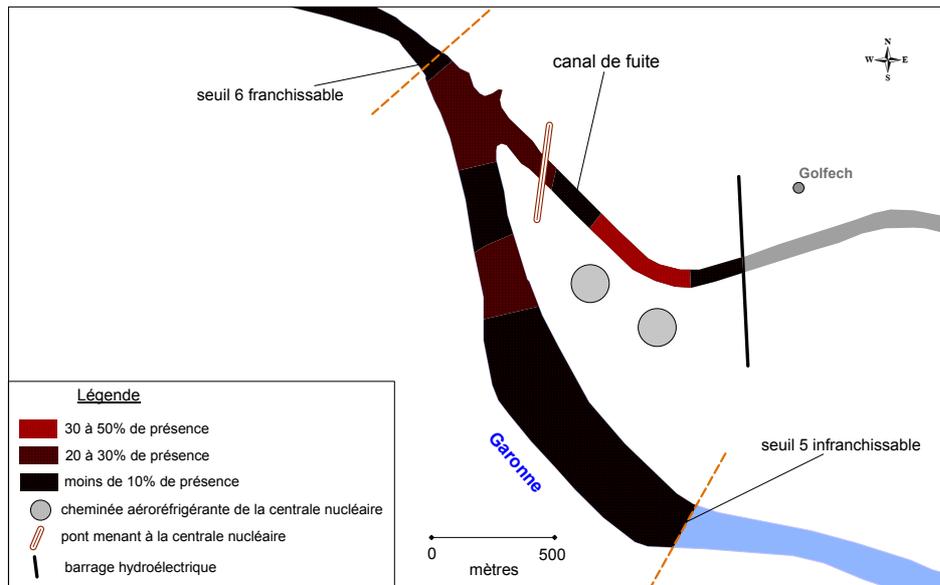


Figure 47 : Secteurs occupés pas les silures le jour

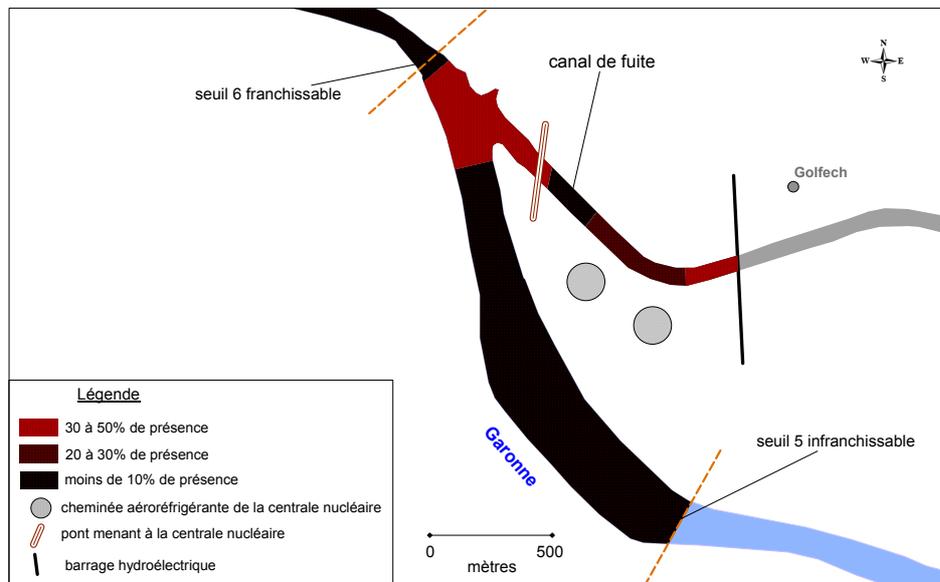


Figure 48 : Secteurs occupés par les silures la nuit

Les enregistrements automatiques, continus sur la période de suivi, ont permis de définir avec plus de précisions cette période d'activité. Cette dernière se situerait entre 15 h et 5 h du matin (fig.49). Les silures ne sont donc pas présents au barrage que à partir de la tombée de la nuit mais bien avant.

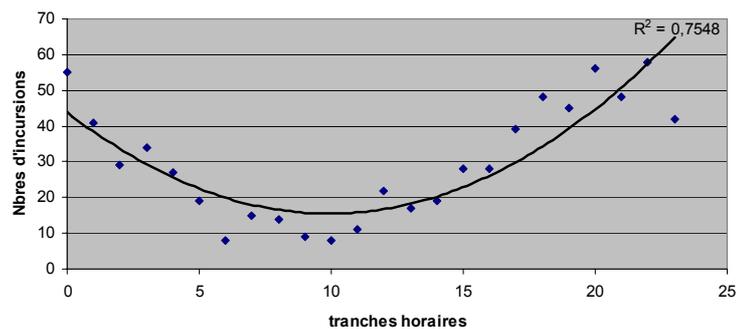


Figure 49 : Nombre d'incursions en fonction de la tranche horaire pendant la campagne de suivi tous silures confondus

La période d'activité apparaît clairement sur le graphique ci-dessus avec une courbe de tendance polynomiale qui explique plus de 75 % de la répartition du nuage de point. Afin que cette observation soit prouvée statistiquement les données relatives aux incursions ont été classées suivant 2 tranches, la tranche allant de 15 à 5 h et celle de 5 à 15h. Puis un test de Student a été fait nous indiquant que la différence entre les moyennes est significativement différente de 0. Ceci nous permet de dire que pour les tranches horaires définies ci-dessus le nombre d'incursions des silures est significativement différent. Pour comprendre le comportement individuel des silures, une analyse de variance à un facteur (ANOVA) a été faite. Elle a permis de mettre en évidence que le facteur date n'influe pas significativement sur le nombre d'incursions ($F=0,279$ et $Pr>F=0,599$) et sur les temps de présence des silures à l'usine ($F=0,03$ et $Pr>F=0,864$). En revanche, il apparaît clairement que le facteur fréquence des organismes a un impact sur le nombre d'incursions, les résultats étant très différents d'un organisme à l'autre.

Ceci permet de dire que la fréquentation des silures marqués au niveau de l'usine est constante sur la saison mais que ces silures ne fréquentent pas tous le barrage au cours des mêmes périodes. Ces résultats sont validés par les pointages manuels qui mettent en évidence que pour la plupart des organismes marqués, après une période d'activité allant de quelques semaines à quelques mois (durant laquelle ils fréquentent quotidiennement le barrage) succède une période de repos au cours de laquelle le poisson reste immobile pour des gammes de temps allant d'une semaine à un mois.

Un autre résultat a été obtenu grâce au suivi du nombre de silures passés à l'ascenseur. Il est apparu que pour certaines phases du suivi les silures éprouvent le besoin de monter à l'amont de Golfech (fig. 50). Le suivi de la passe a même permis de voir le passage maximal de 130 silures dans la nuit du 11 au 12 mai. Ce phénomène est également appuyé par le suivi des organismes radiomarqués avec 2 des silures marqués qui ont franchi le barrage le 25/04 et le 25/05 qui sont des dates correspondant à des pics de montaison à l'ascenseur. Cette tendance est également illustrée par les pointages manuels qui révèlent des concentrations importantes de ces organismes au droit de l'usine hydroélectrique mais aussi au pied du seuil 5 (les 2 zones les plus en amont du secteur) pour la mi-mai.

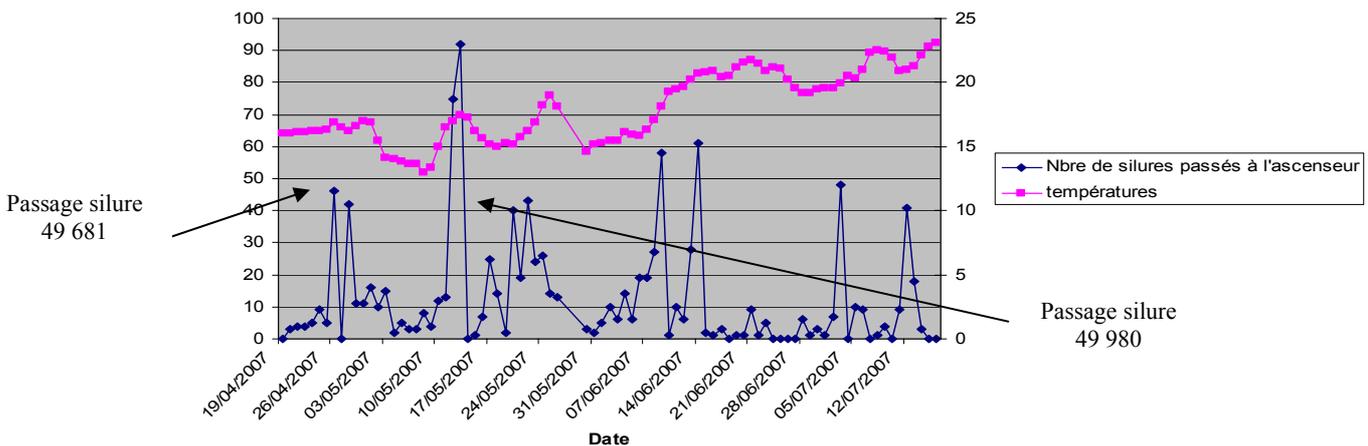


Figure 50 : Evolution du nombre de silures passés au barrage et des températures de l'eau en fonction de la date

Il n'y a pas de relation directe entre le nombre de silures passés à l'ascenseur avec les débits ou encore avec les températures. Malgré ceci, il apparaît clairement sur le graphique ci-dessus que les pics de montée des silures à l'ascenseur répondent à une réaugmentation des températures suite à des baisses corrélées aux périodes de hautes eaux, à savoir les périodes de crues.

2.4 Détection au niveau de la cuve de l'ascenseur à poissons :

Sur les 15 individus régulièrement détectés au niveau du site d'étude, 14 ont fait au minimum une incursion dans la chambre de stabulation du système de franchissement, c'est-à-dire en amont de la nasse anti-retour de l'ouvrage. Cependant, seulement 2 individus ont franchis l'obstacle et ainsi 12 silures sont ressortis du système.

De plus, en moyenne 11 % des détections (min : 1% ; max : 27 %) des individus sont situés dans le bassin de stabulation ce qui signifie que i) la plupart des silures présents cherchent à emprunter le dispositif lors de leur présence au droit de l'obstacle, ii) la majorité des individus ressortent du système avant la montée de la cuve. On rappelle que pour des raisons de gestions du dispositif et/ou pour limiter les pannes éventuelles, la cuve de l'ascenseur à poissons ne remonte que toutes les 2 heures entre 23h et 6h00 du matin.

Ainsi, pour limiter l'accumulation des individus en aval de l'ouvrage, il est nécessaire d'augmenter la fréquence de remontée de la cuve en laissant le rythme sur 1 remontée toutes les ½ heures (rythme appliqué entre 6h et 23h pendant la période de remontée). Une autre mesure pourrait être de réduire l'écartement de la nasse anti-retour à 25cm contre les 38 cm actuels afin d'éviter les échappements des individus piégés dans le bassin de stabulation.

2.5 Situation géographique des individus après la période de migration :

Si maintenant on se place dans le cadre d'une échelle annuelle, les suivis manuels de 2006 et de 2007 ont permis de mettre en évidence, qu'à partir de fin juin /début juillet, il était possible d'observer un repli de la moitié du stock des silures radiomarqués. Ces organismes dévalent vers des zones profondes situées entre Golfech (notamment le seuil 5 du bras court circuité) et Boé (retenue du barrage de Beauregard)

Par ailleurs, le début de la campagne de suivi 2007 a révélée une montaison progressive, à partir de début avril, au niveau de Golfech du stock dévalé en 2006. Dans le même temps, les premiers silures non marqués ont été contrôlés au niveau de la station de contrôle de Golfech, ce qui montrerait que les individus suivis ont le même comportement que ceux non marqués.

Conclusion :

Le suivi de 2007, de la reproduction de la lamproie marine en moyenne Garonne (biologie de la conservation), aura permis de mettre en évidence l'existence du comportement de repli chez cette espèce dans le cas où un obstacle n'arrive pas à être franchi et que les conditions deviennent optimales pour la reproduction. Ce suivi a également montré que le comportement de cette espèce est dicté par les conditions hydrauliques trouvées sur les divers axes (Garonne/Lot) et que de ce fait, il n'est pas possible de prédire à l'avance les sites susceptibles d'être fréquentés ainsi que le nombre d'organismes comptés au niveau de la passe à poissons de Golfech.

Le protocole mené a surtout permis d'appréhender la technique à mettre en place pour évaluer le stock reproducteur sur tout le bassin Garonne-Dordogne.

Cette étude a confirmé la position de certains sites fréquentés l'an passé (5 sites) et de mettre en évidence 6 nouveaux sites inconnus jusqu'à cette année. Au niveau de ces sites, certaines caractéristiques d'habitat ont pu être validées par la présence de nid (aval Lot, Nicole, Lamagistère), mais les difficultés d'observation liées à la turbidité de la Garonne restent un facteur limitant cette validation.

Cette étude a aussi permis de mieux comprendre le comportement de cette espèce face à un obstacle tel que l'usine hydroélectrique de Golfech. Dans les conditions hydrauliques de l'année 2007, seulement 8 % des individus présents sur le site ont franchi l'obstacle. Cependant, 80 % des lamproies se sont présentées dans le bassin de stabulation avant d'en ressortir entre 2 remontées de cuve. **Ce résultat montre l'importance d'adapter les rythmes de remontée de la cuve à la présence des individus devant le l'ascenseur à poissons et ainsi d'augmenter le nombre de cycle de relevé de cuve pendant la nuit sur la période avril – juillet.**

Le radiopistage, des lamproies marquées en 2007, a aussi permis d'affiner la méthodologie et la logistique à mettre en œuvre pour effectuer ce type de suivi sur des cours d'eau ayant la dimension et les caractéristiques de la Garonne.

En ce qui concerne l'action inédite, menée entre mi-avril et mi-juillet, sur le silure, il a également été possible de mettre en évidence des comportements de type migratoires chez cette espèce capable de franchir des ouvrages dans le cadre d'une montaison ou encore de dévaler, au niveau de zones profondes, sur d'importantes distances. Ces migrations seraient la conséquence directe de la recherche d'une zone de frai ou d'une zone favorable au repos.

Cette étude a également permis d'affiner les données concernant les périodes d'activité de ces prédateurs au niveau de l'usine hydroélectrique et de la tranche horaire synonyme d'activité des silures c'est-à-dire entre 18h et 5 heures du matin. De plus, tout comme les lamproies marines, les nombreuses incursions de la majorité des individus au niveau du bassin de stabulation de l'ascenseur couplées aux nombreuses sorties du système montrent l'importance d'augmenter le rythme des remontées de la cuve pendant les périodes d'accumulation, c'est-à-dire entre avril et juillet.

Parallèlement, le suivi 2007 nous a indiqué que, malgré des incursions des silures constantes sur la saison, ces derniers, pris individuellement, ne connaissent pas systématiquement une période d'activité tous les jours. A une échelle plus importante que l'échelle quotidienne, des périodes d'activité et de repos se succèdent tout au long de la saison de migration. Pour terminer, il a été possible de confirmer la position des zones de repos (fréquentées par les silures de 5h à 18h ainsi que pendant les périodes de repos plus longues) inventoriées en 2006. Tous ces résultats et ces interprétations devront être affinés lors des suivis de 2008 et 2009. Ils permettront, en effet, de valider, d'affiner ou encore de réfuter ce qui a été mis en évidence à ce jour.

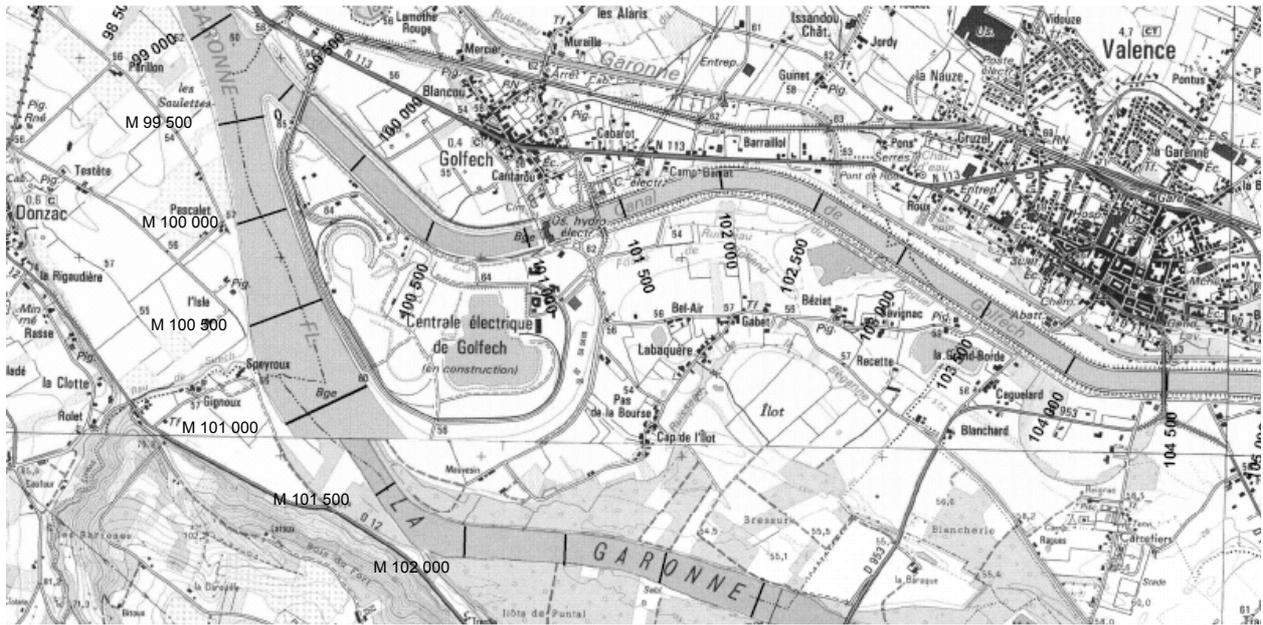
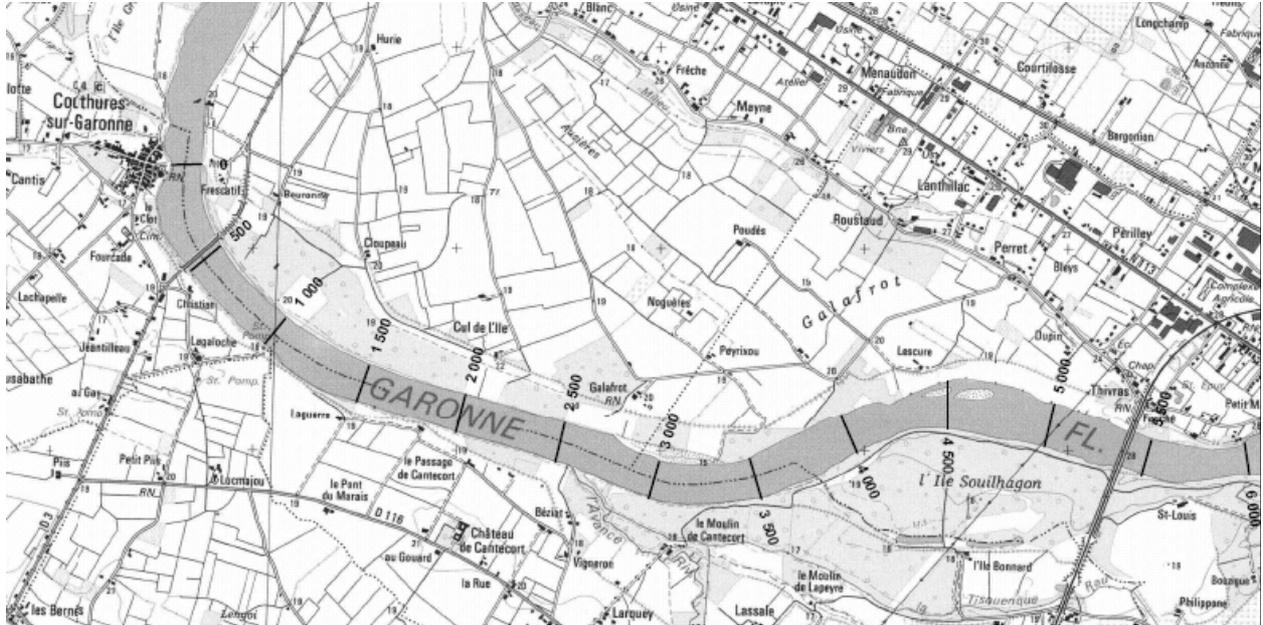
Bibliographie

- ◆ Sabatié M.R., **1998**. *Eléments d'écologie de la lamproie marine (petromyzon marinus L.) 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 du 23/10/1995, 53p.
- ◆ Lascaux J.M et Lagarrigue T., **2001**. *Localisation des zones de fraie de la lamproie marine (Petromyzon marinus L.) sur la rivière Dordogne dans le département du Lot*. Rapport de sous-traitance **MI.GA.DO./E.C.O.G.E.A**, 15p.
- ◆ Ducasse J. et Leprince Y., **1980**. *Etude préliminaire de la biologie des lamproies dans les bassins 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., 151p.
- ◆ Hardisty M.W. et Potter I.C., **1971**. *The biology of lampreys (Vol I). The general biology of adult lampreys*. **School of biological sciences, University of Bath, Somerset**, 206p.
- ◆ Carry L. et Delpeyroux JM., août **2006**. *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 2005*. Rapport annuel **MIGADO**, 38 p.
- ◆ Carry L. et Delpeyroux JM., juillet **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**, 35 p.
- ◆ MIGADO Dordogne, **2005**. *Résumé des actions techniques sur la Dordogne*, Rapport MiGADO, 12 p.
- ◆ 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 p.
- ◆ Valadou B., Changeux T., Proteau J.-P., Belliard J. et 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, 99 p.
- ◆ Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durable, **2003**. *La lamproie marine, statut et protection*. www.centre.ecologie.gouv.fr, consulté le 15/08/2007.
- ◆ La Fédération des pêcheurs et chasseurs de l'Ontario, **2007**. *Invading Species : la lamproie marine*. www.invadingspecies.com, consulté le 06/08/2007.
- ◆ Subaquatique Club de Strasbourg, **2004**. *Le silure*. www.sites.estvideo.net , consulté le 20/07/2007.
- ◆ Hydro eaufrance, **2007**. *Données de la banque hydro code Lot 08231530*. www.hydro.eaufrance.fr, consulté le 30/05/2007.

◆ Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durable, dernière mise à jour en **2006**. *Le réseau Natura 2000, recherche par lieux géographiques : la Garonne*. www.natura2000.environnement.gouv.fr, consulté le 16/08/2007.

ANNEXE 1

Exemples de cartes utilisées sur le terrain pour la localisation des poissons radiomarqués.



ANNEXE 2

Récapitulatif des 40 lamproies radiomarquées

N° (Couthures 1)	Fréquences	Taille (cm)	Poids (g)	Sexe	Opérateur	Rq
1	48 011	82,5	1050	m [?]	Mathieu	Perte d'œufs
2	48 771	83,8	1100	m [?]	Mathieu	3 min 30
3	48 301	79,3	950	f	Laurent	
4	48 754	81	1000	f	Mathieu	
5	49 200	81,1	1050	m [?]	Mathieu	
6	49 451	84,2	1000	f	Laurent	5 min 30
7	49 701	82,7	1000	[?]	Mathieu	
8	49 811	84,7	1000	f	Mathieu	
9	49 871	82,2	1100	f [?]	Laurent	
10	49 931	80,9	1200	f	Laurent	Saigne un peu
N° (Couthures 2)	Fréquences	Taille (cm)	Poids (g)	Sexe	Opérateur	Rq
1	48 111	86	1150	[?]	Laurent	
2	48 251	88	1200	f [?]	Laurent	
3	48 351	87	1200	[?]	Mathieu	
4	49 561	83,5	1050	m	Mathieu	
5	49 581	85	1100	f	Mathieu	
6	49 591	82,5	1050	[?]	Laurent	
7	49 711	80,5	1050	f [?]	Mathieu	
8	49 791	85,7	1100	f [?]	Mathieu	
9	49 831	84,5	1150	[?]	Mathieu	
10	49 951	84	1000	[?]	Mathieu	
N° (Monheurt)	Fréquences	Taille (cm)	Poids (g)	Sexe	Opérateur	Rq
1	48 071	80	1000	f	Mathieu	Petite cavité générale
2	48 371	87,1	1150	f	Mathieu	
3	49 171	87,6	1000	m [?]	Laurent	
4	49 501	88,3	1200	f	Laurent	
5	49 511	88,5	1150	f [?]	Mathieu	
6	49 541	80,4	950	f	Laurent	
7	49 611	82,5	1000	f	Laurent	
8	49 651	82,6	1000	f [?]	Laurent	
9	49 730	82,1	1050	[?]	Mathieu	
10	49 891	80,3	1100	f	Laurent	5 min 25
N° (S ^t Sixte)	Fréquences	Taille (cm)	Poids (g)	Sexe	Opérateur	Rq
1	48 211	84,3	1150	[?]	Mathieu	
2	48 281	86,5	1350	f	Mathieu	
3	49 211	82	900	m	Mathieu	
4	49 371	86,5	1300	f	Laurent	
5	49 471	81,7	1050	f	Mathieu	
6	49 641	85,7	1100	f [?]	Mathieu	
7	49 681	87,7	1050	[?]	Laurent	Silure avec même fréquence
8	49 751	88,5	1200	[?]	Yannick	
9	49 851	85,5	1100	m [?]	Mathieu	
10	49 911	80	1000	[?]	Mathieu	

ANNEXE 3

Récapitulatif des 19 silures radiomarqués

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

ANNEXE 4

Transfert des silures du canal de transfert au site opératoire

(Source : rapport de stage MIGADO 2006 « Radiopistage lamproies et silures » de Cyril Aboulker dans le cadre d'une maîtrise d'Ingénierie des milieux aquatiques)

Après une vidange partielle du canal, les silures ont été capturés grâce à une époussette.



Figure 1 : Canal de transfert du barrage



Figure 2 : Transfert d'un silure vers le site d'opération

Le silure est alors placé dans un sac de transport pour être redescendu à l'aide d'un treuil (conçu et monté pour cette expérience) sur la plate-forme avale du barrage afin d'être opéré.



Figure 3 : Treuil assurant le transfert des poissons



Figure 4 : Site d'opération

ANNEXE 5

Zones de recouvrement des antennes installées au niveau du barrage de Golfech

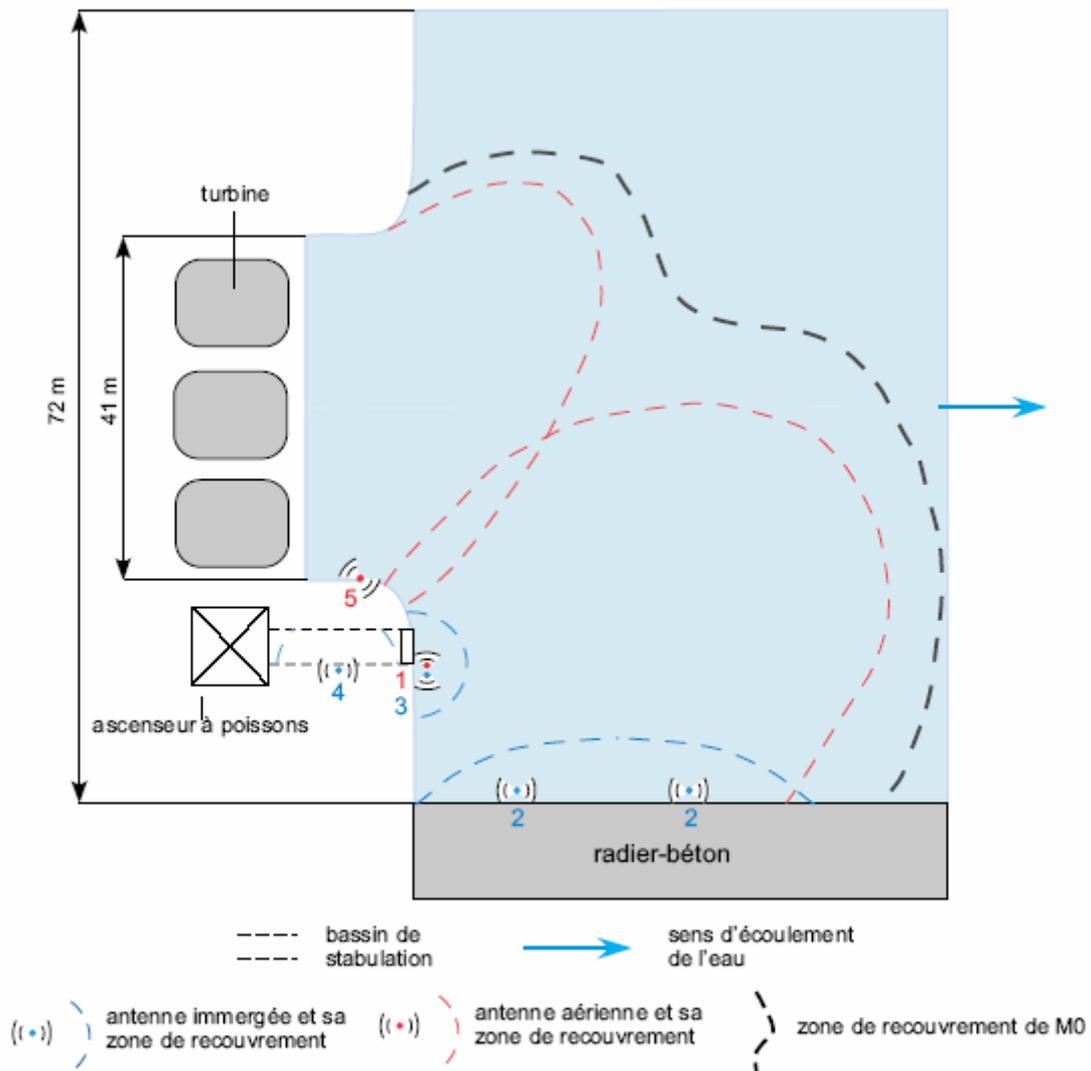


Tableau 1 : caractéristiques des antennes aériennes et immergées

	Position	Localisation	Gain (sans unité)
Antenne 1	aérienne	Entrée passe à poissons	80
Antenne 2	immergée	Contre courant (radier béton)	75
Antenne 3	immergée	Entrée passe à poissons	48
Antenne 4	immergée	Bassin de stabulation	48
Antenne 5	aérienne	Sortie turbines	80

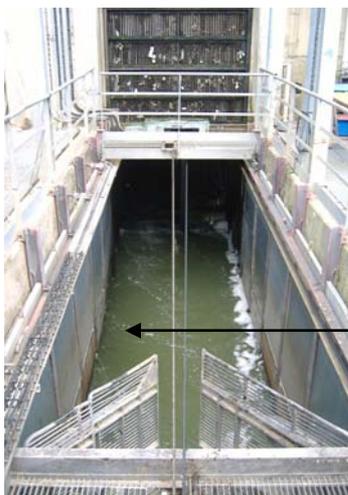


Exutoire des trois turbines
(antenne 5)

Entrée de la passe à poissons
(antenne 1 et 3)

Contre courant (radier béton)
antenne 2

Figure 1 : Localisation au droit du barrage des antennes

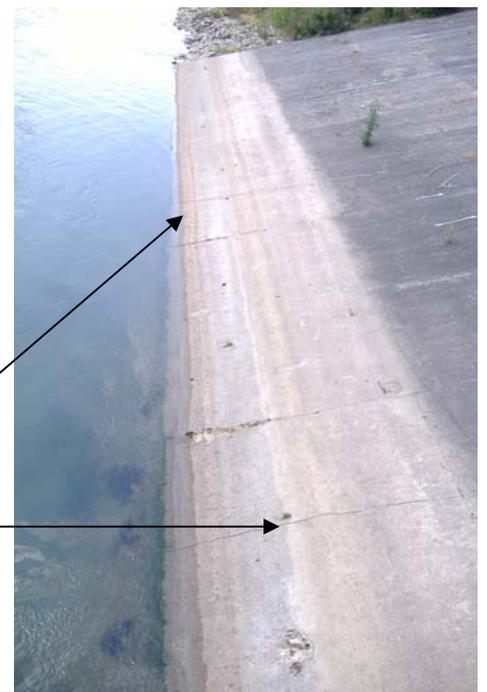


Bassin de stabulation (antenne 4)

Figure 2 : Antenne 4 dans le bassin de stabulation

2 antennes immergées correspondant à
l'antenne 2

Figure 3 : Antennes 2 à contre courant sur le radier béton



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.