



M I G A D O

Migrateurs Garonne Dordogne

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

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

UNE TECHNIQUE COMMUNE : LE RADIOPISTAGE

Etude financée par :

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

Laurent CARRY
Jean Marie DELPEYROUX
Cyril ABOULKER

juillet 2007

MI.GA.DO. 12G-07-RT



TABLE DES MATIERES

Introduction	1
1. La zone d'étude	3
1.1. La Garonne	3
1.2. Le site d'étude	3
2. Biologie des espèces.....	5
2.2 La lamproie	5
2.2.1 Généralités.....	5
2.1.2. Evolution des effectifs sur le bassin Garonne-Dordogne.....	6
2.2. Le Silure	7
2.2.1. Généralités.....	7
2.2.2. Evolution des effectifs sur le bassin de la Garonne	9
3. Protocole et méthode.....	11
3.1. Le matériel de détection automatique et manuelle.....	11
3.1.1. Le matériel de détection automatique : l'enregistreur LOTEK.....	11
3.1.2. Le matériel de détection manuel : l'ATS	15
3.2. Caractéristiques et mise en place des émetteurs.....	17
3.2.1. Pour la lamproie	17
3.2.2. Pour le silure.....	22
3.3. Protocole de suivi	25

4. Résultats obtenus.....	26
4.1 Conditions environnementales	26
4.1.1. Le débit.....	26
4.1.2 La température de l'eau.....	26
4.2. Radiopistage des lamproies	27
4.3. Le radiopistage des silures	44
4.3.1. Résultats obtenus grâce au LOTEK	44
4.2.2. Résultats obtenus par pointage manuel	46
Conclusion.....	49
Bibliographie.....	50
ANNEXES	51

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.

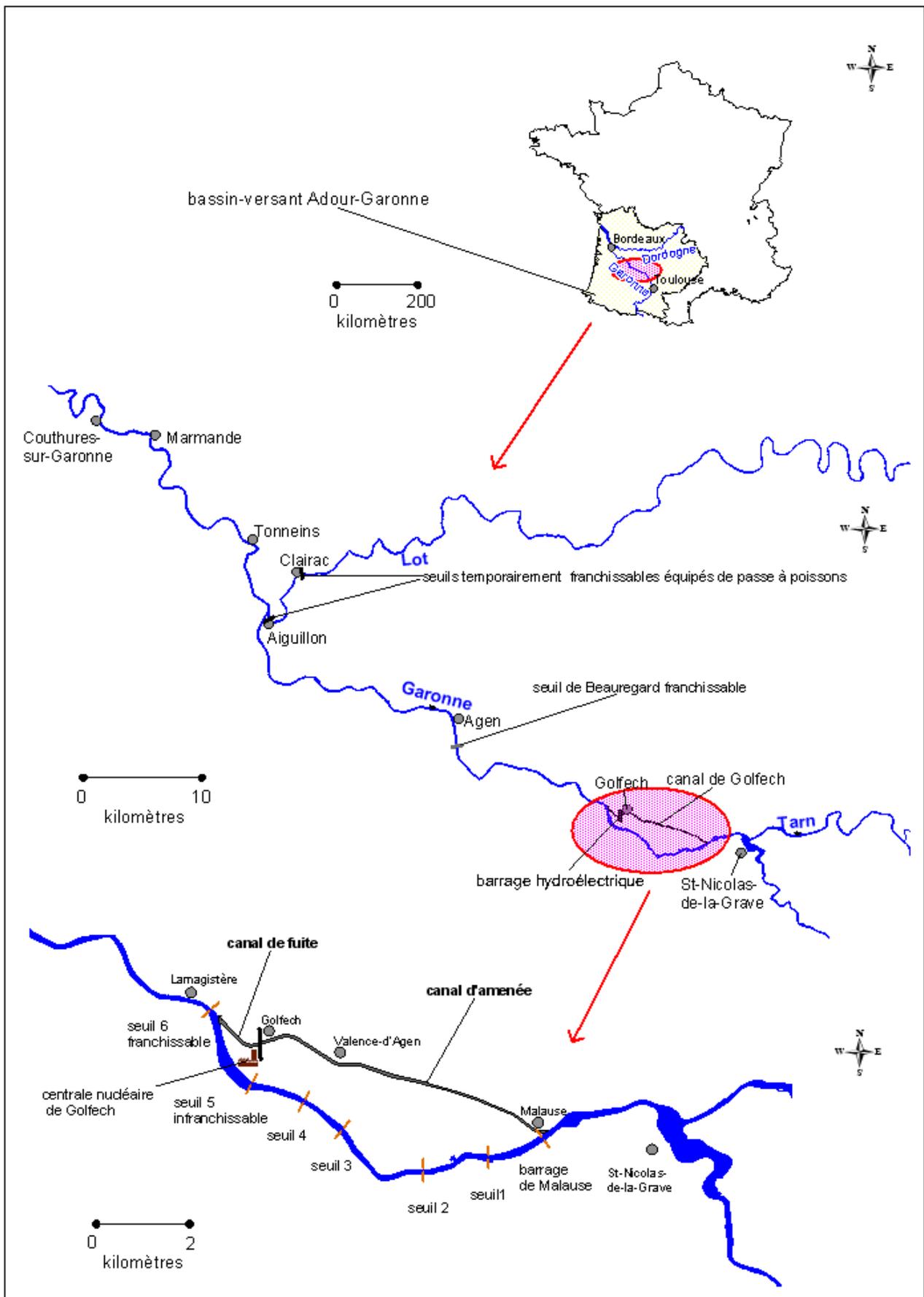
En effet, du fait de sa forte exploitation par la pêche professionnelle et des enjeux socio-économiques associés (1 million d'euros en moyenne sur la période 1990 – 2000), il est indispensable d'assurer une bonne gestion de la population, notamment en permettant à une fraction conséquente du stock de 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 devrait permettre de localiser les principales zones de reproduction et d'en faciliter les suivis futurs. Il permettrait également 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.

Figure 1 : Carte de localisation des sites d'étude



✓ 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'alose 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.

1. La zone d'étude

1.1. La Garonne

Prenant sa source dans les glaciers de la Maladetta, en Espagne, elle disparaît dans des calcaires et ressort au niveau du Val d'Aran (Pyrénées espagnoles, 1870 m). La Garonne, avec 650 km de longueur et 56000 km² de bassin versant, est le plus petit fleuve français. Elle est alimentée par des eaux pyrénéennes (Salat, Ariège, Neste) et des eaux du sud-ouest du Massif Central (Lot, Tarn, Save, Gimone, Gers, Baïse).

Elle est caractérisée par un régime pluvio-nival irrégulier, avec une période d'étiage estival, et deux périodes de crue (printanière et automnale). La Garonne moyenne, qui se rattache à notre zone d'étude, s'étend de Toulouse à Agen : son lit est composé en majorité de gros galets (5-15cm), avec des affleurements locaux de molasse. Tous les faciès d'écoulement sont représentés sur son cours.

1.2. Le site d'étude

Pour la lamproie, le site d'étude correspond à la moyenne Garonne, du point de lâcher à Couthures-sur-Garonne (limite départementale Gironde/Lot-et-Garonne) jusqu'au barrage hydroélectrique de Golfech dans le Tarn-et-Garonne (Figure 1). Il faut également inclure la partie aval du Lot entre la confluence avec la Garonne et le barrage de Clairac. A noter que le linéaire de Garonne concerné est un site Natura 2000 (cf. annexe 1). Les espèces remarquables sont notamment les poissons migrateurs amphihalins tels que la grande alose (*Alosa alosa*), la lamproie marine (*Petromyzon marinus*) et le saumon Atlantique (*Salmo salar*)

Concernant le silure, le site d'étude correspond surtout au canal de fuite (bras artificiel situé entre le barrage hydroélectrique de Golfech et le seuil 6 franchissable), et à la Garonne entre le seuil 5 et l'aval de Lamagistère (cf. figure 1). De plus, en fonction des déplacements des individus, des prospections en voiture jusqu'à Agen, et en bateau jusqu'à Boé permettront de localiser l'ensemble des silures radiomarqués.

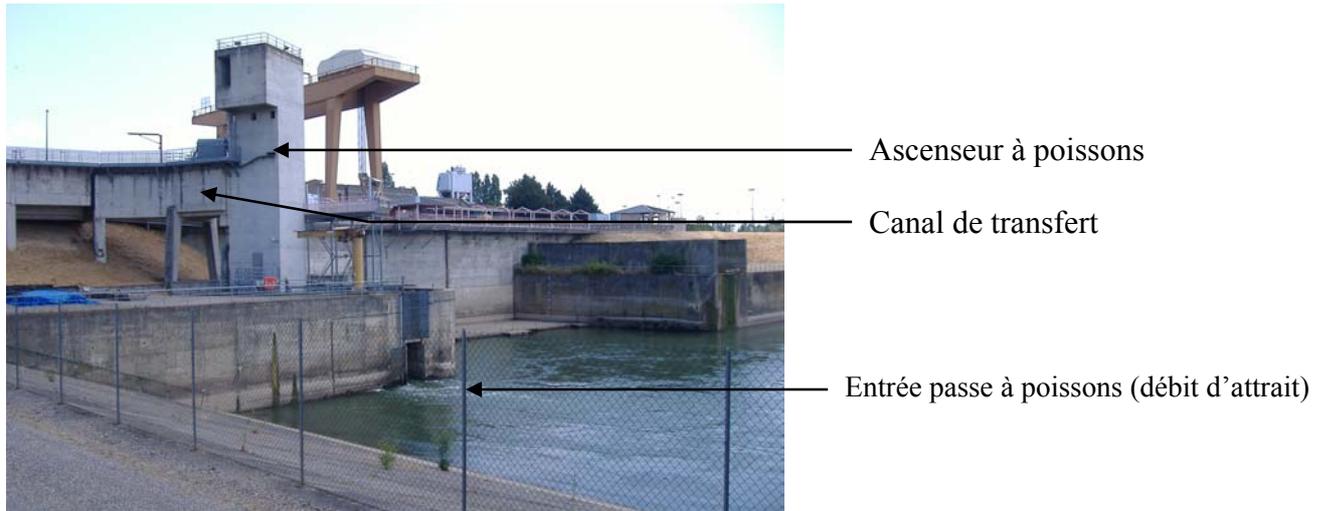


Figure 2 : Barrage hydroélectrique de Golfech



Figure 3 : Seuil 6 de Golfech



Figure 4 : Seuil 5 du tronçon court circuité de la garonne à Golfech

2. Biologie des espèces

2.2 La lamproie

2.2.1 Généralités

✓ Classification (Sabatié, 1998) :

Lamproie marine : *Petromyzon marinus* L., 1758

Embranchement : Vertébrés

Super-Classe : Agnathes

Classe : Cyclostomes

Sous-Classe : Cephalaspidomorphi

Super-Ordre : Petromyzonoïdae

Famille : Petromyzonidae

Genre : *Petromyzon*

Espèce : *marinus*

✓ Biologie et anatomie (Sabatié, 1998 ; Lascaux et Lagarrigue, 2002) :

La lamproie est une espèce migratrice amphihaline anadrome ; c'est-à-dire qu'elle présente une phase de croissance en mer et qu'elle remonte se reproduire en eau douce. Contrairement au saumon, il n'y aurait pas de phénomène de « homing »¹ chez la lamproie. La migration 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, sur un substrat composé de galets et de graviers. Les lamproies vont alors creuser un nid en s'aidant de leur ventouse pour déplacer les plus gros galets. Deux semaines après la reproduction, éclosent des pré-larves qui vont s'enfouir dans le nid et consommer leur réserve vitelline. 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'issue 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 deux à trois ans ; la lamproie est alors hématophage et parasite d'autres poissons grâce à sa ventouse, se nourrissant de leur sang et de leur tissu.

D'un point de vue morphologique, le corps de la lamproie est anguilliforme et recouvert d'une peau lisse dépourvue d'écailles mais recouverte de mucus. D'autre part, elle ne possède pas de nageoires paires.

¹ Capacité que peut avoir un poisson à retourner se reproduire dans la rivière où il est « né ».



Figure 5 : Lamproie, photo d'ensemble

Derrière la tête sont disposées sept paires de fentes branchiales permettant à l'animal de respirer.

La lamproie ne possède pas de mâchoire mais un disque buccal garni de dents cornées adaptées à la succion.



Figure 6 : Tête de lamproie

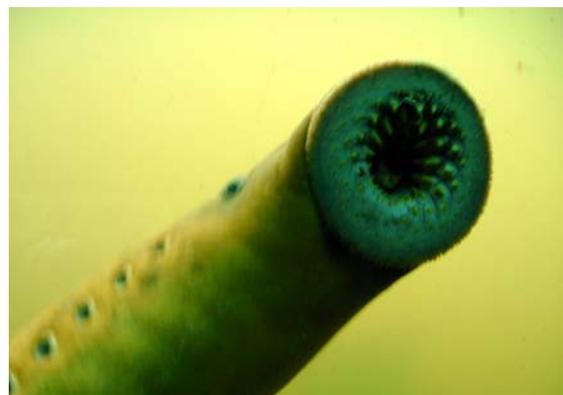


Figure 7 : Disque buccal de lamproie

2.1.2. Evolution des effectifs sur le bassin Garonne-Dordogne

La figure 8 montre une augmentation sensible des passages au niveau des stations de contrôles de la Garonne (Golfech) et de la Dordogne (Tuilières) depuis 2002. Cette augmentation est plus nette sur la Dordogne (Tuilières). En effet, même s'il n'existerait pas de phénomène de homing, les lamproies privilégient traditionnellement l'axe Dordogne à la Garonne.

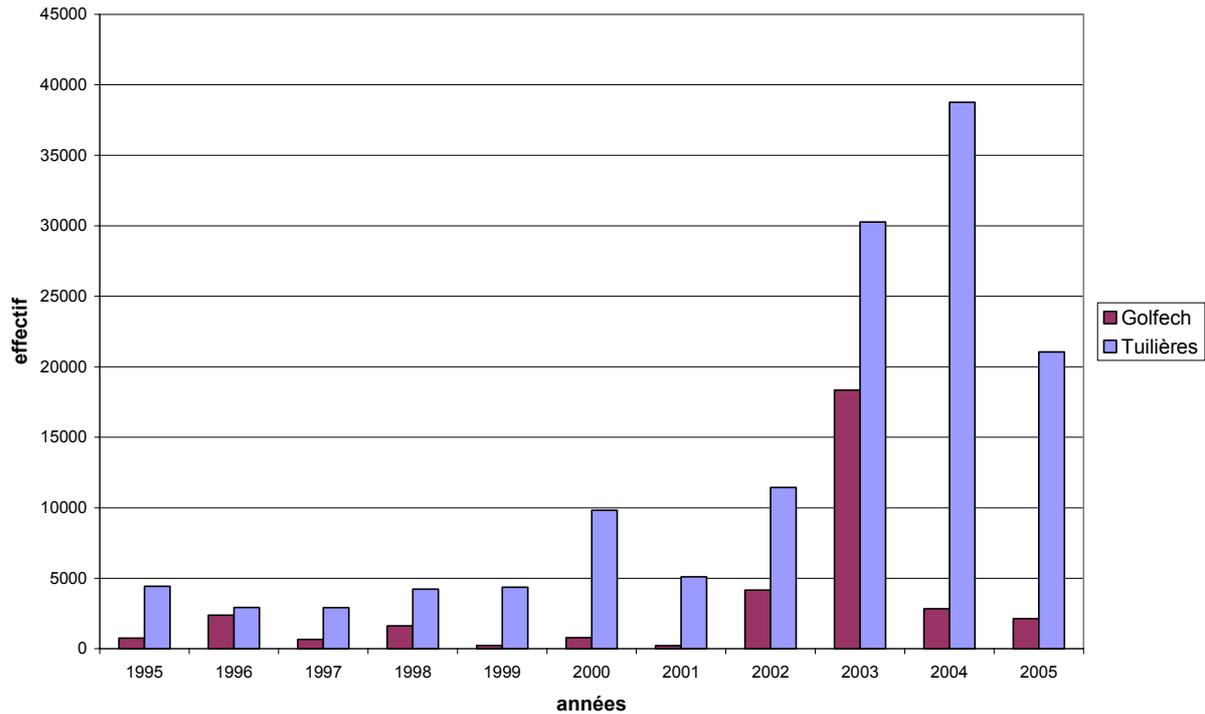


Figure 8: Nombre de lamproies passées à Golfech et à Tuilières de 1995 à 2005

2.2. Le Silure

2.2.1. Généralités

✓ Classification (Berg, 1964 in Tixier, 1998) :

Silure glane : *Silurus glanis* L., 1758

Embranchement : Vertébrés

Super-Classe : Gnathostomes

Classe : Ostéichtyens

Sous-Classe : Actinoptérygiens

Super-Ordre : Téléostéens

Ordre : Cypriniformes

Sous-ordres : Siluroidae

Famille : Siluridae

Genre : *Silurus*

Espèce : *glanis*

✓ Biologie et anatomie :

Le silure est un poisson originaire d'Europe de l'est, introduit en France à la fin des années 70 dans le bassin de la Saône. Les plus gros spécimens capturés en France mesurent environ 2,50 mètres pour un peu plus de 100kg, mais peuvent dépasser 3 mètres et 200 kilos en Europe de l'est.



Figure 9 : Silures glane, photo d'ensemble

La colonisation dans tous les grands bassins fluviaux français est due à l'homme, par le biais de nombreux déversements volontaires, le plus souvent anonymes.

Toutefois, il est nécessaire de remarquer que des données paléontologiques ont montré la présence du silure dans le sud de la France durant le Pliocène (de -5 à -2 millions d'années). Les quatre grandes glaciations du Pléistocène auraient causées la disparition des populations occidentales, tandis que les populations d'Europe centrale se seraient réfugiées à l'aval du bassin du Danube (Depéret, 1985 *in* Tixier, 1998).

Le silure glane est une espèce d'eau chaude puisque sa température optimum de croissance est de 28 à 30°C, avec un début d'alimentation vers 14°C. Le Silure a un cycle de reproduction annuel. La période de frai se situe entre fin avril et fin juillet et dure de un mois et demi à deux mois et demi (Mohr, 1957 *in* Tixier, 1998 ; Berg, 1964 *in* Tixier, 1998 ; Hochman, 1967 *in* Tixier, 1998 ; Abdullayev *et al.*, 1978 *in* Tixier, 1998 ; Schikhshabekov, 1979 *in* Tixier, 1998). La température de l'eau serait le principal facteur déclenchant : celle-ci doit être au minimum de 18 à 20°C (Mohr, 1957 *in* Tixier, 1998).

Le Silure est un poisson de fond ayant une activité essentiellement nocturne. Les adultes sont principalement ichtyophages, une grande variété d'espèces entrant dans leur régime alimentaire (Pinter, 1976 *in* Tixier, 1998). Pour pallier sa faible acuité visuelle, le silure est doté d'un équipement sensoriel particulier. En effet, il possède entre la vessie natatoire et l'oreille interne une série de petit os, les osselets de Weber, qui relient ces deux organes. Cela lui permet de percevoir les vibrations acoustiques de ses proies. D'autre part ses barbillons et sa ligne latérale jouent également un rôle prépondérant dans la localisation des proies (Tixier, 1998). Les alevins quant à eux, se nourrissent de zooplanctons et de macroinvertébrés benthiques (Pinter, 1977 *in* Tixier, 1998).

2.2.2. Evolution des effectifs sur le bassin de la Garonne

Sur le bassin Garonne-Dordogne, les premiers sujets ont été recensés en 1995, depuis la population est croissante. La figure 10 permet de le mettre en évidence.

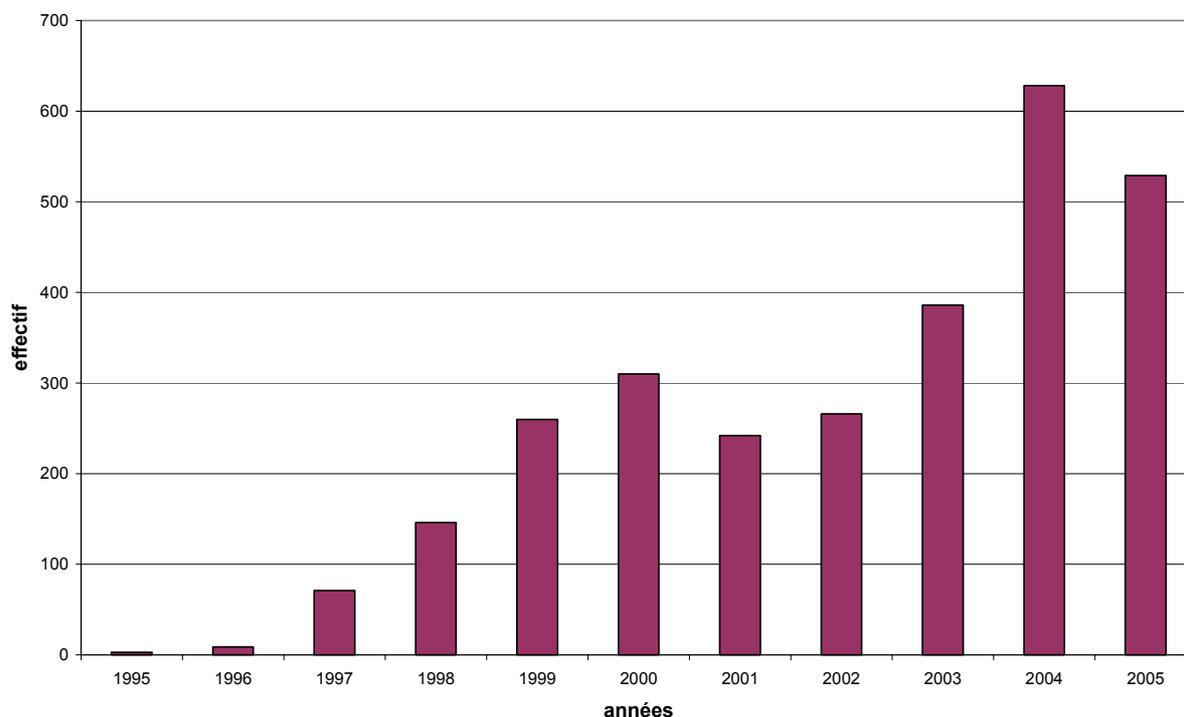


Figure 10 : Nombre de silures passés dans le canal de transfert à Golfech

Par ailleurs, le suivi du stock reproducteur d'aloses entre 1987 et 2005 (station de contrôle de Golfech et suivi de la reproduction naturelle en aval du barrage) montre une nette augmentation des effectifs à partir de 1994 avec un maximum en 1996 (cf. histogramme ci-après).

Mais depuis 1998, on constate une baisse sensible et continue de la population contrôlée au niveau du système de franchissement. Dans le même temps, il a été observé une activité de reproduction croissante au niveau du canal de fuite de l'usine hydroélectrique de Golfech alors que ce site ne possède aucune caractéristique connue d'une frayère à aloses. Cela laisse supposer des difficultés d'accès à l'ascenseur dont l'origine est difficile à cerner, étant donné qu'il n'y a pas d'obstacle à la circulation et que l'ascenseur fonctionne correctement, conformément aux prescriptions des concepteurs.

évolution du stock reproducteur depuis 1987

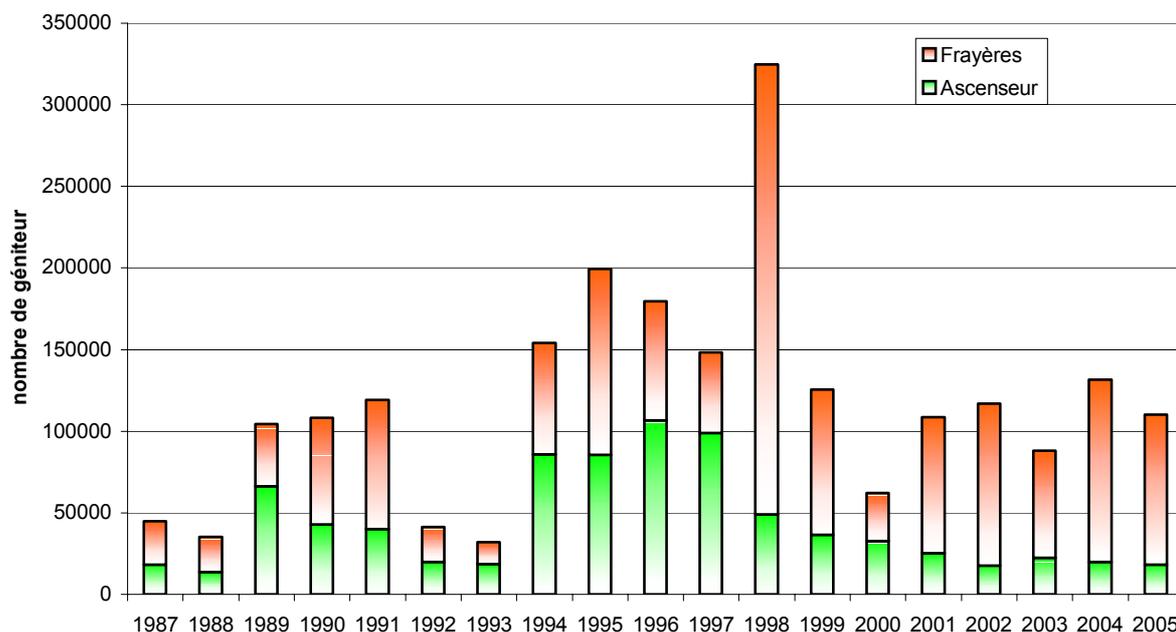


Figure 11 : Stock reproducteurs d'aloses estimés entre 1987 et 2005

Cette accumulation pourrait toutefois être liée à la présence d'une importante population de silures qui pourrait gêner l'accès des aloses à l'ascenseur (phénomène d'effarouchement). En effet, cette population qui est observée depuis 1995 au niveau des contrôles vidéo, a fortement augmenté ces dernières années, avec notamment plus de 600 individus comptabilisés en 2004. Les silures sont en effet devenus depuis quelques années très actifs dans le canal, en particulier devant l'entrée de l'ascenseur de Golfech, et ce systématiquement en période nocturne, mais également depuis 2003 pendant la journée.

Ainsi, une première campagne expérimentale consistant en une pêche scientifique à la senne au droit de l'ascenseur a été menée en 2004 par MIGADO en collaboration avec les pêcheurs professionnels de moyenne Garonne Philippe et Sébastien Gautier. 38 silures ont été capturés, en majorité des femelles mûres (33 individus), dont la taille et le poids peuvent atteindre 1,95m pour 54kg. De plus, les contenus stomacaux ont été systématiquement analysés et ont montré la présence d'aloses (2) et de lamproies (1) dans l'estomac de 2 mâles. Le phénomène d'effarouchement ne s'expliquerait donc pas par une relation de prédation vis-à-vis des aloses mais peut être simplement par une présence en grand nombre au droit du barrage. Par conséquent l'analyse des contenus stomacaux n'a pas été renouvelée.

En 2005, 72 silures ont été capturés de la même manière (taille comprise entre 105 et 186 cm). Chaque individu a été marqué à l'aide d'une marque de type « spaghetti », et relâché dans le canal de fuite de l'usine hydroélectrique. Cette opération a été menée en collaboration avec la fédération de pêche du Tarn-et-Garonne et l'université Paul SABATIER de Toulouse (laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes). Ces marques comportaient un numéro de téléphone permettant aux pêcheurs locaux de signaler toutes les recaptures. De plus, une autre marque visible à la vidéo (ablation franche d'une partie de la caudale) a été effectuée sur ces individus afin de les distinguer lors de leur éventuel passage devant la vitre de contrôle. Ainsi une estimation grossière de la population présente à l'aval de l'obstacle pourra être donnée par simple règle de trois :

$$\text{Population totale de silures} = \frac{\text{Nombre total de silures contrôlés à la vidéo} \times \text{Nombre total de silure marqués}}{\text{Nombre total de silures marqués contrôlés à la vidéo}}$$

Au 1^{er} juillet, sur **806 silures** contrôlés à la vidéo depuis la date du premier lâché, **21 étaient marqués**. Ce taux de recapture de marque permet d'estimer grossièrement la population en aval de Golfech entre 2000 et 3000 individus. On peut également ajouter que, suite aux pêches de silures de 2005, il a été constaté une activité migratrice non négligeable de la grande alose au niveau de l'ascenseur à poissons.

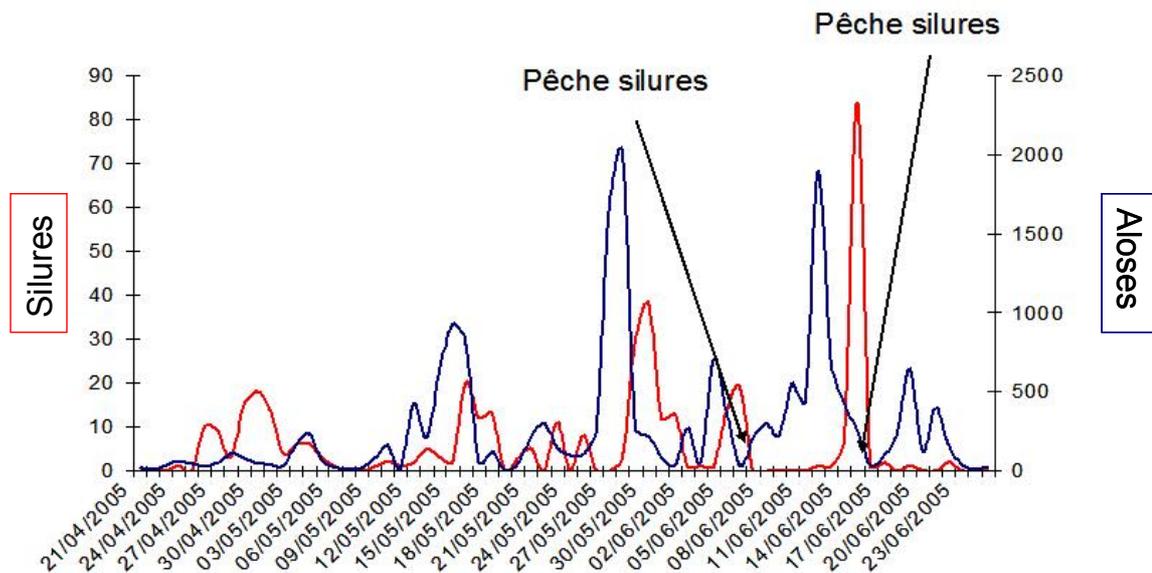


Figure 12 : Suivi journalier des effectifs de silures et d'aloses ayant emprunté l'ascenseur de Golfech en 2005

Ainsi, afin d'affiner nos connaissances vis-à-vis du comportement de cette espèce au droit de cet obstacle l'étude de radiotélémetrie sur le silure a été lancée en 2006.

3. Protocole et méthode

Tout d'abord, le matériel utilisé est le même que ce soit pour le silure ou la lamproie ; seule l'émetteur diffère.

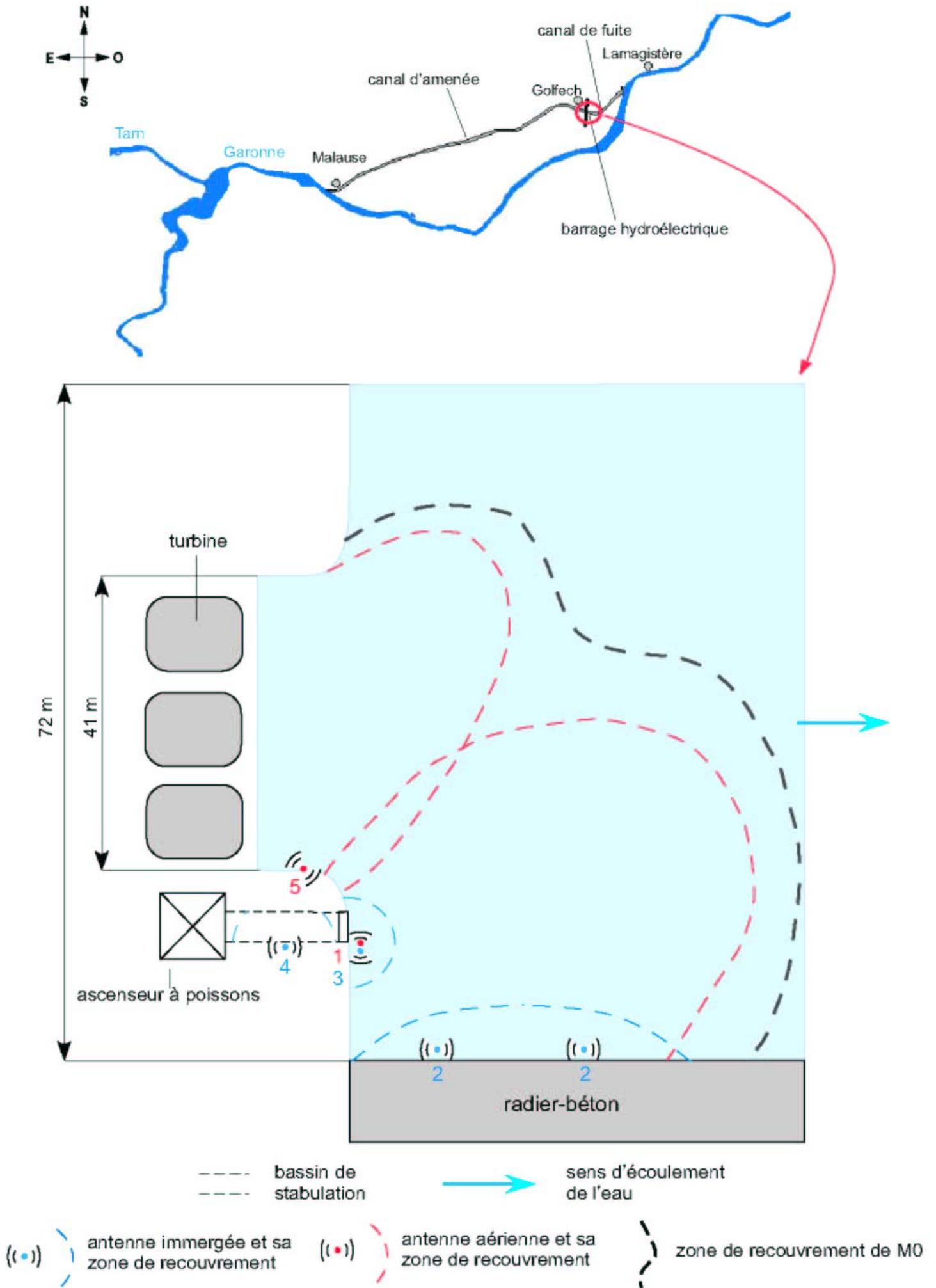
3.1. Le matériel de détection automatique et manuelle

3.1.1. Le matériel de détection automatique : l'enregistreur LOTEK

Avant le radiomarquage des poissons, un dispositif de détection automatique 24 heures sur 24 a été mis en place au niveau du barrage dans le but de détecter chaque poisson marqué qui se présenterait devant le barrage et ainsi enregistrer en continu son comportement.

Ce dispositif est composé d'une série de quatre antennes immergées et deux antennes aériennes, toutes connectées (par le biais de câbles co-axiaux) à un enregistreur de la marque

Figure n°14 : Zones de recouvrement des antennes installées au niveau du barrage de Golfech



LOTEK. Chaque fréquence rentrée dans le LOTEK est alors scannée successivement. Il enregistre des signaux radio émis sur une gamme de fréquence allant de 48 à 52 MHz.



Figure 13 : Enregistreur télémétrique LOTEK

Avant la mise en service, différents réglages ont été réalisés pour définir les zones couvertes par chaque antenne. Pour cela, il a fallu jouer sur la valeur de gain affectée à chaque antenne. Plus celui-ci est élevé, plus la zone couverte par l'antenne est étendue, mais cela augmente par la même occasion la quantité de parasites enregistrés. Ces derniers sont dissociables des signaux émis par les émetteurs. En effet, les transpondeurs émettent tous le même type de signaux : il s'agit de bips émis à un rythme de 55 bips/minute. Pour définir les zones couvertes par chaque antenne, un émetteur a été immergé et déplacé à proximité du barrage à l'aide d'un bateau du CSP (Conseil Supérieur de la Pêche) conduit par Monsieur **Serge VOGEL** (garde chef à la DR 7 de Toulouse).

✓ Choix des antennes

Le but recherché est de couvrir dans un premier temps une grande surface autour de la passe à poissons, puis dans un second temps une zone plus restreinte à proximité de celle-ci. Ainsi, deux types d'antennes ont été utilisés :

Les antennes aériennes qui présentent l'avantage de détecter des signaux lointains.

Elles ont 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 propres, et un troisième correspondant à leur zone de recoupement (cf. Figure 14).



Figure 15 : Antenne aérienne

Les antennes immergées qui ont pour but de localiser avec plus de précision la position d'un individu se rapprochant du barrage, et plus particulièrement de la passe à poissons. Pour cela, un gain plus faible a été affecté à ces antennes. Les antennes immergées ont été confectionnées par MIGADO. Elles correspondent à du fil co-axial dénudé sur 34 cm.



Figure 16 : Antenne immergée

Un récapitulatif des antennes est donné dans le tableau ci-dessous.

	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

Tableau 1 : Caractéristiques des antennes



Exutoire des trois turbines
(antenne 5)

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

Contre courant (radier béton),
antenne 2

Figure 17a : Localisation des antennes



Bassin de stabulation (antenne 4)

Figure 17b : Antenne 4 dans le bassin de stabulation

A noter que l'antenne 2 immergée correspond en fait à deux antennes immergées positionnées à une dizaine de mètres l'une de l'autre, afin de couvrir une plus grande zone le long du radier béton (figure 18).



2 antennes immergées
correspondant à l'antenne 2

Figure 18 : Antenne 2 contre courant sur le radier béton

✓ Exemple d'enregistrement LOTEK

Le balayage des fréquences se fait en premier sur 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 (cf. figure 14).

Ainsi, l'enregistreur ne scanne sur les 5 antennes que si un signal est détecté sur une fréquence par M0.

date	StartDate	Time	Frequency	Rate/Temp	Pwr	Ant
12/07/2006	38909	18:34:09	48.041	55	91	M0
12/07/2006	38909	18:34:15	48.041	55	167	1
12/07/2006	38909	18:34:32	48.041	55	69	5

Tableau 2 : Exemple d'enregistrement sur la fréquence 48,041 MHz

Dans cet exemple, un signal a été détecté sur la fréquence 48,041 MHz le 12 juillet 2006 à 18h34min09s sur l'antenne maîtresse M0. Il s'agissait d'un signal à 55 bips/minute et d'une puissance de 91 (sans unité). Etant donné que le signal était suffisamment puissant, le LOTEK a scanné sur l'antenne 1, et a détecté ce signal ; il l'a donc enregistré. Il n'a par contre rien détecté sur les antennes 2, 3 et 4 ; il n'a donc rien enregistré. Il a ensuite détecté le signal sur l'antenne 5 et l'a enregistré.

3.1.2. Le matériel de détection manuel : l'ATS

ATS (Advanced Telemetry System) correspond en fait à la marque de fabrique de cet appareil. L'ATS est employé pour une utilisation mobile, à pied ou embarqué dans un véhicule. Il fonctionne sur le même principe que le LOTEK :

- de manière semi-automatique : il est possible de rentrer les fréquences à scanner. Chaque fréquence va alors être balayée automatiquement en continu. Lorsqu'un signal est perçu grâce à un écouteur audio branché sur l'ATS, la fréquence (et la position du poisson) est relevée, puis celle-ci est supprimée de l'appareil.

- de manière manuelle : il est possible de régler soi-même la fréquence à scanner, de rester le temps voulu dessus et de faire défiler les fréquences manuellement. Puis, de la même manière que la méthode précédente, lorsqu'un signal est perçu, la fréquence est relevée puis supprimée de l'appareil.



Figure 19 : ATS

Le matériel de réception pour une utilisation à pied est une antenne dite « manuelle » tout à fait analogue aux antennes aériennes utilisées avec le LOTEK. Pour une utilisation embarquée en voiture, une antenne « toit » aimantée au centre du capot de la voiture est employée.

Il est possible de détecter un signal à une distance maximale de 700 mètres environ dans le cas d'une antenne « toit », et 500 mètres dans le cas d'une antenne manuelle. Cela n'est possible qu'à condition qu'il n'y ait pas d'obstacle entre l'antenne et l'émetteur et que ce dernier soit proche de la surface. Ce cas est rare ; par conséquent en pratique, les distances maximales de réception sont en général inférieures.

Si la réception avec une antenne toit est meilleure, il est possible de déterminer avec plus de précision la position d'un poisson grâce à une antenne manuelle. En effet, l'intensité du signal est maximum quand l'antenne est orientée en direction du poisson radiomarcué. Par contre, si on oriente l'antenne perpendiculairement à la direction du poisson portant l'émetteur, on constate une extinction quasi-totale du signal.



Figure 20 : Antenne manuelle orientée dans la direction d'un poisson radiomarcué

Concernant l'étude silure, le système de localisation arbitraire au niveau du canal de fuite correspond à des éléments du paysage (pont, tours aéroréfrigérantes de la centrale nucléaire, barrage,...). Ces repères sont présentés sur la carte ci-dessous.

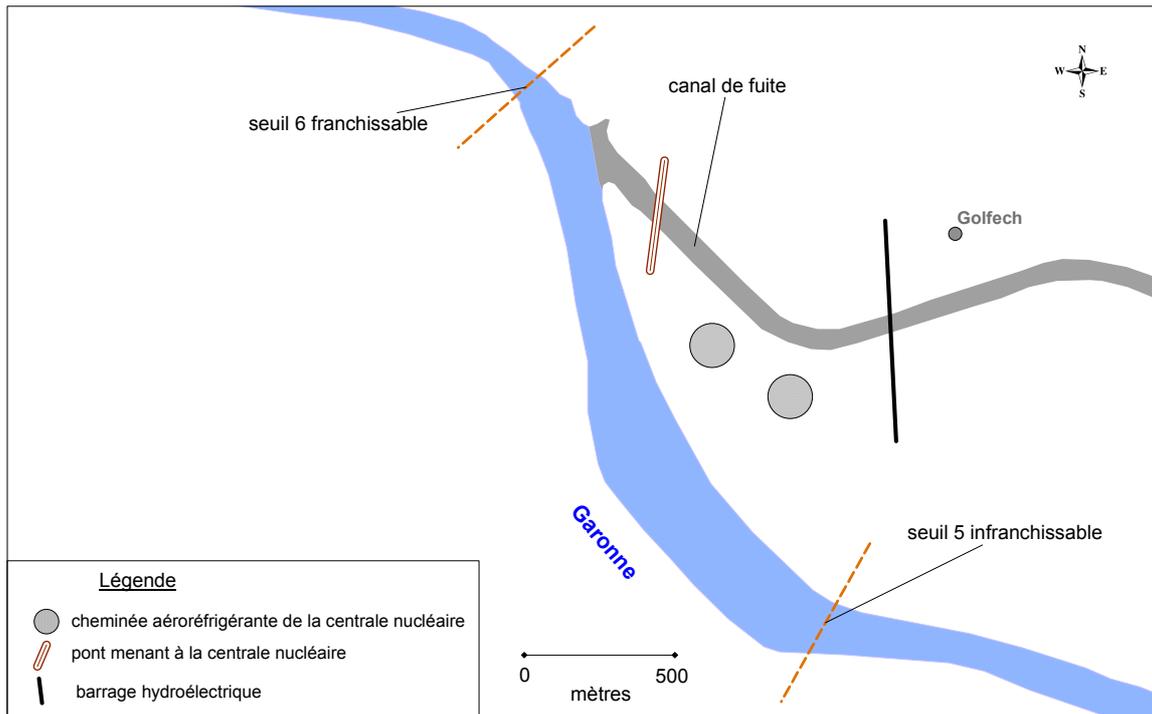


Figure 21 : Eléments du paysage utilisés pour localiser les silures radiomarqués

A noter les antennes aériennes, l'ATS ainsi que le LOTEK nous ont aimablement été prêtés pour cette étude par le Groupe d'Hydraulique Appliquée à l'Aménagement des Passes à poissons et la Protection de l'Environnement (GHAAPPE) basé à Toulouse.

3.2. Caractéristiques et mise en place des émetteurs

3.2.1. Pour la lamproie

Le choix de l'émetteur a été un compromis entre la distance d'émission, sa taille et son maintien sur le poisson. Un émetteur externe présentant une bonne distance d'émission aurait menacé de se décrocher. Un émetteur totalement interne avec antenne enroulée et incluse dans « un moule » en 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.

Ainsi, le choix s'est porté sur des émetteurs internes dotés d'une antenne externe. Cependant, deux modèles ont été testés ; l'un plus petit est doté d'une batterie moins puissante, tandis que le second modèle, plus gros est doté d'une batterie plus puissante. Si la longévité du premier est moindre, sa petite taille est un avantage étant donné la place disponible dans la cavité générale d'une lamproie.

	Modèle F1830	Modèle F1820
Longueur (sans l'antenne)	54 mm	43 mm
Diamètre	12 mm	12 mm
Longueur antenne	340 mm	340 mm
Poids	11 g	8 g
Autonomie garantie	121 jours	242 jours
Autonomie maximum	87 jours	174 jours

Tableau 3 : Caractéristiques des émetteurs lamproie

Chaque émetteur émet un signal radio sur une fréquence qui lui est propre. La plage de fréquence utilisée s'étale de 48 à 49 MHz. Tous les émetteurs 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 en particulier si le poisson est toujours en vie.

D'autre part, il est utile de préciser que pour qu'un animal supporte le poids d'un émetteur, il est nécessaire que ce dernier n'excède pas 2% du poids de l'animal.



Figure 22 : Emetteur lamproie

Les lamproies radiomarquées, ont été achetées à deux pêcheurs professionnels associés, Philippe et Sébastien Gautier. Les poissons ont été capturés à l'aide de nasses dans la Garonne et dans la Dordogne, puis conservés vivants en bassin chez les pêcheurs à Couthures-sur-Garonne. Les opérations ont été réalisées directement chez eux.

Trente cinq lamproies ont été radiomarquées en deux fois : vingt le mardi 11 avril et quinze le vendredi 21 avril. Un tableau récapitulatif des trente cinq lamproies est fourni en annexe 2.

✓ Première étape : anesthésie de l'animal

La lamproie est plongée pendant six à sept minutes dans un bain anesthésiant composé de 20 litres d'eau et 15 millilitres de solution d'eugénol (extrait de clou de girofle) à 10%. Le bain est contenu dans une civière, alors refermée, l'obscurité facilitant l'anesthésie. Des études nécessitant l'anesthésie de lamproies ont déjà été menées par MIGADO. Sur la Dordogne.



Figure 23 : Lamproies dans le bain anesthésiant

✓ Deuxième étape : incision et insertion de l'émetteur

La lamproie endormie est déposée dans un support demi cylindrique en PVC. Un linge humide est ensuite déposé sur la tête et les fentes branchiales de l'individu afin de ne pas dessécher ses tissus. A l'aide d'un scalpel, la lamproie est incisée 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 centimètres. 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. A l'aide d'une pince, les tissus sont écartés et la paroi de la cavité générale, perforée. Le scalpel permet ensuite d'agrandir l'incision de la cavité générale. L'émetteur peut alors être délicatement glissé à l'intérieur.



Figure 24 : Incision de la cavité générale d'une lamproie



Figure 25 : Insertion d'un émetteur

✓ Troisième étape : mise en place de 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. Pour cela, une aiguille trocart est insérée environ deux centimètres derrière la plaie et ressort au niveau de l'incision. L'antenne peut alors être délicatement glissée dans l'orifice du trocart. Celui-ci une fois ressorti, entraîne l'antenne avec lui (figure 26).



Figure 26 : Mise en place de l'antenne d'un émetteur lamproie

✓ Quatrième étape : suture de la plaie

Quatre à cinq points de suture sont effectués grâce à une aiguille courbe adaptée ainsi que du fil à résorption lente (environ 3 mois¹) afin de refermer la plaie.



Figure 27 : Plaie suturée après opération sur une lamproie

✓ Cinquième étape : injection d'une dose d'antibiotique

Une dose de 0.15mL d'antibiotique¹ (Marbocyl 10%) est injectée trois à cinq centimètres en avant de la plaie pour limiter tout risque d'infection.

¹ Ce type de fil ainsi que le dosage de l'antibiotique nous a été conseillé par un vétérinaire spécialisé poisson.



Figure 28 : Injection d'une dose d'antibiotique chez une lamproie

✓ Sixième étape : Réveil

A la fin de l'opération, chaque individu est mesuré et pesé puis immédiatement mis dans un bassin de réveil rempli d'eau claire continuellement oxygénée grâce à un système d'alimentation continue en eau. Aucune mortalité n'a été constatée immédiatement après l'opération. Après plusieurs heures, les lamproies sont remises à l'eau au niveau de l'embarcadère de Couthures-sur-Garonne. On notera que les émetteurs ont été au préalable nettoyés et désinfectés à l'alcool à 90° puis à la bétadine.

3.2.2. Pour le silure

Dix neuf silures ont été radiomarqués en quatre fois : deux le 28 avril, sept le 09 mai, cinq le 15 mai et cinq le 23 mai. Un tableau récapitulatif des dix neuf silures est fourni en annexe 3.

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 poisson (pendant la nuit). La technique utilisée pour transférer les poissons du canal de transfert jusqu'au site où l'opération s'est déroulée est précisée en annexe 4.

Le choix de l'émetteur a été un compromis entre la distance d'émission, son maintien sur le poisson, et sa durée de vie. Un émetteur externe présentant une bonne distance d'émission aurait menacé de se décrocher, d'autant plus que l'étude silure s'étale sur plusieurs années. Un émetteur totalement interne avec antenne enroulée et incluse dans « un moule » en résine aurait eu une distance d'émission très insuffisante étant donné que le silure est un poisson de fond. Or la réception du signal radio diminue avec la profondeur. Une antenne externe aurait représenté un fort risque d'infection, de blessure et de détérioration de l'émetteur 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.

	Modèle F1860
Longueur (sans l'antenne)	85 mm
Diamètre	38 mm
Longueur antenne	340 mm
Poids	130 g
Autonomie garantie	3 ans
Autonomie maximum	18 ans

Tableau 4 : Caractéristiques des émetteurs silure

Chaque émetteur émet un signal radio sur une fréquence qui lui est propre. La plage de fréquence utilisée s'étale de 48 à 49 MHz. D'autre part, le fonctionnement des émetteurs silure et lamproie est identique.

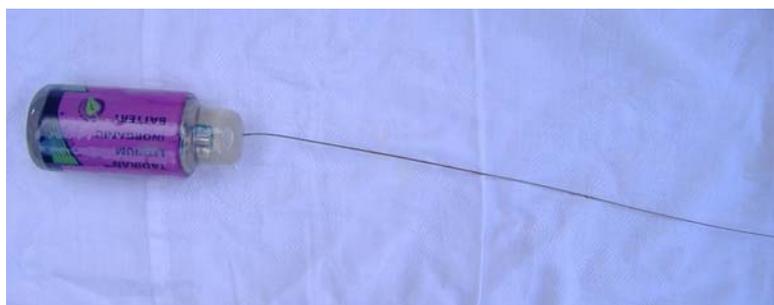


Figure 29 : Emetteur silure

✓ Première étape : anesthésie de l'animal

Chaque silure est plongé pendant six à sept minutes dans un bain anesthésiant composé de 40 litres d'eau et 15 millilitres de solution d'eugénol (extrait de clou de girofle) à 10%.



Figure 30 : Silure dans le bain anesthésiant

✓ Deuxième étape : incision et insertion de l'émetteur

Le silure endormi est déposé dans un support plastique, et un linge humide est déposé sur sa tête afin de ne pas dessécher ses tissus. Puis, une incision est réalisée à l'aide d'un scalpel au niveau postérieur de la cavité générale du poisson (derrière les organes), d'abord de manière superficielle, d'avant en arrière sur environ cinq centimètres. Puis, les tissus musculaires sont délicatement coupés à l'aide du scalpel tenu face tranchante vers le haut afin de ne pas risquer d'endommager un organe. A l'aide d'une pince, les tissus sont écartés et la paroi de la cavité générale, perforée. Le scalpel permet ensuite d'agrandir l'incision de la cavité générale. L'émetteur peut alors être délicatement glissé à l'intérieur.



Figure 31 : Incision de la cavité générale d'un silure



Figure 32 : Insertion d'un émetteur silure

✓ Troisième étape : suture de la plaie

Six à sept points de suture sont effectués grâce à une aiguille courbe adaptée ainsi que du fil à résorption lente (environ 3 mois¹) afin de refermer la plaie.



Figure 33 : Plaie suturée après opération sur un silure

✓ Quatrième étape : injection d'une dose d'antibiotique

Une dose de 2 à 2,5 mL (selon le poids du silure) d'antibiotique¹ (Marbocyl 10%) est injectée trois à cinq centimètres en avant de la plaie pour limiter tout risque d'infection.



Figure 34 : Injection d'une dose d'antibiotique chez un silure

✓ Cinquième étape : Réveil

A la fin de l'opération, chaque individu est mesuré puis immédiatement mis dans un bassin de réveil rempli d'eau claire. Aucune mortalité n'a été constatée immédiatement après l'opération. Après plusieurs heures, les poissons sont remis à l'eau immédiatement à l'aval du barrage.

Le premier point positif et le premier résultat de cette étude est le succès des opérations de marquage. En effet, étant donné l'absence de recul par rapport à ces expérimentations, il n'était pas certain d'obtenir la survie de tous les individus radiomarqués.

¹ Ce type de fil ainsi que le dosage de l'antibiotique nous a été conseillé par un vétérinaire spécialisé poisson.

3.3. Protocole de suivi

Les lamproies :

Le suivi a été effectué deux à trois fois par semaine jusqu'au 1^{er} juin, date à laquelle la totalité des individus ont stoppé leur migration.

Le suivi des lamproies a été réalisé en voiture sur les 100 kilomètres de Garonne séparant le point de lâcher et Golfech. La première tournée de radiopistage après le premier marquage a été de retrouver un maximum de poissons le plus rapidement possible, d'une part pour s'enquérir de leur survie, et d'autre part pour connaître la réaction générée par le stress de l'opération sur leur migration. Puis dans un second temps, il a été privilégié la régularité du suivi dans le but de retrouver plus rapidement un maximum de poissons. En effet, chaque « tournée » s'est faite en tenant compte de la position précédente de chaque poisson. C'est cette stratégie qui a rendu possible le suivi de 35 lamproies sur 100 kilomètres de rivière.

La position de chaque lamproie retrouvée a été inscrite sur une carte IGN à l'aide de points kilométriques définis arbitrairement, le point 0 correspondant à l'embarcadère de Couthures-sur-Garonne, le site de lâcher des lamproies (exemple de carte est donné en annexe 5).

Les silures :

Le suivi des silures a été effectué essentiellement à pied à l'aide d'une antenne manuelle le long du canal de fuite, entre Golfech et Lamagistère sur une distance d'1,5 kilomètres et en voiture entre le seuil 5 et l'aval de Lamagistère (soit un linéaire de 4 kilomètres). Par ailleurs, le suivi des silures a consisté également à décharger le LOTEK et à réaliser des pointages manuels au niveau du barrage dans le but de vérifier que les enregistrements du LOTEK correspondent bien à un poisson présent et non à des parasites. Toutefois, le radiopistage des silures a été régulièrement opéré entre Lamagistère et Agen (soit 21 kilomètres de cours d'eau), à partir du moment qu'il a été constaté l'absence persistante de certains individus entre Golfech et Lamagistère. Ce type de suivi a été effectué par 2 fois en zodiac équipé d'un moteur quatre temps de quatre chevaux, prêté par le bureau d'étude ECOGEA (basé à Toulouse).



Figure 35 : Zodiac utilisé pour le radiopistage

Ces descentes ont été effectuées le 24 mai et le 16 juin. Il n'a pas été possible de réitérer cette opération à cause des niveaux trop bas pendant l'étiage.

4. Résultats obtenus

4.1 Conditions environnementales

4.1.1. Le débit

année	Données	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
1993	Moyenne	270.4	200.5	196.1	607.5	637.6	278.9	150.9	85.5	249.4	364.5	380.4	728.5
1994	Moyenne	974.5	1156.1	506.1	997.9	754.2	354.1	126.6	62.7	203.8	358.7	655.6	222.9
1995	Moyenne	614.3	828.9	718.2	340.4	360.2	226.8	113.4	69.9	196.7	152.5	216.9	645.7
1996	Moyenne	1069.9	937.4	631.4	463.5	568.3	262.5	144.5	113.0	129.3	349.7	613.7	1485.4
1997	Moyenne	768.6	455.1	242.7	143.1	220.3	136.7	115.2	141.3	117.1	110.3	191.0	490.6
1998	Moyenne	497.8	211.2	250.9	483.7	477.8	192.0	68.3	60.4	102.7	237.0	258.8	341.6
1999	Moyenne	559.2	556.8	451.9	442.8	990.4	276.7	110.1	122.5	122.7	206.7	477.3	531.2
2000	Moyenne	332.6	596.8	358.1	547.0	426.7	651.7	167.0	100.8	118.4	250.3	317.9	363.5
2001	Moyenne	552.6	504.9	585.7	574.6	614.9	248.0	214.1	85.3	89.1	130.8	143.2	118.6
2002	Moyenne	130.0	255.3	300.6	288.5	408.8	471.7	188.0	153.8	164.9	249.6	510.1	727.1
2003	Moyenne	631.7	947.2	641.0	387.1	350.8	228.2	65.9	54.9	117.1	126.4	310.4	691.5
2004	Moyenne	1348.9	572.0	539.5	711.5	924.4	331.8	119.3	90.9	91.5	116.2	178.1	250.5
2005	Moyenne	341.7	346.4	305.3	420.0	455.8	212.4	81.0	87.3	144.4	161.4	261.4	246.8
2006	Moyenne	330.5	466.4	706.8	348.8	227.8	115.6	62.6	58.2	226.8	226.5	149.3	169.0
Moyenne de Débit 1993 - 2005	Moyenne	622.5	582.2	440.6	492.9	553.1	297.8	128.0	94.5	142.1	216.5	347.3	526.5

Figure 36 : Comparaison des débits moyens mensuels à Golfech en 2006 et des débits moyens mensuels enregistrés entre 1993 et 2005(m3/s)

La comparaison entre les débits (figure 36) mensuels moyens enregistrés à Golfech depuis 1993 (débits moyens mensuels entrants, correspondant aux débits arrivant dans la retenue de Malause en provenance de la Garonne et du Tarn) montre que l'année 2006 est marquée par des débits extrêmement faibles d'avril à Août, toujours inférieur à la moyenne mensuelle enregistrée depuis 1993. On notera que ces débits sont très défavorables à la migration des poissons, notamment les grands salmonidés.

4.1.2 La température de l'eau

Année	Température	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
1993	Moy	6.5	7.5	9.7	13.0	15.6	20.7	22.8	24.6	19.6	13.5	9.6	8.5
1994	Moy	7.6	7.7	11.7	11.0	16.0	19.5	25.0	25.6	20.0	15.1	11.8	9.1
1995	Moy	6.4	9.3	9.7	13.2	16.3	19.2	25.3	25.6	19.4	17.4	11.5	8.3
1996	Moy	9.3	7.2	9.7	13.2	15.8	20.8	23.3	23.6	19.3	14.7	10.7	9.0
1997	Moy	6.8	8.9	12.7	16.0	18.7	21.9	22.3	25.5	21.9	18.3	11.3	8.2
1998	Moy	7.8	8.3	11.3	13.0	16.6	20.5	24.4	24.4	20.7	15.0	9.7	6.4
1999	Moy	7.3	6.6	10.4	13.3	15.9	20.3	24.9	25.1	22.8	16.4	10.2	7.0
2000	Moy	5.8	8.3	11.0	12.9	17.4	19.7	23.0	24.6	21.8	15.4	11.0	9.5
2001	Moy	7.9	8.3	11.4	12.7	15.6	21.5	22.9	25.2	20.3	18.0	10.4	5.4
2002	Moy	5.5	8.4	11.7	13.8	15.2	19.2	21.6	22.1	20.0	15.4	11.1	8.2
2003	Moy	5.6	5.9	6.3	12.9	15.0	22.2	25.5	28.1	21.1	15.7	10.9	7.8
2004	Moy	7.0	7.0	8.6	11.7	14.6	19.9	23.4	25.1	22.4	18.0	10.1	7.6
2005	Moy	6.1	5.3	8.4	12.6	15.9	21.6	24.8	23.7	21.0	17.0	11.3	5.1
2006	Moy	5.7	6.3	9.6	14.6	18.1	23.5	27.6	23.7	21.9	17.1	13.3	7.5
Moyenne 1993 - 2005	Moy	6.9	7.6	10.2	13.0	16.0	20.5	23.8	24.9	20.8	16.1	10.7	7.7

Figure 37 : Comparaison des températures moyennes mensuelles à Golfech en 2006 et des températures moyennes mensuelles enregistrées entre 1993 et 2005

Globalement, comme le montre la figure 37, le régime thermique de la Garonne en 2006 est très supérieur à la moyenne des températures enregistrées les années précédentes

notamment lors des mois d'avril à juillet avec des valeurs supérieures de 2°C à 3°C par rapport à la moyenne 1993 – 2005. Ces données sont certainement à mettre en relation avec les faibles débits constatés pendant toute la période automnale. La température maximale, 29°C, a été enregistrée en continue entre le 18 et le 22 juillet 2006.

4.2. Radiopistage des lamproies

Le suivi des lamproies par radiopistage a duré un mois et demi. L'ensemble des individus a été localisé au moins une fois. En moyenne, 65% des lamproies étaient retrouvées à chaque tournée. (Il ne s'agissait pas forcément des mêmes individus.)

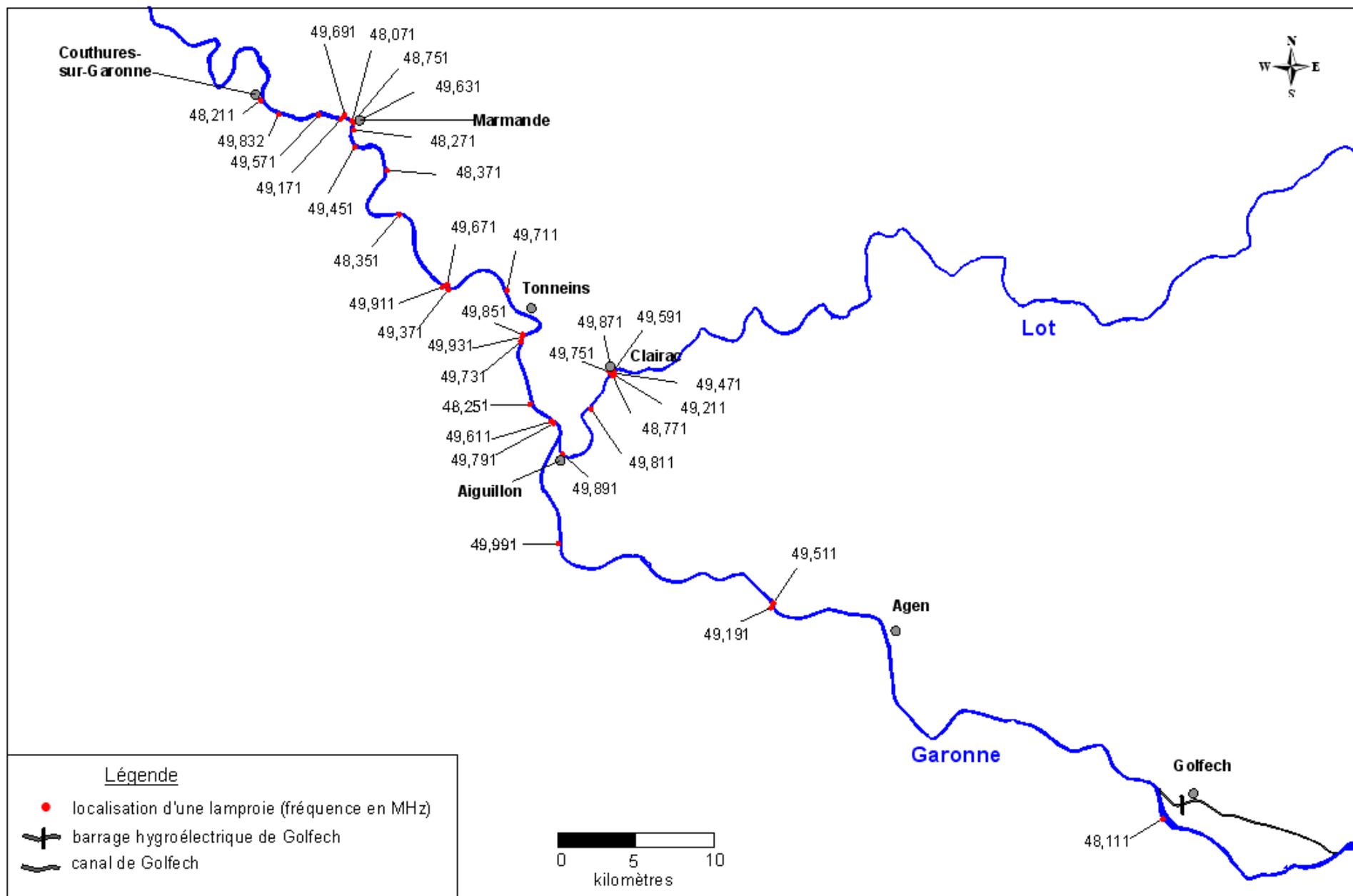
Le tableau 5 donne un récapitulatif de la progression des lamproies par le biais des pointages réalisés.

Tableau 5 : Récapitulatif des pointages des lamproies radiomarquées

date	48.071	48.111	48.211	48.251	48.271	48.351	48.371	48.751	48.771	49.171	49.191	49.211	49.371	49.451	49.471	49.511	49.571	49.591
13/04/2006	6800								6800									
14/04/2006	7500			36500	7500			7500	13600						39500	18800		36800
15/04/2006		32300							38000		32300	42200 L			42200 L	42200 L		42200 L
18/04/2006	7200			36500	7200			6800	39000			42200 L			42200 L	60500		42200 L
21/04/2006	7000					17000	11700					42200 L			42200 L			42200 L
23/04/2006	7000				7000		11700	7000				42200 L		0	42200 L	65000	2500	42200 L
25/04/2006	7000				7200	17000	11700	7000				42200 L			42200 L	65000	4000	40000
26/04/2006									42200 L			42200 L			42200 L			42200 L
27/04/2006	7000		400	37300	7200	17000	11700	7000	42200 L	6500		42200 L		0	42200 L	65000	4000	42200 L
28/04/2006									42200 L		65400	42200 L			42200 L	65400		42200 L
30/04/2006	7000		400	37300	7200		11700	7000	42200 L		65400	42200 L		0	42200 L	65400	4000	42200 L
02/05/2006									42200 L			42200 L			42200 L	65200		42200 L
04/05/2006	7000		300	37200		17000	11700	7000	42200 L	6400		42200 L			42200 L	65200	4200	42200 L
09/05/2006	7000			37200	7200		11700	6800		6400				6600	42200 L	65200	4500	
11/05/2006	7000		300	37800			11700	6800		6300	65200		23300	7000		65200	4500	
16/05/2006	7000		300	37300		17000	11700	6800			65300			6700	42200 L	65200	4500	
18/05/2006									49300 L			49300 L			49300 L			49300 L
19/05/2006		M 100200																
23/05/2006	6800		300	37200		17000	11700	6800		6300	65200			8300		65200	4300	
28/05/2006	6800		500	37400	7200	17000	11700	6800		6300			23300	8300				
29/05/2006		M 100200									65400	49300 L			49300 L	65200		
01/06/2006	6800		500	37400		17000	11700	6800	49300 L	6300	65300	49300 L	23300	8700	49300 L	65200	4300	49300 L
date	49.611	49.631	49.651	49.671	49.691	49.711	49.731	49.751	49.791	49.811	49.832	49.851	49.871	49.891	49.911	49.931	49.991	
13/04/2006																		
14/04/2006	33000																	
15/04/2006	39500													42200 L				
18/04/2006														42200 L				
21/04/2006	39500													42200 L				
23/04/2006							32000	39000		32000				42200 L			21500	
25/04/2006			55000					42200 L	29500	42200 L			30500	42200 L		33000	47300	
26/04/2006	39500							42200 L		42200 L				42200 L				
27/04/2006	39500		73000					42200 L	39700	42200 L			31500	42200 L				
28/04/2006														42200 L				
30/04/2006	39500							42200 L						42200 L		32300		
02/05/2006	39500							42200 L		39700	42200 L			42200 L				
04/05/2006	39500	7000							39700	42200 L	1800	31500		42200 L		32300	48000	
09/05/2006		7000		23000					39500			32300		41700 L		32300	48000	
11/05/2006	39500	6800		23200			33200		39500		2200	32300		41700 L		32300	48000	
16/05/2006	39500	7000		23200			32800		39500		1800	32300		41700 L		32300	48000	
18/05/2006								49300 L					49300 L	41700 L				
19/05/2006														41700 L				
23/05/2006	39300	6800		23200			33000		39500	2000	32300			41700 L		32000	48000	
28/05/2006	39300	6800		23200	6500	28200	32800		39500	2100	32300			41700L	23000	32700		
29/05/2006	39300							49300 L	39500	46700 L			49300 L	41700L			48000	
01/06/2006	39300	6800		23200		28200	32800	49300 L	39500	46700 L	2000	32300	49300 L	41700L	23000	32300	48000	

En rouge : double bip / en noir : simple bip L : poissons localisés sur le Lot M : poissons localisés entre le seuil 6 et le seuil5

Figure n°38 : Dernière localisation des lamproies après leur migration



Tout d'abord, on peut noter que la migration post-opératoire a eu lieu dans la majeure partie des cas durant les premiers jours qui ont suivi le marquage. Le graphique suivant illustre bien ce phénomène, en prenant comme exemple quatre individus équipés de radio-émetteurs le 11 avril.

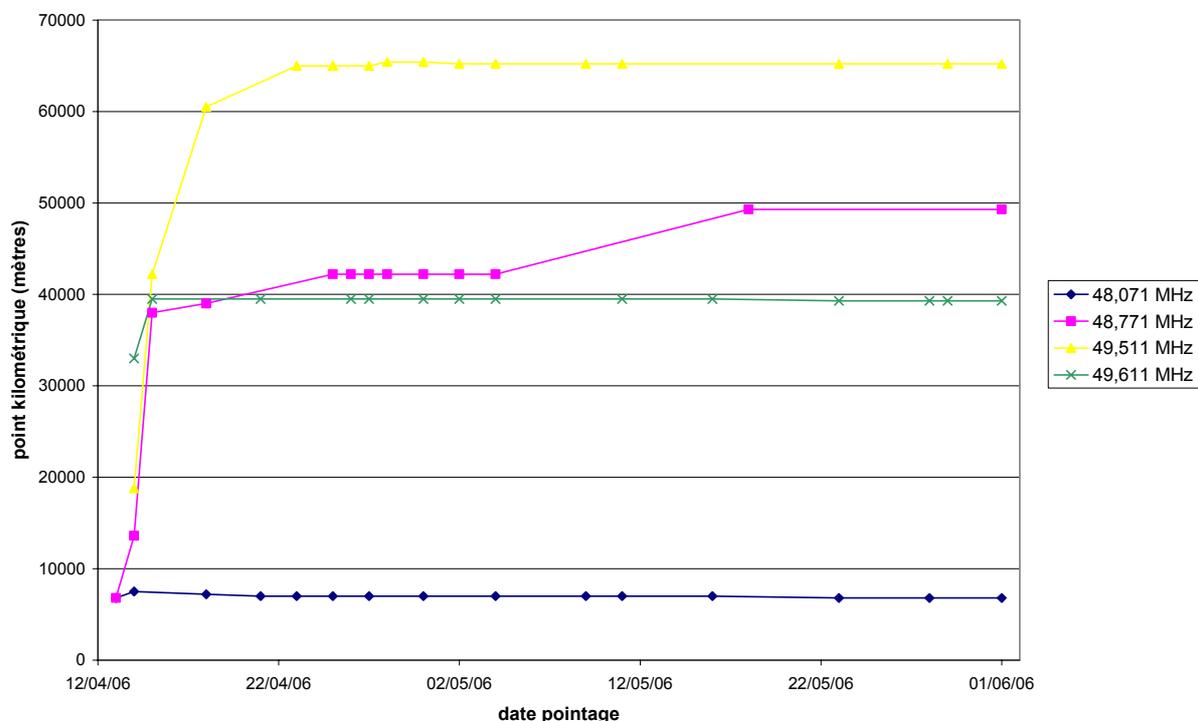


Figure 39 : Progression de quatre lamproies radiomarquées

Comme on peut le remarquer, les lamproies n'ont pas eu une progression égale. En effet, 10 poissons sur 35 (soit 29%) ont parcouru moins de 8 km après l'opération.

La figure 38 représentant la localisation des lamproies une fois leur migration achevée, permet de constater que la majorité des individus (22 sur les 35 radiomarqués soit 63%) s'est arrêtée à l'aval de la confluence Lot-Garonne. Parmi les 13 autres, 8 (soit 62%) sont remontés sur le Lot. Cela pourrait s'expliquer par le facteur hydrologique mais aussi par la température ou la composition chimique de l'eau.

Toujours est-il que le Lot serait traditionnellement un axe très fréquenté par les lamproies marines ; l'existence d'une zone de frai était fortement soupçonnée quelques centaines de mètres à l'aval du barrage d'Aiguillon (d'après le témoignage des pêcheurs locaux). La forte potentialité de ce secteur a bien été vérifiée : les caractéristiques de frayère à lamproie y étant réunies (substrat grossier en tête de radier ou plat courant et faible profondeur). Qui plus est, une lamproie radiomarquée a été localisée sur ce site.



Figure 40 : Site de frai de lamproies d'Aiguillon

Même si le Lot n'est pas classé cours d'eau à migrateurs, le barrage d'Aiguillon est équipé d'une passe à poissons qui n'est en fait fonctionnelle que lorsque la cote avale du Lot est suffisamment élevée.



Figure 37 : Barrage d'Aiguillon en période d'étiage d'Aiguillon



Figure 42 : Entrée de la passe à poissons

Néanmoins, après plusieurs jours de stagnation, un certain nombre de lamproies a emprunté cette passe, les conditions hydrologiques devant être favorables. Celles-ci se sont alors retrouvées bloquées à l'aval du barrage de Clairac, environ 7 kilomètres en amont. Celui-ci est également équipé d'une passe à poisson mais le débit d'attrait est bien trop faible, et la chute d'eau pour y accéder bien trop importante (hors période de crue). Or, entre le barrage d'Aiguillon et de Clairac, le faciès d'écoulement n'est constitué que d'un plat continu, impropre à la reproduction des lamproies. Il paraît donc difficile qu'elles puissent se reproduire dans ces conditions.



Figure 38 : Barrage de Clairac



Figure 394 : Passe à poissons de Clairac

Concernant la Garonne, aucun des individus radiomarqués n'a atteint le canal de fuite entre Lamagistère et Golfech. En conséquence, aucune lamproie n'a été enregistrée par le LOTEK. Comme on peut le voir sur la carte précédente, le poisson qui est monté le plus haut (fréquence 48,111 MHz) n'a pas emprunté le canal de fuite, mais le « bras naturel de la Garonne ».

Cela dit ce n'est pas un constat d'échec, même si cette année, il sera bien évidemment impossible d'obtenir un pourcentage d'individus marqués ayant franchi le barrage de Golfech. En effet, il est nécessaire de préciser que cette année, le nombre de lamproies comptabilisées au niveau de la station de contrôle de Golfech était bien inférieure aux quatre années précédentes (434 contre plus de 2000). Il est possible de formuler deux hypothèses pour essayer d'expliquer ce phénomène :

Au vu des premiers résultats de la pêche professionnelle, il semble que l'axe Garonne ait été très peu fréquenté par cette espèce cette année. De plus, la Dordogne n'aurait pas connu de diminution du nombre de lamproies en 2006 (résultat en cours de validation).

Le 28 mai, à la fin du suivi radiopistage, une descente en bateau d'Aiguillon à Couthures-sur-Garonne sur le Lot et la Garonne a été réalisée grâce à l'aimable collaboration de Philippe Gautier, afin de localiser les individus qui ne l'avaient pas été jusque là, et pour vérifier si les secteurs où s'étaient arrêtées les lamproies sont susceptibles d'être des zones de frai.

Ces secteurs rassemblaient bien les caractéristiques d'une zone de frai : faible profondeur, substrat grossier, plat courant. Cependant, aucun « nid » n'a pu être observé sur la Garonne du fait de la turbidité des eaux. Par contre, les eaux claires du Lot ont permis d'observer quelques nids sur la frayère d'Aiguillon (tâches claires sur la photo 45).



Figure 45 : Nid de lamproie sur le Lot (image de droite vue au travers de verres polarisants pour limiter les reflets)

D'autres sorties en voiture ont par ailleurs été effectuées sur la Garonne pour vérifier la potentialité des sites de frai et ont conforté ce qui a été constaté en bateau.



Figure 406 : Zones de frai de lamproies sur la Garonne

En résumé, aucune lamproie n'est restée sur le site du lâcher pendant l'intégralité de la période du suivi ; elles ont toutes poursuivies leur migration vers l'amont. D'autre part, toutes les lamproies ont été retrouvées à un moment donné du suivi. Seule la « lamproie 49,651 » n'a plus été retrouvée après son dernier pointage le 27 avril à Agen au point kilométrique 73000. Il est possible qu'elle ait dévalé, ou qu'elle ait été capturée.

Par ailleurs, Il a été constaté dès les premiers jours du suivi radiopistage qu'un signal en double bip (individu immobile pendant au moins 6 heures) ne signifie pas forcément que la lamproie est morte. En effet, celle-ci peut se fixer à l'aide de sa ventouse sur un rocher ou tout autre support, au cours ou à l'issue de sa migration, afin d'économiser ses forces.

Enfin, on a pu remarquer qu'une lamproie qui est montée ne redescend pas. Seul le cas de la « lamproie 49,511 » est particulier puisqu'elle est montée jusqu'à Aiguillon sur le Lot où elle s'est retrouvée bloquée par le barrage. Puis, elle est redescendue à la confluence Lot-Garonne, et est finalement remontée sur la Garonne pour se reproduire.

4.3. Le radiopistage des silures

L'association d'un enregistreur en continu au pied du barrage et de pointages diurnes et nocturnes a permis d'obtenir des résultats homogènes dans le temps et dans l'espace.

Globalement, les silures ont été plus facilement retrouvés que les lamproies. En effet, la grande majorité des individus est restée au moins les premiers jours cantonnée dans le canal de fuite, ou entre le seuil 6 et le seuil 5 sur la Garonne.

4.3.1. Résultats obtenus grâce au LOTEK

Rappelons que le but du LOTEK est de spécifier la présence ou l'absence de silures au droit du barrage, et de les localiser plus précisément lorsqu'ils s'approchent de l'entrée de la passe à poissons. Le LOTEK permet aussi grâce à l'association de plusieurs antennes, de mettre en évidence la circulation d'individus sur le site.

Les données obtenues se présentaient sous forme de fichiers Excel très lourds puisque par exemple le « silure 49,144 » a généré plus de 17 000 lignes Excel en deux mois, une ligne correspondant à un enregistrement sur une antenne. Un traitement automatisé des fichiers a été effectué sur Excel. Les tableaux 6 et 7 montrent les données avant et après traitement.

date	heure	fréquence (MHz)	Rythme signal (bips/min)	puissance signal	antenne
21/07/2006	03:10:54	49.621	55	39	M0
⋮	⋮	104 lignes supplémentaires		⋮	⋮
21/07/2006	07:14:40	49.621	55	91	5
21/07/2006	07:16:12	49.621	55	64	M0
21/07/2006	07:16:17	49.621	55	66	1
21/07/2006	07:20:00	49.621	55	55	M0
21/07/2006	07:20:22	49.621	55	88	5
21/07/2006	08:40:47	49.621	55	44	M0
21/07/2006	08:42:35	49.621	55	56	M0
21/07/2006	08:46:15	49.621	55	44	M0
21/07/2006	09:29:15	49.621	54	38	M0
21/07/2006	10:23:59	49.621	55	39	M0
21/07/2006	12:26:10	49.621	57	32	M0
21/07/2006	17:56:41	49.621	55	32	M0
21/07/2006	22:41:00	49.621	54	32	M0
22/07/2006	03:16:16	49.621	55	49	M0
22/07/2006	04:13:01	49.621	54	89	M0
22/07/2006	08:46:51	49.621	55	61	M0
22/07/2006	08:53:52	49.621	55	39	M0
22/07/2006	08:55:50	49.621	54	35	M0
22/07/2006	09:17:53	49.621	56	40	M0
22/07/2006	09:31:21	49.621	55	32	M0

Tableau 6: Enregistrement brut réalisé par le LOTEK sur la fréquence 49,621 MHz

date	heure	date + heure	entrée/sortie	temps entre deux lignes (jour h:min:s)	fréquence (MHz)	rythme (bips/min)	puissance signal	antenne
21/07/2006	03:10:54	21/07/2006 03:10:54	entrée		49.621	55	39	M0
21/07/2006	07:20:22	21/07/2006 07:20:22	sortie	00 04:09:28	49.621	55	88	5
21/07/2006	08:40:47	21/07/2006 08:40:47	entrée	00 01:20:25	49.621	55	44	M0
21/07/2006	08:46:15	21/07/2006 08:46:15	sortie	00 00:05:28	49.621	55	44	M0
22/07/2006	08:46:51	22/07/2006 08:46:51	entrée	01 00:00:36	49.621	55	61	M0
22/07/2006	09:31:21	22/07/2006 09:31:21	sortie	00 00:44:30	49.621	55	32	M0

Tableau 7 : Tableau après traitement des données

A noter que les données issues du déchargement du LOTEK après le 02 août 2006 n'ont pas été intégrées dans ce rapport.

fréquences (en MHz)	48,041	48,081	48,261	48,280	48,301	48,684	48,724	48,741	48,784	49,080
% du temps sur site	8,6%	< 1%	4,2%	< 1%	4,0%	9,4%	3,0%	< 1%	11,6%	< 1%
% du temps hors site	91,4%	> 99%	95,8%	> 99%	96,0%	90,6%	97,0%	> 99%	88,4%	> 99%
nombre total d'entrées	76	3	26	1	18	51	22	9	49	1
fréquences (en MHz)	49,124	49,144	49,341	49,561	49,621	49,661	49,681	49,760	49,980	
% du temps sur site	2,5%	20,5%	< 1%	< 1%	10,7%	10,6%	< 1%	4,6%	9,1%	
% du temps hors site	97,5%	79,5%	> 99%	> 99%	89,3%	89,4%	> 99%	95,4%	90,9%	
nombre total d'entrées	8	58	1	1	77	48	9	31	49	

Tableau 8 : Pourcentage du temps passé par chaque silure sur site et hors site

Il en ressort que les silures ne sont présents qu'une petite partie du temps au pied du barrage. On constate aussi que le temps de présence sur site n'est pas concentré mais échelonné, ce qui induit bien que le poisson a fait des allés retours.

La présence majoritairement nocturne des poissons est vérifiée grâce au graphique suivant obtenu à partir des enregistrements réalisés par le LOTEK sur la fréquence 48,261MHz.

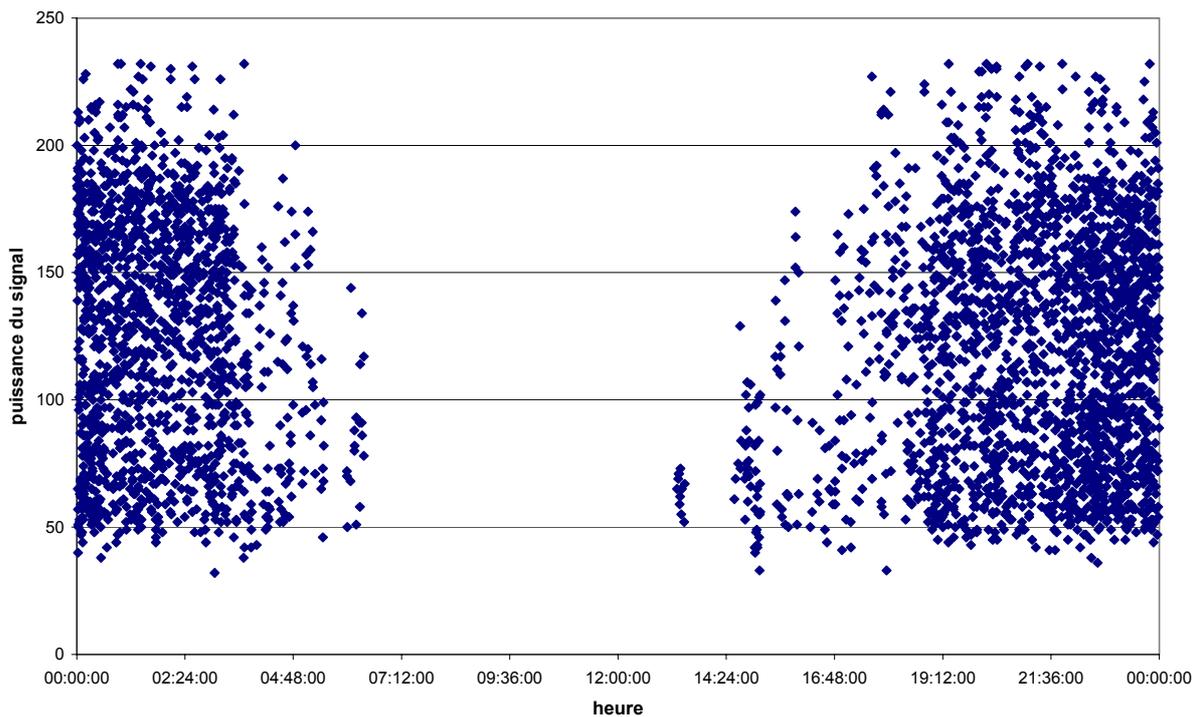


Figure 47 : Heures de présence du « silure 48,261 » au pied du barrage

Cette information, valable pour l'ensemble des silures présents sur le site, confirme l'activité nocturne de ces individus.

4.2.2. Résultats obtenus par pointage manuel

Ces pointages manuels permettent de retrouver les individus lorsqu'ils ne sont plus détectés par le Loteck, donc plus présents à l'aval du barrage.

Dans un premier temps, les poissons radiomarqués ont été localisés dans le canal de fuite et entre le seuil 6 et le seuil 5 sur la Garonne. Ces pointages diurnes et nocturnes ont permis de montrer qu'après avoir passé une partie de la nuit au pied du barrage, les silures reviennent très souvent au même endroit pour passer la journée. (Un tableau récapitulatif des pointages manuels des 19 silures est présenté en annexe 6.) Ce phénomène s'apparente grossièrement à un rythme nyctéméral. Pendant la nuit (de 19h à 5h du matin environ) les silures se concentrent plutôt à proximité du barrage entre le pont menant à la centrale nucléaire et le seuil 6 (cf. figure 47 et 48), alors qu'en journée, les individus semblent se replier toujours au même endroit.

Ainsi, pendant la journée, certains secteurs du canal de fuite (et de la Garonne) ont été privilégiés par les poissons. La portion du canal de fuite faisant face aux tours aéroréfrigérantes, de même que la partie aval du canal de fuite entre le pont menant au nucléaire et le seuil 6 étaient plus particulièrement privilégiés (cf. carte ci-après).

Les deux cartes suivantes permettent de comparer les zones occupées par les poissons de jour et de nuit en amont du seuil 6.

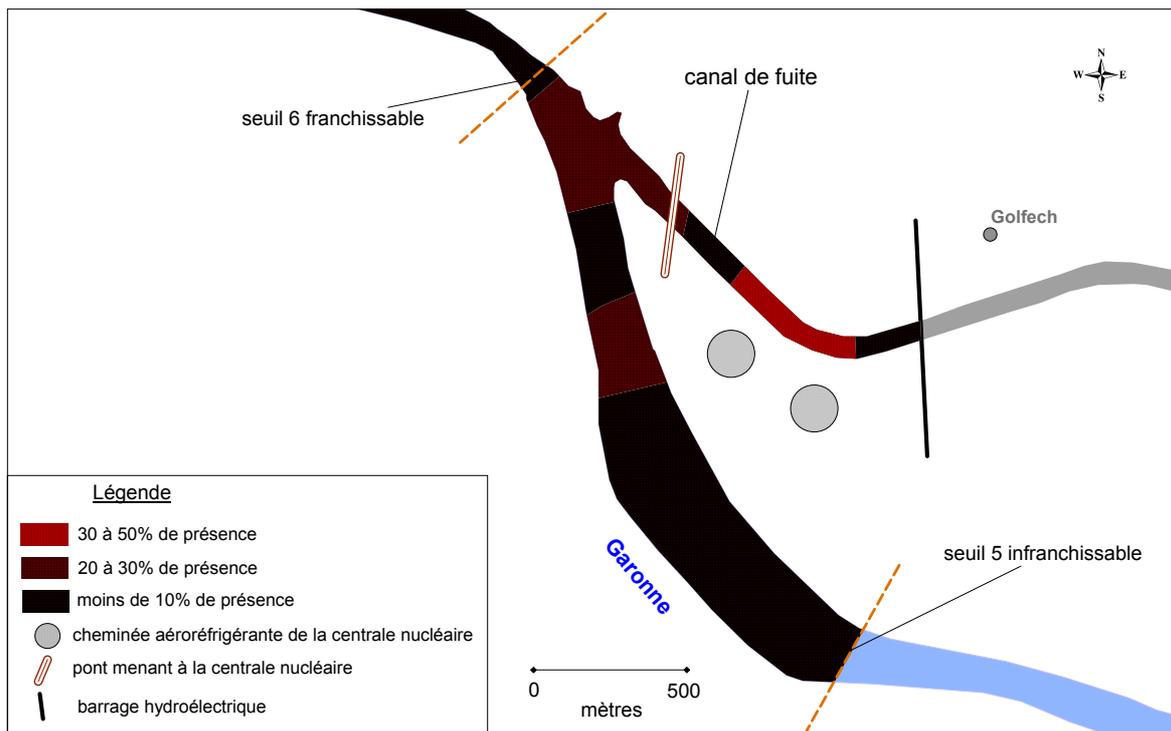


Figure 48 : Secteurs occupés par les silures de jour

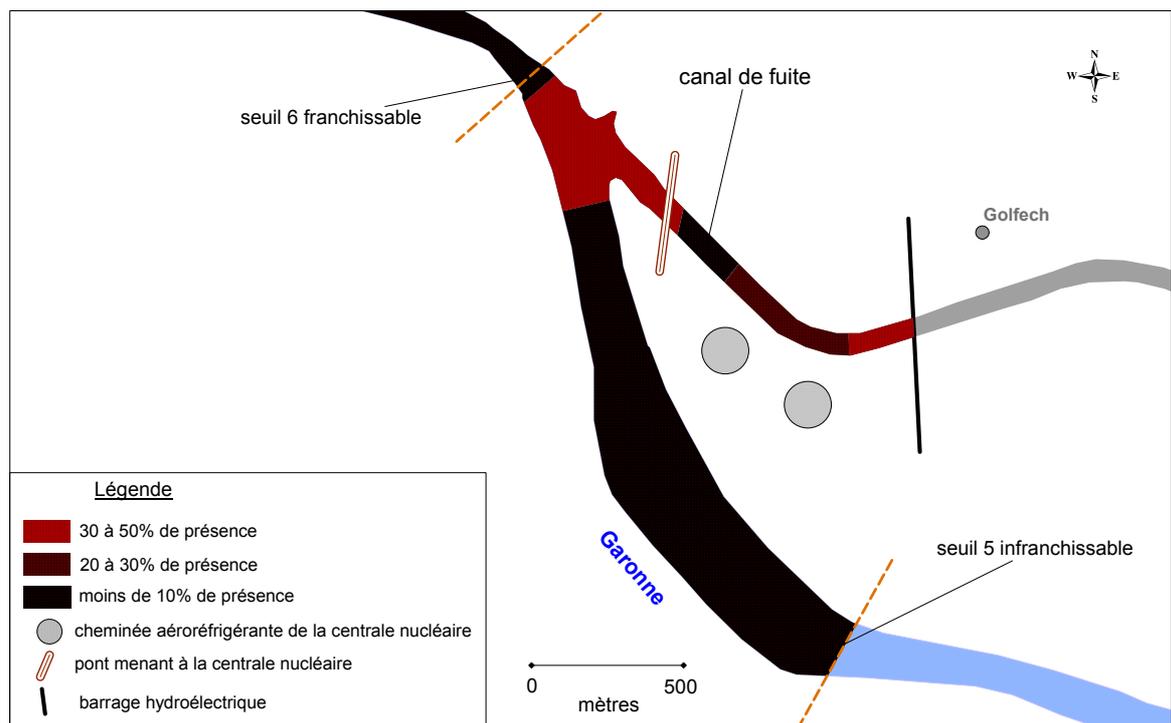


Figure 49 : Secteurs occupés par les silures de nuit

A noter que la franchissabilité du seuil 6 vis-à-vis des silures a bien été vérifiée (en dehors de la période d'été), étant donné que certains individus ont été successivement repérés à l'aval du seuil puis en amont.

Puis, avec la baisse des niveaux de l'eau, certains silures ont quitté le canal de fuite et surtout la Garonne entre le seuil 6 et le seuil 5, pour rechercher des zones plus profondes. Il a été

conclut qu'ils ont dévalé, vu qu'ils n'ont pas été enregistrés par le LOTEK dans le bassin de stabulation (antenne 4).

Ainsi, la décision a été prise de descendre la Garonne en bateau de Lamagistère à Boé. Deux silures ont été retrouvés durant la première sortie réalisée le 24 avril (fréquences 48,684 et 49,080) sur quatre suspects être à l'aval de Lamagistère. Le premier a été retrouvé à 4,8 kilomètres du point de lâcher et le deuxième à 6,5 kilomètres. Ils sont tous deux remontés en amont de Lamagistère quelques jours plus tard. Cela montre que les silures peuvent également être très mobiles et gagner le barrage la nuit alors qu'ils se trouvaient plusieurs kilomètres en aval pendant la journée.

La deuxième descente effectuée le 16 juin a permis de retrouver quatre silures sur cinq suspects de se trouver à l'aval de Lamagistère : le 49,681 à 4,3 kilomètres du point de lâcher, le 48,280 à 9,5 kilomètres, le 49,561 à 14 kilomètres et le 49,124 à 17 kilomètres du point de lâcher. Contrairement à précédemment, seul le 49,124 semble être remonté le temps d'un soir le 02 juillet entre 21h et 23h30, les niveaux d'eau étant bien descendus.

Par ailleurs, le « silure 48,081 » a été capturé et conservé par un pêcheur début août, à environ 44 kilomètres à l'aval du point de lâcher alors que le dernier pointage de ce poisson en amont du seuil 6 date du 09 juin. Il ne présentait selon le pêcheur plus aucune cicatrice de l'opération, et l'émetteur se trouvait toujours à l'arrière des organes dans la cavité générale. Cette information atteste de la réussite de l'opération sur les silures. Elle nous est parvenue grâce à un numéro de téléphone de MIGADO inscrit sur l'émetteur.

Ces informations montrent que les silures seraient plus mobiles en période de basses eaux, et ce, à priori dans le but de rechercher des conditions environnementales qui leur serait plus favorable (secteurs suffisamment profonds).

Conclusion

Cette étude a consisté à rechercher les zones de frai de la lamproie marine en moyenne Garonne, et étudier le comportement du silure glane au droit du barrage hydroélectrique de Golfech. Pour cela, 35 lamproies et 19 silures ont été équipés de radio-émetteurs internes, puis ont été suivis.

Tout d'abord, les opérations d'insertion de radio-émetteurs sur des lamproies marines et des silures glane ont été une réussite. Aucune mortalité n'a été enregistrée des suites de l'opération. D'autre part, l'influence de celle-ci sur le comportement de ces poissons semble assez réduite, en particulier pour le silure.

Le radiopistage des lamproies a permis de localiser un certain nombre de zones de frai entre Couthures-sur-Garonne, le point de lâcher et la confluence Lot-Garonne, environ 40 kilomètres en amont. Il est indispensable de poursuivre ces opérations pendant au moins deux ans avant de pouvoir espérer réaliser une estimation du stock de géniteurs remontant se reproduire, base de gestion de l'espèce à l'échelle du bassin Garonne-Dordogne.

En effet, la migration 2006 a certainement été perturbée par les conditions environnementales particulièrement sévères en 2006 avec notamment des débits moyens journaliers très faibles dès la fin du mois de juin. Ainsi, 1 seul individu sur les 35 radiomarqués est parvenu jusqu'à Golfech, sans jamais franchir l'obstacle. Dans ces conditions particulières, le Lot, en aval de Clairac, semble être un axe privilégié pour l'espèce.

Le radiopistage des silures a permis de mieux cerner le comportement de ce poisson au droit du barrage hydroélectrique de Golfech. Il en ressort que lorsque les conditions environnementales leur sont favorables, ils restent essentiellement cantonnés au dessus du seuil 6 dans la Garonne et le canal de fuite. Il semble même qu'ils privilégient plus particulièrement certains secteurs. D'autre part, un regroupement des poissons radiomarqués dès le soir venu au pied du barrage a bien été vérifié.

Cependant, l'influence de cette population sur la migration de la grande alose n'a pas pu être mise en évidence du fait d'une migration extrêmement faible, sans véritable pic, et surtout sans reproduction dans le canal de fuite de l'usine hydroélectrique de Golfech. Ces individus seront suivis au rythme d'un pointage par mois pendant toute la période hivernale en attendant leur éventuel retour sur le site d'étude lors du printemps 2007. Par ailleurs, d'autres individus seront marqués en 2007 pour compléter le jeu de données et ainsi affiner ces premiers résultats.

Bibliographie

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

CARRY L., DELPEYROUX J.M., 2006. *Suivi des migrateurs amphihalins au niveau de l'ascenseur à poissons de Golfech*. 11G-07-RT.

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.

SABATIE 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.

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

ANNEXES

Liste des annexes

ANNEXE 1 : Le site d'étude classé site NATURA 2000.	2
ANNEXE 2 : Récapitulatif des 35 lamproies radiomarquées.	4
ANNEXE 3 : Récapitulatif des 19 silures radiomarqués.....	5
ANNEXE 4 : Transfert des silures du canal de transfert au site d'opération.	6
ANNEXE 5 : Exemples de cartes utilisées sur le terrain pour la localisation des poissons radiomarqués.....	7
ANNEXE 6 : Récapitulatif des pointages manuels des silures radiomarqués.....	8

ANNEXE 1 : Le site d'étude classé site NATURA 2000.



Identification

Code :	FR7200700
Appellation :	LA GARONNE
Date de compilation :	11/1995
Mise à jour :	03/1998
Historique :	Date de proposition comme SIC : 07/2003

Localisation

Départements :	Gironde (71 %), Lot-et-Garonne (29 %)
Superficie :	5220 ha
Altitude maximale :	50 m
Région biogéographique :	Atlantique

Description

Principal axe de migration et de reproduction des espèces piscicoles amphihalines.

Lit mineur.

Composition du site :

Eaux douces intérieures (Eaux stagnantes, Eaux courantes) 100 %

Espèces présentes : Plantes

Angélique à fruits variables (*Angelica heterocarpa*)

Espèces présentes : Poissons

Alose feinte (<i>Alosa fallax</i>)	Reproduction.
Bouvière (<i>Rhodeus sericeus amarus</i>)	
Esturgeon (<i>Acipenser sturio</i>)	Reproduction.
Grande Alose (<i>Alosa alosa</i>)	Reproduction.
Lamproie de Planer (<i>Lampetra planeri</i>)	
Lamproie de rivière (<i>Lampetra fluviatilis</i>)	Reproduction.
Lamproie marine (<i>Petromyzon marinus</i>)	Reproduction.
Saumon Atlantique (<i>Salmo salar</i>)	Etape migratoire.
Toxostome (<i>Chondrostoma toxostoma</i>)	

ANNEXE 2 : Récapitulatif des 35 lamproies radiomarquées.

fréquence	taille	date marquage	date lâcher	opérateur
48 071	96.5	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Mathieu
48 111	91.5	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Cyril
48 211	92	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Laurent
48 251	86	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Mathieu
48 271	84.5	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Laurent
48 351	85	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Mathieu
48 371	94.5	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Laurent
48 751	87.5	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Mathieu
48 771	87.5	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Laurent
49 171	94	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Mathieu
49 191	94	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Mathieu
49 211	87.5	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Laurent
49 371	87	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Mathieu
49 451	87.5	11/04/2006	21/04/2006 14h20	Mathieu
49 471	91.5	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Mathieu
49 511	83	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Laurent
49 571	82.5	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Cyril
49 591	87	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Mathieu
49 611	84	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Laurent
49 631	89.5	11/04/2006	12/04/2006 12h45	Mathieu
49 651	89	21/04/2006	21/04/2006 14h20	Mathieu
49 671	90	21/04/2006	21/04/2006 14h20	Laurent
49 691	87	21/04/2006	21/04/2006 14h20	Laurent
49 711	88	21/04/2006	21/04/2006 14h20	Mathieu
49 731	86	21/04/2006	21/04/2006 14h20	Mathieu
49 751	85	21/04/2006	21/04/2006 14h20	Laurent
49 791	81	21/04/2006	21/04/2006 14h20	Laurent
49 811	86	21/04/2006	21/04/2006 14h20	Laurent
49 832	92	21/04/2006	21/04/2006 14h20	Mathieu
49 851	85	21/04/2006	21/04/2006 14h20	Mathieu
49 871	87.5	21/04/2006	21/04/2006 14h20	Mathieu
49 891	86.5	21/04/2006	12/04/2006 12h45	Laurent
49 911	82.5	21/04/2006	21/04/2006 14h20	Mathieu
49 931	76.5	21/04/2006	21/04/2006 14h20	Laurent
49 991	87	21/04/2006	21/04/2006 14h20	Laurent

ANNEXE 3 : Récapitulatif des 19 silures radiomarqués.

fréquence	taille	date marquage	date lâcher	opérateur
48 041	121	15/05/2006	15/05/2006 13h25	Mathieu
48 081	120.5	23/05/2006	23/05/2006 15h	Laurent
48 261	126	28/04/2006	28/04/2006 14h	Mathieu
48 301	138.5	23/05/2006	23/05/2006 15h	Laurent
48 684	145	28/04/2006	28/04/2006 14h	Laurent
48 724	141.5	09/05/2006	09/05/2006 15h	Mathieu
48 741	138	23/05/2006	23/05/2006 15h	Mathieu
49 080	142.5	09/05/2006	09/05/2006 15h	Mathieu
49 124	124	23/05/2006	23/05/2006 15h	Laurent
49 144	184.5	09/05/2006	09/05/2006 15h	Laurent
49 280	162	09/05/2006	09/05/2006 15h	Mathieu
49 341	137.5	15/05/2006	15/05/2006 13h25	Mathieu
49 561	153	09/05/2006	09/05/2006 15h	Mathieu
49 621	98	15/05/2006	15/05/2006 13h25	Laurent
49 661	174.5	09/05/2006	09/05/2006 15h	Laurent
49 681	121	23/05/2006	23/05/2006 15h	Mathieu
49 760	143	15/05/2006	15/05/2006 13h25	Laurent
49 784	121.5	15/05/2006	15/05/2006 13h25	Laurent
49 980	126	09/05/2006	09/05/2006 15h	Mathieu

ANNEXE 4 : Transfert des silures du canal de transfert au site d'opération.

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



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.

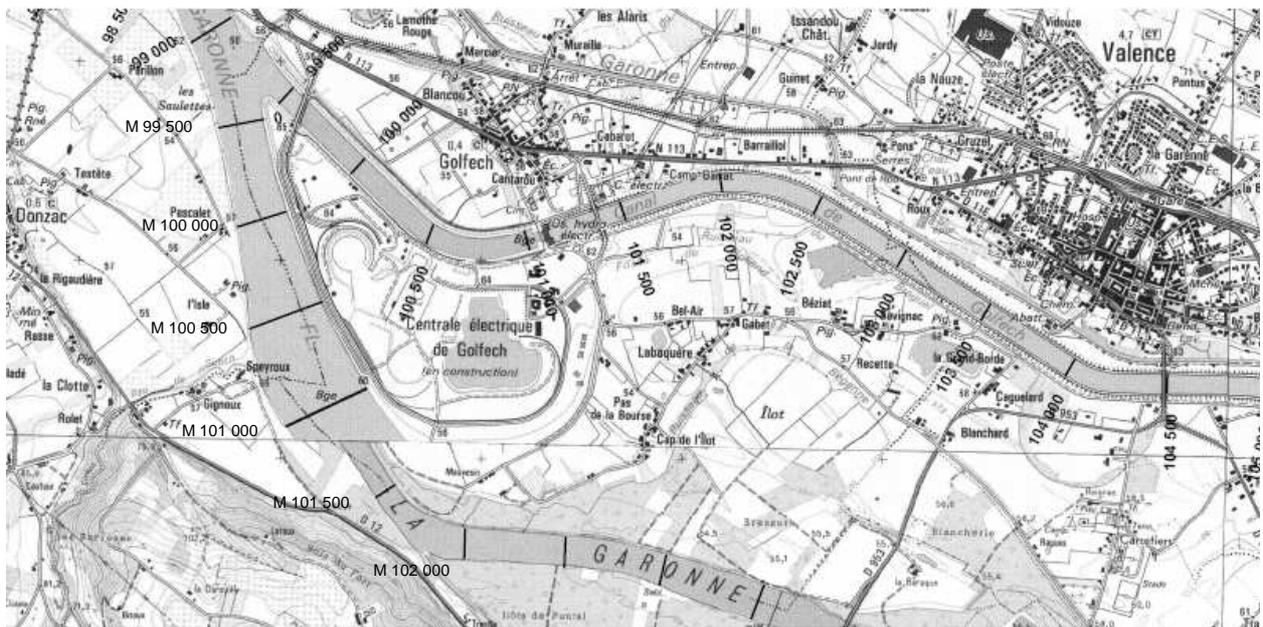
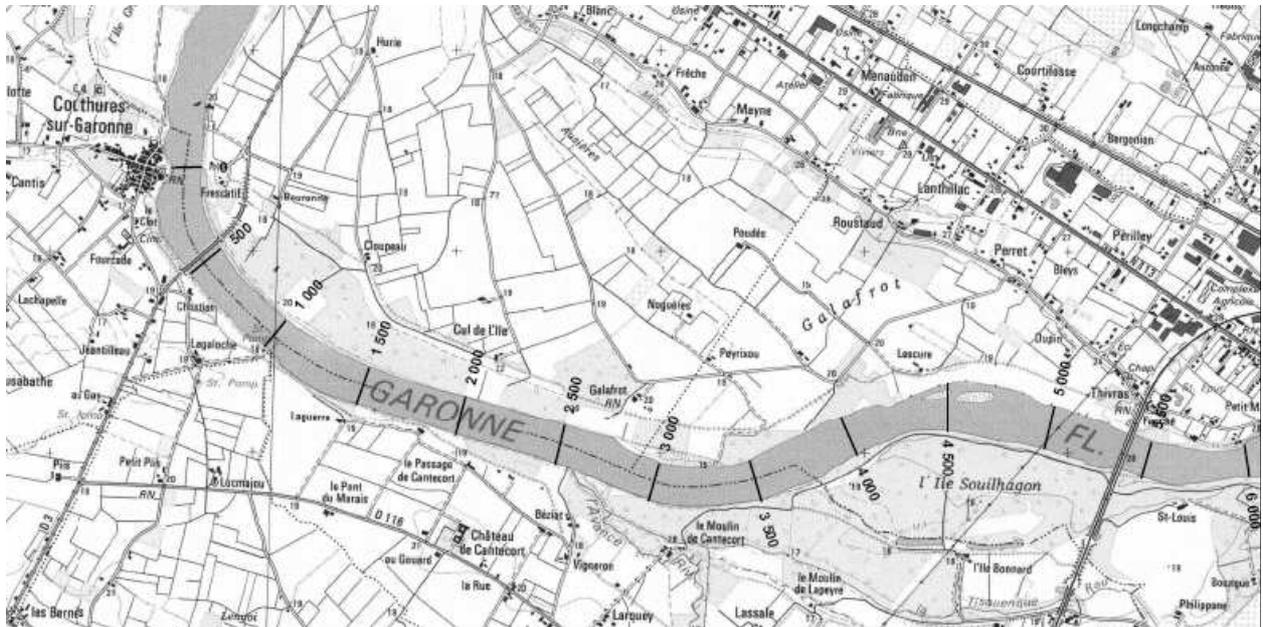


Figure 3 : Treuil assurant le transfert des poissons



Figure 4 : Site d'opération

ANNEXE 5 : Exemples de cartes utilisées sur le terrain pour la localisation des poissons radiomarqués.



ANNEXE 6 : Récapitulatif des pointages manuels des silures radiomarqués

date		48041	48081	48261	48280	48301	48684	48724	48741	48784	49080
03/05/2006	jour			entre 2 tours			tour av				
09/05/2006	jour nuit			barrage, pont nucl av c fuite							entre 2 tours
10/05/2006	jour nuit			tour av barrage							tour am entre 2 tours
11/05/2006	jour nuit			entre 2 tours barrage	av pont						
12/05/2006	jour			av c fuite							
15/05/2006	jour			tour am	M 99 900						M 100 500
16/05/2006	nuit	tour am entre 2 tours		barrage, av ile	av pont M 99 800					barrage	av pont M 100 300
17/05/2006	jour nuit	av c fuite am pont		av c fuite	av pont M 100 200					barrage M 100 200	av pont M 100 300
19/05/2006	jour	barrage		av pont	M 100 200					98 200	M 100 300
22/05/2006	jour	pont nucl		av c fuite	M 100 200					98 700	M 100 300
23/05/2006	nuit	av pont		barrage	av pont	entre 2 tours				av pont	
24/05/2006	jour nuit						97 200				94 500
27/05/2006	nuit	tour av-pont av pont	tour av-pont av pont	barrage barrage	av pont M 100 200	tour av av pont	av pont 97 300	entre 2 tours		av pont	
29/05/2006	jour	M 100 300	M 99 800			av pont	tour av		M 100 200	M 99 300	M 100 200
30/05/2006	nuit	av pont	av pont	av pont 99 200		barrage-tour am	tour av	barrage	pont nucl	M 100 400	tour av-pont
31/05/2006	jour	M 100 300	M 100 500			tour av-pont	M 100 300	entre 2 tours		M 100 500	M 100 200
02/06/2006	jour	av c fuite	M 100 200			M 100 200	barrage	entre 2 tours	M 100 200	M 100 300	M 100 300
05/06/2006	jour	av c fuite	M 100 400			av c fuite	tour av-pont		M 99 700	av c fuite	M 100 300
06/06/2006	jour nuit	pont nucl pont nucl	M 100 200 M 100 000					tour av	M 100 100	M 100 300	M 100 200
07/06/2006	jour	av pont				M 100 200	seuil 5		av c fuite	M 99 800	av c fuite
09/06/2006	jour	pont nucl	M 100 200				tour av	av tour av tour av	M 100 200	M 100 200	M 100 200
13/06/2006	jour	av c fuite				av c fuite	tour av		M 100 200	M 99 700	tour av
16/06/2006	jour	entre 2 tours			91 500	av c fuite	av tour av	av pont	pont nucl		av pont
19/06/2006	jour nuit	barrage barrage				av pont entre 2 tours	av tour av barrage	av tour av av pont		av tour av	
21/06/2006	jour nuit	pont nucl barrage				av pont barrage	barrage barrage	pont nucl barrage	pont nucl	av tour av	
23/06/2006	jour	av tour av				av tour av	av tour av	pont nucl	pont nucl	av tour av	
26/06/2006	jour nuit	av pont av tour av				av c fuite barrage	av tour av barrage	av tour av av pont	av tour av	av tour av	
28/06/2006	jour nuit	pont nucl barrage				av c fuite barrage	tour av barrage	entre 2 tours	M 100 200	av tour av barrage	
29/06/2006	nuit	barrage				barrage	tour av		am pont	barrage	

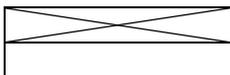
Date (suite)		48041	48081	48261	48280	48301	48684	48724	48741	48784	49080
03/07/2006	jour					am tour am	tour av	tour av	M 100 100	av tour av	
	nuit					av pont	av pont	av pont		barrage	
04/07/2006	nuit					av pont	av pont	av pont		barrage	
05/07/2006	jour					av pont	av tour av	tour av	M 100 100	M 100 700	
07/07/2006	jour	av c fuite				av c fuite	av tour av		M 100 100	entre 2 tours	
10/07/2006	jour	av c fuite				av c fuite		tour av	M 100 100	av pont	
12/07/2006	jour	tour av				av c fuite		av tour av	M 100 400	barrage	
17/07/2006	jour	pont nucl				av pont		av pont	av c fuite	av tour av	
19/07/2006	jour	pont nucl				av c fuite		pont nucl	M 100 200	av c fuite	
21/07/2006	jour	98 000				M 100 700			M 100 300	av c fuite	
24/07/2006	jour				90 300	M 100 700			M 99 700	M 100 500	
28/07/2006	jour					M 100 700			M 100 200	M 100 500	
02/08/2006	jour					M 100 400			M 100 100	M 99 500	

date		49124	49144	49341	49561	49621	49661	49681	49760	49980
03/05/2006	jour									
09/05/2006	jour						tour av			pont nucl
	nuit		barrage				tour am			pont nucl
10/05/2006	jour		tour am		tour am					av c fuite
	nuit		tour av-pont		tour av					av pont
11/05/2006	jour		tour av-pont		entre 2 tours					av pont
	nuit		tour av		entre 2 tours					pont nucl
12/05/2006	jour		tour av							pont nucl
15/05/2006	jour		tour am	tour av	tour am	barrage-tour am	M 100 000		tour am	pont nucl
16/05/2006	nuit		av pont	tour am	entre 2 tours	barrage	av pont		av pont	av pont
17/05/2006	jour		av c fuite	M 99 800	tour am	barrage-tour am	M 99 800			pont nucl
	nuit		av pont	av c fuite	entre 2 tours	barrage	am pont		am pont	av pont
19/05/2006	jour		tour av	M 100 200	av c fuite	tour am	M 100 200		am pont	av c fuite
22/05/2006	jour		tour av	M 100 200			M 100 400		tour av	pont nucl
23/05/2006	nuit	barrage	am pont				av pont	entre 2 tours	am pont	barrage
24/05/2006	jour									
	nuit	av pont	tour av-pont			entre 2 tours		entre 2 tours	av pont	barrage
27/05/2006	nuit		entre 2 tours			barrage	entre 2 tours	tour av	av pont	
29/05/2006	jour		barrage	M 100 200		tour av	M 100 400	tour av	M 100 200	pont nucl
30/05/2006	nuit		barrage	M 100 200		tour av	barrage	av pont	av pont	av pont
31/05/2006	jour		M 100 200	M 100 300		tour av	M 100 500	entre 2 tours	av pont	pont nucl
02/06/2006	jour		tour av, barrage	M 100 200		tour am	M 100 300			pont nucl
05/06/2006	jour		tour av	M 100 300		M 98 000	M 100 400			tour av-pont
06/06/2006	jour		av c fuite	M 100 200			M 100 400			av tour av
	nuit		av pont	M 100 700			barrage		av pont	pont nucl
07/06/2006	jour		av pont				tour am			
09/06/2006	jour		av c fuite	M 100 200			tour av			tour av

Date (suite)		49124	49144	49341	49561	49621	49661	49681	49760	49980
13/06/2006	jour		entre 2 tours	M 100 300		av c fuite	tour av			av tour av
16/06/2006	jour	84 000	tour av	M 100 300	87 000	tour av	av pont	96 700	entre 2 tours	tour av
19/06/2006	jour		av tour av	M 100 300			tour am			tour am
	nuit		barrage							barrage
21/06/2006	jour		av c fuite	M 100 300		tour am	av tour av	96 500	tour av	barrage
	nuit		barrage			barrage	barrage		barrage	barrage
23/06/2006	jour		tour av	M 100 400		tour am	av tour av	97 900	am pont	pont nucl
26/06/2006	jour		tour av	M 100 300		tour am	tour av	97 900	av tour av	av c fuite
	nuit		barrage				barrage		barrage	
28/06/2006	jour		entre 2 tours	M 100 300		barrage	tour av	97 800	av pont	tour av
	nuit		barrage			barrage	barrage			barrage
29/06/2006	nuit			barrage		tour am	barrage			barrage
03/07/2006	jour		tour av	M 100 400		tour am	tour am	97 800		tour am
	nuit					barrage	entre 2 tours			barrage
04/07/2006	nuit						barrage		am pont	
05/07/2006	jour		tour av	M 101 000		tour am	tour av	96 500	av tour av	tour am
07/07/2006	jour		tour av			tour am	tour av	97 800		av tour av
10/07/2006	jour		entre 2 tours			tour av-pont	tour av			av tour av
12/07/2006	jour		tour av			tour am	tour av			av tour av
17/07/2006	jour		tour av			tour am				av c fuite
19/07/2006	jour		tour av			tour am				M 100 200
21/07/2006	jour		tour av			tour am, barrage	M 100 400			
24/07/2006	jour		av c fuite			tour av-pont	M 100 400			
28/07/2006	jour		av c fuite			av tour av	M 100 400			
02/08/2006	jour		entre 2 tours				M 100 400			

Légende :

- tour av = en face de la tour aéroréfrigérante (de la centrale nucléaire de Golfech) située la plus en aval
 - tour am = en face de la tour aéroréfrigérante située la plus en aval
 - av tour av = aval de la tour aéroréfrigérante située la plus en aval
 - entre 2 tours = entre les deux tours aéroréfrigérantes
 - pont nucl = au niveau du pont menant à la centrale nucléaire
 - am pont = amont du pont menant à la centrale nucléaire
 - av pont = amont du pont menant à la centrale nucléaire
 - av c fuite = limite avale du canal de fuite
- tour av-pont = entre la tour aéroréfrigérante située la plus en aval et le pont menant à la centrale nucléaire
 - M 100 000 = point kilométrique 100 000 sur la Garonne entre le seuil 6 et le Seuil 5



Silure non retrouvé

Silure pas encore marqué

A noter que les secteurs scannés ne sont pas précisés et peuvent être différents d'une tournée à l'autre.

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.