

## Rapport pour l'obtention de la Maîtrise IUP IMACOF



Figure 1 :  
Pêche spécifique en  
pied d'obstacles (La  
Conne 2006)



Figure 2 :  
Nasse à anguilles des  
pêcheries  
professionnelles



Figure 3 :  
Pêche électrique C.S.P  
(source : environnement.  
gouv.fr)



Figure 4 :  
Passes à anguilles sur  
le barrage de Golfech  
(source : M.I.G.A.DO 2003)

Eléments de connaissances apportés  
par le suivi des pêcheries existantes  
et la réalisation d'inventaires  
spécifiques sur la colonisation du  
bassin Gironde/Garonne/Dordogne  
par l'anguille européenne (*Anguilla  
anguilla*).

### **COLLABORATION :**

Le Conseil Supérieur de la Pêche  
L'Association Agréée Départementale des  
Pêcheurs Professionnels en Eau Douce de la Gironde

### **Sophie de LAVERGNE**

RESPONSABLE DE STAGE :

**M. Christian RIGAUD**, ingénieur de recherche

COMITE DE SUIVI :

**Hélène IMBERT**, doctorante

**Laurent BEAULATON**, doctorant

**Patrick LAMBERT**, chercheur

Cemagref

**UR-EPBX**

Ecosystèmes estuariens et Poissons  
migrateurs amphihalins

50, avenue de Verdun

33612 Cestas Cedex

Tél : 05 57 89 08 00 - Fax : 05 57 89 08 01

[www.bordeaux.cemagref.fr](http://www.bordeaux.cemagref.fr)

**Août 2006**



## REMERCIEMENTS

En premier lieu, je souhaite remercier M. Paul Gonthier, chef de l'unité de recherche EPBX au *Cemagref* de Bordeaux et M. Christian Rigaud, ingénieur recherche au *Cemagref* de Bordeaux pour m'avoir permis de réaliser mon stage de fin d'études au sein de leur équipe.

Je souhaite remercier pour leur aide, leur professionnalisme et leur confiance:

M. Christian Rigaud, ingénieur recherche au *Cemagref* de Bordeaux

Melle. Hélène Imbert, doctorante au *Cemagref* de Bordeaux

M. Laurent Beaulaton, doctorant au *Cemagref* de Bordeaux

M. Patrick Lambert, chercheur au *Cemagref* de Bordeaux

M. Francis Gayou de la direction régionale du C.S.P. (Toulouse)

Melle. Vanessa Lauronce, de l'association MI.GA.DO

M. Nicolas Susperregui, de l'IMA-AADPPEDG

M. Pierre Elie, directeur de recherche au *Cemagref* de Bordeaux

M. Romaric Le Barh, assistant-ingénieur au *Cemagref* de Bordeaux

Je souhaite également remercier pour leur accueil et leur amitié :

Melle. Mélanie Béguer, doctorante au *Cemagref* de Bordeaux

Melle. Anne-Sophie Martin, stagiaire au *Cemagref* de Bordeaux

Melle. Géraldine Lassalle, doctorante au *Cemagref* de Bordeaux

Melle. Bénédicte Durozoi, chargée d'études au *Cemagref* de Bordeaux

M. Emmanuel Parlier, ingénieur écologue au *Cemagref* de Bordeaux

M. Mario Lepage, ingénieur biologiste au *Cemagref* de Bordeaux

M. Aymeric Guibert, assistant ingénieur au *Cemagref* de Bordeaux

Melle. Aude Locht, doctorante au *Cemagref* de Bordeaux

Melle. Stéphanie Pasquaud, doctorante au *Cemagref* de Bordeaux

M. Thibault Longis, stagiaire au *Cemagref* de Bordeaux

Mme. Patricia Martin, secrétaire de l'unité EPBX

Je souhaite remercier tout particulièrement les pêcheurs professionnels M. Sébastien et Philippe Gautier, pour leur collaboration et leur aide.

Je remercie enfin mes parents, Mme. Delebègue et mon conjoint pour leur soutien tout au long de mon stage ainsi que M. Dudouët et Mme. Dambon pour leur aide.

# **SOMMAIRE**

## **RESUME**

## **SUMMARY**

## **PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL**

## **INTRODUCTION**

### **I - LES CARACTERISTIQUES DES INDIVIDUS DE MOINS DE 300 MM : INTERET D'UN SUIVI SPECIFIQUE**

1. INTERET DU SUIVI CIBLE DE CES JEUNES INDIVIDUS
2. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE CES JEUNES INDIVIDUS
3. BILAN DES CONNAISSANCES

### **II - ETUDE DE LA REPARTITION DES ANGUILES DE MOINS DE 300 MM DANS LE BASSIN VERSANT GIRONDE/GARONNE/DORDOGNE**

1. LE BASSIN VERSANT ETUDIE
2. DONNEES DISPONIBLES SUR LES INDIVIDUS DE MOINS DE 300 MM
3. ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES

#### **3.1. Informations sur les niveaux de recrutement dans l'estuaire**

#### **3.2. Surveillance spécifique des jeunes individus en phase de colonisation dans les petits affluents**

- 3.2.4. Bilan : les informations apportées par ce signal sur la répartition des anguilles de moins de 300 mm dans le bassin versant

#### **3.3. Signal « grands axes fluviaux » : des structures de taille différentes dans les captures aux engins entre les zones soumises à marée et celles situées plus en amont**

- 3.3.5. Bilan de l'analyse des structures de taille observées par nasses en zones profondes

#### **3.4. Signal «bassin versant» : l'évolution de la limite de présence des anguilles de moins de 300 mm entre 1978 et 2003**

## **CONCLUSION**

## **LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX**

## **BIBLIOGRAPHIE ET OUVRAGES CONSULTES**

## **TABLE DES MATIERES**

## **ANNEXES**

## RESUME

Dans le bassin Gironde-Garonne-Dordogne, nous possédons en zone estuarienne des données de Capture Par Unité d'Effort (C.P.U.E.) des pêcheries civellières qui mettent en évidence à la fin des années 80 une forte chute du recrutement (BEAULATON, 2002) suivie d'une phase de relative stabilité à un niveau faible avec des variations interannuelles. En zone continentale, 4 types de données très différentes, notamment d'un point de vue méthodologique et de sélectivité des méthodes, existent :

- un suivi des jeunes anguilles en phase de colonisation,
- les structures de taille des captures des pêcheries professionnelles d'anguilles jaunes,
- les suivis des passes à anguilles sur les barrages de Tuilières et de Golfech
- la base de données du Conseil Supérieur de la Pêche (C.S.P).

Les éléments de connaissances apportés par l'ensemble de ces données sur la présence et le niveau de présence des anguilles de moins de 300 mm sont traités dans cette étude dans l'optique de mettre en évidence la répercussion du recrutement en civelles sur la population d'anguilles jaunes quelques années plus tard dans les eaux continentales.

L'analyse croisée de ces données met en évidence une similitude dans les signaux de présence et d'abondance des anguilles de moins de 300 mm mais qui diffèrent entre le sous-bassin de La Dordogne et de La Garonne. La présence et la densité de ce groupe d'individus décroissent rapidement une fois la limite de marée dynamique franchie avec une probabilité de 50% d'observer ces individus à 150 km maximum de la limite de marée dynamique. Le signal des pêcheries professionnelles, apparemment peu utile pour révéler le front de colonisation, semble montrer que le taux de recrutement en civelle se répercute 6 années plus tard sur la population d'anguilles jaunes en zone continentale. Enfin, les suivis spécifiques en aval du bassin mettent en évidence un problème d'insuffisance du recrutement fluvial sur le bassin et ce, malgré l'absence d'obstacles entre la mer des Sargasses et ces zones. Ce type d'observation, assimilable à un diagnostic initial d'une situation très dégradée pour l'espèce, doit permettre d'évaluer l'évolution qui pourrait faire suite à des actions concrètes de gestion visant à renforcer le recrutement fluvial.

**Mots clefs :** bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne, civelles, anguilles jaunes, limites de présence, limite de marée dynamique, suivi spécifique, pêcheries professionnelles, pêches électriques.

## SUMMARY

In the Gironde-Garonne-Dordogne basin, we have in estuary area datas of Capture Per Unit of Effort (C.P.U.E) of glass eels fisheries which highlight at the end of the Eighties a strong fall of recruitment (BEAULATON, 2002) followed by a phase of relative stability of a low level with interannual variations. In continental areas, 4 types of data are very different, in particular from a methodological point of view and the selectivity of the methods, as follow :

- follow-up of young eels in phase of colonization,
- structures of size of the captures carried out by the professional yellow eel fisheries,
- follow-ups of eels ladders on the Tuilières and Golfech dams,
- data base from the Superior Council of Fisheries (Le Conseil Supérieur de la Pêche).

The elements of knowledge collected with these sources of informations on the presence and the level of presence of eels of less than 300 mm length, are treated in this study with the objective to highlight the consequence of recruitment in glass eels over the yellow eel population a few years later in inland waters.

The cross analysis of these data highlights a similarity in the signals of presence and eel abundance of less 300mm length but with differences between the Dordogne and the Garonne under-basin. The presence and the density of this group of individuals decrease quickly once the dynamic limit of tide is crossed, with a 50% probability of observing these individuals at a maximum of 150 km distance from the dynamic tide limit. The signal of the professional fisheries, apparently not very useful to reveal the face of colonization, seems to demonstrate that the recruitment rate in glass eel is reflected 6 years later on the yellow eel population in continental zone. Finally the specific follow-ups, downstream from the basin, highlight a lack of river recruitment on the basin in spite of the absence of obstacles between these zones and the Sargasses Sea. This type of observation, comparable to an initial diagnosis of a much degraded situation for the species, can evaluate the evolution which could follow upon concrete actions of management aiming at reinforcing river recruitment.

**Word keys :** Gironde-Garonne-Dordogne basin, glass eels, yellow eels, limits of presence, dynamic limit of tide crossed, follow-up specific, professional fisheries, electric fishing.

## PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

Le *Cemagref* est un institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement. Ses recherches contribuent au développement durable des territoires. Elles aident à protéger et gérer les hydrosystèmes et les milieux terrestres, à dynamiser les activités qui les valorisent et à prévenir les risques qui leur sont associés. Ses objets d'études sont donc le plus souvent des systèmes complexes, en relation avec des questions de société. Outre la contribution au progrès des connaissances, le *Cemagref* diffuse des méthodes de diagnostic et de contrôle, il développe des outils de négociation et de gestion, il conçoit des technologies innovantes et apporte son expertise aux services publics et aux entreprises. Ses quatre orientations scientifiques concernent le fonctionnement des hydrosystèmes ; le génie des équipements et services pour l'eau et les déchets ; la gestion des territoires à dominante rurale ; le génie des équipements dans le secteur agricole et alimentaire. Le centre de Bordeaux accueille 3 unités de recherche et un laboratoire d'essais (Cemafruid).

Les unités de recherche sont :

- Aménités et dynamiques des espaces ruraux,
- Réseaux, épuration et qualité des eaux,
- Ecosystèmes estuariens et poissons migrateurs amphihalins.

L'unité « Ecosystèmes estuariens et Poissons migrateurs amphihalins » (EPBX), au sein duquel j'ai effectué mon stage de fin d'études, conduit des recherches centrées sur la dynamique de populations de poissons migrateurs et le fonctionnement des hydrosystèmes estuariens. Elles visent à produire les méthodes et outils de génie écologique pour la restauration et la gestion durable des poissons, la conservation et l'aménagement de leurs milieux. En effet, les recherches conduites permettent d'acquérir les connaissances, de construire et de mettre au point des outils pour évaluer l'état des hydrosystèmes. La gestion durable des ressources piscicoles ou la restauration des espèces menacées se fait au niveau des communautés de poissons des écosystèmes estuariens, des poissons migrateurs amphihalins et de leurs assemblages. Ces études visent à développer une ingénierie des systèmes estuariens et des populations de poissons migrateurs, en développant des méthodes relevant de la biologie et de la conservation. Quatre domaines de compétence sont mis en œuvre :

- dynamique et écologie des espèces (méthodes d'échantillonnage, modélisation de la dynamique des populations migrateurs),
- dynamique des stocks piscicoles en plan d'eau, évaluation de l'exploitation des ressources,
- incidence des techniques de gestion des milieux et des stratégies d'exploitation sur les peuplements,
- génie piscicole (restauration des populations, aménagement des axes migrateurs...).



# INTRODUCTION

Dans les eaux continentales, il apparaît très informatif de s'intéresser aux anguilles de moins de 300 mm (fig. 5), arrivées récemment dans le bassin, car révélatrices de la transparence des axes fluviaux et des fluctuations du recrutement fluvial. Pour le moment, cependant peu d'analyses de ce type ont été développées.

Nous avons donc choisi, sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne, d'analyser l'apport de 4 sources de données différentes à la caractérisation de la répartition de ces jeunes individus et ainsi tenter d'observer un lien potentiel entre le taux de recrutement en civelle dans l'estuaire et le recrutement en zone continentale quelques années plus tard.

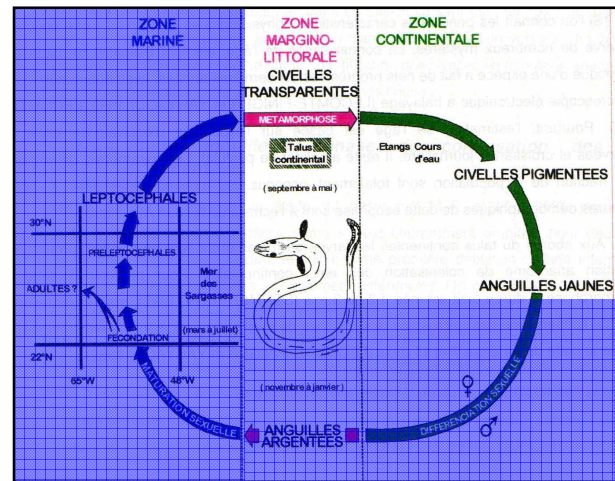


Figure 5 : Cycle biologique de l'anguille européenne (anonyme, 1984b) - stades étudiés

Les sources de données à notre disposition sont :

- les Captures par Unité d’Effort des pêcheries civellières dans l’estuaire,
- l’échantillonnage auprès des pêcheries d’anguilles jaunes,
- les pêches électriques multispécifiques issues de la Base Hydrobiologique et Piscicole du Conseil Supérieur de la Pêche,
- les suivis effectués par l’association MIGrateurs GARonne Dordogne (MI.GA.DO) sur les passes à anguilles de l’usine de Golfech (Garonne) et le barrage de Tulières (Dordogne),
- les données issues d’un réseau spécifique à l’anguille sur les tributaires des deux grands fleuves.

Tout d'abord un travail bibliographique préliminaire nous permettra de préciser les principales caractéristiques de ces jeunes anguilles (croissance, comportement,...). Puis, l'analyse croisée des différents signaux aura pour but de révéler la limite et le niveau de présence dans le bassin versant des anguilles de moins de 300 mm. Par la même occasion nous chercherons, pour des années caractérisées par un fort recrutement en civelles, à mettre en évidence quelques années plus tard une présence remarquable des anguilles de moins de 300 mm dans le bassin.

Pour conclure, nous présenterons les résultats, puis nous fixerons les limites de chacune des données face à cette analyse et les perspectives possibles à donner à cette première étude.

# I. LES CARACTERISTIQUES DES ANGUILES DE MOINS DE 300 MM : INTERET D'UN SUIVI SPECIFIQUE

## 1. INTERET DU SUIVI CIBLE DE CES JEUNES INDIVIDUS

LASNE & al. (non publié<sup>1</sup>) ainsi que Feunteun & al. (2003), rappellent que les mouvements de l'anguille sont complexes. On observe en effet une grande diversité dans les comportements notamment des jeunes individus. LASNE & al. (non publié<sup>1</sup>) identifie cependant tout l'intérêt de suivre les anguilles de moins de 300 mm (tableau 1 ci-après) pour préciser les grandes caractéristiques de cette colonisation.

| < 300 mm                            | > 300 mm                                    | Avantages d'ordre méthodologique et informatif fournis par des anguilles < 300 mm   |
|-------------------------------------|---|---|
| 0+ à 4 ans                          | 4 à > à 20 ans                              | Reflet d'un récent recrutement dans le BV<br>Peu de variabilité dans les caractéristiques individuelles (comparaisons possibles)<br>Constitue le futur stock de géniteurs |
| Comportement de colonisation        | Sédentaire                                  | Reflet de la transparence des axes (altération/restauration)<br>Reflets de l'occupation des bassins versants  |
| Eaux peu profondes                  | Eaux profondes                              | Echantillonnage simple  |
| Insectivores                        | Piscivores                                  | Sensible à la compétition des grandes anguilles   |
| Non pêchées                         | Pêche possible                              |   |
| Nage passive<br>Remontée vers amont | Nage active<br>Pas de remontée vers l'amont | La pénétration des petites anguilles dans le bassin versant est liée à leur temps de résidence car leurs capacités de nage sont limitées                                  |

Tableau 1 : Principales différences entre des anguilles de moins à 300 mm et supérieures à 300 mm et les avantages des anguilles de moins de 300 mm pour l'évaluation des mouvements de populations d'anguilles jaunes (LASNE & AL, non publié<sup>1</sup>)

L'analyse de la répartition des anguilles de moins de 300 mm le long des axes peut en effet fournir des informations importantes comme :

- les fluctuations du recrutement fluvial si l'hypothèse de densité-dépendance du processus de colonisation est vérifiée. L'augmentation de la densité à l'aval entraînerait une migration plus intense vers l'amont. (fig. 6) et le suivi de cette limite amont pourrait être un révélateur indirect du recrutement.
- L'évaluation de la transparence des divers axes fluviaux avec en corollaire la possibilité de mettre en place des actions de gestion adaptées.

Enfin se focaliser sur une gamme de taille réduit les zones à prospector à ses habitats favoris avec des méthodes plus légères. Pour les individus de moins de 300 mm, on ciblera ainsi les zones peu profondes où l'échantillonnage électrique est le plus performant.

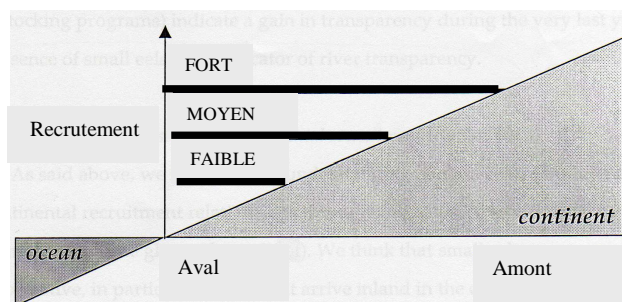


Figure 6 : Représentation schématique de l'impact du recrutement en civelles dans un bassin versant (LASNE & AL, non publié<sup>1</sup>)

## **2. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE CES JEUNES INDIVIDUS**

### **2.1. Les paramètres environnementaux influant sur la colonisation des anguilles jaunes**

La migration des anguilles jaunes se produit essentiellement de nuit sauf pour les plus jeunes individus du fait de leur caractère moins lucifuge (BARAS & al., 1996). L'intensité de cette migration semble liée à la température et au débit fluvial (JELLYMAN & RYAN, 1983 dans LAMBERT & RIGAUD, 1999). Elle se ferait par vague de durée assez brèves (LEGAULT, 1994 ; BARAS & AL., 1994) lors de lâchers d'eau ou de changement de température (LAMBERT & RIGAUD, 1999).

### **2.2 Les connaissances sur la taille des anguilles en migration et notamment sur leur première année de vie continentale**

En ce qui concerne la taille observée des anguilles en cours de migration anadrome, elle augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mer et est comprise entre 70 et 650 mm. Ces observations ont été faites sur des dispositifs de franchissement en France, Suède ou Irlande (LAMBERT & RIGAUD, 1999).

FEUNTEUN (1992), dans son étude de la structure des populations d'anguilles dans les marais de Bourgneuf-Machecoul en Loire-Atlantique, analyse la variation saisonnière des structures de taille observées lors de ses suivis par pêche électrique. Les individus de l'année ont des tailles moyennes comprises entre 87 mm à 128 mm et donc une croissance moyenne de 30 à 70 mm lors de leur première année de vie continentale. Enfin, dans le travail entrepris par LAMAISSON (2005) dans le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne, la plage de taille pour la première année de vie continentale s'étend de 50 à 100 mm.

Parmi les individus de moins de 300 mm, nous considérons donc que les individus de moins de 90 mm observés en juin sont dans leur première année de vie continentale.

### **2.3. Une colonisation du bassin versant densité-dépendante et comparable à une diffusion aléatoire de particules**

Le travail d'IBBOTSON & AL. (2002) a consisté à tester les deux hypothèses suivantes sur le mouvement des anguilles en eau douce sur la rivière Severn en Grande Bretagne.

- une dispersion amont rapide conduite par la densité au point source,
- sous forme de diffusion de particule aléatoire dès le stage « anguille jaune ».

D'après ses résultats, la colonisation serait le résultat de deux phases de migration dispersive avec une dispersion initiale rapide vers l'amont suivi par une dispersion beaucoup plus lente et caractérisée par des mouvements plus aléatoires vers l'amont comme vers l'aval. De plus, ces observations montrent que le déclin des arrivées de larves d'anguilles sur la côte a un réel impact sur le nombre d'anguilles dispersées dans le bassin versant. Il rajoute qu'une migration par vague (hypothèse non rejetée par Ibbotson pour les jeunes stades) couplée à une diminution d'abondance

dans l'arrivée de larves, provoquerait un déclin plus fort qu'avec le seul phénomène de dispersion puisque l'intensité du mouvement vers l'amont serait dépendant de la concentration en anguilles en aval. Enfin d'après son analyse, la vitesse de dispersion des anguilles et donc la colonisation des rivières peuvent être le résultat d'une interaction complexe des facteurs tels que la densité-dépendance, la température, la qualité de l'habitat et la difficulté de migration.

#### **2.4. Des relations entre la densité et la distance à la mer**

D'après l'étude de SMOGOR & al. (1995) menée sur les anguilles américaines (*Anguilla rostrata*), la densité des anguilles diminue avec la distance à l'océan. Pour eux le mouvement des individus dans les eaux continentales pourrait être analogue à une diffusion de particules à partir d'un point source où les anguilles seraient présentes en forte concentration (par exemple l'océan). Leur analyse met en évidence, que les densités des anguilles de petites et moyennes tailles (entre 61-249 mm et 250-374 mm respectivement) sont inversement liées à la distance à la mer, à l'altitude et à la largeur de la rivière mais positivement corrélées au type de substrat de la station. Il cite également d'autres auteurs parvenant aux mêmes relations entre la densité et la distance à la mer comme :

- Smith et Saunders (1955) au Canada pour l'espèce *Anguilla rostrata*,
- Moriarty (1987) en Irlande pour l'espèce *Anguilla anguilla*,
- Lake et Fulton (1981) et Sloane (1984) en Tasmanie pour deux espèces d'anguilles,
- Hayes et al. (1989) en Nouvelle Zélande.

#### **2.5. Une période de migration différente selon la taille des anguilles et les sites**

MORIARTY (1986) a étudié sur la rivière Shannon en Irlande la fraction des anguilles migrantes ayant passé peu de temps en eau douce. Il se base pour son travail sur des captures effectuées entre 1977 et 1983 au niveau du barrage situé à 15 km en amont de la limite de marée dynamique. D'après lui, la période de l'année, la température de l'eau au mois de mai et l'âge ou la taille des anguilles sont les facteurs qui influenceraient le plus leur migration. La saison de migration semble débuter habituellement à la fin du mois de mai mais pourrait être plus précoce face à des conditions de température exceptionnelles. Le froid notamment peut retarder cette migration. Normalement, les migrations prennent fin en septembre ou même plus tôt mais peuvent persister jusqu'en octobre (cette date de fin de migration ne semble pas être influencée par la température).

D'après son travail, les anguilles de moins de 100 mm ont une période de migration plus courte, de la mi-juin à la mi-août, que celles mesurant plus de 150 mm qui migreraient tout le long de la saison (mai à octobre). Ainsi les premiers mois de migration, les grandes anguilles prédominent tandis que les plus petites sont rares et n'apparaissent dans les captures qu'à partir de juin. D'après LIEW (1982 dans MORIARTY, 1986), il montre que les fortes proportions de petites anguilles coïncident avec les hautes températures en été et pour les grandes anguilles avec les basses températures du printemps et de l'automne. Le phénomène semble donc être plus saisonnier que lié à la température de l'eau.

L'observation des passages sur les dispositifs de Tuilières et Golfech (MIGAUD, 2005) dans le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne diffère quelque peu de ces conclusions. La migration concerne en effet en quasi totalité des individus entre 150 et 300 mm et est très concentrée sur quelques semaines (en général mai à juillet). LEGAULT (1994) observe quant à lui sur l'Arguenon en Bretagne nord, un passage très centré sur le mois de juillet.

Au bilan, des différences selon les sites, mais dans tous les cas la migration semble très ciblée sur quelques semaines en printemps-été.

## **2.6. De nombreux comportements individuels de colonisation**

L'étude de FEUNTEUN & AL (2003) a porté sur la migration anadrome et les mouvements en eaux douces des anguilles. D'après leurs travaux, les mécanismes de colonisation sont au nombre de quatre avec :

Pour les jeunes anguilles juste pigmentées,

- les « **founders** » dont le but est de s'installer sur le premier habitat disponible et approprié.
- les « **pioneers** » avec la volonté de migrer vers l'amont quelque soit les conditions environnementales et les paramètres de la population.

Pour les anguilles d'une ou de deux années en rivière,

- les « **home range dwellers** » qui s'établissent dans une zone donnée pour plusieurs mois à plusieurs années.
- les « **nomads** » qui sont des anguilles aux mœurs variables avec un déplacement en général amont à la recherche de zones pour s'installer ou pour se nourrir.

Les anguilles n'auraient pas un comportement exclusif mais se déplaceraient d'un comportement à un autre selon leurs attributs ontogénétiques (âge, expérience, morphologie, état physiologique...), les caractéristiques des populations qui déterminent les mouvements de densité-dépendance et les paramètres environnementaux (disponibilité alimentaire, température, débit, capacité de transport de l'hydrosystème).

## **2.7. La limite de présence des anguilles de moins de 300 mm dans différents bassins versants et l'effet des barrages**

D'après LEGAULT & FEUNTEUN (1992, dans LAMBERT & RIGAUD, 1999) sur les barrages comme Golfech ou Tuilières à peu près à 200 km de la mer, les anguilles jaunes en cours de migration ont une taille moyenne respective de 280 mm et 223 mm.

Sur la Loire, d'après LASNE & AL (non publié<sup>1</sup>) la densité relative des anguilles supérieures à 300 mm est aujourd'hui constante entre 70 et 130 km à la limite de marée dynamique tandis que celle des anguilles inférieures à 300 mm diminue significativement avec la distance à la limite de marée dynamique. De plus, les anguilles de moins de 150 mm ne seraient plus présentes à 92 km de la limite de marée dynamique. Par contre, il y a une vingtaine d'années (STEINBACH, com. pers.) des



petits gabarits en nombre significatif étaient observées très régulièrement à Orléans à plus de 250 km de la limite de marée dynamique. De même, en 1982 sur la Vilaine et l'Oust (ELIE & RIGAUD, 1984), les limites de colonisation par les civelles se situaient respectivement à 126 et 66 km de la limite de marée dynamique.

NAISMITH & KNIGHTS (1993) ont étudié la colonisation de la rivière Thames en Angleterre entre 1981 et 1988. D'après leurs échantillonnages effectués sur l'axe principal et sur les tributaires, les anguilles de moins de 350 mm sont absentes des captures à 143 km de la mer. Enfin, les anguilles de moins de 450 mm n'apparaissent plus dans les échantillonnages à 255 km de la mer.

WHITE & KNIGHTS (1997) ont étudié la dynamique de migration anadrome des anguilles européennes et l'effet des barrages sur les rivières Severn et Avon en Grande Bretagne entre 1991 et 1993. Le nombre d'obstacles à franchir aurait un effet plus important que la distance à la limite de marée dynamique sur les densités et la structure de population. En effet, les histogrammes de fréquence des classes de taille montrent une diminution des captures d'anguilles de moins de 150 mm et l'apparition d'individus supérieurs à 150 mm du fait de l'accumulation en pied d'ouvrage et d'un problème de franchissabilité.

## **2.8. Age des anguilles de moins de 300 mm**

Au sein du bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne, LAMAISON (2005) a étudié la variabilité de la croissance d'*Anguilla anguilla* selon un gradient amont-aval et en fonction des milieux rencontrés. Son travail s'est basé sur des échantillons d'anguilles prélevés en 2004 dans différents secteurs du bassin jusqu'aux premiers obstacles, les barrages de Golfech et de Tuilières, et a consisté à faire lire par 8 binômes différents, les otolithes issus de ces individus. Elle a pu ainsi mettre en évidence des tendances sur la croissance de l'anguille (l'âge est prédit à partir de l'estimation du nombre de lignes d'arrêt de croissance) dans le bassin Gironde-Garonne-Dordogne et sur l'état physiologique des individus.

Il ressort de cette étude :

- En eau saumâtre, la croissance de l'anguille est meilleure avec une moyenne de 67 mm/an.
- La zone soumise à marée sur La Garonne et La Dordogne semble être un milieu de vie intermédiaire entre l'estuaire et la zone fluviale avec un taux de croissance moyen respectif de 53 et 50 mm/an.
- Les plus faibles taux de croissance sont observés sur La Dordogne sur son axe principal et ses tributaires, avec un taux de croissance moyen de 42 mm/an.
- Sur les deux grands axes fluviaux, les taux de croissance les plus faibles sont observés sur des individus échantillonnés en cours de franchissement des ouvrages 42 mm pour Tuilières et 44 mm/an pour Golfech. Ce constat suggère un schéma de vie différent dans les eaux continentales par rapport aux individus observés en aval des obstacles. La distance

parcourue, la difficulté de la migration, la compétition entre individus et la capacité d'accueil pourraient notamment être à l'origine de dépense d'énergie moins favorables à la croissance. Globalement sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne, le taux de croissance de l'anguille diminue de l'aval vers l'amont jusqu'au premier obstacle majeur.

Cette étude est intéressante car elle met en évidence les grandes tendances de croissance d'*Anguilla anguilla* dans ce bassin. Cependant, cette relation taille-âge moyenne attribuée à une zone déterminée dans le bassin ne peut être utilisée pour déterminer l'âge d'un individu échantillonné à un endroit donné. En effet, le taux de croissance chez l'anguille est caractérisé par une grande variabilité individuelle (BERTIN, 1951 ; BERG, 1989 ; MEUNIER, 1994 dans LAMBERT & RIGAUD, 1999) à laquelle s'ajoute l'impact des facteurs environnementaux tels que la température (FERNANDEZ-DELGADO & al. dans LAMBERT & RIGAUD, 1999), la densité de la population (TESCH, 1977 ; PARSON & al., 1977 dans LAMBERT & RIGAUD, 1999), la salinité et la qualité du milieu d'accueil.

Plusieurs travaux mettent en évidence cette grande variabilité inter-individuelle de croissance :

D'après le travail de MEUNIER (1994) entrepris sur le Rhin sur le suivi de la croissance de civelles déversées et marquées à la tétracycline, elles atteignent une taille de 100 mm au cours de leur première année de vie eau douce et ont donc une croissance moyenne annuelle de 55 mm (fig. 7). Comme le montre le graphique ci-contre, l'âge d'une anguille de 150 mm est estimé entre 1 et 3 ans et une anguille de 300 mm entre 3 et 6 ans.

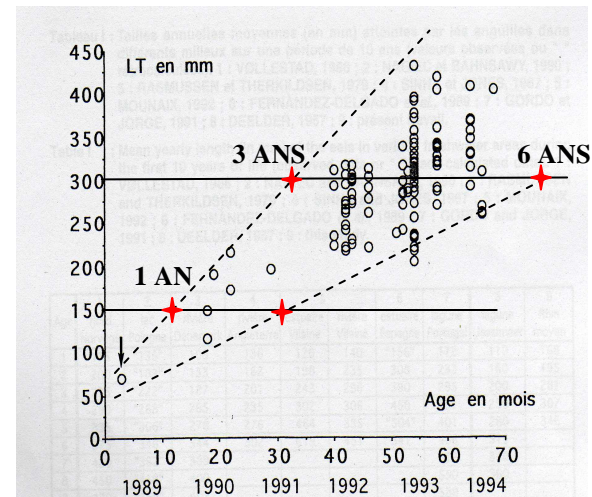


Figure 7 : Tailles des anguilles recapturées marquées sur le Rhin à l'oxytétracycline en fonction du délai (en mois) séparant la capture du déversement des civelles (flèche). (MEUNIER, 1994)

ADAM (1997) avait constaté le même phénomène à partir de la synthèse de 92 références et des tailles moyennes observées sur les anguilles d'un à quatre ans (fig. 8). La variabilité observée est encore plus marquée que sur le site du Rhin ceci étant vraisemblablement due à l'hétérogénéité des sites étudiés.

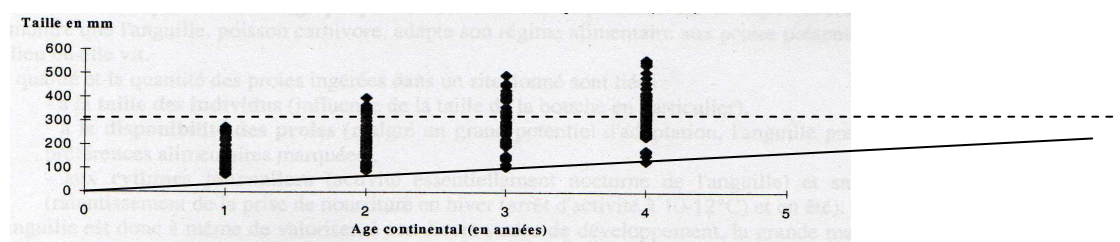


Figure 8 : Tailles moyennes observées en Europe sur les anguilles d'1 à 4 ans (ADAM, 1997)

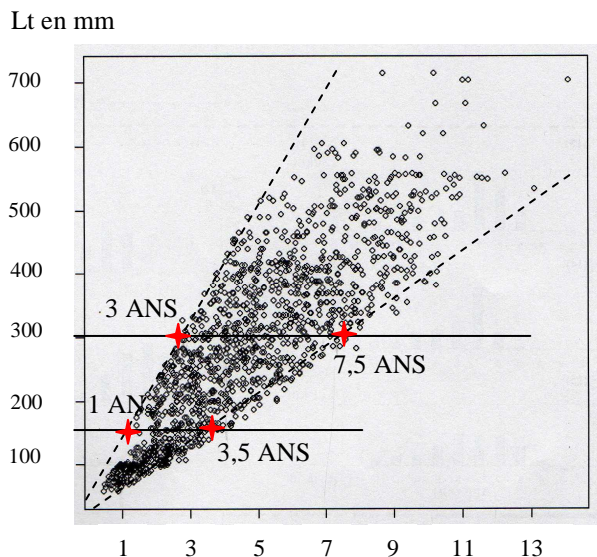


Figure 9 : Estimation d'une relation taille/âge à partir du nombre de ligne d'arrêt de croissance estimé. Données réelles ajustées par un modèle. (LAMAISON, 2005)

Enfin le travail de LAMAISON (2005) à partir d'échantillons d'anguilles prélevés en 2004 dans différents secteurs du bassin Gironde-Garonne-Dordogne et d'une estimation de leur âge (fig. 9), met en évidence le même phénomène.

Dans ces 3 analyses, il apparaît que cette variabilité augmente avec l'âge et ne permet pas de déboucher sur une relation fixe entre la taille et l'âge du fait de leurs caractéristiques individuelles, des contraintes du milieu et sans aucun doute de la méthodologie de lecture de l'âge sur otolithe. Ainsi la mise en évidence d'un lien entre le signal civelle et celui de l'anguille jaune pourrait être délicate à évaluer.

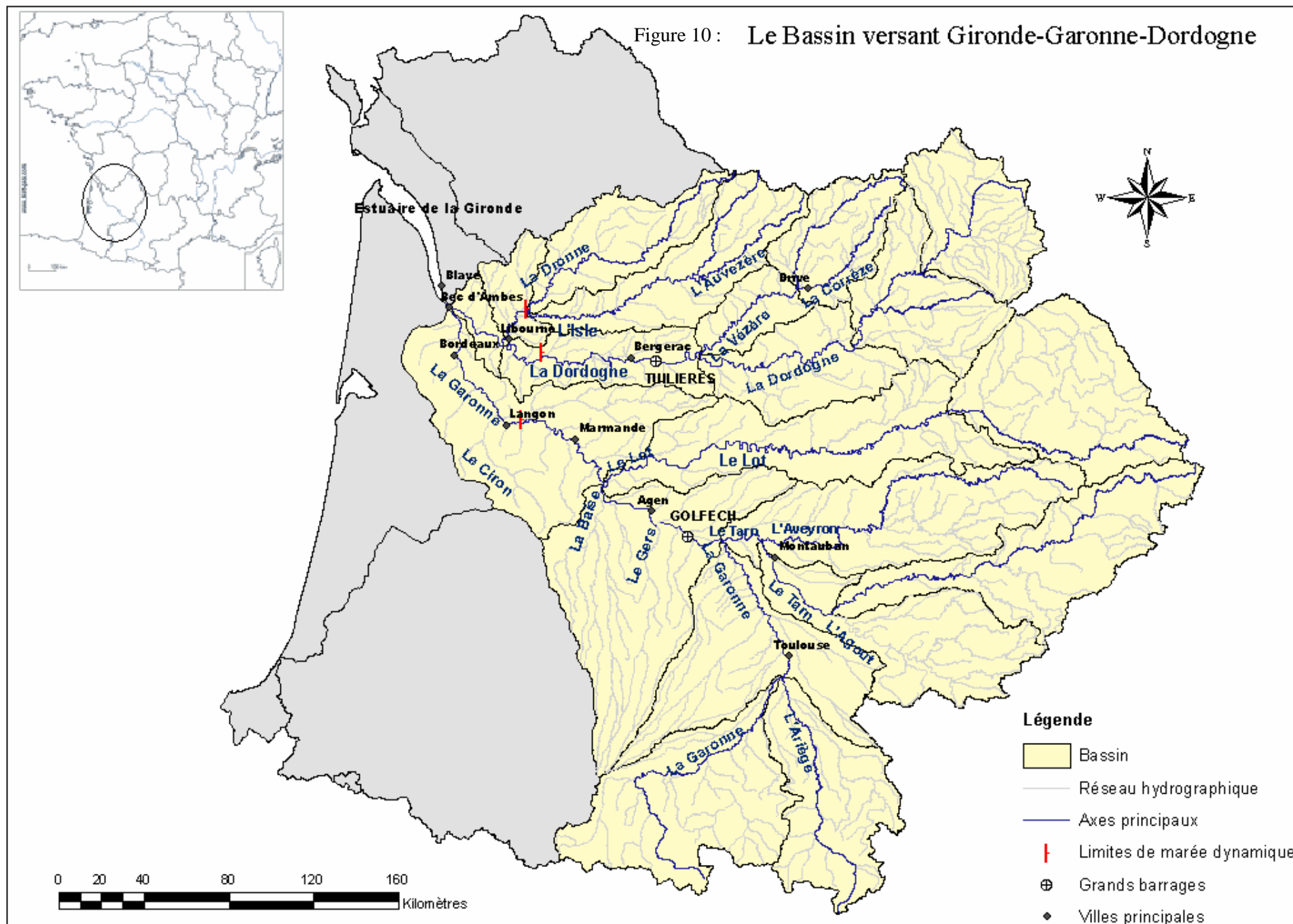
## 2.9. Comportements alimentaires et habitats privilégiés

L'ensemble des synthèses bibliographiques et des données disponibles sur le sujet (CRIVELLI, 1998), démontre que l'anguille, poisson carnivore, adapte son régime alimentaire aux proies présentes dans le milieu où elle vit. La qualité et la quantité des proies ingérées dans un site donné sont liées :

- à la taille des individus (influence de la taille de la bouche en particulier)
- à la disponibilité des proies (malgré un grand potentiel d'adaptation, l'anguille présente des préférences alimentaires marquées),
- aux rythmes journaliers (activité essentiellement nocturne de l'anguille) et saisonniers (ralentissement de la prise de nourriture en hiver (arrêt d'activité à 10-12° C et en été).

L'anguille est donc à même de valoriser, à ses divers stades de développement, la grande majorité des composantes faunistiques d'un milieu aquatique. La taille des proies est surtout liée à celle de la gueule de l'animal (LAMMENS & AL, 1989). Le poisson commence à apparaître de manière épisodique entre 250 et 300 mm. Cette ichtyophagie augmente ensuite progressivement pour devenir très dominante généralement à partir de 400-450 mm.

La hauteur d'eau ou de vase, l'abondance de végétaux ou d'abris, influent sur la répartition des différents gabarits dans le milieu. Ainsi, par exemple, les petits individus (moins de 150 voire de 300 mm) paraissent rechercher les zones peu profondes avec abris (radiers, plats, zones en berges,...). Certains auteurs observent également une préférence plus marquée pour certains types d'habitats surtout de la part des anguilles de grande taille (SLOANE, 1984, APRAHAMIAN, 1988, BAISEZ, 2001) avec notamment une recherche des milieux profonds.



### **3. BILAN DES CONNAISSANCES**

Au bilan, nous retiendrons que :

- les individus de moins de 150 mm correspondent majoritairement dans le bassin versant à des anguilles ayant 1 à 3 étés en eau continentale. Les individus de moins de 300 mm sont arrivés au maximum depuis 7 étés.
- la phase importante de migration se situe au printemps et dans l'été et est très concentrée sur quelques semaines. Température et appels d'eau semblent être les facteurs importants à prendre en compte.
- ces petits individus sont majoritairement associés à des milieux peu profonds présentant des abris (végétation, bois, graviers, cailloux...).
- l'augmentation de la densité en aval d'un bassin versant entraînerait une migration plus intense vers l'amont si l'hypothèse de densité-dépendance est vérifiée.
- une différence dans le niveau de présence des individus de moins de 300 mm à partir du franchissement de la limite de marée dynamique

## **II. ETUDE DE LA REPARTITION DES ANGUILLES DE MOINS DE 300 MM DANS LE BASSIN VERSANT GIRONDE-GARONNE-DORDOGNE**

### **1. LE BASSIN VERSANT ETUDIE (fig. 10)**

Le bassin versant regroupe 9 700 cours d'eau sur 80 000 km<sup>2</sup>. Le réseau hydrographique de La Garonne atteint 56 000 km et celui de la Dordogne 24 000 km de long.

La capacité d'accueil sur le sous-bassin de la Garonne semble être plus forte au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la confluence avec un linéaire maximum accessible à 400 km du Bec d'Ambès. Sur le sous-bassin de la Dordogne, la répartition du linéaire est assez constante sur tout son parcours avec une offre maximale à 100 km du Bec d'Ambès. En ce qui concerne les densités de cours d'eau, les plus fortes se situeraient sur l'axe Dordogne.

A 250 km en amont du bec d'Ambès ce sont, pour chacun des deux fleuves, 30 confluences qui se succèdent.

D'après les valeurs des modules des débits fournies par l'Agence de l'Eau, le débit de La Garonne de 622 m<sup>3</sup>/s est près de 2 fois celui de La Dordogne (336 m<sup>3</sup>/s). Il faut également remarquer qu'à moins de 50 km du Bec d'Ambès sur La Dordogne, le débit se partage entre l'Isle et l'axe principal de La Dordogne. Sur La Garonne, c'est à 150 km du Bec d'Ambès que se produit le même



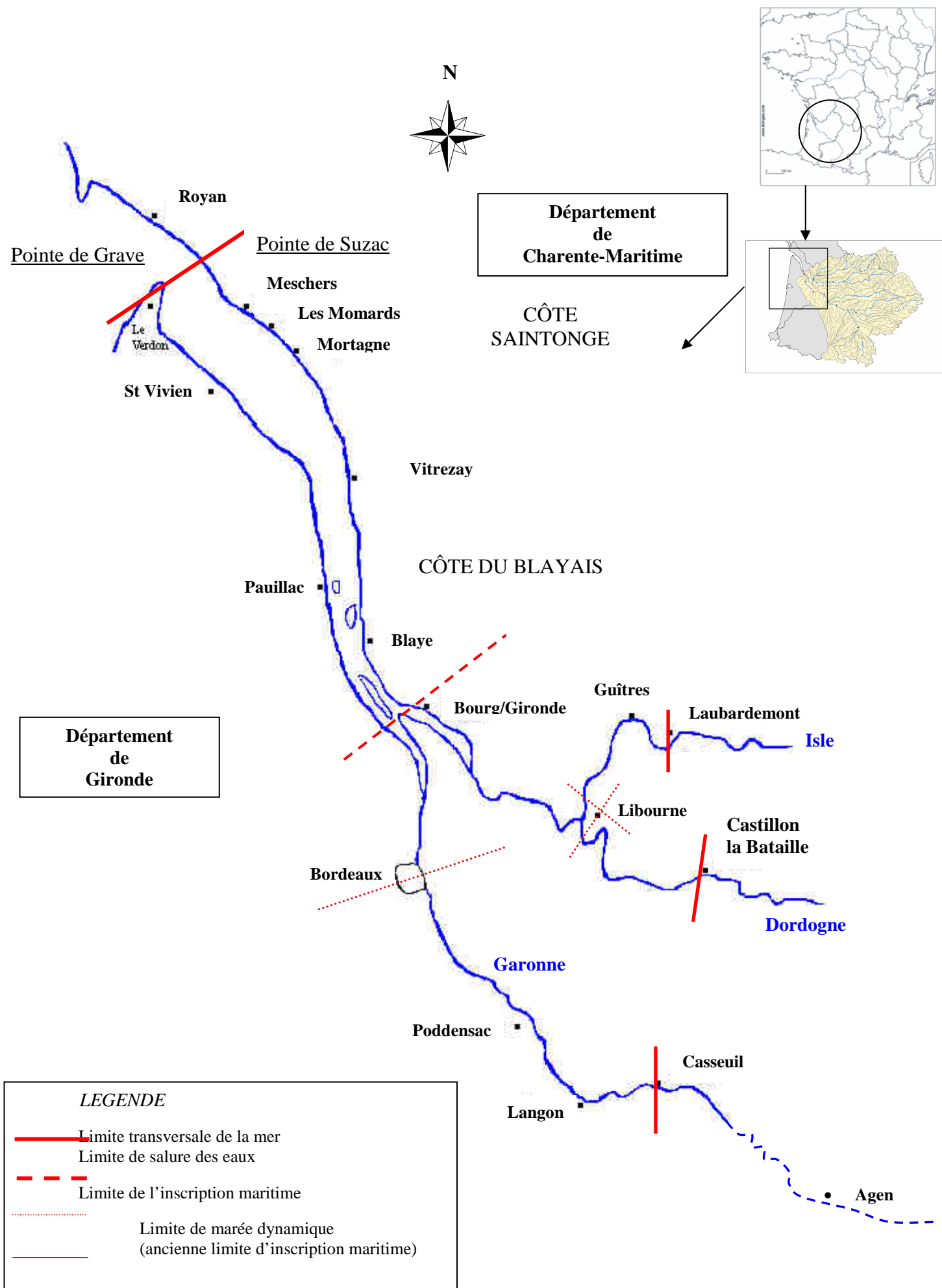


Figure 11 : Délimitation des limites hydrologiques entre l'océan, l'estuaire de la Gironde et la zone fluviale

phénomène avec Le Lot. En ce qui concerne l'accessibilité du bassin Garonne/Dordogne face aux barrages (Annexe 1 p. I), certaines zones hydrographiques sont inaccessibles dès 300 km sur La Dordogne et 350 km sur La Garonne. Enfin, le linéaire de cours d'eau accessibles avec moins de 10 ouvrages semblent être plus restreints sur La Dordogne. De fortes densités de barrages sont observées sur l'Isle et sur Le Lot. Les premiers obstacles sur les 2 axes majeurs sont situés à environ 100 km de la limite de marée dynamique. Tuilières mis en service sur La Dordogne en 1908 n'a vu l'installation d'un ascenseur à poissons efficace qu'en 1989, une passe spécifique à anguilles étant installée en 1997. Golfech mis en service en 1973 sur La Garonne a quant à lui été équipé d'une passe multispécifique en 1987 et d'une passe à anguilles en 2002.

### **1.1.Des caractéristiques dynamiques essentielles à prendre en compte pour l'analyse de la colonisation du bassin versant par l'anguille**

L'estuaire salé de La Gironde, compris entre la limite transversale de la mer (pointe de Grave/pointe de Suzac) et le Bec d'Ambès, long de 76 km et d'une superficie à marée haute de 625 km<sup>2</sup>, est le plus grand estuaire français. Au bec d'Ambès, La Gironde se sépare en deux pour former La Garonne et La Dordogne (fig. 11). La zone tidale, soumise à marée, s'étend jusqu'à Castets-en-Dorthe pour La Garonne, jusqu'à Castillon-la-Bataille pour La Dordogne et jusqu'à Laubardemont/Coutras pour L'Isle. La Garonne, La Dordogne et L'Isle sont donc influencées par la marée deux fois par jour respectivement sur 85 km, 75 km et 31 km de long (BEAULATON, 2002) à partir du Bec d'Ambès.

D'après la littérature, «la zone du fleuve située au-dessus de la limite amont de l'intrusion d'eau de mer salée, qui est toujours sujet à l'action de la marée, est appelée la limite de la marée dynamique» (PRINTCHARD D.W., 1967). PRINTCHARD rajoute que cette zone est sujette à une variation de la hauteur de l'eau du fait de l'action de la marée, et dans laquelle se produit une variation dans le temps de la vitesse de courant aval, mais sans aucun écoulement d'inondation. Plus récemment d'après ELLIOT & MCLUSKY (2002), deux définitions s'affrontent pour déterminer la limite amont d'un estuaire. Celle de PRINTCHARD qui la définit comme la limite de pénétration de l'eau de mer (qui serait le bec d'Ambès sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne) et celle de Fairbridge qui considère la limite de marée dynamique comme la limite amont de l'estuaire, et la définit comme suit : « un estuaire amont ou fluvial, caractérisé par de l'eau douce mais sujette à l'action forte de la marée ».

En fait la limite de marée dynamique n'est pas réellement, comme il est indiqué sur la figure 11, une frontière nette entre l'aval encore soumis à marée et l'amont qui ne le serait plus. Il faut considérer une zone plus ou moins large avec une limite aval toujours soumise à marée deux fois par jour, une limite amont avec un mouvement d'eau fluvial dominant et entre les deux, une zone soumise à marée une fois sur deux.

En ce qui concerne l'anguille face à ces contraintes dynamiques, d'après CREUTZBERG (1958), CREUTZBERG (1963), McCLEAVE & KLECKNER (1982), GASCUEL (1986), ELIE & ROCHARD (1994), les civelles utiliseraient la marée comme vecteur de migration passif notamment lors du flot tandis qu'au jusant elles rejoindraient le fond pour entamer une nage active vers l'amont et éviter que les courants ne les rejettent en aval. D'après WEIHS (1978 dans McCLEAVE & KLECKNER, 1982), ce mécanisme permettrait aux jeunes poissons d'économiser 90% de leur énergie.

BEAULATON & CASTELNAUD (2005) parviennent, grâce à une méthode de corrélations croisées permettant de comparer des vitesses de migration entre plusieurs zones, à estimer la vitesse moyenne de migration des civelles entre 3 et 4 km/jour dans l'estuaire de La Gironde. Il rappelle également que lors de sa migration dans les eaux continentales la civelle ne se laisserait pas seulement porter par les courants de marée mais utiliserait également la force de la nage.

Les modifications physiologiques et morphologiques subies par la civelle au cours de sa migration anadrome ont été étudiées par ELIE & al (1982). Dans nos estuaires français les civelles arriveraient dès les stades de pigmentation  $V_A$  et  $V_B$ . Le stade VII ou «anguillette» se traduit par la perte de la transparence, l'apparition des cellules à pigments jaunes, le tractus digestif n'est plus visible est marqué par le début du développement des gonades. C'est la fin de la migration portée, liée aux modifications comportementales de la civelle passant d'un comportement de type pélagique à un comportement de type benthique. Ce comportement de nage active deviendra essentiel et indispensable dès le passage des anguilles en amont de la limite de marée dynamique.

Pour l'anguille cette transition entre l'estuaire et l'eau douce, à la limite de la marée dynamique est importante à prendre en compte. Seuls des individus aptes à nager à contre courant sur de longues distances pourront en effet franchir cette limite.

## 2. DONNEES DISPONIBLES SUR LES INDIVIDUS DE MOINS DE 300 MM

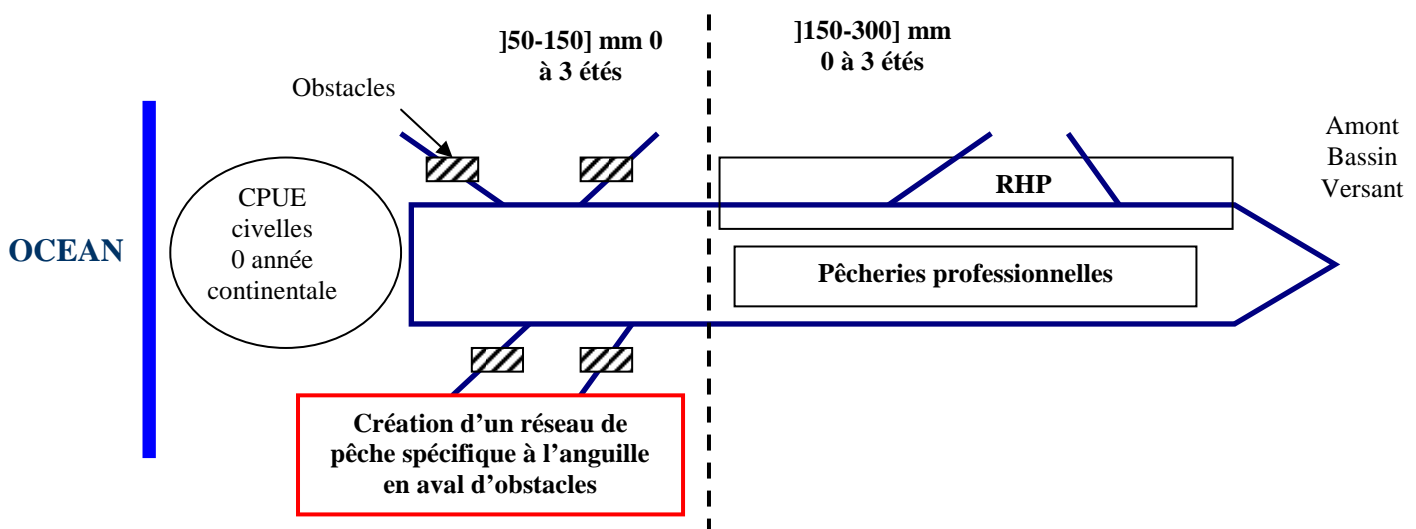


Figure 12 : Répartition schématique des différentes sources de données sur le réseau hydrographique et les gammes de taille d'anguilles échantillonnées

Sur le bassin de la Gironde-Garonne-Dordogne, des suivis scientifiques spécifiques ou non à l'anguille existent. Depuis les années 70, une estimation de la capture par unité d'effort est entreprise sur les pêcheries civellières de l'estuaire et depuis les années 90 sur la partie fluviale encore soumise à marée. Depuis la fin des années 70, le C.S.P. entreprend des pêches électriques non spécifiques à l'anguille (la B.H.P.) sur l'ensemble du bassin versant (fleuves et tributaires). Depuis 2004, un protocole d'échantillonnage est effectué sur les pêcheries professionnelles d'anguille jaune situées sur les grands axes Garonne et Dordogne avec la collaboration du *Cemagref* et de l'IMA-AADPPEDG<sup>\*</sup>. Enfin en 2004 le *Cemagref* constatant qu'aucun suivi n'apporte d'informations sur les premières années de vie de l'anguille dans les eaux continentales (fig. 12) crée, en collaboration avec le C.S.P., un réseau de pêches électriques sur des petits tributaires de La Gironde, Garonne, Dordogne et l'Isle situées au pied du premier obstacle à partir de leur confluence avec l'axe principal. Ce réseau a été étendu avec la collaboration de M.I.G.A.D.O.

Toutes ces sources de données n'apportent pas des informations similaires (tableau 2).

| Sources des données       | Dates de prospection | Zones du BV couvertes   | Méthodes   | Efficacité méthode sur l'anguille         | Gammes de taille capturées                                 | Intérêt   |
|---------------------------|----------------------|---|--|---|--|---|
| C.P.U.E. estuaire         | 1978-1999            | Estuaire Gironde  | Engins   | Active                                    | 50 mm à 60 mm  | Suivi du recrutement en jeunes individus                  |
| C.P.U.E. zone mixte       | 1996-2004            | Bec d'Ambès / Limite de marée dynamique   | Engins   | Active                                    | 50 mm à 60 mm  |   |
| Pêches en pied d'obstacle | 2004-2006            | 14 affluents situés entre 0,8 et 80,88 km de la limite de marée dynamique                                   | Pêche électrique<br>Martin Pêcheur<br>2004-2005 : 1 passage<br>2006 : 2 passages                           | Active                                    | Toutes tailles avec une recherche active des jeunes stades | Suivi des individus de l'année et spécifique à l'anguille |
| Pêche professionnelle     | 2004-2005            | Grands axes fluviaux (Garonne-Dordogne-Isle) de 0 à 122 km de la limite de marée dynamique                  | Nasses appâtées<br>- circulaires en zone soumise à marée<br>- semi-circulaires en zone non soumise à marée | Passive                                   | >120 mm  | Signal sur les grands axes fluviaux                       |
| B.H.P.                    | 1977-2003            | Bassin versant entier Grands axes et petits affluents de 0 à plus de 300 km de la limite de marée dynamique | Pêche électrique multispécifique<br>11 méthodes différentes  | Problème d'efficacité anguille<br><150 mm | >150 mm  | Suivi sur 26 ans et sur le bassin versant entier          |

Tableau 2 : les caractéristiques des données d'échantillonnage de civelles et d'anguilles jaunes

Ces différences concernent les méthodes utilisées avec leur efficacité et sélectivité propre, les tailles capturées, les milieux échantillonnés et les dates de prospections. Ces différentes sources de données peuvent par contre apporter une information complémentaire sur la présence de l'anguille dans le bassin. Complémentaires notamment en termes de zones de prospection (fig. 13).

Les pêches électriques en pied d'ouvrage sont essentiellement effectuées sur des affluents de La Garonne, de La Dordogne et de L'Isle à moins de 80 km en amont de la limite de marée dynamique.

\* Institut du Milieu Aquatique – Association Agréée Départementale des Pêcheurs Professionnels en Eau Douce de La Gironde

A l'inverse les échantillonnages des captures de pêcheries d'anguilles jaunes se situent sur les grands axes fluviaux, La Gironde, La Garonne jusqu'en amont d'Agen (à moins de 120 km en amont de la limite de marée dynamique) et sur La Dordogne jusqu'à Libourne et L'Isle, en aval de la limite de marée dynamique. La B.H.P. présente une répartition complète sur le réseau hydrologique du bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne avec des prospections aussi bien sur les petits tributaires que sur les grands axes et situées à moins de 300 km en amont de la limite de marée dynamique.

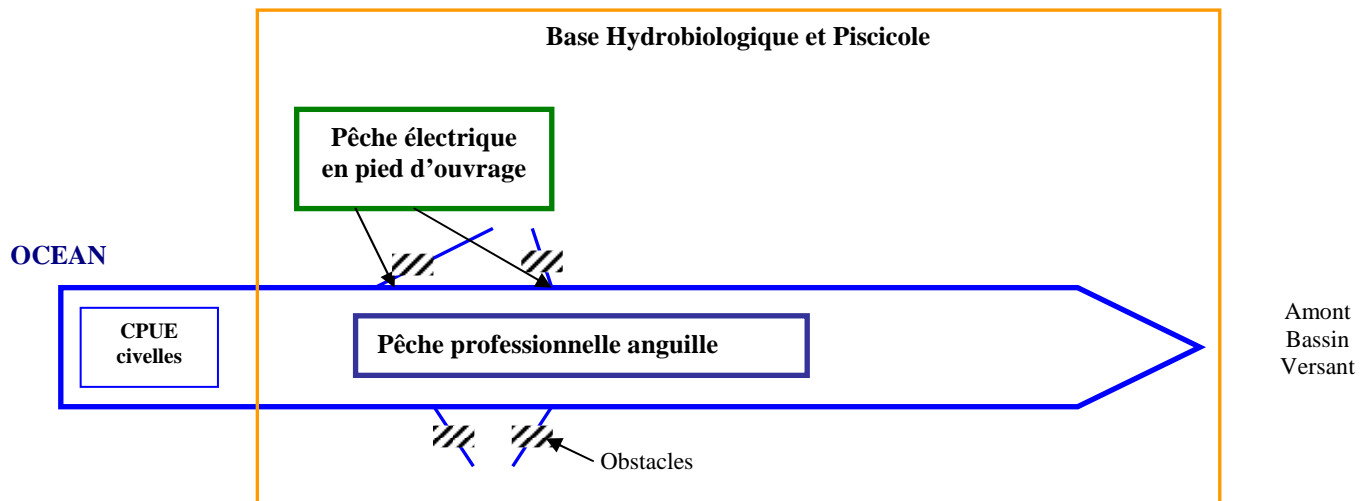


Figure 13 : Emprise spatiale des différentes sources de données sur le réseau hydrographique du bassin versant

### 3. ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES

Dans un premier temps nous examinerons les données disponibles sur l'évolution de recrutement de l'estuaire en civelles.

Afin de fixer les limites actuelles de colonisation des anguilles de moins de 300 mm, nous analyserons ensuite chacune des données :

- les pêches électriques spécifiques à l'anguille menées sur les petits affluents de la Garonne et de la Dordogne sur la zone aval du bassin versant (à moins de 100 km de la limite de marée dynamique). De plus une analyse des stations suivies sur 2004, 2005 et 2006 permettra de mettre en évidence d'éventuelles variations interannuelles du signal récolté. Enfin cette analyse permettra de vérifier l'efficacité de ces pêches spécifiques sur ces jeunes individus.
- le signal « grands axes fluviaux » apporté par les échantillonnages des pêcheries professionnelles sur La Garonne (jusqu'à 120 km de la limite de marée dynamique), La Dordogne jusqu'à Libourne et L'Isle.
- Le signal « bassin versant » apporté par les campagnes de pêches électriques du C.S.P : ce signal permettra de donner une dimension temporelle à l'étude en analysant l'évolution du front de colonisation des individus de moins de 300 mm entre 1977 et 2003.

Parallèlement à l'analyse de ces 3 signaux, nous tenterons d'affiner les liens pouvant exister entre les signaux civelles et anguille jaunes. Pour cela nous nous baserons sur les années caractéristiques des



plus fortes captures (fig. 14) apportées par le signal des pêcheries civellières. Pour conclure nous croiserons l'ensemble des informations apportées par chaque source de données sur la répartition des anguilles de moins de 300 mm et nous fixerons les limites de chacune d'entre elles sur l'observation de ces individus.

### 3.1. Informations sur les niveaux de recrutement dans l'estuaire

D'après BEAULATON L. et CASTELNAUD G. (en cours de publication), les résultats obtenus sur la période 1978 et 1999 sur le suivi des métiers de pêche à la civelle (pibalour, tamis et drossage) montrent une forte baisse des captures par unité d'effort et donc de l'abondance dans l'estuaire de La Gironde (fig. 14). Entre 1982 et 1989 l'abondance a été divisé par 4 (BEAULATON, 2002) puis s'est stabilisé à un niveau bas jusqu'en 1999 sans signe de reprise et avec une forte variabilité interannuelle.

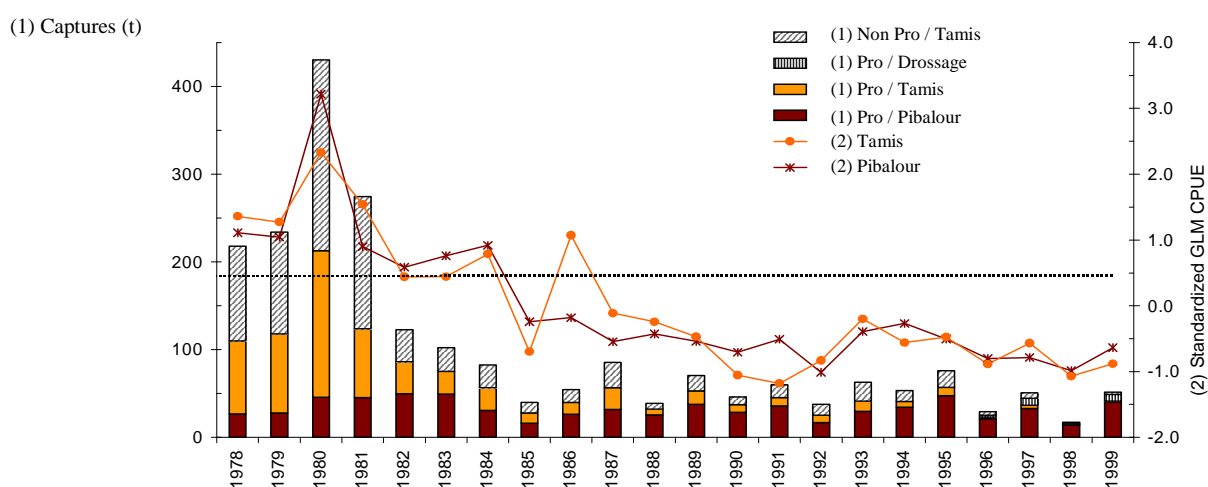


Figure 14 : L'évolution de l'abondance des civelles (*Anguilla anguilla*) entre 1978 et 1999 à partir des données de pêcheries dans le bassin de La Gironde. Référence : BEAULATON L., CASTELNAUD G., in press.

Cette situation de faible recrutement en civelles a été observée dans tous les estuaires de la côte atlantique. Après une forte chute au début des années 80, des variations interannuelles sont observées par le suivi des captures par unité d'effort des pêcheries de l'estuaire de La Gironde (fig. 14) et de la partie fluviale encore soumise à marée sur La Garonne, La Dordogne et L'Isle (fig. 15), le niveau de capture étant faible au regard des observations de la période 1978-1981.

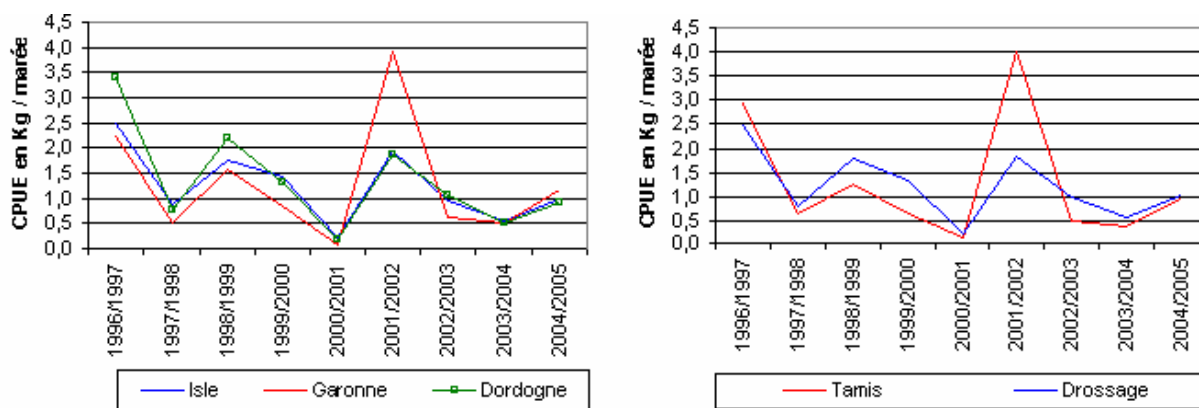


Figure 15 : Evolution de la C.P.U.E. civelles en kg/marée en fonction du type d'engin utilisé ou de la zone de pêche (source IMA-AADPPEDG).

Nous pouvons ainsi constater ces dernières années, grâce aux évaluations des C.P.U.E. de civelles dans la zone fluviale encore soumise à marée, des années de meilleur recrutement comme la saison 1996/1997 et 2001/2002 ou des moins bonnes périodes comme la saison 2000/2001 en relation avec les fortes inondations.

### 3.2. Surveillance spécifique des jeunes individus en phase de colonisation dans les petits affluents



Figure 16 : Photos des premiers obstacles infranchissables, de gauche à droite, sur Le Beuve (moulin Bieujac), Le Saucats (Isle St Georges) et de la méthode de pêche entreprise (exemple sur La Lidoire au Moulin de Louis)

#### 3.2.1. Objectif de la création de ce réseau de suivi spécifique

Depuis 2004 dans le cadre d'INDICANG\*, le Cemagref de Bordeaux rejoint par M.I.G.A.D.O. en 2005 ont mis en place un réseau de suivi par pêches électriques sur des petits tributaires, situés le long des grands axes fluviaux Garonne et Dordogne.

Ces campagnes de pêche scientifique ont pour but de suivre la dynamique de colonisation des anguilles et plus précisément d'identifier les limites de présence significative des individus de moins de 300 mm dans le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne.

Nous avons vu en effet tout l'intérêt potentiel de suivre les individus de moins de 300 mm mais dans le même temps, il a fallu faire le double constat suivant :

- Les suivis de pêcheries (civelles et nasses) ne permettent pas d'obtenir des informations fiables sur les individus compris entre 60/70 mm et 300 mm.
- Les pêches électriques classiques révèlent mal ces classes de taille (mauvaise efficacité en zone profonde, maille des épuisettes inadaptée, habitats préférentiels non ciblés).

Devant ce double constat l'idée a germé de concevoir des stratégies de suivi dédiées à ces jeunes individus. Une démarche complémentaire est en cours sur La Loire avec un suivi sur les bras morts (LASNE et LAFAILLE).

#### 3.2.2. Méthode utilisée

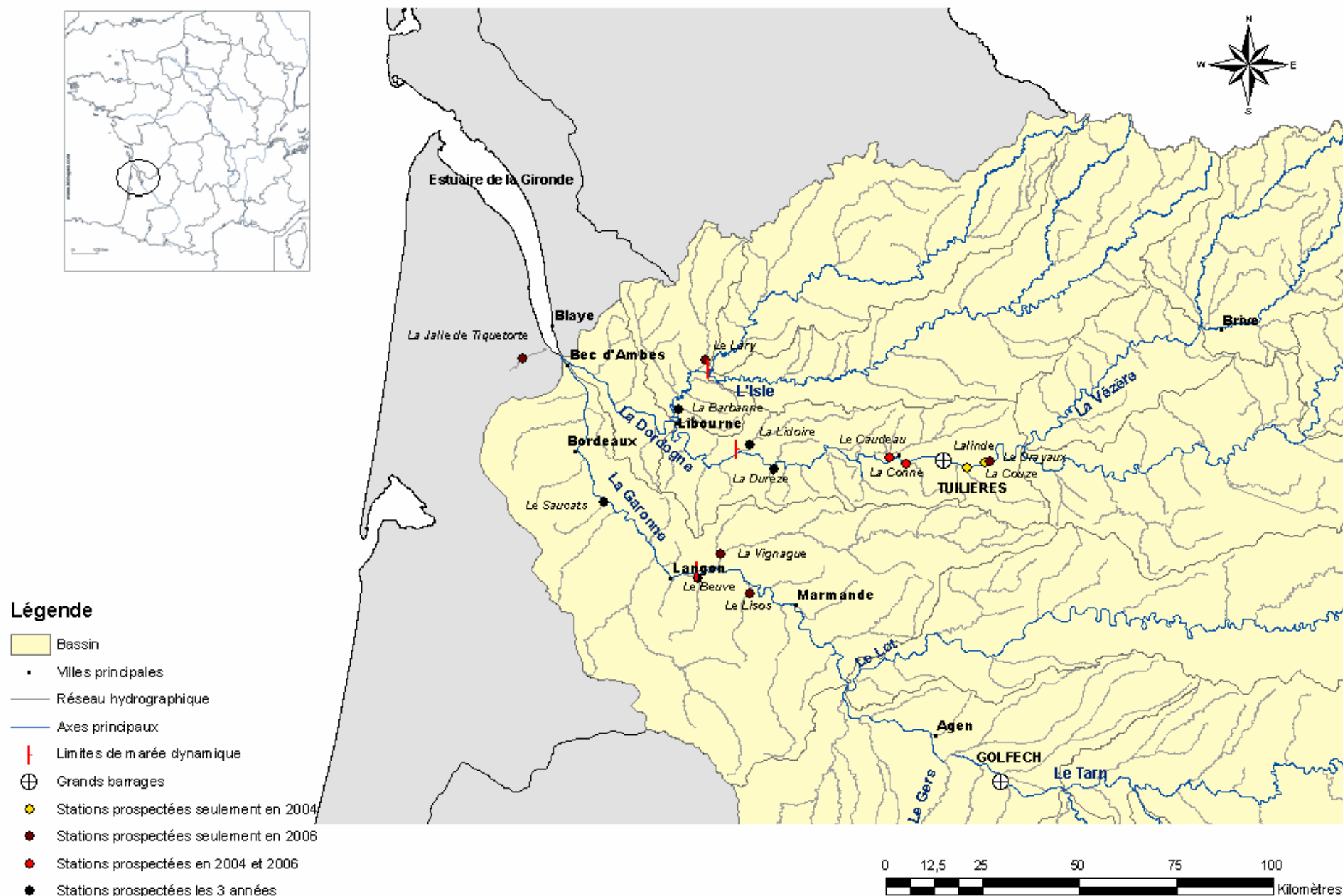
##### 3.2.2.1. Choix des stations pour le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne (fig. 17)

Le Cemagref prospecte des tributaires de La Dordogne et de La Garonne au pied du premier obstacle à partir de leur confluence avec l'axe principal. Les caractéristiques de ces stations sont les

---

\* INDICateurs d'abondance et de colonisation sur l'ANGuille européenne *Anguilla anguilla*

Figure 17 **Situation des stations de pêches spécifiques à l'anguille échantillonnées entre 2004 et 2006 sur la partie aval du bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne**



suivantes (tableau 3), de la plus proche à la plus éloignée de la limite de marée dynamique sur la Dordogne, l'Estuaire salé (aval Ambès) et La Garonne :

| Sous bassin     | Riviere             | Lieu dit                         | Distance absolue (km) | Altitude (m) |
|-----------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------|
| <b>Dordogne</b> | Barbanne            | Les Billaux (pont les Dagueys)   | 0                     | 5            |
|                 | Lary                | Moulin de Chabreville            | 4,52                  | 8            |
|                 | Lidoire             | Moulin de Louis                  | 5,13                  | 9            |
|                 | Dureze              | Moulin de Peromat                | 12,49                 | 12           |
|                 | Caudeau             | Gala (pied usine)                | 53,27                 | 24           |
|                 | Conne               | Moulin Blanc                     | 58,4                  | 27           |
|                 | Couze               | Couze et St Franc (aval camping) | 75,08                 | 44           |
|                 | Lalinde             | La Guillou (bras du canal)       | 79,56                 | 41           |
|                 | Drayaux             | La Tuilière                      | 80,88                 | 42           |
| <b>Estuaire</b> | Jalle de Tiquetorte | Moulin de Tiquetorte             | 1,23                  | 9            |
| <b>Garonne</b>  | Saucats             | Isle saint Georges               | 0                     | 5            |
|                 | Beuve               | Moulin Vernet (aval pont D224)   | 3,38                  | 14           |
|                 | Vignague            | sortie de Morizès (pont D15)     | 10,39                 | 14           |
|                 | Lisos               | Rabèze (amont D116)              | 21,03                 | 20           |

Tableau 3 : Caractéristiques des stations de pêche de colonisation (*Cemagref*) au pied du premier ouvrage sur la Dordogne et la Garonne

MI.GA.DO. s'est associé à ce suivi en 2005 et a pris en charge 13 autres stations réparties sur La Garonne (7 stations) et sur La Dordogne (6 stations)

Enfin en juin et juillet 2006, 5 stations supplémentaires ont été prospectées par le *Cemagref* dont la Jalle de Tiquetorte sur l'Estuaire, la Vignague et le Lisos sur La Garonne, la Barbanne et le Lary sur l'Isle et le Drayaux sur la Dordogne. Pour MI.GA.DO., 4 points supplémentaires ont été échantillonnés en 2006 (3 sur La Garonne et 1 sur La Dordogne). Dans cette étude, seules les données du *Cemagref* seront analysées.

### 3.2.2.2. Méthodes de prospection

En ce qui concerne les méthodes de prospection, le *Cemagref* a opté en 2004 et 2005 pour une méthode semi-quantitative, c'est-à-dire un sondage avec un seul passage, au Martin Pêcheur en privilégiant la prospection des milieux propices aux jeunes individus (comme les zones de faible profondeur). L'association MI.GA.DO. a utilisé la méthode De Lury\* avec le même engin mais avec deux passages et par faciès, celui lui permettant de déterminer les densités d'anguilles et la répartition des individus au sein de l'habitat. Pour la campagne 2006, une harmonisation a eu lieu et toutes les stations ont été prospectées avec 2 passages afin de vérifier l'efficacité de la méthode de prospection utilisée. Les épuisettes utilisées sont à mailles fines (1 à 2 mm). Le temps passé par site est en moyenne de 1h30.

\* Technique de prospection qui consiste à échantillonner la station dans son ensemble en la considérant comme une unité homogène. Deux passages successifs sans remise à l'eau des poissons sont effectués. La formule De Lury permet ensuite d'estimer à partir des résultats obtenus la population d'anguilles présente.

### 3.2.2.3. Périodes de prospection (tableau 4)

La très grande majorité des pêches réalisées par le *Cemagref* se sont déroulées en juin (début juin 2004 ou fin juin 2005 et 2006).

| Riviere             | 2004    | 2005    | 2006    |         |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|
| Barbanne            | 03-juin | 29-juin | 30-juin |         |
| Lidoire             | 03-juin | 29-juin | 29-juin |         |
| Dureze              | 03-juin | 29-juin | 29-juin |         |
| Caudeau             |         |         |         | 04-juil |
| Conne               |         |         |         | 04-juil |
| Couze               |         |         |         |         |
| Lalinde             | 02-juin |         |         |         |
| Saucats             | 02-juin | 22-juin | 28-juin |         |
| Beuve               | 02-juin | 27-juin | 27-juin |         |
| Jalle de Tiquetorte |         |         | 28-juin |         |
| Lary                |         |         | 30-juin |         |
| Vignague            |         |         | 27-juin |         |
| Lisos               |         |         | 27-juin |         |
| Drayaux             |         |         |         | 04-juil |

Tableau 4 : Calendrier des pêches réalisées en pied d'obstacle entre 2004 et 2006

Toutes ces données de pêches de colonisation sont réunies sous une base Access dont la structure était pré-établie par un travail entrepris depuis 2005 sur la rivière Saucats.

### 3.2.3. Analyse des données

#### 3.2.3.1. Données obtenues en juin au pied du premier obstacle de 2004 à 2006

##### 3.2.3.1.1. Efficacité des prospections en 2006 (fig. 8)

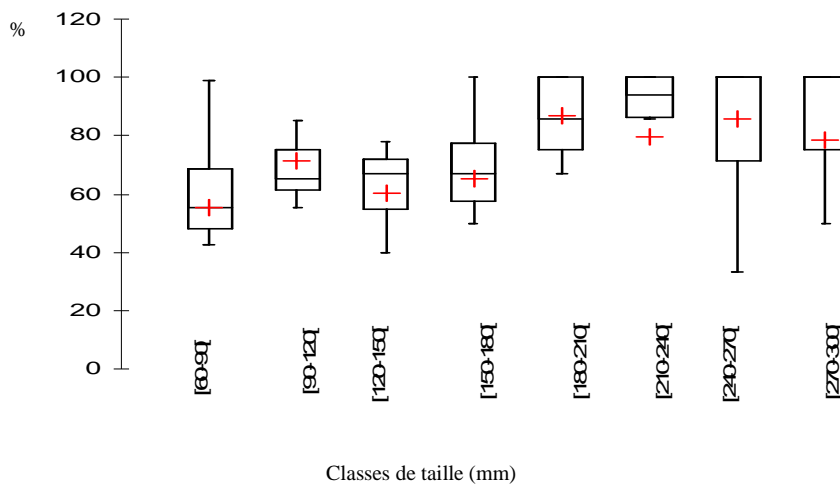


Figure 18: Moyennes et quartiles des efficacités de pêche en 2006 sur l'anguille calculées par classe de taille (<300 mm)

En 2006 l'efficacité moyenne des pêches, sur l'ensemble des sites prospectés, a varié entre 55% et 87% selon les classes de taille.

Les meilleures efficacités sont enregistrées sur des individus de plus de 180 mm. On remarque cependant que quelque soit le groupe de taille, les efficacités observées sont variables. Ainsi pour le groupe de [240-270[, la moitié des pêches atteignent des efficacités entre 75 et 100%, mais une pêche s'est soldée par efficacité très basse (30%).

Les données collectées nous permettent de disposer d'un certain nombre de descripteurs de la situation observée au pied de chaque premier ouvrage :

- structure de taille,
- densité d'individus déclinée par groupe de taille pour l'année 2006.

A partir de ces descripteurs des différentes stations prospectées, nous avons initié une analyse comparative de ces diverses observations.

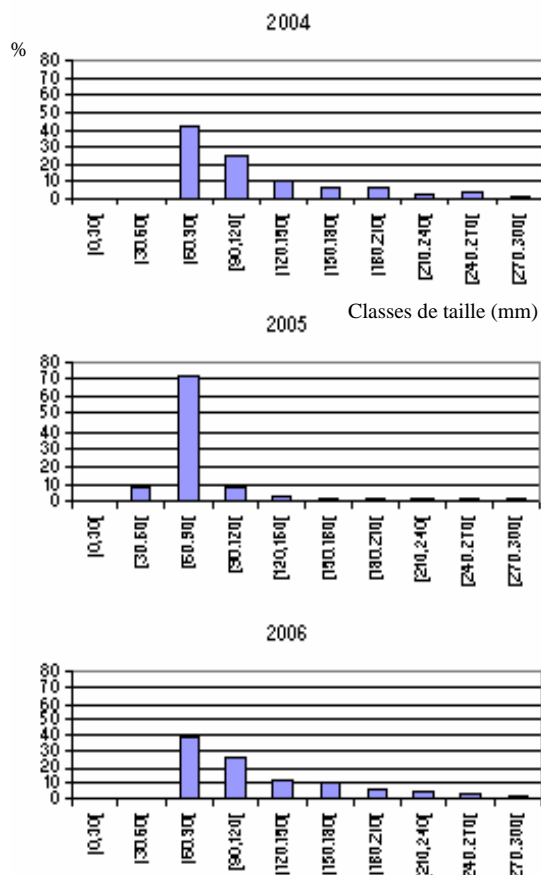


Figure 19 : Répartition par classes de taille des anguilles de moins de 300 mm entre 2004 et 2006, toutes stations confondues.

### 3.2.3.1.2. Analyse des structures de taille

La figure 19 présente la structure de taille observée dans les captures de moins de 300 mm réalisés sur l'ensemble des stations prospectées en juin 2004, 2005 et 2006.

La prospection focalisée sur les faciès peu profonds (maximum 50 cm) apparaît pertinente pour révéler la présence des petites tailles mal visualisées dans les opérations classiques de pêche. Les 3 années, le groupe de taille le mieux représenté dans les captures est en effet le [60-90[.

L'analyse des 3 années de suivi met en évidence une certaine variabilité temporelle dans les structures observées. Ainsi 71,9% de l'échantillon de 2005 est représenté par des individus entre 60 et 90 mm contre respectivement 42,1% et 38,5% en 2004 et 2006. Ce constat est peut être révélateur d'un meilleur recrutement en 2005.

On remarque d'autre part, des différences marquées entre les stations situées en aval de la limite de marée dynamique et celles situées en amont (fig. 20):

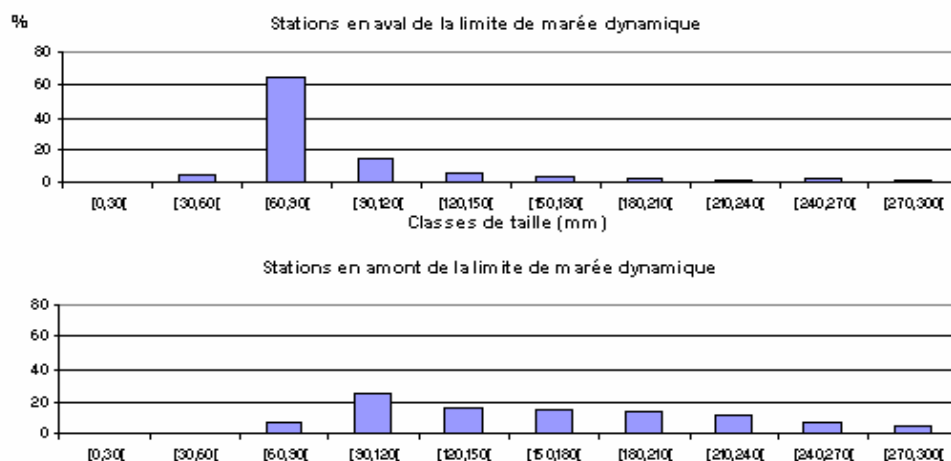


Figure 20 : Structure de taille entre les stations situées en aval de la limite de marée dynamique et celles situées en amont

La présence des individus de l'année ( $\leq 90$  mm) est dominante sur les stations situées en aval de la limite de marée dynamique. Pour les stations en amont de la limite de marée dynamique, le pic de présence est pour le groupe des [90-120[ mm mais la dominance de ce groupe est moins nette.

#### 3.2.3.1.3. Analyse de la présence des moins de 120 mm

Si l'on représente le pourcentage d'individus de moins de 120 mm en fonction de la distance à la limite de marée dynamique pour les 3 années prospectées sur les stations situées en pied du premier obstacle (fig. 21), nous remarquons que la densité de ce groupe d'individus devient très faible à partir de 20 km de la limite de marée dynamique. Cette situation n'est pas normale au regard des descriptions anciennes de phénomènes de colonisation et si l'on rappelle qu'aucun obstacle ne vient bloquer la migration des anguilles entre la mer des Sargasses et ces zones échantillonnées.

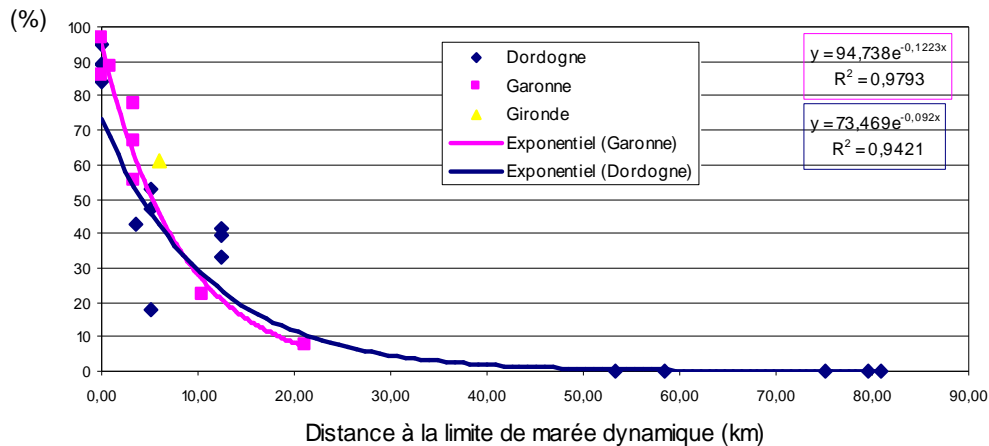


Figure 21 : Fréquence des anguilles de moins de 120 mm en fonction de la distance à la limite de marée dynamique des stations de pêche

Pour les stations soumises à la marée dynamique, 91,9% des effectifs sont des anguilles de moins de 120 mm. Pour les zones prospectées en amont de la limite de marée dynamique, seulement 32,6% de l'effectif appartiennent à cette gamme de taille. Le caractère « instable » des faciès soumis à marée en pied d'obstacle semble donc peu favorable à la présence d'individus de plus de 120 mm à marée basse, les plus petits gabarits étant majoritaires dans les échantillonnages effectués.

Une autre hypothèse consiste à associer la présence de ces petits individus quasi uniquement au phénomène de marée et donc au transport passif. Cette hypothèse recevable éventuellement pour les stades «civelles peu pigmentées et n'ayant pas encore repris l'alimentation» ne l'est absolument pas pour les stades ultérieurs de la civelle et a fortiori pour les petites anguilles jaunes de 80 à 120 mm. Ces individus sont en effet tout à fait aptes à progresser contre le courant sur des distances importantes (FEUNTEUN & AL., 2003).

Cette observation générale demande cependant à être précisée pour savoir comment, au sein des stations soumises à la marée, évolue le niveau de présence de ces petits gabarits.



### 3.2.3.1.4. Analyse sur cinq stations de la variabilité de la structure de taille observée en 2004, 2005 et 2006 (fig.22)

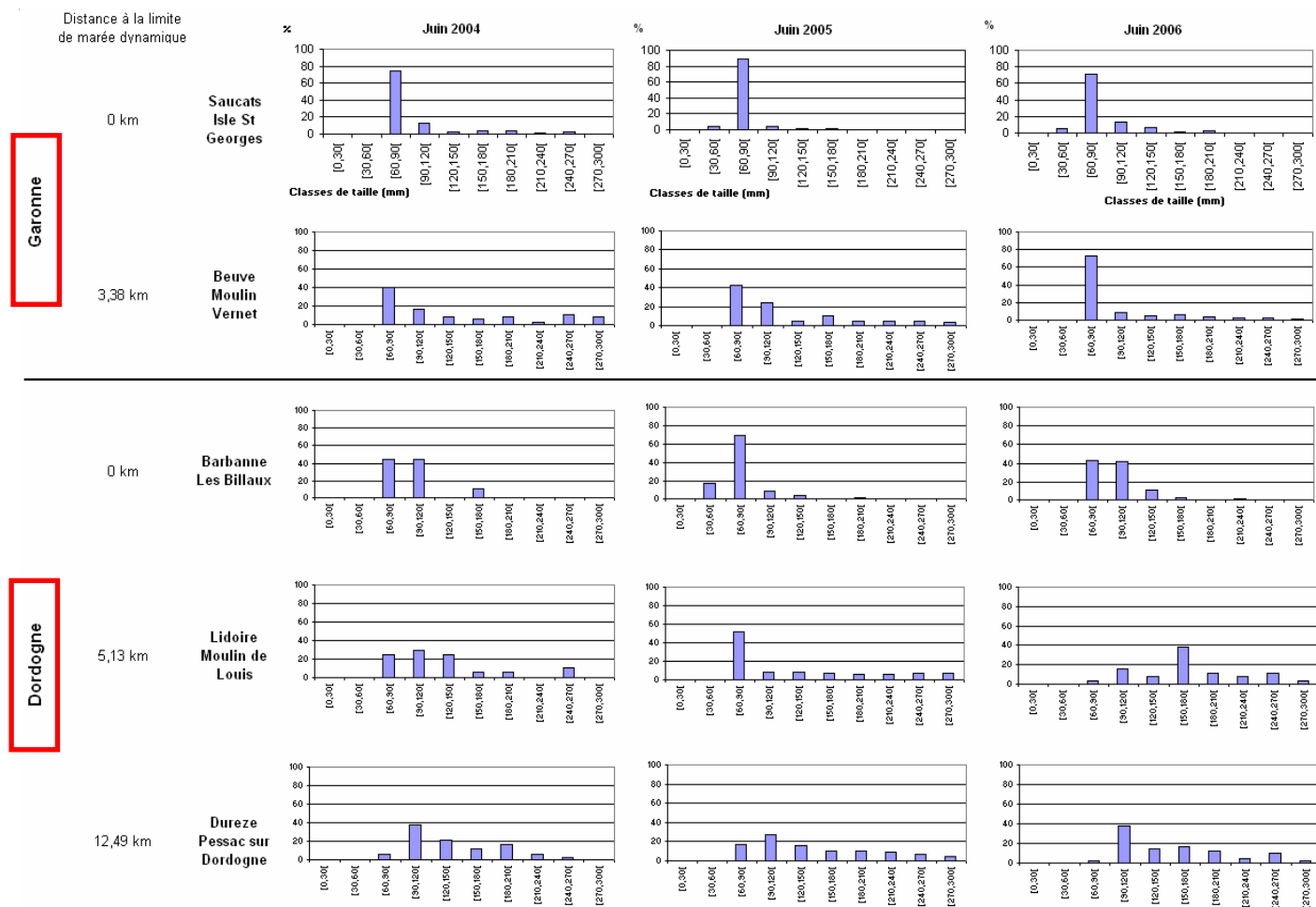


Figure 22 : Evolution par année, de la fréquence d'appartenance à une classe de taille des anguilles de moins de 300 mm capturées par pêche électrique sur les affluents de La Dordogne et de La Garonne selon leur position par rapport à la limite de marée dynamique.

L'examen de ces données révèle :

- pour les stations soumises à marée (Isle St Georges sur Le Saucats et Les Billaux sur La Barbanne), une grande stabilité dans les structures observées, numériquement dominées par le groupe des [60-90[ sur Le Saucats (70 à 90% des captures) et sur La Barbanne (40 à 70% des captures).
- pour les stations situées juste en amont de la limite de marée dynamique sur Le Beuve et La Lidoire respectivement à 3,4 km et 5,2 km, le groupe des [60-90[ reste assez présent (40 à 70% sur Le Beuve, 22 à 50% sur La Lidoire) ; peu de variabilité sur Le Beuve. Par contre, sur La Lidoire le signal 2006 diffère nettement avec une quasi-absence des [60-120[, ceci étant peut-être lié à un niveau et à un débit très faibles lors du mois de juin sur cette rivière.
- pour La Durèze, station située encore un peu plus en amont (à 12,5 km de la limite de marée dynamique), c'est le groupe des [90-120[ qui devient dominant (26 à 37% des captures).

Afin de savoir si ces résultats révèlent des différences significatives entre les années, nous utilisons



le test statistique non paramétrique de Friedman. En effet, nous sommes en présence de plus de deux échantillons appariés et nous souhaitons faire un test de comparaison d'échantillons. Pour un seuil de signification fixé à 5%, notre hypothèse nulle revient à dire qu'il n'y a pas de différence significative entre les 3 années. Si elle est rejetée, l'hypothèse alternative consiste à dire qu'il existe au moins un échantillon différent de l'autre.

D'après le test de Friedman, pour chacune des 5 stations, l'hypothèse nulle est rejetée au seuil de 5% et donc au moins pour l'une des années la population d'anguilles est différente d'une autre année.

Nous avons également testé la variabilité des structures de taille observées les 3 années sur chaque site grâce au test de Cochran. Pour cela nous avons pour chaque station établi un tableau qui met en évidence pour chaque année la présence «1» ou l'absence «0» des différents groupes de taille pour les individus de moins de 300 mm. Nous sommes donc à une échelle binomiale et en présence de plus de deux échantillons appariés.

Aucune différence significative n'est révélée au seuil de 5% sur Le Saucats, Le Beuve, La Durèze et La Lidoire, seule La Barbanne présente une distribution de probabilités dans un échantillon qui diffère d'une distribution de probabilités dans au moins un autre échantillon.

L'année 2004 est suspectée ; en effet l'analyse du contexte des pêches nous a révélé que cette année s'est distinguée par la présence d'une hauteur d'eau nettement plus importante (50 à 60 cm) qu'à la normale, liée à un seuil temporaire en aval.

#### 3.2.3.1.5 Probabilité de présence en juin des anguilles de moins de 300 mm en fonction de la distance à la limite de marée dynamique (fig. 23).

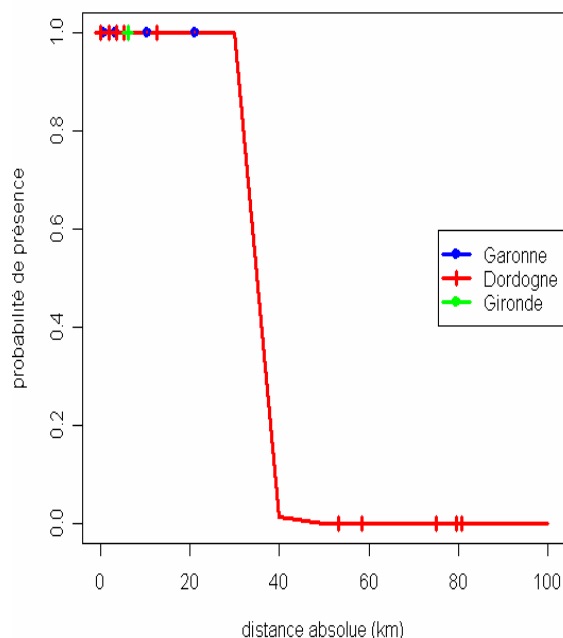


Figure 23 : Probabilité de présence des anguilles de moins de 300 mm selon la distance à la limite de marée dynamique sur les bassins de La Garonne et de La Dordogne

Ci-contre, nous visualisons le signal de présence des anguilles de moins de 300 mm pour les stations en pied du premier ouvrage entre 2004 et 2006 en fonction de la distance à la limite de marée dynamique.

Tout d'abord sur La Garonne aucun signal d'absence de ce groupe de taille n'est détecté du moins jusqu'à 21 km de la limite de marée dynamique (prospection maximale).

Sur La Dordogne, le groupe des moins de 300 mm semble disparaître à 40 km de la limite de marée dynamique, sachant que les stations prospectées les plus éloignées de la limite de marée dynamique sur La Dordogne se situent à 80,9 km.

Si nous nous intéressons aux individus de moins de 120 mm, l'évolution est identique.

### 3.2.3.1.6. Evolution de l'abondance des jeunes individus au pied du premier obstacle en juin 2006 (fig. 24)

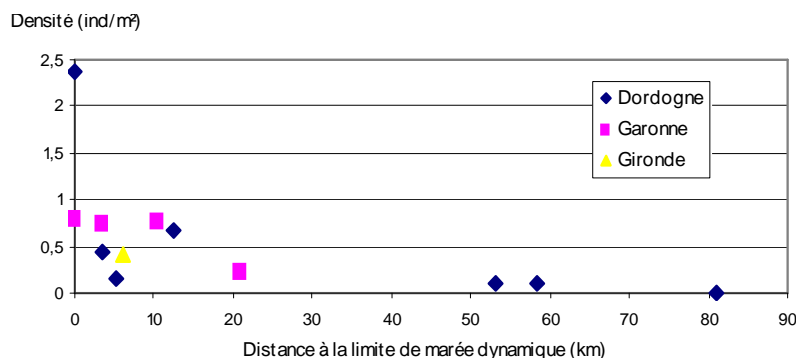


Figure 24 : Densité d'anguilles de moins de 300 mm selon la distance à la limite de marée dynamique

Si l'on observe l'évolution de la densité des anguilles de moins de 300 mm capturées en juin et juillet 2006 en fonction de la distance à la limite de marée dynamique, nous constatons que le signal devient faible sur la Garonne à 20 km de la limite de marée dynamique (fig. 24).

Cette représentation permet également de voir qu'à proximité de la marée dynamique, la densité est le plus souvent inférieure à 1 individu par m² à l'exception de la station de La Barbanne où nous atteignons 2,37 individus par m². Cette forte valeur pourrait s'expliquer par les habitats prospectés dans les différentes stations ou également laisser penser que les stations pêchées en aval de barrages considérés comme infranchissables se révéleraient être franchissables. En effet, sur la station de La Barbanne, sur 100 m² le même habitat est pêché, un plat courant d'une largeur seulement de 3 mètres environ (augmentant l'efficacité de pêche) comparativement au Saucats ou La Jalle de Tiquetorte où des habitats peu profonds mais également des fosses sont prospectées sur des largeurs moyennes respectives de 9 et 5 m.

Si nous rapportons le nombre d'anguilles de moins de 300 mm capturées à la surface de faciès comparable sur La Barbanne, Le Saucats et La Jalle de Tiquetorte, nous constatons que la densité est comparable entre La Barbanne et La Jalle de Tiquetorte sur un faciès identique (tableau 5). De plus, si l'on compare la densité d'anguilles de moins de 300 mm entre les deux types de faciès, plat et fosse, les zones de faible profondeur semblent constituer les habitats privilégiés de ce groupe de taille (fig. 25).

| Riviere             | Faciès | Densite (ind/m²) |
|---------------------|--------|------------------|
| Barbanne            | Plat   | 2,37             |
| Jalle de Tiquetorte |        | 2,52             |
| Saucats             |        | 0,81             |

Tableau 5 : Densité des anguilles de moins de 300 mm sur le faciès « plat »

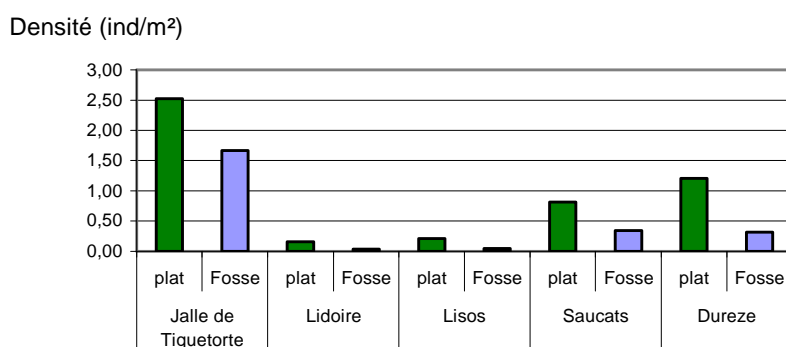


Figure 25 : Comparaison de la répartition des anguilles de moins de 300 mm en fonction des faciès des stations

### 3.2.3.2. Analyse complémentaire

#### 3.2.3.2.1. Variations saisonnières des tailles observées au pied du premier obstacle

Cinq stations situées en aval du premier obstacle sur les rivières Saucats, Beuve, Barbanne, Durèze et Lidoire ont été prospectées à deux saisons différentes, les mois de juin et septembre en 2004 et 2005. Dans l'optique d'optimiser la procédure de suivi de la présence des moins de 300 mm le long des 2 axes fluviaux Garonne-Dordogne, il est intéressant de savoir si les signaux collectés en automne sur ces stations diffèrent significativement de ceux observés en juin.

##### 3.2.3.2.1.1. La rivière Saucats : site « Isle saint Georges » (fig. 26 et tableau 6)

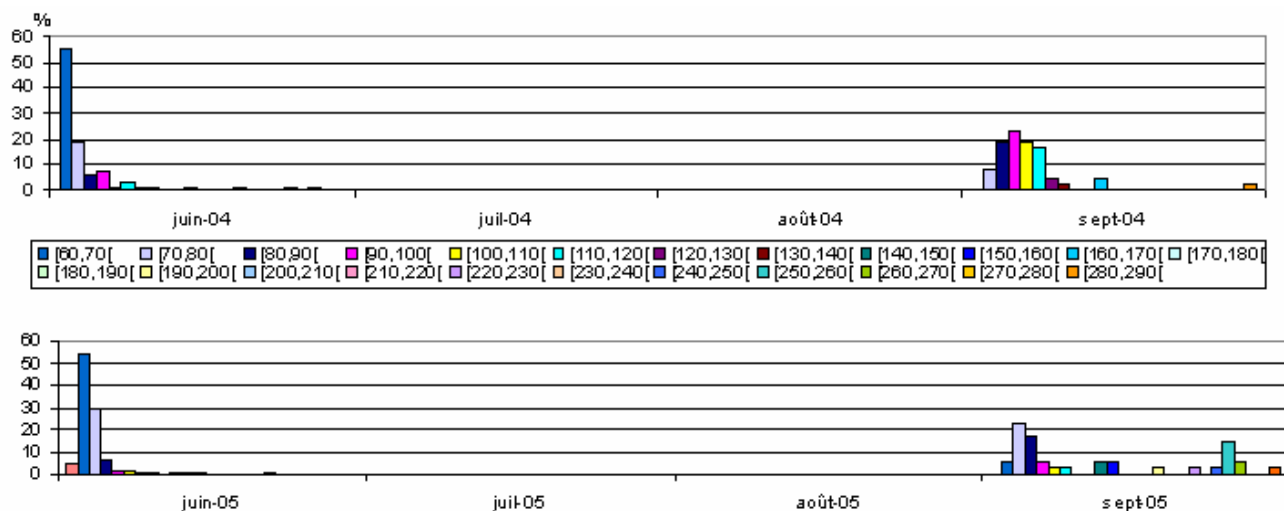


Figure 26 et tableau 6: Histogramme de fréquence de taille des anguilles de moins de 300 mm et pourcentages associés sur la rivière Saucats en 2004 et 2005.

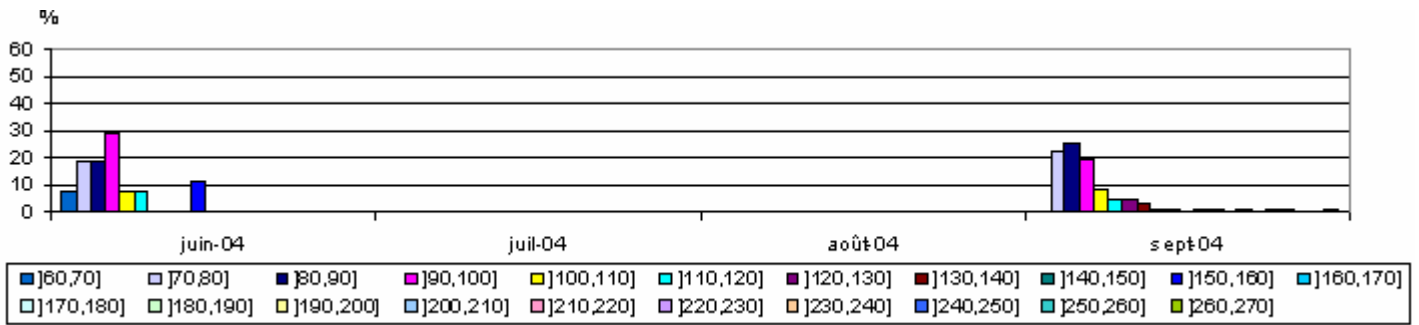
|                      | <b>&lt;=120</b> | <b>]120-180]</b> | <b>]180-240]</b> | <b>]240-300]</b> |
|----------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>juin 2004 (%)</b> | 91,30           | 4,35             | 1,45             | 2,90             |
| <b>sept 2004 (%)</b> | 87,23           | 10,64            | 0,00             | 2,13             |

|                      | <b>&lt;=120</b> | <b>]120-180]</b> | <b>]180-240]</b> | <b>]240-300]</b> |
|----------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>juin 2005 (%)</b> | 97,38           | 2,06             | 0,37             | 0,19             |
| <b>sept 2005 (%)</b> | 57,14           | 11,43            | 5,71             | 25,71            |

Les moins de 120 mm sont bien présents lors des 4 passages aussi bien en juin qu'en septembre. En juin 2004, septembre 2004 et juin 2005 ce groupe domine très nettement les captures. C'est moins le cas en septembre 2005 où les gabarits [240-300[ sont bien présents.

### 3.2.3.2.1.2. La rivière Barbanne : site « les Billaux » (fig. 27 et tableau 7)



|                      | <=120 | ]120-180] | ]180-240] | ]240-300] |
|----------------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| <b>juin 2004 (%)</b> | 88,8ç | 11,11     | 0,00      | 0,00      |
| <b>sept 2004 (%)</b> | 80,60 | 11,94     | 5,97      | 1,49      |

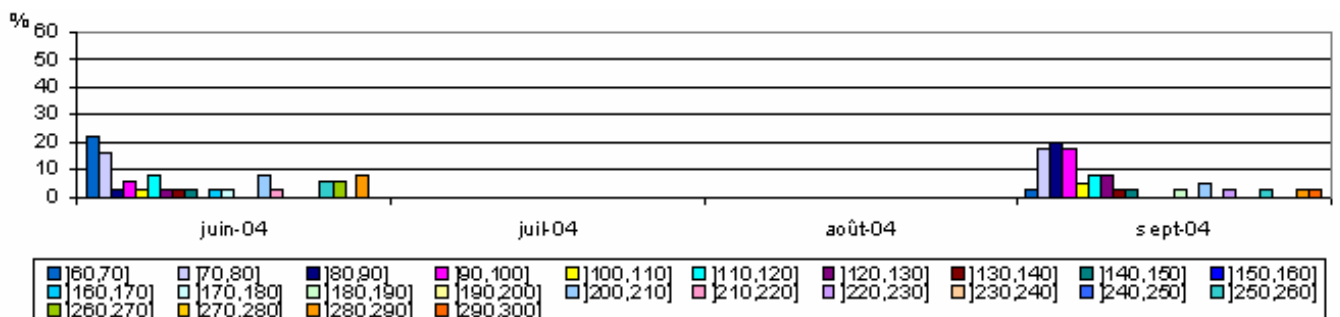
Figure 27 et tableau 7 : Histogramme de fréquence de taille des anguilles de moins de 300 mm et pourcentages associés sur la rivière Barbanne en 2004.

Analysons maintenant les observations effectuées sur une autre station soumise à marée, La Barbanne (affluent rive gauche de l'Isle) située au pied d'un vannage difficilement franchissable par les anguilles.

Ce site a été échantillonné en juin et septembre 2004. Entre ces deux dates une petite modification de faciès s'est produite puisque si en juin une hauteur d'eau résiduelle de 50-60 cm était observée à marée basse du fait de la mise en place d'un petit seuil amovible en aval, cette hauteur n'était plus que de 20-30 cm en septembre. Cette modification s'est traduite par une évolution dans l'efficacité de l'échantillonnage et rend donc difficile la comparaison des abondances. Par contre en terme de structures de taille observées, les données recueillies sont pertinentes et permettent une analyse similaire à celle menée sur Le Saucats.

En juin et septembre 2004, la répartition des classes de taille est assez similaire avec la dominance des individus de moins de 120 mm. En septembre 2004, les groupes de taille de plus de 180 mm sont visibles.

### 3.2.3.2.1.3. La rivière Beuve : site du «Moulin Vernet» (fig. 28 et tableau 8)

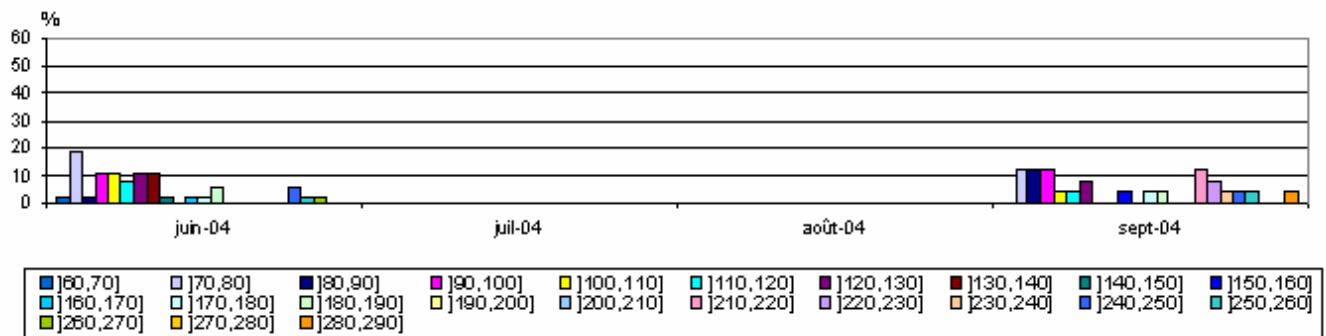


|                      | <=120 | ]120-180] | ]180-240] | ]240-300] |
|----------------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| <b>juin 2004 (%)</b> | 56,76 | 13,51     | 10,81     | 18,92     |
| <b>sept 2004 (%)</b> | 70,00 | 12,50     | 10,00     | 7,50      |

Figure 28 et tableau 8 : Histogramme de fréquence de taille des anguilles de moins de 300 mm et pourcentages associés sur la rivière Beuve en 2004.

Le groupe de moins de 120 mm est toujours dominant aussi bien en juin qu'en septembre 2004, avec des classes de taille supérieures présentes de manière identique sur les 2 périodes à l'exception du groupe ]240-300] plus présent en juin.

#### 3.2.3.2.1.4. La rivière Lidoire : site « Moulin de Louis » (fig. 29 et tableau 9)



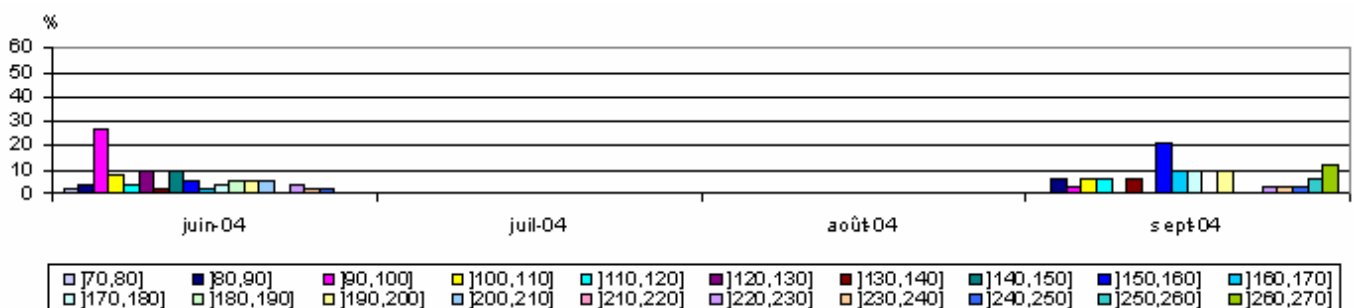
|                      | <b>&lt;=120</b> | <b>]120-180]</b> | <b>]180-240]</b> | <b>]240-300]</b> |
|----------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>juin 2004 (%)</b> | 54,05           | 29,73            | 5,41             | 10,81            |
| <b>sept 2004 (%)</b> | 44,00           | 16,00            | 28,00            | 12,00            |

Figure 29 et tableau 9 : Histogramme de fréquence de taille des anguilles de moins de 300 mm et pourcentages associés sur la rivière Lidoire en 2004.

En ce qui concerne cette station, les variations saisonnières sont peu visibles avec un nombre d'individus capturés très faible, notamment en septembre 2004 avec 27 individus capturés, ne permettant pas de faire ressortir une cohorte principale à partir de la distribution des tailles. Cependant en juin 2004 une cohorte semble se dégager (individus de moins de 90 mm) avec une taille moyenne de 74,5 mm et représente 51,4 % de l'effectif. Comme sur Le Saucats nous pouvons remarquer la présence de jeunes individus de ce groupe de taille encore au mois de septembre. Sur ce site, les 4 groupes de taille sont bien présents lors des deux passages de juin et septembre avec une majorité permanente des individus de moins de 120 mm. Comme sur La Barbanne, nous constatons l'apparition de la classe de taille ]180-240] à l'automne.

#### 3.2.3.2.1.5. La rivière Durèze : site de « Pessac-sur-Dordogne » (fig. 30 et tableau 10)

Sur ce site nous observons tout d'abord que le groupe de moins de 70 mm n'est plus présent en juin 2004. De plus en septembre 2004, le groupe de taille dominant n'est plus les moins de 120 mm mais les ]120-180] et une présence à hauteur de 20,6% des plus de 240 mm.



|               | <=120 | ]120-180] | ]180-240] | ]240-300] |
|---------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| juin 2004 (%) | 43,40 | 32,08     | 22,64     | 1,89      |
| sept 2004 (%) | 20,59 | 44,12     | 14,71     | 20,59     |

Figure 30 et tableau 10 : Histogramme de fréquence de taille des anguilles de moins de 300 mm et pourcentages associés sur la rivière Durèze en 2004.

Afin de savoir si les distributions des tailles des anguilles sont différentes entre le mois de juin et de septembre nous avons testé chaque station à l'aide du test statistique non paramétrique de Kolmogorov et Smirnov au seuil de signification de 5%. D'après le test, seul les stations sur Le Saucats et La Durèze présentent des distributions de taille significativement différentes entre les 2 saisons (Annexes 2 p. II à VI). Nous pouvons donc conclure que majoritairement il n'y a pas de différence dans les captures du mois de juin et du mois de septembre.

### 3.2.3.2.2. Estimation d'un taux de croissance

De manière à pouvoir raisonner sur un nombre significatif d'individus, nous avons cumulé les structures de taille observées en juin 2004 d'une part et septembre 2004 d'autre part sur les cinq sites. Ces points d'observation sont situés dans la même zone du bassin versant (limite de marée dynamique et amont immédiat) et présentant des faciès assez semblables.

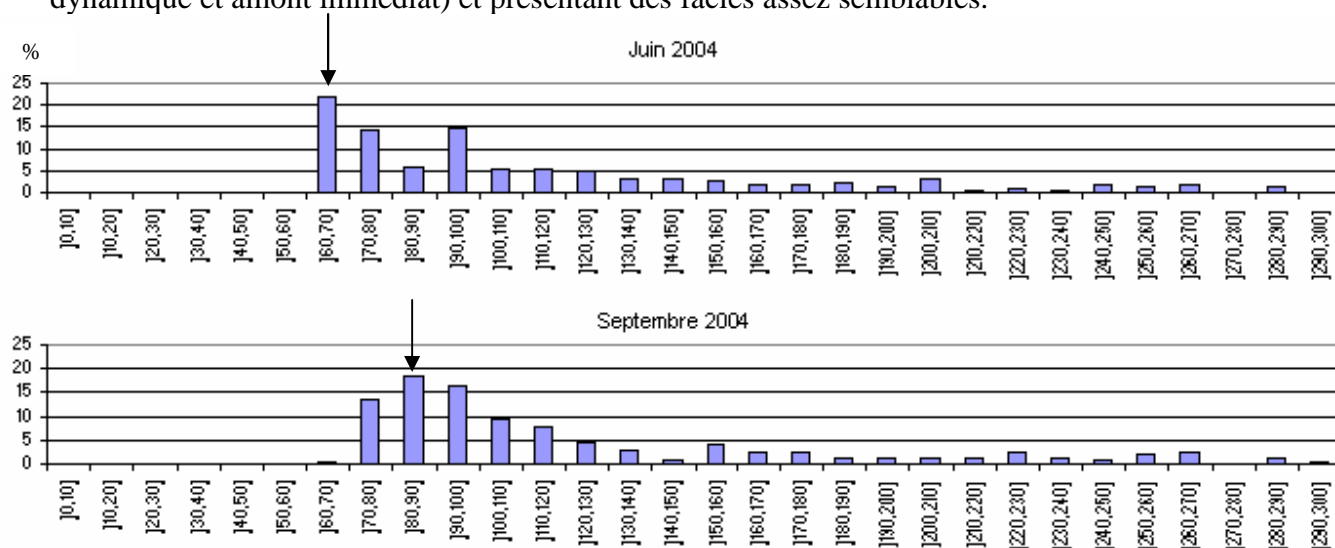


Figure 31 : Histogrammes de fréquences de taille des anguilles de moins de 300 mm capturées en juin 2004 et septembre 2004 au pied du premier obstacle des 5 stations précédentes.

Nous pouvons observer un premier groupe en juin 2004 constitué d'individus de moins de 90 mm qui représente 42,1% de l'échantillon avec une taille moyenne de 72 mm. En septembre 2004 les individus de moins de 70 mm sont absents et le premier pic d'abondance se situe à 80/90 mm. Cette observation permet d'estimer grossièrement la croissance des anguilles à 20-25 mm sur les 3 mois d'été. Ce niveau de croissance estivale est compatible avec les résultats de LAMAISON (2005) qui estime le taux de croissance moyen atteint par des anguilles capturées sur ces mêmes rivières entre 46,8 mm/an et 50,5 mm/an.

### 3.2.4 Bilan : les informations apportées par ce signal sur la répartition des anguilles de moins de 300 mm dans le bassin versant

Cette analyse montre que :

- la méthode de prospection utilisée lors de ce suivi spécifique atteint en moyenne un bon niveau d'efficacité pour révéler la présence des individus de moins de 300 mm, voire leur niveau de densité dans les sites prospectés.
- d'après les données collectées sur 3 années consécutives, les individus de moins de 300 mm disparaissent précocement sur les affluents de la Dordogne à 40 km de la limite de marée dynamique. Sur les tributaires de la Garonne, ces anguilles sont encore présentes au moins à une vingtaine de kilomètres de la limite de marée dynamique.
- en terme de densités l'information est assez similaire, le signal s'affaiblit à une vingtaine de kilomètres de la limite de marée dynamique en atteignant moins de 0,25 individus par m<sup>2</sup>.
- d'après les tests statistiques, le signal de présence des différentes classes de taille, qui composent le groupe de moins de 300 mm, ne diffère pas entre 2004 et 2006 pour le cas de cinq stations situées à proximité de la limite de marée dynamique. Cependant la structure des populations semble être différente d'une année sur l'autre sur ces mêmes stations. Ainsi l'année 2005 apparaît comme une meilleure année en terme de recrutement en individus de l'année (moins de 90 mm) sur l'ensemble des stations.
- en terme de variations saisonnières, le signal présence/absence des différentes classes de taille, qui composent le groupe de moins de 300 mm, est révélé de manière identique en juin et en septembre.
- enfin une estimation grossière de la croissance des anguilles dans ces milieux donne un taux de 20 à 25 mm pour les 3 mois d'été.

Il serait intéressant, dans les perspectives données à ce travail, de renforcer et préciser les informations mises en évidence ici en cumulant les observations du *Cemagref* et de *MI.GA.DO*. De plus il conviendrait de renouveler les observations faites sur l'état sanitaire des anguilles échantillonnées.

En effet en 2006, des cas de Myxosporidie (kystes branchiaux (fig. 32), d'Ichtyophthiriose (protozoaire parasite qui provoque

l'apparition de points blancs sur le corps) et/ou d'*Anguillicola crassus* (ver parasite de la vessie natatoire originaire d'Extrême-Orient) ont été recensés sur les 8 cours d'eau échantillonnés et sur 85 individus d'une taille moyenne de 109 mm (pour un total de 1063 anguilles de moins de 300 mm observées).

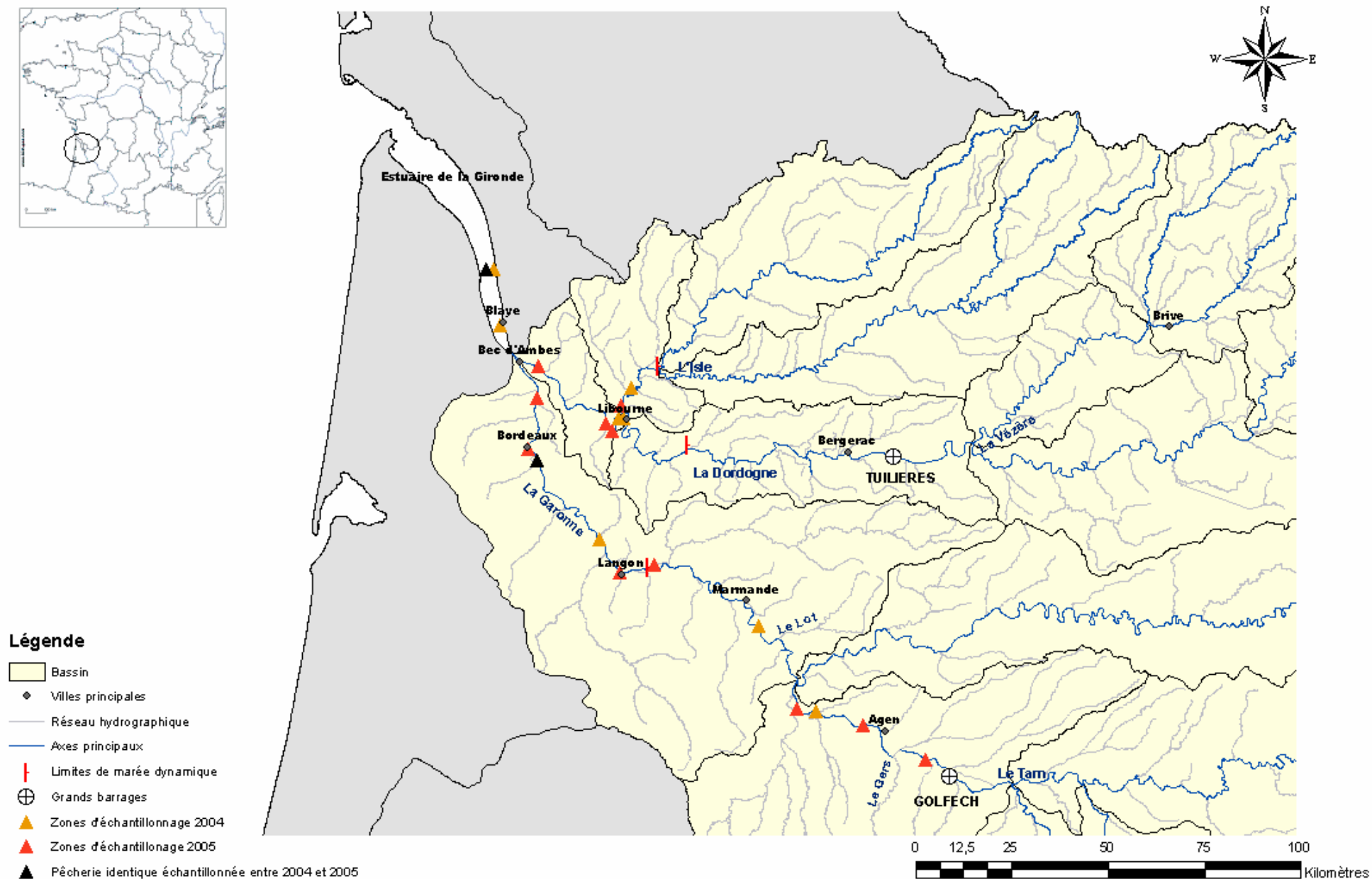


Figure 32 : Anguille présentant des kystes branchiaux  
(source : P. ELIE  
*Cemagref*)



Figure 34

# **Répartition géographique des échantillonnages de pêcheries professionnelles d'anguilles jaunes sur le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne en 2004 et 2005**





### 3.3. Signal « grands axes fluviaux » : des structures de taille différentes dans les captures aux engins entre les zones soumises à marée et celles situées plus en amont



Figure 33 : Aperçu de l'échantillonnage des pêcheries professionnelles en 2004 et 2005 avec, de gauche à droite, La Garonne en amont d'Agen, une tête d'anguille jaune, l'engin de pêche (la nasse) et le protocole de mesure employé.

#### 3.3.1. Raisons et objectifs de ces campagnes de pêche

Selon l'I.M.A.-A.A.D.P.P.E.D.G., les pêcheurs fluviaux licenciés sur le bassin Garonne-Dordogne sont au nombre de 81 dont 25 à 35, selon les années, vivent de la pêche de l'anguille jaune. Il est apparu intéressant du fait de leur présence sur le milieu naturel toute l'année d'utiliser cette source de données qualitatives et quantitatives importantes sur l'espèce *Anguilla anguilla* L. Depuis 1999, l'association I.M.A.-A.A.D.P.P.E.D.G. suit ainsi, grâce à des carnets de capture remplis par les pêcheurs, l'évolution des prises annuelles en termes de poids capturés. Cependant aucun suivi avant 2004 n'avait pris en compte la qualité de ces prises c'est-à-dire, la taille de l'anguille, le diamètre oculaire et la longueur de la pectorale afin de déterminer le sexe et le niveau d'argenture de l'individu.

En 2004 le Cemagref de Bordeaux a initié cette démarche entre le mois d'avril et novembre 2004 sur 8 pêcheries réparties entre «l'estuaire salé» de la Gironde, la «zone aval à la limite de marée dynamique» et sur la «zone amont à la limite de marée dynamique» (fig. 34). En 2005, ce suivi a été approfondi et mené entre le mois de juillet et septembre sur plus de pêcheries et de zones.

#### 3.3.2. Répartition et caractéristiques du réseau de suivi des pêcheries et méthode d'échantillonnage

##### 3.3.2.1. Un suivi sur les axes Dordogne et Garonne et élargis à l'estuaire

Les caractéristiques géographiques des pêcheries échantillonnées en 2004 et 2005 sont présentées dans le tableau 11 avec un classement par sous-bassin. Leur repérage est possible sur la figure 34. Dans un souci de confidentialité, aucun nom de pêcheur n'a été divulgué, chacun étant « remplacé » par un numéro.

| n° pêcheur | lieu                                     | Sous bassin | Distance à la limite de marée dynamique (km) | altitude |
|------------|--|-------------|--|----------|
| 1          | Pauillac                                 | Estuaire    | soumis à marée                               | 0        |
|            | Rejet de la centrale de Blaye            |             | soumis à marée                               | 0        |
| 2          | Blaye                                    |             | soumis à marée                               | 0        |
| 3          | Bourg (en face île verte coté Saintonge) | Dordogne    | soumis à marée                               | 5        |
| 4          | Fronsac                                  |             | soumis à marée                               | 4        |
| 5          | Libourne Dordogne amont                  |             | soumis à marée                               | 4        |
| 6          | Savignac                                 |             | soumis à marée                               | 4        |
| 7          | Fronsac                                  |             | soumis à marée                               | 4        |
| 8          | Libourne                                 |             | soumis à marée                               | 3        |
| 9          | Libourne                                 |             | soumis à marée                               | 5        |
| 10         | St Louis de Montferrand                  | Garonne     | soumis à marée                               | 3        |
| 11         | Saint Macaire                            |             | soumis à marée                               | 3        |
| 12         | Bouliac                                  |             | soumis à marée                               | 5        |
| 13         | Bordeaux                                 |             | soumis à marée                               | 5        |
| 14         | Cadillac                                 |             | soumis à marée                               | 4        |
|            | Castets en Dorthé                        |             | soumis à marée                               | 8        |
| 15         | Taillebourg                              |             | 46,68  | 18       |
|            | Thouars-sur-Garonne                      |             | 78,76  | 29       |
|            | Port-Ste-Marie                           |             | 84,61  | 30       |
|            | Colayrac-St-Cirq                         |             | 98,81  | 38       |
|            | St Nicolas de la Balerne                 |             | 122,06                                       | 46       |

Tableau 11 : Caractéristiques géographiques des pêcheries d'anguilles jaunes sur le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne échantillonnées en 2004 et 2005

A la suite de la première année d'échantillonnage menée en 2004, des recommandations avaient été formulées pour le déroulement de la campagne 2005. Il avait été ainsi préconisé :

- d'échantillonner les mêmes zones en 2005,
- de suivre un nombre plus important de pêcheries sur l'estuaire,
- d'élargir cet échantillonnage aux pêcheries de crevettes qui peuvent en effet capturer accidentellement des anguilles.

En 2005, les mêmes zones ont pu être échantillonnées mais aucune supplémentaire sur l'estuaire du fait d'une saison de pêche à l'anguille jaune qui se déroule principalement au printemps et des mois d'octobre à novembre. Enfin des pêcheries de crevettes ont pu être échantillonnées (résultats présentés dans l'étude de 2005).

### 3.3.2.2. Les techniques de pêche à l'anguille jaune employées sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne

#### 3.3.2.2.1. Caractéristiques des nasses

Sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne, cette pêche se pratique essentiellement à la nasse de forme circulaire (fig. 36) ou semi-circulaire (fig. 35) et appâtée. La forme semi-circulaire est uniquement utilisée sur la zone du pêcheur n°15 qui se trouve en amont de la limite de marée dynamique, où les fonds ne sont plus vaseux comme en aval et où la marée n'a plus d'action.



Entrée anguilles

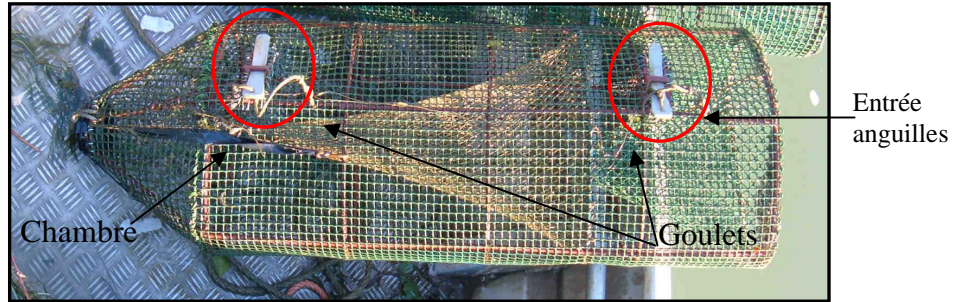



Figure 35 : Nasse semi-circulaire utilisée sur La Garonne en amont de la limite de marée dynamique

Figure 36 : Nasse circulaire utilisée en aval de la limite de marée dynamique

 Positionnement des appâts

Les longueurs des nasses à anguilles varient de 80 à 110 cm entre les différentes pêcheries et sur une même pêcherie (confection artisanale par le pêcheur et achat entre pêcheurs) et la maille s'étend de 8 à 10 mm de forme carrée ou losangique. Les nasses sont appâtées car à ce stade biologique les anguilles jaunes s'alimentent en particulier la nuit. Ainsi les pêcheurs du bassin utilisent des vers ou la coque d'eau douce (*Corbicula fluminea*) en période de sécheresse, qu'ils placent dans la chambre de la nasse et pour le pêcheur n° 15 également dans l'intergoulet (fig. 35).

#### 3.3.2.2.2. Positionnement et utilisation des nasses

Les nasses sont globalement positionnées sur des câbles (à la suite les unes des autres) à l'exception de certaines pêcheries qui les mettent à la côte une par une ou au maximum par deux. Les habitats les plus prospectés sont les rives du fleuve en évitant les zones de trop fort courant et les eaux stagnantes. Enfin, l'espacement entre deux levées n'excède jamais trois jours pour éviter le pourrissement de l'appât qui n'attire plus l'anguille et éviter un surplus d'envasement des nasses.

#### 3.3.2.3. Méthode d'échantillonnage

L'objectif de l'échantillonnage était d'obtenir des données qualitatives sur les individus capturés par une pêcherie donnée et sur une zone donnée. Pour cela au cours d'une pêche, une centaine d'anguilles au maximum étaient récupérées provenant d'un même câble ou de plusieurs en les différenciant (dans un souci de représentativité de l'échantillon) pour effectuer un certain nombre de mesures.

Des mesures de longueur, poids, diamètre oculaire et longueur de la pectorale (fig. 37) ont été effectuées grâce à un procédé d'endormissement qui consiste à diluer, 1 ml d'huile essentielle de clou de girofle dans 10 ml d'alcool non modifié auquel on ajoute 10 litres d'eau.



Figure 37 : Protocole de mesure avec de gauche à droite, la prise de longueur, de poids, du diamètre oculaire et la longueur de la pectorale

#### 3.3.2.4. Des périodes d'échantillonnages très variables et très peu de pêcheries similaires suivis entre 2004 et 2005

Ce type de suivi présente des difficultés liées à la disponibilité des pêcheurs et au temps accordé aux prospections. Ainsi les échantillonnages de 2004 se sont déroulés du mois d'avril au mois de novembre, alors que seule la période estivale en 2005, de juillet à septembre a été suivie (Annexe 3 p. VII). De plus lors de l'été 2005, la région et une bonne partie de la France ont connu une sécheresse sévère, ralentissant et diminuant les activités de pêcheries (problème d'oxygénation de l'eau entraînant la mort des anguilles dans les nasses et problème de récolte des appâts comme les vers). Ainsi comme vous pouvez le voir dans le tableau en annexe 3 p. VII, la comparaison des résultats de pêche entre 2004 et 2005 ne serait réduite qu'à une seule pêcherie (pêcherie n°12 échantillonnée en 2004 et 2005 à Bouliac). Ceci étant l'analyse suivante peut être effectuée par grande zone, «estuaire», «zone en aval de la limite de marée dynamique» c'est-à-dire soumise à marée et la «zone en amont de la limite de marée dynamique» (non soumise) afin de dégager de grandes tendances et d'observer des différences dans la présence des individus de moins de 300 mm dans le bassin versant.

### 3.3.3. Analyse des données récoltées en 2004 et 2005

#### 3.3.3.1. Stockage des données

Les données ont été stockées sous une base Access dont la structure était pré-établie en 2004

#### 3.3.3.2. Structures de taille des anguilles capturées en 2004 et 2005

| <b>2004</b>        |        |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|--------------------|--------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| intervalles (mm)   | [0,60] | [60,120] | [120,180] | [180,240] | [240,300] | [300,360] | [360,420] | [420,480] | [480,540] | [540,600] | [600,660] | [660,720] | [720,780] |
| estuaire (%)       | 0,00   | 0,00     | 5,91      | 24,80     | 20,08     | 19,69     | 14,96     | 8,66      | 3,54      | 2,36      | 0,00      | 0,00      | 0,00      |
| zone aval LMD (%)  | 0,00   | 0,00     | 0,22      | 16,01     | 37,28     | 23,90     | 12,94     | 4,17      | 3,29      | 1,97      | 0,00      | 0,22      | 0,00      |
| zone amont LMD (%) | 0,00   | 0,00     | 0,00      | 0,00      | 2,56      | 12,82     | 28,21     | 36,75     | 13,68     | 4,27      | 0,85      | 0,85      | 0,00      |
| <b>2005</b>        |        |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| intervalles (mm)   | [0,60] | [60,120] | [120,180] | [180,240] | [240,300] | [300,360] | [360,420] | [420,480] | [480,540] | [540,600] | [600,660] | [660,720] | [720,780] |
| estuaire (%)       | 0,00   | 0,00     | 0,00      | 16,47     | 27,06     | 25,88     | 18,82     | 7,06      | 3,53      | 1,18      | 0,00      | 0,00      | 0,00      |
| zone aval LMD (%)  | 0,00   | 0,14     | 0,41      | 10,10     | 33,61     | 29,60     | 13,28     | 8,02      | 3,73      | 0,83      | 0,28      | 0,00      | 0,00      |
| zone amont LMD (%) | 0,00   | 0,00     | 0,00      | 0,37      | 9,89      | 24,18     | 24,91     | 16,48     | 13,92     | 5,13      | 3,66      | 1,47      | 0,00      |

Tableau 12 : Pourcentage d'anguilles en 2004 et 2005 en fonction de la classe de taille et la zone échantillonnée

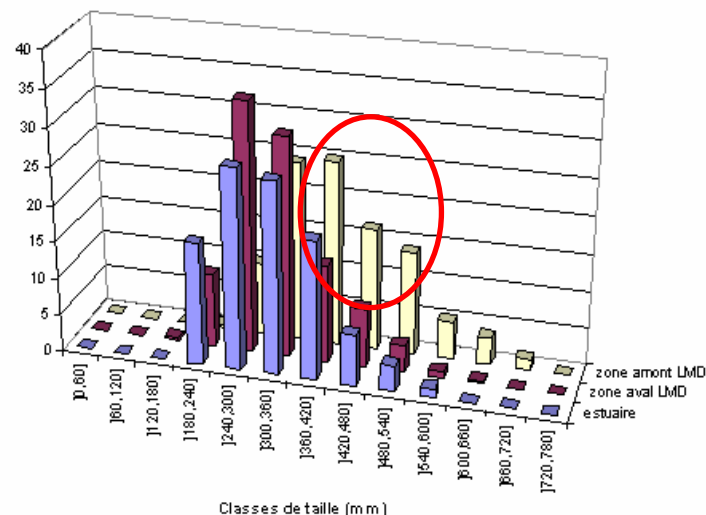
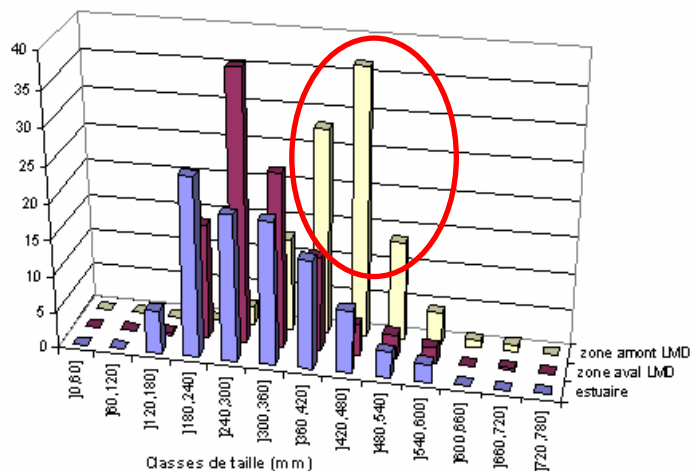


Figure 38 : Répartition des classes de taille d'anguilles sur les différentes zones du bassin Gironde-Garonne-Dordogne

D'après le test de Kolmogorov et Smirnov effectué pour chaque zone pour comparer les échantillons de 2004 et 2005, les structures de taille observées sont significativement différentes au seuil de 5% pour l'estuaire, la zone en aval et en amont de la limite de marée dynamique lors des deux années (Annexes 4 p. VIII à X)

Cependant en 2004 et 2005 (fig. 38), un décalage est observable entre la zone amont à la limite de marée dynamique et les deux autres zones d'échantillonnage. En effet, 2,6% et 10,3% des anguilles échantillonnées respectivement en 2004 et 2005 dans cette zone de La Garonne ont une taille comprise entre 70 et 299 mm contre 43 à 53 % dans l'Estuaire et la zone aval à la limite de marée dynamique.

Les niveaux de présence des individus de moins de 300 mm sont très similaires dans les zones tidales de La Garonne et de La Dordogne en amont du Bec d'Ambès (fig. 39). Ainsi, 40 à 50% des

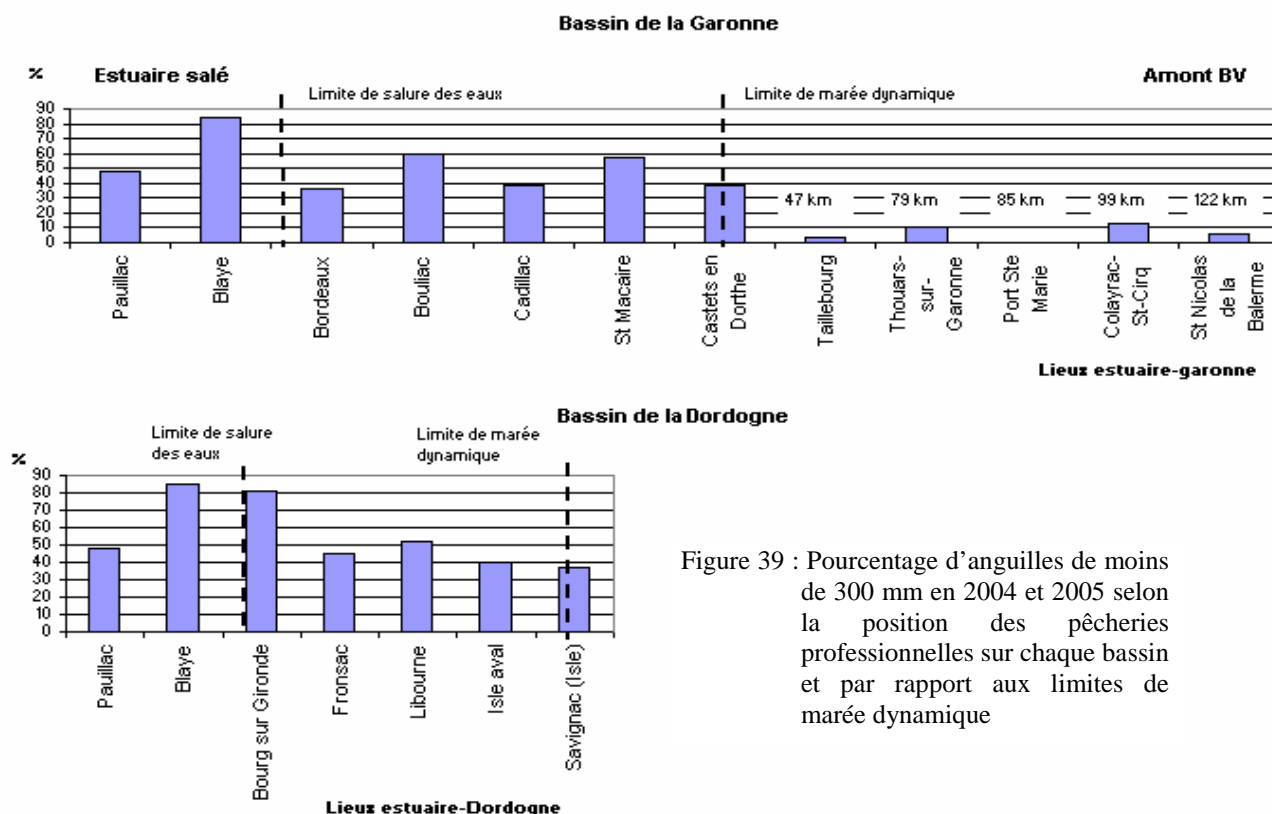


Figure 39 : Pourcentage d'anguilles de moins de 300 mm en 2004 et 2005 selon la position des pêcheries professionnelles sur chaque bassin et par rapport aux limites de marée dynamique



captures appartiennent à ce groupe de taille sur ces 2 zones.

Plus en amont sur La Garonne le signal est assez concordant avec celui donné par les pêches spécifiques en pied d'obstacle. La limite de marée dynamique semble être une frontière dans la présence des individus de moins de 300 mm.

Cependant les suivis des passes à anguilles en 2004 sur La Dordogne et en 2005 sur La Garonne respectivement aux barrages de Tuilières et de Golfech, situés à 99 et 130 km de la limite de marée dynamique, semblent discordants avec ces signaux. En effet 82% et 85% des individus qui sont passés à Golfech en 2005 et en 2004 à Tuilières mesuraient moins de 300 mm. Ceci pourrait laisser donc entrevoir un problème de sélectivité d'engins de pêche et/ou de méthode de pêche sur les pêcheries professionnelles de la zone amont sur La Garonne.

### 3.3.3.3. Analyse de la sélectivité des nasses

La figure 40 présente l'évolution des pourcentages de captures cumulées par groupe de taille et ce pour les pêcheries en aval de la limite de marée dynamique et en amont de cette limite. Cette fréquence cumulée est très comparable aux courbes de sélectivité des maillages, sigmoïdes caractérisées notamment par la  $L_{50}$ , taille pour laquelle 50% des captures ont été enregistrées.

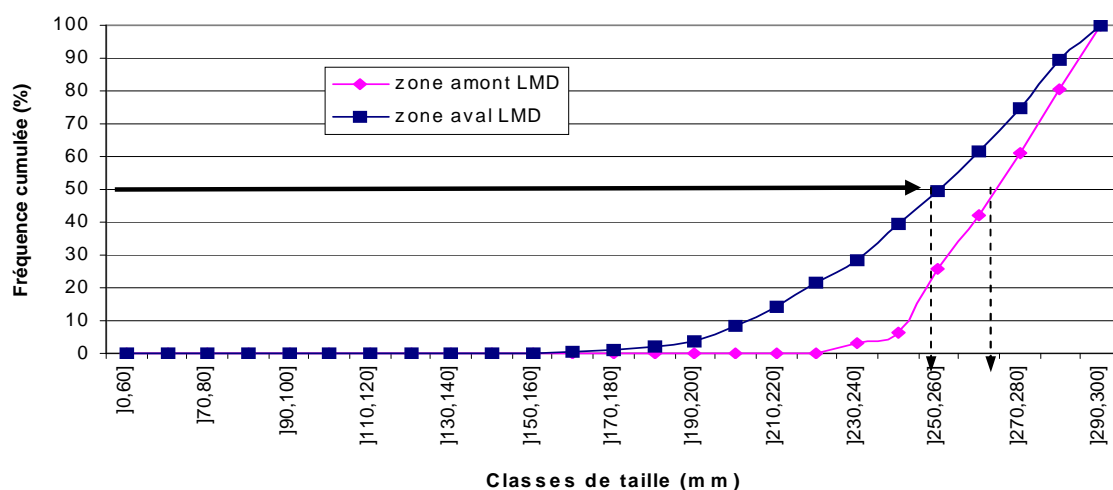


Figure 40 : Evolution des pourcentages de captures cumulés par groupe de taille entre la zone aval et amont de la limite de marée dynamique en 2004 et 2005

La différence significative entre ces 2 courbes suggère fortement l'utilisation de maillages plus fins accompagnant les 10 mm classiques dans la partie aval de la limite de marée dynamique (test de Kolmogorov et Smirnov significatif à hauteur de 5% (Annexe 5 p. XI). En effet, XIMENES (1986) ayant travaillé de manière expérimentale sur la sélectivité des grillages plastiques a bien montré que l'évolution classique entre 0% de rétention et 100% de rétention concernait dans quasiment tous les cas un intervalle de 8 cm. C'est ce que l'on observe en zone amont, et pas du tout en zone aval (étalement sur 12 cm minimum). Ceci serait à l'origine de la présence plus conséquente des moins de 300 mm dans les captures observées dans cette zone. Au vu de ce constat, nous avons repris les histogrammes de taille des captures dans ces 2 zones, histogrammes révélant une différence nette

avec un pic de fréquence pour la zone amont se situant pour la classes de taille [360-400[ mm et pour la zone aval à [280-320[mm.

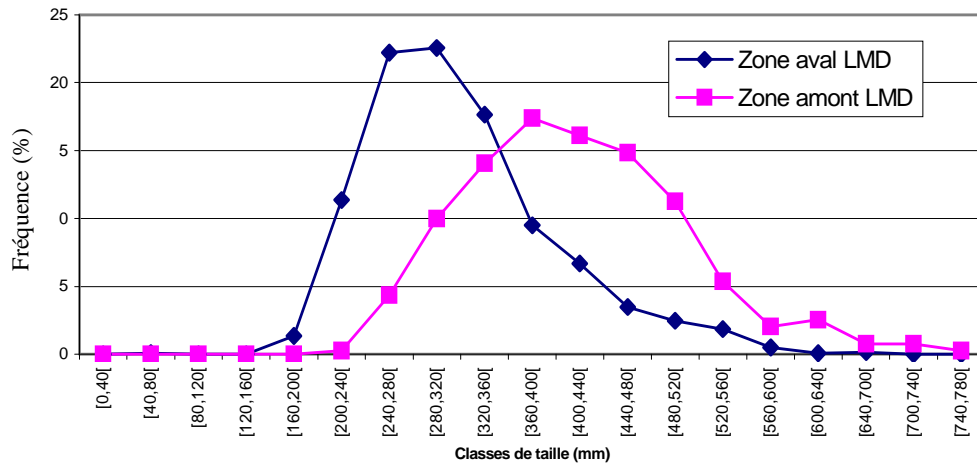


Figure 41 : Comparaison des distributions des tailles des anguilles entre la zone aval et amont à la limite de marée dynamique en 2004 et 2005.

Pour s'affranchir du problème de sélectivité fortement préssenti, nous nous sommes intéressés uniquement à la fraction des individus de taille supérieure à 360 mm sur chaque zone, d'après la figure 41. Les courbes sont alors pratiquement similaires, ce qui renforce l'hypothèse d'une sélectivité des nasses différente sur les individus de moins de 300 mm entre les deux zones.

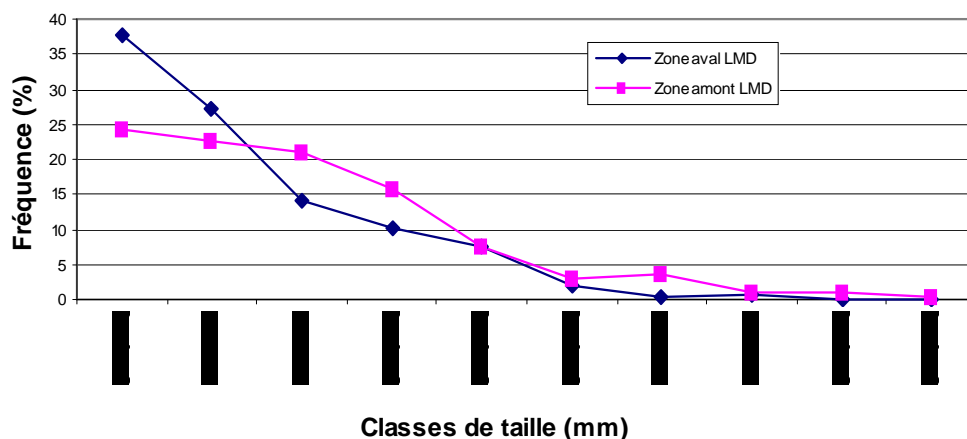


Figure 42 : Comparaison des distributions de taille entre les zones aval et amont à la limite de marée dynamique pour les individus de plus de 360 mm.

Les caractéristiques des nasses peuvent être à l'origine de cette sélectivité. Cependant, si l'on observe les caractéristiques des nasses utilisées en amont et en aval, aucune différence de longueur (80 à 100 cm), d'espacement entre les nasses (5 à 6 m) n'est observée à part pour la forme de la nasse (circulaire à l'aval et semi-circulaire à l'aval) et le diamètre de la nasse plus important (30 cm à l'amont contre 16 à 18 cm à l'aval). La distance entre les goulets (fig. 43) pourrait être également un paramètre important de la sélectivité des nasses car une anguille qui s'introduit dans ces engins ne peut plus en ressortir à partir du moment où lorsqu'elle atteint le second goulet l'extrémité de sa queue ne touche plus le premier. D'après les fiches remplies lors de chaque échantillonnage, la même distance entre les goulets autour de 20-25 cm, est enregistrée entre les zones de pêche situées à l'aval et à l'amont de la limite de marée dynamique.

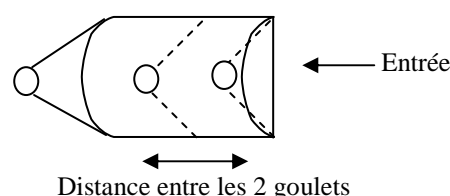


Figure 43 : Représentation schématique d'une nasse

Le maillage des engins semble par contre légèrement plus fin dans la zone aval avec des mailles de 8 à 9 mm assez fréquemment observés.

#### 3.3.3.4. Retour sur la zone amont avec des engins différents

Sur la zone en amont de la limite de marée dynamique sur La Garonne, les deux pêcheurs sont les seuls professionnels à pratiquer la pêche à l'anguille sur 80 km de cours d'eau (fonctionnement par lot). Cette grande zone leur permet de ne pas exercer de pression de pêche sur une certaine portion de cours d'eau pendant 2 ou 3 ans. Cette stratégie permet d'après eux, d'obtenir une plus grande proportion d'anguilles de grande taille. A l'inverse sur l'estuaire et la zone en aval de la limite de marée dynamique, les portions de cours d'eau sont autorisées à plusieurs pêcheurs professionnels. L'effort de pêche y est donc plus important et plus fréquent que sur la zone en amont de la limite de marée dynamique.

De plus il est apparu clair par l'observation de leur technique de pêche qu'il ne recherche que des anguilles de grandes tailles. Ils procèdent donc à un sondage des fonds à la recherche des meilleurs faciès pouvant recevoir les anguilles de cette taille. Dans la zone soumise à marée, les fonds sont plus instables et modifiés à chaque passage de marée rendant les captures beaucoup plus aléatoires.

En 2006, un essai a été réalisé avec la collaboration des pêcheurs de la zone amont.

Ce protocole consistait à revenir sur le site travaillé par le pêcheur n° 15 et à y installer 3 câbles de 5 nasses utilisées en zone aval (nasses circulaires (fig. 44).



Figure 44 : Nasses utilisées dans la zone située en aval de la limite de marée dynamique

L'expérience s'est déroulée entre le jeudi 20 juillet et le lundi 24 juillet 2006 sur la Garonne entre Layrac et St Pierre de Gaubert (112 km en amont de la limite de marée dynamique) sur une portion de 1 km de cours d'eau avec l'aide des pêcheurs professionnels de cette zone.

Sur ces cinq jours nous avons procédé à 2 posées (jeudi 20 et vendredi 21 juillet) de nasses appâtées aux vers. Les mêmes types de milieu étaient échantillonnés entre les nasses utilisées pour l'expérience et celles des pêcheurs. A chaque levée, vendredi 21 et lundi 24 juillet, les anguilles capturées avec les nasses de l'aval et les engins des pêcheurs professionnels étaient mesurées et pesées afin de pouvoir comparer les captures.

##### 3.3.3.4.1. Résultats et limites de l'opération

Sur deux levées, seulement 5 anguilles ont été capturées à l'aide des 15 nasses aval soit 0,08 anguilles/nasse/jour. Cette faible capture est sans aucun doute due au matériel qui n'a pas séjourné assez longtemps dans l'eau pour s'imprégner de son odeur. De plus les conditions climatiques extrêmes de cet été n'ont pas favorisé les mouvements d'eau et donc ceux des anguilles



(tableau 13). Les nasses classiques dans le même temps ont capturé 0,2 anguilles/nasse/jour, ce qui est très inférieur au niveau habituel.

|                          | 21/07/2006 |                      | 24/07/2006 |                      |
|--------------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|
| Paramètres               | En berge   | A 1 mètre profondeur | En berge   | A 1 mètre profondeur |
| <b>T°C</b>               | 28°C       | 28°C                 | 27,3°C     | 27°C                 |
| <b>O2 (mg/l)</b>         | 5,8        | 5                    | 4,8        | 4,8                  |
| <b>O2 (% saturation)</b> | 64         | 74                   | 60         | 60                   |

Tableau 13 : Mesures des valeurs de température et d'oxygène de La Garonne lors du protocole expérimental en juillet 2006.

Enfin d'après les pêcheurs les nasses circulaires, instables sur le fond du lit, ne seraient pas adaptés à ce type de milieu.

Dans ces conditions, il apparaît bien sûr impossible de tirer une conclusion face à ces résultats. Au niveau des captures effectuées par les pêcheurs professionnels avec leurs engins habituels lors de ces deux levées, 22% des anguilles mesuraient moins de 300 mm. Ceci correspond aux ordres de grandeur obtenus en 2004 et 2005 sur cette zone et qui vient confirmer de nouveau la différence observée entre les deux zones.

### 3.3.4. Recherche d'un lien entre la CPUE Civelle et l'évolution des captures « Anguille Jaune »

Après l'analyse générale menée sur ces données, nous avons voulu comparer l'évolution du signal collecté grâce aux carnets de capture des pêcheries professionnelles d'anguilles jaunes récupérés par l'I.M.A.-A.A.D.P.P.E.D.G entre 2000 et 2005 et le signal CPUE Civelle.

#### 3.3.4.1. Méthode

Les données de capture d'anguilles jaunes représentent un poids total sans différenciation de la taille des individus pêchés. Nous avons donc, grâce aux données qualitatives (taille et poids) récupérées en 2004 et 2005, évalué le pourcentage du poids représenté par les anguilles de moins de 300 mm par rapport au poids total capturé. Ainsi sur les sous bassins de La Garonne et de La Dordogne, ils représentent respectivement en moyenne 26 et 19% du poids total. Nous avons ensuite affecté ce pourcentage à la donnée de capture «Anguille Jaune» pour obtenir le score «Anguille Jaune de moins de 300 mm». Puis après avoir repéré la valeur maximale, nous lui avons affecté le coefficient 100 pour exprimer les autres années observées en référence à cette base. Cette transformation aboutit à la figure suivante :

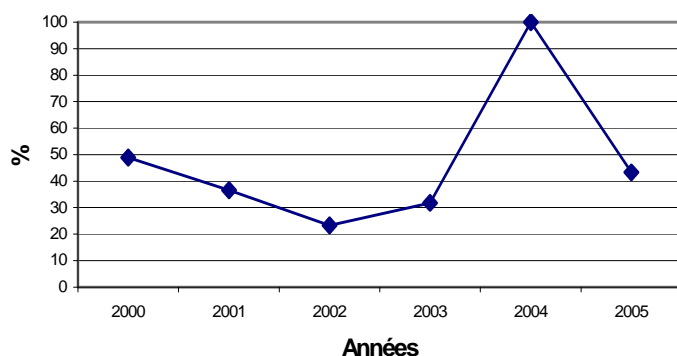


Figure 45 : Evolution du pourcentage du poids de capture «Anguille jaune de moins de 300 mm» évalué à partir de la capture totale d'anguilles jaunes.

Nous avons également transformé la CPUE Civelles (§ 3.1.) avec repérage du maximum observé (1993/1994) sur la période 89/2003 et affectation du coefficient 100. Les autres années étant évaluées en pourcentage de cette base de référence. Nous obtenons ainsi deux types de données comparables.

#### 3.3.4.2. Résultats

La mise en parallèle de ces 2 courbes (fig. 46) permet de constater un bon niveau de synchronisme entre la courbe des scores Civelles et Anguille Jaune décalée de 6 ans. Un test de corrélation et de régression linéaire entre les 2 jeux de données et différents niveaux de décalage (-1année, -2 années..., -7 années) confirme cet optimum avec un  $R^2$  et un coefficient de corrélation qui passent respectivement, sans décalage des signaux de 0,05 et -0,24, à 0,56 et 0,75 pour un décalage de 6 ans.

Si nous mettons ces résultats en confrontation avec les niveaux de croissance présentés en première partie de l'étude ; LAMAISSON (2005), sur le bassin versant Gironde-Garonne-

Dordogne, met en évidence un âge maximum de 7 ans continentaux pour les anguilles de taille inférieure ou égale à moins de 300 mm. Il semble donc cohérent de trouver un lien optimal entre le signal Civelles et le signal Anguille Jaune de moins de 300 mm avec 6 années de décalage.

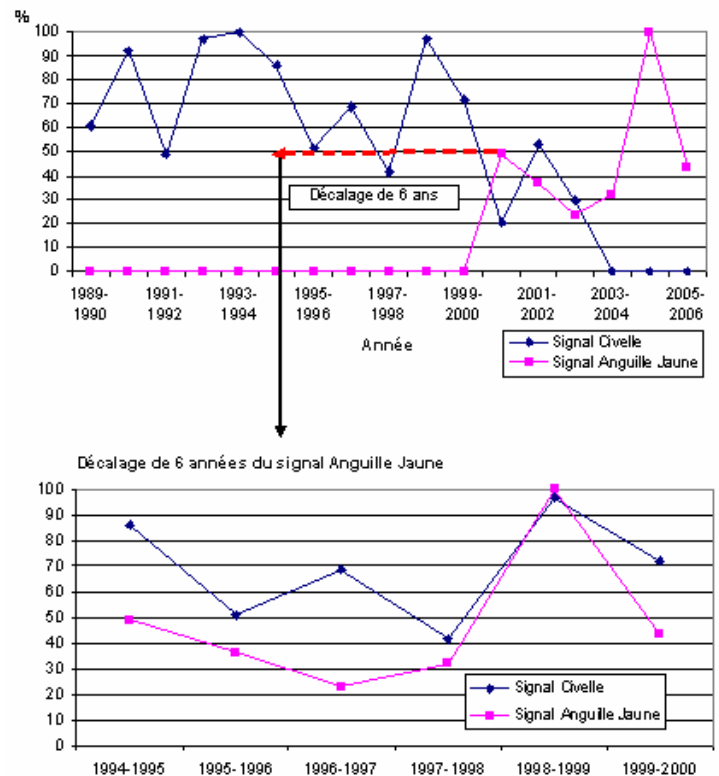


Figure 46 : Mise en parallèle des 2 signaux et synchronisation des 2 courbes pour un décalage de 6 ans

### **3.3.5. Bilan de l'analyse des structures de taille observées par nasses en zones profondes**

Ce signal semblait en première analyse appuyer les résultats obtenus avec l'étude des pêches électriques en pied d'ouvrage en montrant une décroissance nette de la présence des anguilles de moins de 300 mm très rapidement en amont de la limite de marée dynamique.

Cependant la qualité de ce signal est remise en cause par la mise en évidence d'une sélectivité des engins renforcée par une méthode de pêche particulière en zone amont.

De manière normale, une rétention totale des anguilles est observée avec de la maille de 10 mm à partir de 300 mm. De 220/240 mm à 300 mm, cette rétention passe de 0 à 100 %. Ce qui est finalement anormal est de constater la présence très significative (40 à 50 % des captures) d'individus de moins de 300 mm dans des nasses à anguilles. Cela suggère en zone aval l'usage de mailles plus petites qui, sans atteindre celles utilisées pour la crevette, pourraient permettre l'observation notable de ces petits gabarits.

La pêcherie aux nasses ne semble donc pas pouvoir apporter d'éléments significatifs quant à la présence/absence des moins de 300 mm. Par contre l'analyse de la décroissance de l'importance des différents groupes de taille à partir du pic de présence peut apporter des informations très intéressantes sur le niveau de mortalité totale supporté par l'espèce dans une zone. Enfin il semble possible d'observer 6 années plus tard, grâce au signal transformé des captures d'anguilles jaunes, les fluctuations du signal civelle données par les captures des pêcheries à l'entrée du bassin.

### 3.4. Signal « bassin versant » : l'évolution de la limite de présence des anguilles de moins de 300 mm entre 1978 et 2003 (fig. 47)

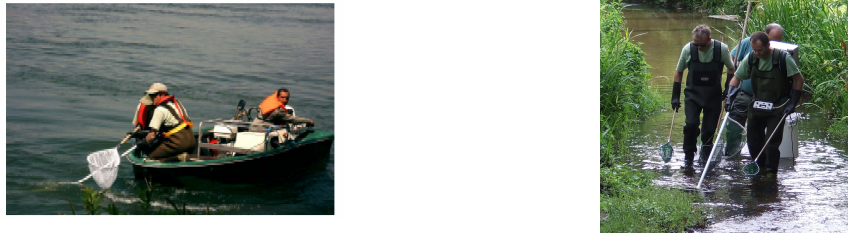


Figure 47 : Pêche électrique effectuée par le Conseil Supérieur de la Pêche avec, de gauche à droite, la méthode par bateau utilisée sur les grands axes fluviaux (source : [csp.environnement.gouv.fr](http://csp.environnement.gouv.fr)) et à pied sur un petit tributaire.

#### 3.4.1. Origine des données analysées

Ces données proviennent de campagnes de pêche multispécifique. Elles diffèrent donc de celles vues précédemment en pied d'obstacles organisées par le *Cemagref* et M.I.G.A.D.O., dans le cadre d'un réseau spécifique. Malgré le caractère non ciblé de ces pêches, l'existence de données collectées depuis 25 ans peut apporter des informations intéressantes à grande échelle sur la présence/absence de l'anguille par exemple et/ou à petite échelle sur l'évolution de la densité observée sur des stations suivies sur plusieurs années. Les données transmises par la Direction Régionale du C.S.P. de Toulouse sous format Excel, regroupent toutes les campagnes de pêche électrique B.H.P. (B.H.P.) effectuées par le C.S.P. entre 1977 et 2003, y figurent à partir de 1994 les opérations de pêche du R.H.P. (Réseau Hydrobiologique et Piscicole)\*.

#### 3.4.2. Première analyse descriptive des données disponibles

Un premier travail a consisté à créer une base de données sous Access. Puis un travail de description et d'analyse des données a été entrepris pour tenter de mettre en évidence l'évolution en terme de présence-absence et de niveau de capture des anguilles de moins de 300 mm sur le bassin versant.

##### *La répartition dans l'espace des stations prospectées*

- La B.H.P. offre une bonne couverture du réseau hydrologique du bassin.
- La répartition spatio-temporelle des opérations est hétérogène avec la zone aval (à moins de 350 km de la mer comprenant les départements de La Gironde, La Dordogne et Le Lot-et-Garonne) suivie régulièrement depuis 1977 et une zone amont peu prospectée jusqu'en 1985. Depuis 1994, le R.H.P. assure une meilleure répartition spatiale de l'effort de pêche entre l'aval et l'amont.

##### *Le suivi des stations dans le temps*

- Avant 1994 les objectifs des pêches du C.S.P. étaient de prospecter le maximum de stations alors qu'après 1994 le but était de suivre les stations quasi-annuellement.

---

\* Dans un souci de clarté, le terme de B.H.P. regroupera l'ensemble des opérations de pêche effectuées par le C.S.P. (c'est-à-dire avec le R.H.P.) sur le bassin versant de la Gironde-Garonne-Dordogne entre 1977 et 2003.

- Sur la première période, le faible suivi annuel des stations ne permet pas d'évaluer l'évolution de la densité d'anguille sur un site en fonction du temps ou alors sur un nombre très réduit de stations. Cependant, une analyse de présence/absence de ces opérations est intéressante à mener surtout sur des opérations anciennes.

#### *Les opérations de pêche*

- Le nombre annuel d'opérations de pêches électriques est variable entre 1977 et 2003 mais en augmentation chaque année jusqu'en 1998 puis en diminution jusqu'en 2003.
- Il a pu être observé une variabilité saisonnière de l'effort de pêche avec des opérations avant 1994 se déroulant toute l'année. Après cette date, elles se concentrent sur 8 mois entre avril et octobre. Ceci peut poser un problème de représentativité des données notamment pour les périodes hivernales. La capturabilité de l'anguille évolue en effet avec deux chutes significatives d'après LAMBERT (1997), surtout en période hivernale (novembre à mars) et dans une moindre mesure en été (juillet à septembre).
- Onze méthodes de pêche différentes ont été utilisées entre 1977 et 2003. Il faut bien sûr intégrer ce paramètre dans l'analyse car la méthode utilisée influe fortement sur la diversité et l'abondance des captures.
- La mise en évidence de données manquantes sur certaines opérations comme la surface pêchée ne permet pas toujours de calculer des densités. Une alternative a consisté à calculer un niveau de capture rapporté à la longueur de la station, en prenant donc en compte la longueur de berges qui concentrent dans la majorité des cas, la plus grande partie des captures.

#### *Existence de zones d'alevinage*

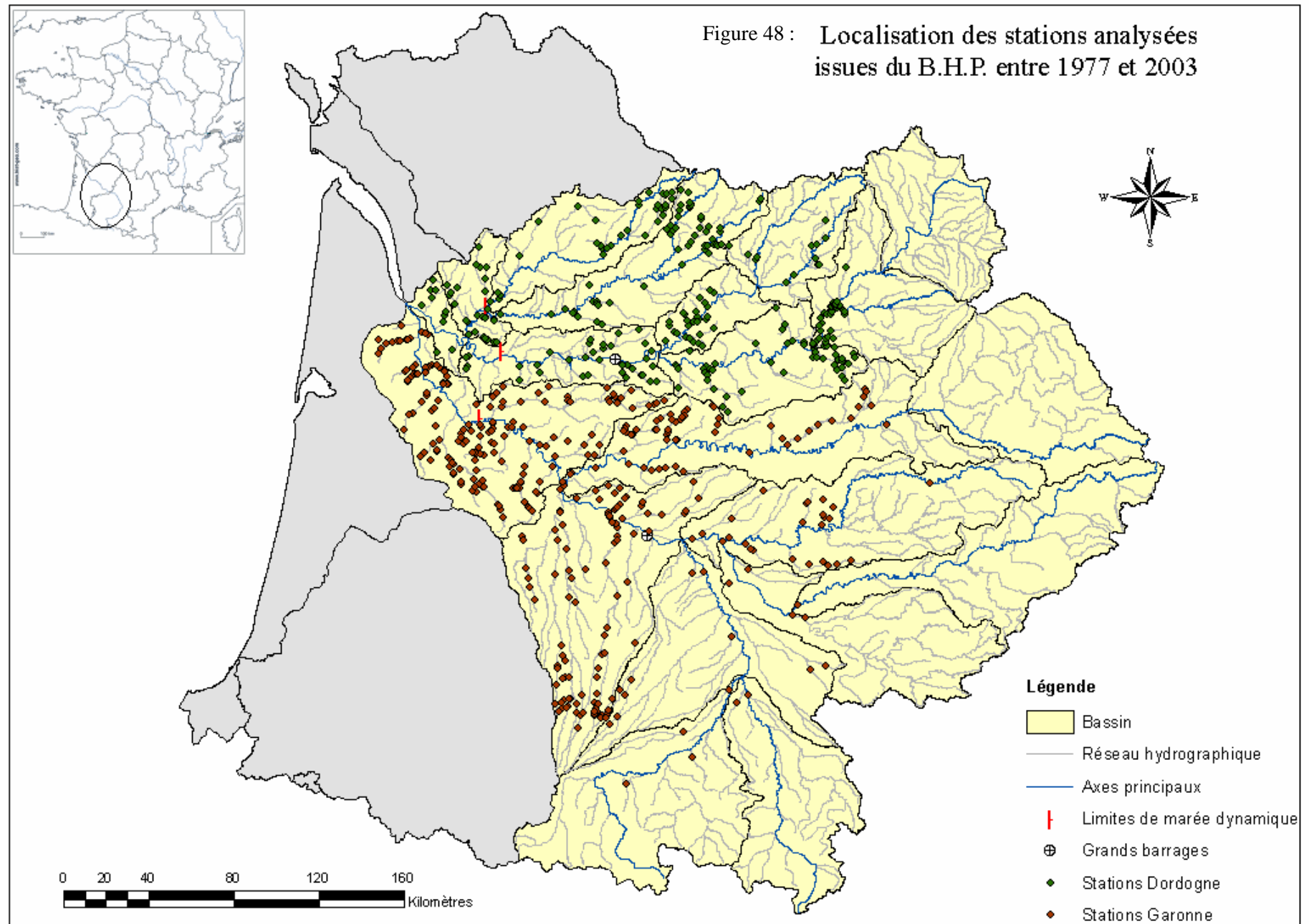
- Dans le bassin versant de la Gironde-Garonne-Dordogne, des zones d'alevinage ou de soutien de population par transfert de civelle existent. Elles étaient présentes d'après CHANCEREL (1994) dès les années 80 sur le Lot et ses affluents (Célé, Dourdou) ainsi que sur L'Aveyron, Le Viaur et Le Tarn. Des zones d'alevinage plus récentes existent respectivement sur La Louge, Le Volp, Le Tarn, L'Aveyron, Le Lot, L'Auvezère et sur L'Ariège, La Garonne en amont de Toulouse et La Dordogne. Ceci peut donc entraîner des interférences avec la colonisation naturelle.

Ces premières remarques montrent l'importance d'effectuer un tri sélectif dans les données récupérées afin de donner à l'analyse le plus de pertinence possible et de justesse.

#### 3.4.3. Création et amélioration de la base de données

Avant de créer la base Access un premier filtre a donc été appliqué, sur les opérations comprenant des captures d'anguilles, en retirant les stations dotées de longueurs aberrantes (9999 m ou 0,1 m).

Figure 48 : Localisation des stations analysées  
issues du B.H.P. entre 1977 et 2003



Ensuite grâce au logiciel Carto Explorer, chaque station à l'aide de leurs coordonnées Lambert X et Y a pu être située et donc vérifiée. En effet, certaines coordonnées renvoyaient au centroïde de la commune à proximité de la station. Pour une station sur le Vialar les coordonnées et le nom de la commune ne correspondaient pas ce qui a entraîné la suppression de cette station du jeu de données. Afin de compléter la base de données, une évaluation de la «distance relative» à la limite de marée dynamique a pu être évaluée. Cette notion innovante consiste à calculer le rapport entre la distance séparant la station de la limite de marée dynamique et la distance entre la source du cours d'eau et la limite de marée dynamique (Annexe 6 p. XII). Cette notion semble être intéressante d'un point de vue écologique car elle ne prend pas seulement en compte la distance absolue parcourue par l'anguille en nage active mais permet de comparer des stations situées peut être à des distances très différentes mais à des distances relatives équivalentes. Ce paramètre sera utilisé seulement dans un deuxième temps pour analyser entre autre l'effet de cette variable sur la répartition des anguilles grâce au logiciel de statistique R.

En termes de données complémentaires incorporées à la base de données, le nombre de barrages franchis par l'anguille jusqu'à chaque station a été estimé grâce à la carte des densités d'ouvrages non équipés à la montaison du bassin Garonne-Dordogne-Charente (Annexe 1 p. I) établis par le groupe de travail Anguille du Comité de Gestion des Poissons Migrateurs (COGEPOMI amphihalins) en juillet 2002 (TEYSSIER & al., 2002) à partir des données compilées de Schémas Départementaux à Vocation Piscicole (SDVP), de la Mission Poissons Migrateurs (Agence-Etat-C.S.P.) et de la base «Barrages» d'E.P.I.D.O.R (Etablissement Interdépartemental du bassin de La Dordogne). Ce nombre de barrages franchis est sans aucun doute sous-estimé du fait que seul les principaux cours d'eau ont été renseignés par la carte en oubliant de petits affluents possédant des obstacles infranchissables non recensés à ce jour sur une base commune.

Enfin, dans le cadre de ce stage, limité dans le temps, seules les stations situées à moins de 300 km de la limite de marée dynamique ont été retenues.

#### 3.4.3.1. Répartition et caractéristiques géographiques du réseau retenu

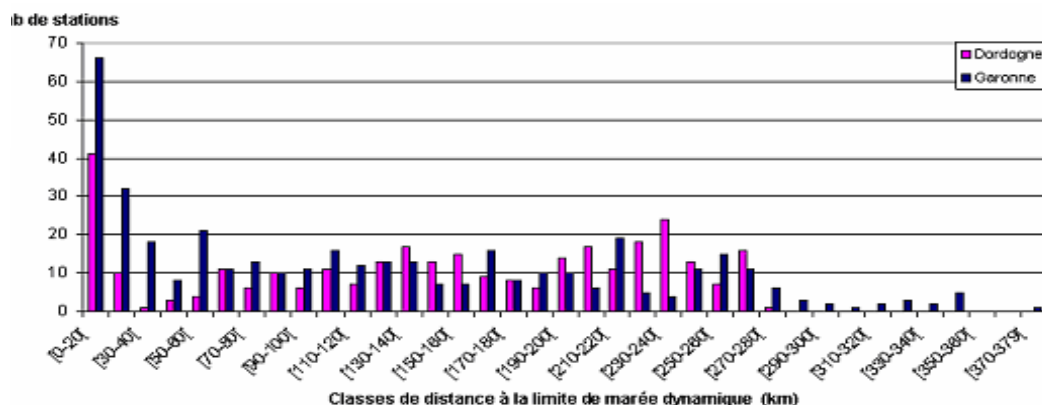
La figure 48 donne un aperçu de la couverture du réseau B.H.P entre 1977 et 2003 pour les stations conservées pour l'analyse.

Le sous-bassin de La Dordogne comprend 312 stations contre 398 pour La Garonne. Les stations se situent au minimum à 0,54 km et 1,33 km de la limite de marée dynamique et au maximum à 274 km et 375 km\* respectivement sur le sous-bassin de La Dordogne et de La Garonne (fig. 49).

---

\* Le choix de ne retenir que les stations situées à moins de 300 km de la limite de marée dynamique a été pris tard par rapport à l'avancée du travail sur les données. Les stations déjà identifiées à cette période avaient donc été conservées.

Figure 49 :  
Répartition des stations selon  
leur distance à la limite de la  
marée dynamique



Le parcours des poissons est entravé par la présence de nombreux barrages avec au maximum 71 et 45 barrages respectivement sur le sous-bassin de La Dordogne et de La Garonne.

50% des stations situées à moins de 60 km de la limite de marée dynamique sont sur le bassin de La Garonne.

L'analyse de l'altitude des stations sur chaque sous bassin (fig. 50) permet de remarquer qu'à une même distance de la limite de marée dynamique, les stations situées sur le sous-bassin de La Garonne ont une altitude plus forte que sur celui de La Dordogne. Les pentes franchies sont donc plus fortes sur La Garonne.

Altitude (m)

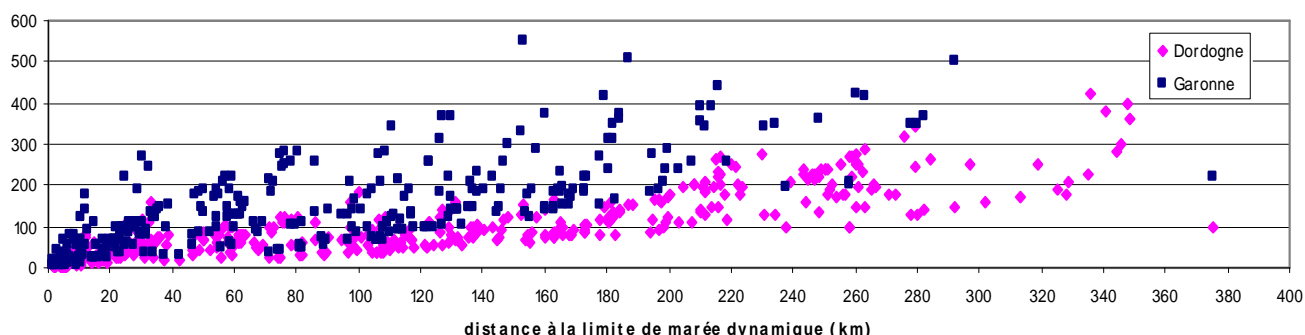


Figure 50 : Répartition des stations en fonction de leur altitude

#### 3.4.3.2. La répartition des opérations de pêche retenues entre 1977 et 2003

Chaque opération de pêche sur une station donnée correspond un type de méthode de pêche (tableau 14).

| Méthode de pêche                    | Nombre d'opérations total |
|-------------------------------------|---------------------------|
| 5 minutes                           | 8                         |
| De Lury, 2 passages                 | 629                       |
| Lle long de la rive                 | 29                        |
| Par ambiances                       | 161                       |
| Par bandes, parallèlement à la rive | 17                        |
| Par faciès                          | 18                        |
| Par points                          | 66                        |
| Sondage                             | 19                        |
| Sondage, 1 passage                  | 454                       |
| Pêche au filet                      | 1                         |
| Prospection partielle par bateau    | 1                         |
| <b>TOTAL</b>                        | <b>1403</b>               |

Tableau 14 : Répartition des opérations de pêche électrique entreprises par le C.S.P. selon la méthode utilisée



Cette diversité de méthodes correspond à une diversité d'objectifs, mais aussi à une diversité de faciès prospectés. En effet les méthodes les plus appropriées sur des petits chevelus sont : «De Lury, 2 passages», «Sondage», «Sondage, 1 passage».

A l'inverse les prospections «par ambiances», «le long de la rive», «par bande, parallèlement à la rive» et «prospection partielle par bateau» sont des techniques appropriées aux milieux profonds et larges comme les axes Garonne, Dordogne, Isle, Dronne, Ariège, Tarn... Enfin la méthode «5 minutes» est surtout employée pour les tacons pour évaluer rapidement le niveau d'abondance de ces jeunes poissons sur des rivières pépinières notamment.

Nous pouvons donc déduire qu'un nombre plus important de petits tributaires ont été prospectés, avec plus de 80% des opérations pratiquées avec la méthode «De Lury, 2 passages», «Sondage» et «Sondage, 1 passage». Cependant quelques erreurs se sont glissées dans le jeu de données. En effet si l'on regarde de plus près les longueurs de station associées à ces 3 méthodes de pêche (tableau 15) appliquées normalement sur de petites distances, des valeurs extrêmement forte apparaissent. Selon le C.S.P. une erreur dans la dénomination de la méthode lors de la saisie des données a pu se produire. De plus entre les années 80 et aujourd'hui et entre les régions, les méthodes de pêche ne sont pas forcément désignées de la même manière.

| Méthode de pêche    | Longueur station (m) |      |
|---------------------|----------------------|------|
|                     | min                  | max  |
| De Lury, 2 passages | 33                   | 500  |
| Sondage             | 50                   | 300  |
| Sondage, 1 passage  | 0                    | 1000 |

Tableau 15 : Plage de dimensions des stations échantillonnées selon 3 méthodes

#### 3.4.4. Résultats obtenus

Une analyse de l'évolution dans le temps de la probabilité de présence pour les anguilles de moins de 300 mm puis de leur niveau de capture en fonction de la limite de marée dynamique est présentée. Enfin une analyse à l'échelle de la station est entreprise en s'appuyant sur des stations pêchées sur 6 années minimum avec une méthode de pêche identique. Ceci pour tenter de mettre en évidence un lien avec les signaux «civelles».

##### 3.4.4.1. Analyse diachronique de la probabilité de présence des anguilles de moins de 300 mm dans le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne entre 1977 et 2003

Le calcul de la probabilité de présence a été entrepris sur un jeu de données regroupant toutes les méthodes de pêche sur la période 1977-2003.

La régression logistique de la famille des Modèles Linéaires Généralisés (GLM) a été utilisée afin de modéliser notre variable binaire «Présence/Absence». Le principe de ce modèle est de quantifier la relation entre l'apparition d'un événement et les variables explicatives qui sont dans notre cas

l'année, le bassin c'est-à-dire «Garonne» ou «Dordogne», la distance à la limite de marée dynamique ou la distance relative, le nombre de barrages rencontrés sur le parcours. Le traitement teste également la pertinence de croisement de ces variables explicatives. Pour traiter les données, le logiciel de statistique R est utilisé (R Foundation core team, 2005).

Trois périodes, 1978/1989, 1990/1996 et 1997/2003 ont été testées sur la variable de présence/absence. Le meilleur modèle est sélectionné grâce à l'indice Kappa qui mesure la proportion de tous les cas possibles de présence ou d'absence d'une espèce qui sont prédits correctement après avoir pris en compte l'effet toujours possible du hasard (tableau 16).

| Indice de Kappa | Validité du modèle                 |
|-----------------|------------------------------------|
| 0-0,4           | Très faible<br>(modèle non retenu) |
| 0,4 - 0,6       | Modérée                            |
| 0,6 - 0,8       | Bon                                |
| 0,8 - 1         | Excellent                          |

Tableau 16 : Validité des modèles selon l'indice Kappa

D'après les indices Kappa, pour les périodes 1978/1989 et 1997/2003 les modèles intégrant la variable « distance relative » et ceux utilisant la « distance absolue » restent dans la même tranche de validité comprise entre 0,4 et 0,6 (tableau 17). Nous avons donc choisi par élimination de travailler sur la probabilité de présence des anguilles de moins de 300 mm pour les 3 périodes choisies en fonction de la variable « distance absolue ».

| Périodes  | Indice Kappa          |                       |
|-----------|-----------------------|-----------------------|
|           | Distance relative (%) | Distance absolue (km) |
| 1978-1989 | 0,599                 | 0,54                  |
| 1990-1996 | 0,49                  | 0,57                  |
| 1997-2003 | 0,51                  | 0,48                  |

Tableau 17 : Comparaison des meilleurs indices Kappa selon les périodes et évalués par les modèles intégrant les variables distance «relative» et «absolue»

D'après le modèle, pour la période 1978/1989 seules la variable « bassins » associée à celle de la « distance absolue à la limite de marée dynamique » ont un effet significatif (probabilité<0,05) avec un coefficient de pente négatif donné par l'estimation. La probabilité de présence diminue donc avec la distance à la limite de marée dynamique mais de manière différente sur les bassins Garonne et Dordogne (Annexe 7 p. XIII). Pour les périodes 1990/1996 et 1997/2003, seule la variable « distance absolue à la limite de marée dynamique » a un effet significatif (probabilité<0,05) avec une probabilité de présence qui décroît avec la distance à la limite de marée dynamique (Annexes 7 p. XIV à XV).

La représentation graphique de la probabilité de présence des anguilles de moins de 300 mm par période et par bassin, en positionnant les obstacles majeurs de la Dordogne et de la Garonne, que sont Tuilières et Golfech (fig. 51) permet de visualiser ces résultats.

#### 3.4.4.1.1. Une analyse par période

Entre 1978 et 1989 l'effet « bassin » et de la « distance absolue à la limite de marée dynamique » est flagrante avec une ordonnée à l'origine plus forte sur le sous-bassin Dordogne et un signal de présence des anguilles de moins de 300 mm qui diminue plus rapidement sur le sous-bassin Dordogne.

Entre 1990 et 1996, d'après le modèle il n'y a aucune différence significative entre les deux sous-bassins, avec un signal de présence identique comme le prouve le graphique ci-contre.

Entre 1997 et 2003, une légère différence s'installe entre les deux sous-bassins mais non significative d'après le modèle.

#### 3.4.4.1.2. Analyse de l'évolution dans le temps du signal de présence à proximité de la limite de marée dynamique

Globalement nous pouvons observer que la probabilité de présence à proximité de la limite de marée dynamique sur le bassin de la Dordogne s'affaiblit régulièrement entre 1977 et 2003, passant de 1 à 0,8.

##### 3.4.4.1.2.1. Distance d'observation d'une probabilité de présence de 50%

LASNE & al. (non publié<sup>2</sup>) définissent le front de colonisation comme la probabilité de présence à 50 % correspond à une chance sur deux de voir apparaître sur une station ou un point d'échantillonnage donnée une anguille mesurant moins de 300 mm.

Observons le signal de présence à 50% représenté par une ligne horizontale noire sur la figure 51, comparativement pour chaque période et selon le positionnement des barrages de Tuilières et de Golfech.

Pour La Dordogne, le signal est constant sur les 3 périodes avec une  $D_{50}$  positionnée à environ 110 km de la limite de marée dynamique. Le barrage mis en service en

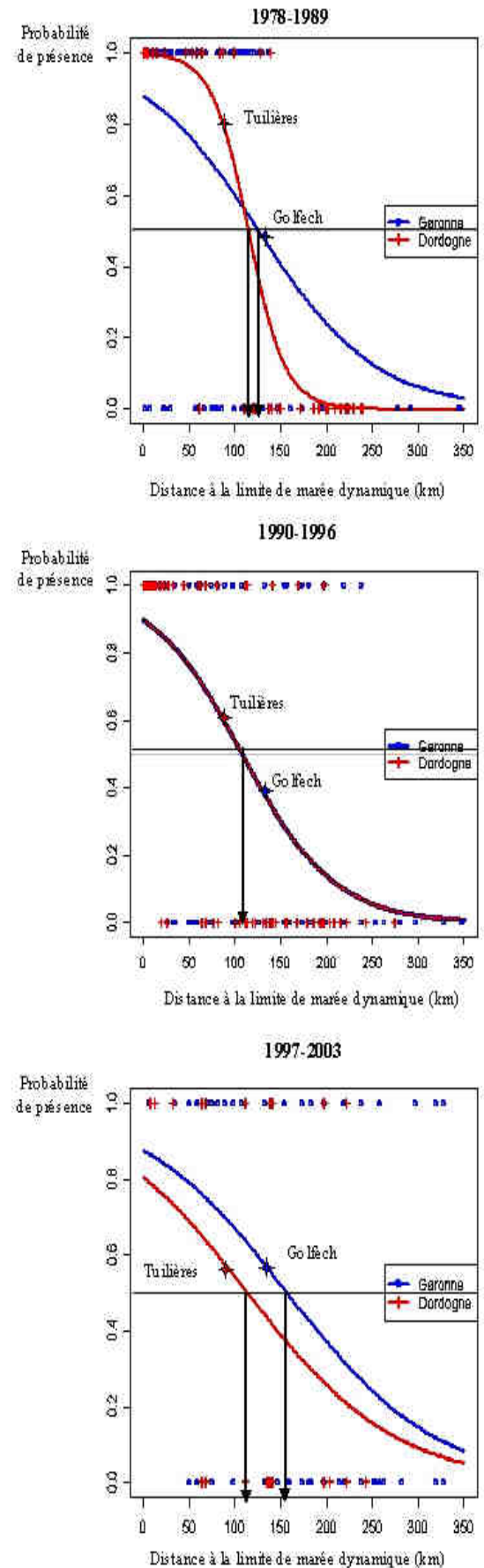


Figure 51: Evolution dans le temps de la probabilité de présence des anguilles de moins de 300 mm sur le bassin de Dordogne et de la Garonne

1908 a contribué à freiner la colonisation des migrateurs bien avant 1978 et l'impact de l'installation de la passe à anguilles en 1997 (passage variant de 20 à 40 000 individus/an (Annexe 8 p. XVI) sur ce barrage n'apparaît pas, en tout cas à cette échelle d'analyse et d'observation.

A l'inverse sur La Garonne, on peut constater une amélioration du signal de présence à 50% des anguilles de moins de 300 mm sur la dernière période. Ceci pourrait être imputable à la mise en place de la passe à anguilles en 2002, même si le délai d'un an semble court. En effet, à Golfech c'est près de 100 000 individus recensés dans la passe à anguilles contre moins de 3000 entre 1987 et 2002, avant sa mise place (Annexe 8 p. XVI).

#### 3.4.4.1.2.1.1. Comparaison avec d'autres sites

Pour relativiser ces résultats, nous nous sommes intéressés au travail de LASNE & al. (non publié<sup>2</sup>) qui a comparé la relation entre la distribution des anguilles et la distance à la limite de la marée dynamique sur deux systèmes, La Loire et L'Aulne, différents du point de vue de la présence d'obstacles à la migration et de la taille des bassins versants. En effet, La Loire mesure 1012 km de long, son débit à l'exutoire est de 900 m<sup>3</sup>/s et les 700 premiers kilomètres sont libres d'accès comparativement à L'Aulne en Bretagne, de 145 km de long avec un débit moyen de 21,2 m<sup>3</sup>/s intensément modifié pour des besoins de navigation avec 28 portes à flots sur tout le long et la canalisation de son lit sur les 70 premiers kilomètres.

D'après leur analyse en présence/absence de données de pêche électrique récupérées sur les 140 premiers kilomètres de cours d'eau en ne prenant que des stations directement en contact avec l'axe principal, la probabilité d'occurrence des anguilles de moins de 300 mm diminue avec la distance à la limite de la marée dynamique. Le calcul de la distance pour laquelle la probabilité d'occurrence est égale à 0,5 sur La Loire et L'Aulne met en évidence des différences significatives. Sur La Loire la  $D_{0,5}$  est à 95 km tandis que sur L'Aulne elle est à 40 km avec des probabilités d'occurrence inférieures à 1 dès le kilomètre 0. Ils posent l'hypothèse de l'influence du nombre d'obstacles à la migration qui limite la pénétration dans le bassin et d'un recrutement moins important en civelles sur l'Aulne.

Entre 1997 et 2003 sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne, la  $D_{0,5}$  se positionne à 120 et 150 km respectivement sur La Dordogne et La Garonne. Cependant comme sur L'Aulne, la probabilité d'occurrence est inférieure à 1 dès le kilomètre 0. Ces résultats semblent donc révéler une situation plus favorable que sur La Loire surtout que nos données sont issues de stations situées sur les axes principaux et sur les chevelus en amont de nombreux obstacles.

#### 3.4.4.2. L'évolution dans le temps du niveau de capture des anguilles de moins de 300 mm dans le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne

Contrairement à l'analyse précédente pour laquelle nous avons retenu toutes les méthodes de pêche, nous avons ici effectué un tri. Il nous fallait en effet analyser des méthodes comparables quant à leur niveau d'efficacité et quant aux densités annoncées.

Les méthodes «par ambiances», «le long de la rive», «par bandes, parallèlement à la rive» ou «prospection partielle par bateau» sont utilisées sur des milieux larges, profonds et sur des longueurs de stations importantes et sont des prospections non systématiques de tous les habitats. A l'inverse les méthodes «De Lury, 2 passages», «Sondage» et «Sondage, 1 passage», consistent à échantillonner la station dans son ensemble en la considérant comme une unité homogène et sur des stations de petites dimensions. Nous avons donc décidé de calculer le niveau de capture à partir des opérations effectuées selon les méthodes «Lury, 2 passages», «Sondage» et «Sondage, 1 passage» et des captures d'anguilles faites au premier passage.

Grâce au logiciel de statistique R (R foundation core team, 2005), les données sont traitées par GLM (Modèle Linéaire Généralisé) ce qui permet notamment de redresser les plans d'échantillonnage. La variable d'observation est le niveau de capture au premier passage et les variables explicatives sont les mêmes que celles utilisées pour la probabilité de présence. Le meilleur modèle est sélectionné grâce à l'AIC (l'Akaike's Information Criterion). Ce critère permet de juger de la parcimonie d'un modèle, c'est-à-dire à la fois de l'ajustement du modèle mais aussi du nombre de paramètres nécessaire pour atteindre cet ajustement. Le modèle obtenant l'AIC le plus faible est considéré comme étant le meilleur.

D'après les indices AIC, pour les 3 périodes les modèles intégrant la variable «distance absolue» sont meilleurs que ceux utilisant la «distance relative» (tableau 18). Nous choisissons donc de travailler sur le niveau de capture des anguilles de moins de 300 mm pour les 3 périodes choisies en fonction de la variable « distance absolue ».

| <b>Périodes</b> | <b>Indice AIC</b>            |                              |
|-----------------|------------------------------|------------------------------|
|                 | <b>Distance relative (%)</b> | <b>Distance absolue (km)</b> |
| 1978-1989       | -331,19                      | -348,80                      |
| 1990-1996       | -210,38                      | -216,51                      |
| 1997-2003       | -150,079                     | -160,73                      |

Tableau 18 : Comparaison des meilleurs indices A.I.C. selon les périodes et évalués par les modèles intégrant les variables distance «relative» et «absolue»

D'après le modèle pour la période 1978/1989, les variables explicatives les plus significatives sont la «distance à la limite de marée dynamique» et «le nombre de barrages» (probabilité<0,05). D'après le coefficient de la pente donné par l'estimation du modèle, le niveau de capture décroît avec la distance à la limite de marée dynamique et avec l'augmentation du nombre de barrages (Annexe 9 p. XVII).

Pour la période 1990/1996, les variables «bassin de La Garonne» et «distance à la limite de marée dynamique» ont un effet significatif sur le niveau de capture. D'après les coefficients d'estimation, le niveau de capture diminue plus sur le bassin Garonne (par rapport au bassin Dordogne en 1990, la référence du modèle) et décroît avec la distance à la limite de marée dynamique (Annexe 9 p. XVIII).

Pour la période 1997/2003, aucune variable n'a d'effet significatif sur le niveau de capture à l'exception de l'année 2001 (probabilité < 0,05) qui voit une augmentation du niveau de capture par rapport à l'année de référence, 1997 (Annexe 9 p. XIX).

La représentation graphique de l'évolution du niveau de capture au premier passage en fonction de la distance à la limite de marée dynamique pour ces 3 périodes est donnée dans la figure 52.

#### 3.4.4.2.1. Une analyse par période

Pour la période 1978/1989, aucune station retenue n'apparaît au delà de 150 km de la distance à la limite de marée dynamique car à cette époque et jusqu'en 1985 les opérations du B.H.P. étaient principalement effectuées sur des stations en aval du bassin versant de la Gironde-Garonne-Dordogne. De plus, nous avons représenté seulement le niveau de capture pour les opérations effectuées selon les 3 méthodes comparables, ce qui entraîne une perte supplémentaire d'information. Aucune conclusion ne peut donc être formulée avec cette analyse par rapport à la distance maximale à laquelle le signal des anguilles de moins de 300 mm est observable. Pour la période 1997/2003, des valeurs fortes sont repérées à 60 km et à 300 km de la limite de marée dynamique. Ces points sont situés :

- sur Le Tolzac au pied d'un obstacle pouvant bloquer la migration des anguilles et donc provoquer une accumulation des individus.
- sur Le Volp et La Louge, situés en amont du bassin versant et suspectés d'alevinage en civelles. Ceci peut donc

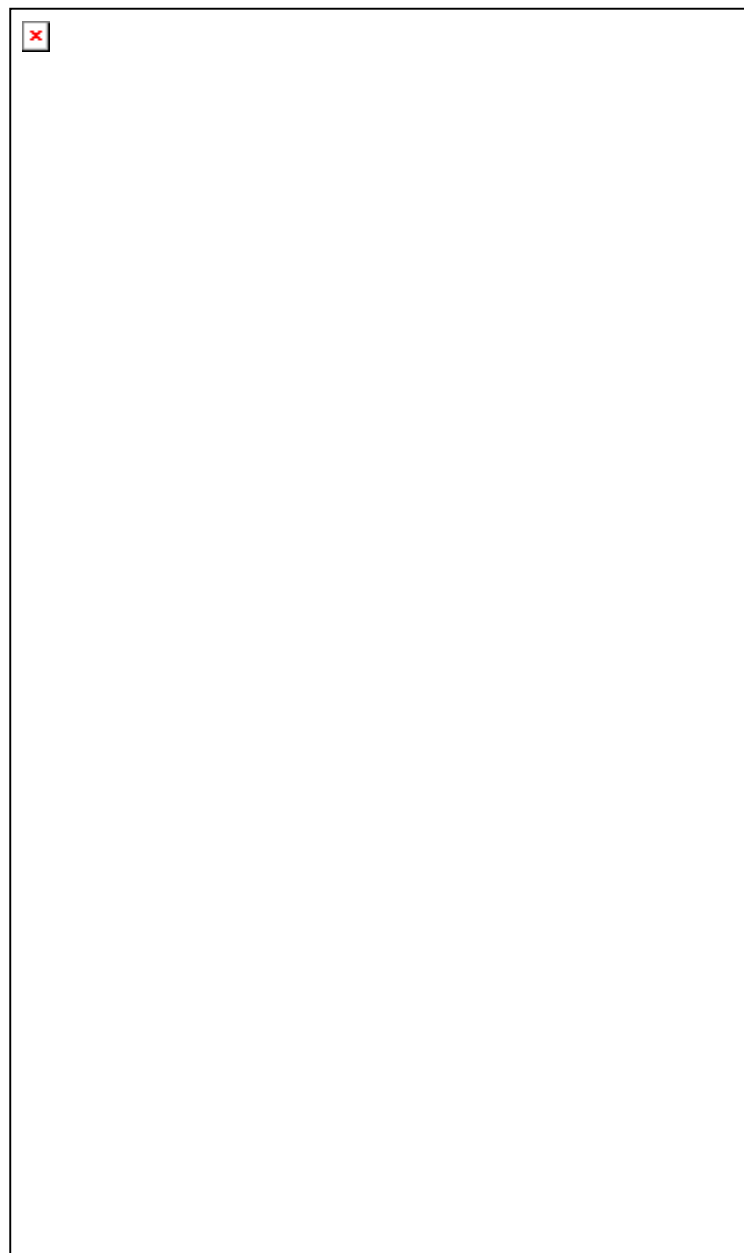
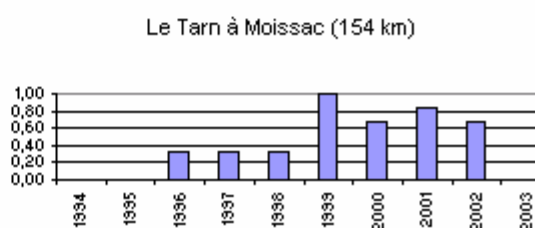
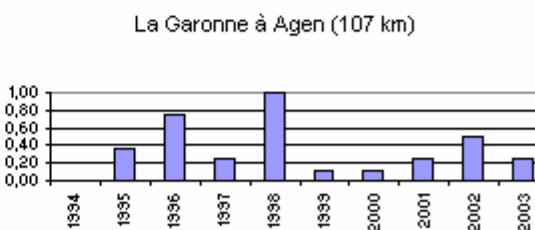
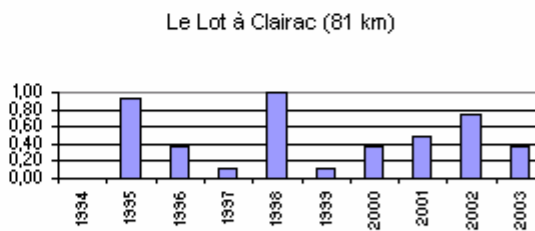
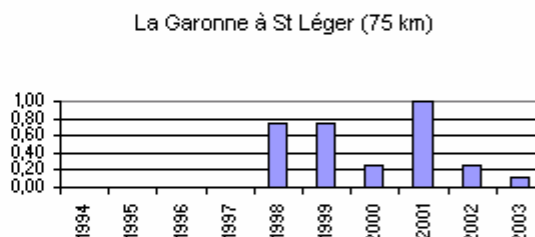
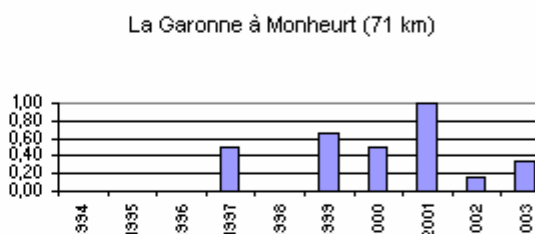
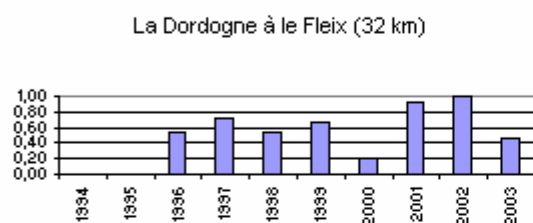
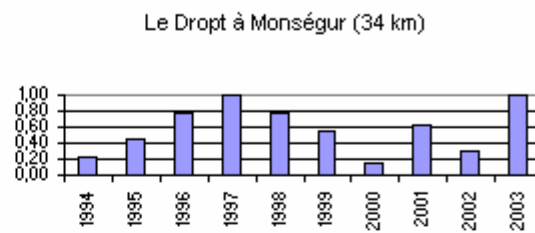
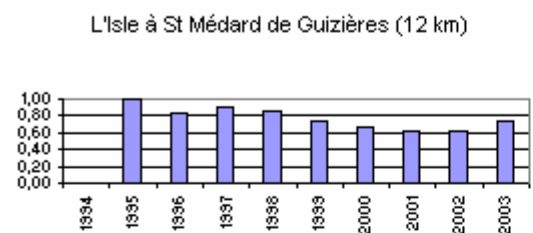
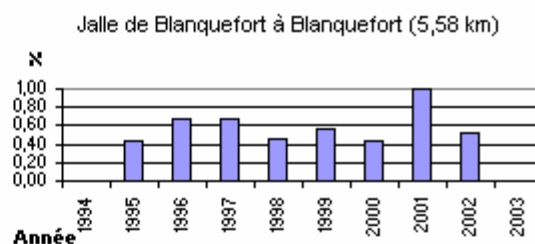
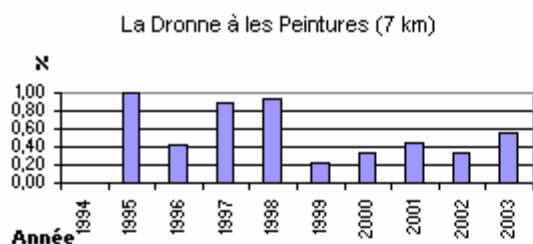


Figure 52 : Evolution du niveau de capture des anguilles de moins de 300 mm entre 1978 et 2003 en fonction de la distance à la limite de marée dynamique

## Sous-bassin Dordogne

## Sous-bassin Garonne

AVAL



AMONT

Figure 53 : Evolution du signal «anguille de moins de 300 mm » obtenu sur 10 stations et au moins 6 années

expliquer la présence d'anguilles de moins de 300 mm sur des stations a priori inaccessibles. A contrario des points proches de la limite de marée dynamique s'écartent du lot moyen avec des niveaux forts de capture supérieurs à 0,2 individus par mètre. Pour certaines de ces stations comme La Jalle de Blanquefort l'état d'eutrophie du cours d'eau pourrait être à l'origine de ce type de constat.

#### 3.4.4.3. Analyse stationnelle de l'évolution du niveau de capture des anguilles de moins de 300 mm

Après l'analyse générale menée sur ces données de pêche électrique nous avons voulu tester l'évolution du signal collecté sur les anguilles de moins de 300 mm sur des stations travaillées sur au moins 6 années avec la même méthode.

Ces contraintes nous amènent à ne retenir que 10 stations (3 sur le sous bassin de La Dordogne, 7 sur celui de La Garonne) et la période 1994-2003.

Nous nous situons donc dans une période d'observation assez récente, débutant 10 ans après la chute importante du niveau de recrutement. Sur chacune de ces 10 stations, nous avons transformé les données de la manière suivante :

- repérage de la densité maximale observée sur la période et affectation du coefficient 100 (base de référence), expression des densités observées les autres années en référence à cette base (densité année X = a% du maximum observé).
- les résultats obtenus sur ces 10 stations sont représentés dans la figure 53. On y constate une certaine hétérogénéité d'évolution.

De manière à pouvoir identifier les années d'appartenance des meilleurs scores observés sur les 10 stations, nous avons repéré tous les scores supérieurs à 75% et calculé chaque année le pourcentage des pêches réalisées qui présentaient ces scores élevés.

Cette analyse aboutit au graphe suivant :

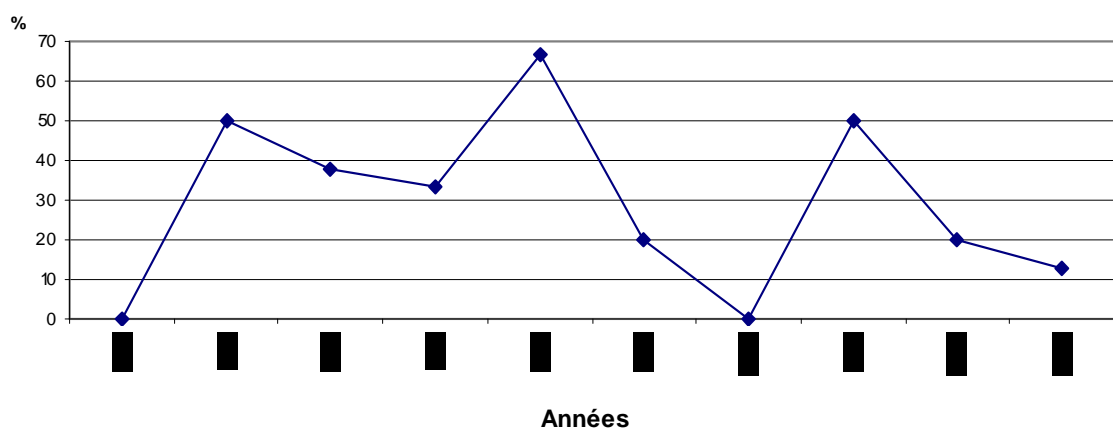


Figure 54 : Pourcentage des opérations effectuées chaque année avec un score supérieur à 75% sur les stations échantillonnées



On y observe globalement :

- une période plutôt forte (1995/1998) avec en moyenne 47% des opérations annuelles présentant des densités supérieures ou égales à 75% du maximum observé sur chaque station.
- une période plus défavorable (1999/2003) avec en moyenne 20,5% des opérations annuelles présentant de fortes densités. Au sein de cette période, l'année 2001 se distingue nettement avec un score proche de la moyenne de la première période

#### 3.4.4.4. Recherche de liens entre le signal Civelles et l'évolution du signal Anguille jaune sur les stations référence

Sur ces 10 stations que nous venons d'analyser, nous avons l'évolution annuelle des pourcentages d'opérations ayant débouché sur de fortes densités de moins de 300 mm par rapport aux maxima observés sur chaque station. D'autre part, nous avons l'évolution des Captures Par Unité d'Effort des civelles, que nous avons là aussi transformé avec la même méthode que celle utilisée au §-3.3.4.

Le meilleur niveau de synchronisation entre les 2 courbes est obtenu pour un décalage de 2 ans ( $R^2$  de 0,25 et coefficient de corrélation de 0,50). Ce résultat semble peu cohérent tout d'abord d'après les données de LAMAISON (2005) qui annonce en effet un âge maximum de 7 ans continentaux mais également parce que les tous petits individus (<120 mm) de 1 ou 2 ans continentaux sont mal visualisés en pêche électrique classique.

## CONCLUSION

L'analyse de chacune des sources de données disponibles sur la présence et le niveau de présence des individus de moins de 300 mm dans le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne, puis le croisement de ces informations apporte un certain nombre d'axes de travail à approfondir.

L'intérêt de suivre particulièrement ces jeunes individus de moins de 300 mm ayant moins de 7 étés en eau continentale et au sein de ce groupe d'être attentif à la présence des individus de 1 à 2 étés (moins de 120 mm) a été rappelé :

- mesure indirecte du niveau de recrutement fluvial et du niveau de saturation des zones d'accueil situées en aval du bassin versant.
- traduction de la plus ou moins forte transparence migratoire des divers axes présents sur un bassin.

L'analyse des Captures par Unité d'Effort Civelles en zone estuarienne montre clairement la chute du recrutement au début des années 80, cette période étant suivie d'une phase de relative stabilité à un niveau bas avec des variations interannuelles. Ce constat laisse présager une diminution drastique du nombre d'individus pénétrant dans le bassin il y a 20 ans et le maintien de ce faible niveau de colonisation depuis.

L'analyse des données de pêche aux nasses en zone soumise à marée et sur La Garonne en amont de la limite de marée dynamique a suggéré l'existence d'un faible niveau de présence des anguilles de moins de 300 mm en amont de la limite de marée. L'analyse plus fine des captures met cependant en évidence un problème de maillage utilisé dans ces 2 grandes zones avec leur sélectivité associée. En amont, la maille de 10 mm se traduit tout à fait normalement par la présence très faible des individus de moins de 300 mm dans les captures. En zone soumise à marée par contre, les données suggèrent fortement l'usage de maillages plus fins (8-9 mm) qui sans aller au maillage des nasses à crevettes permet d'accéder plus nettement à ce groupe de taille (40 à 50% des captures). Enfin le taux de recrutement en civelle dans l'estuaire semble se répercuter 6 années plus tard en zone continentale d'après l'analyse d'un lien potentiel entre le signal Civelles et le signal Anguille Jaune apporté par les données de captures des pêcheries professionnelles d'anguilles jaunes.

Les données de structure de taille des captures aux nasses ne sont donc pas guère utiles pour le suivi du front de colonisation, par contre, elles peuvent renseigner sur le niveau de mortalité total que subit la fraction de population présente dans un compartiment du bassin. Mais ceci n'était pas dans notre thématique d'étude.

L'analyse des données de pêches électriques réalisées sur le bassin versant par le C.S.P (Direction régionale et brigades départementales) a apporté un certain nombre d'informations

intéressantes notamment en termes d'évolution de la présence/absence des jeunes individus :

- Probabilité de 50% d'observer un individu de moins de 300 mm respectivement à 110 et 150 km de la limite de marée dynamique sur La Dordogne et La Garonne pour la période 1997-2003. Ce signal est constant depuis 1978 sur La Dordogne et en amélioration sur La Garonne (effet passe de Golfech ?). Ces résultats sont meilleurs que ceux obtenus en Loire avec une  $D_{0,5}$  située à 90-95 km de la limite de marée dynamique.
- La probabilité de présence aux environs immédiats de la limite de marée dynamique a diminué régulièrement sur La Dordogne et est restée constante sur La Garonne. Ce constat sur La Dordogne est peut être à l'origine de l'absence de retombée, observable en tout cas à notre échelle d'analyse, de l'implantation de la passe de Tuilières.
- L'analyse, des indices de densité et d'un lien entre le signal Civelle et le signal Anguille Jaune apporté par le réseau B.H.P, s'avère beaucoup plus délicate.

Enfin l'examen des données obtenues dans le cadre du réseau spécifique au pied des premiers ouvrages sur des petits tributaires des axes Gironde, Garonne, Dordogne et Isle apporte également son lot d'informations mais également quelques contradictions avec le signal apporté par les deux signaux précédents :

- L'évolution du signal de présence des individus de moins de 300 mm est cohérente avec celui obtenu par l'analyse des données de la B.H.P. du C.S.P. Cependant ce réseau spécifique semble sous-estimer la  $D_{0,5}$  de présence des anguilles de moins de 300 mm par rapport au signal B.H.P du fait sans doute d'une efficacité des méthodes différentes sur les individus de moins de 300 mm et à cause des milieux et faciès différents prospectés avec ces méthodes.
- L'échantillonnage efficace des plus petits individus (inférieurs à 120 mm) mal ou pas repérés dans les opérations classiques permet d'identifier une chute rapide de présence peu après la limite de marée dynamique. Cette situation anormale traduit un fort déficit de recrutement fluvial sans doute encore plus net sur l'axe Dordogne que sur l'axe Garonne.

Au final, cette approche permet :

- au sein du bassin versant Girone/Garonne/Dordogne, d'identifier des différences de recrutement et d'évolution entre les 2 axes Dordogne et Garonne. L'origine de ce phénomène reste à préciser.
- d'identifier une méthodologie de diagnostic rapide du front de colonisation dans le cas d'absence de réseaux de type B.H.P. dans un bassin ou sur un axe. Cette information sera à diffuser notamment auprès des bassins versants intégrés dans le programme INDICANG.
- d'établir un diagnostic d'une situation très dégradée. Ce diagnostic pouvant dans les années qui viennent servir de référence pour visualiser les tendances d'évolution suite à des actions de gestion qui apparaissent aujourd'hui urgentes à mettre en œuvre.

## BIBLIOGRAPHIE ET OUVRAGES CONSULTÉS

### BIBLIOGRAPHIE

- Adam, G. (1997). *L'anguille européenne (Anguilla anguilla L. 1758): dynamique de la sous-population du lac de Grand-Lieu en relation avec les facteurs environnementaux et anthropiques*. Toulouse, Université Paul Sabatier. 353 pp.
- Aprahamian, M. W. 1988. Age structure of eel (*Anguilla anguilla*, L.) population in the rivers Severn (England) and Dee (Wales). Aquaculture and Fisheries Management, **19** : 365-376.
- Baisez, A. (2001). *Optimisation des suivis d'abondances et des structures de taille de l'anguille européenne (Anguilla anguilla, L.) dans un marais endigué de la côte atlantique: relation espèce – habitat*. Université de Toulouse III. 392 pp.
- Baras, E., Salmon, B., Philippart J. C. 1994. Evaluation de l'efficacité d'une méthode d'échantillonnage par nasse des anguilles jaunes (*Anguilla anguilla* L) en migration dans la Meuse. Bull. Fr. Pêche Piscic. **335** : 7-16.
- Baras, E., Philippart, J. C., & al. 1996. Estimation of migrant yellow eel stock in large rivers through the survey of fish passes: a preliminary investigation in the river Meuse (Belgium). Stock assessment in inland fisheries. I. G. Cowx, Fishing news books : 82-92.
- Beaulaton, L. (2002). *Analyse des indicateurs halieutiques de la civelle dans le bassin de la Gironde et dynamique des flux. Halieutique*. Rennes, Cemagref groupement de Bordeaux, ENSAR : 55 pp.
- Beaulaton, L. & Castelnaud, G. 2005. The efficiency of selective tidal stream transport in glass eels entering the Gironde (France). Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture **378-379** : 5-21.
- Beaulaton, L. & Castelnaud, G. (in press.) Abundance trends of glass eels (*Anguilla anguilla*) between 1978 and 1999 from fisheries data in the Gironde basin, France. In: CASSELMAN J., CAIRNS D., International eel symposium, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Chancerel, F. 1994. Note technique. La répartition de l'anguille en France. Bull. Fr. Pêche Piscic. **335** : 289-296.
- Creutzberg, F. 1958. Use of tidal streams by migrating elvers (*Anguilla vulgaris* Turt.). Nature **181**: 357-358.
- Creutzberg, F. 1963. The role of tidal streams in the navigation of migrating elvers (*Anguilla vulgaris* Turt.). Ergebnisse der Biologie **26** : 118-127.
- Crivelli, A. (1998). *L'anguille dans le bassin Rhone-Méditerranée-Corse : une synthèse bibliographique*. Station Biologique de la Tour du Vallat.: 72 pp.
- Ditche, J.M. 2005. Les données RHP pour caractériser la population d'anguilles. Eaux libres **41** : 11-14.
- Elie, P., Lecompte-Finiger, R., Cantrelle, I., Charlon, N. 1982. Définition des limites des stades pigmentaires durant la phase civelle d'*Anguilla anguilla* L. (Poisson téléostéen anguilliforme). Vie Milieu **32** (3) : 149-157.
- Elie, P. & Rigaud, C. (1984). *Etude de la population d'anguilles de l'estuaire et du bassin versant de la Vilaine: examen particulier de l'impact du barrage d'Arzal sur la migration anadrome (civelles). Propositions d'amélioration du franchissement de cet obstacle*. Rennes, Cemagref/University of Rennes1 : 172 pp.
- Elie, P. & Rochard, E. 1994. Migration des civelles d'anguilles (*Anguilla anguilla* L.) dans les estuaires, modalité du phénomène et caractéristiques des individus. Bulletin Français de la Pêche et

- Elliott, M. & McLusky, D.S. 2002. The need for definitions in understanding estuaries. Estuarine, Coastal and Shelf Science, **55**(6) : 815-827.
- Feunteun, E. (1992). *Le peuplement piscicole du marais littoral endigué de Bourgneuf-Machecoul (France Loire-Atlantique). Approche méthodologique pour une analyse quantitative de la distribution spatiale du peuplement piscicole et de la dynamique de certaines de ses populations*. Rennes, Université de Rennes. 240 pp.
- Feunteun, E. & al. 2003. A review of upstream migration and movements in inland waters by anguillid eels. Towards a general theory. Eel Biology. K. Aida, K. Tsukamoto and K. Yamauchi. Tokyo, Springer-Verlag : 191-213.
- Gascuel, D. 1986. Flow carried and active swimming migration of the glass eel (*Anguilla anguilla*) in the tidal area of a small estuary on the French Atlantic coast. Helgoländer Meeresuntersuchungen **40** : 321-326.
- Ibbotson, A., J. Smith, & al. 2002. Colonisation of freshwater habitats by the European eel *Anguilla anguilla*. Freshwater Biology **47**(9) : 1696-1706.
- Lamaison, G. (2005). *Variabilité de la croissance de l'Anguille européenne (Anguilla anguilla L.1758) au sein du bassin Gironde-Garonne-Dordogne*. Sciences Naturelles. Bordeaux, Université de Bordeaux 1 : 43pp.
- Lambert, P. (1997). *Analyse des données de captures d'anguilles par pêche électrique et cartographie des structures en tailles à l'échelle de la France*, CSP- Cemagref : 50 pp.
- Lambert, P. & Rigaud, C. (1999). *Recherche d'éléments de gestion de la population d'anguilles sur la base des données produites par la RHP.*, CSP- Cemagref : 63 pp.
- Lammens & al. 1985. Resource partitioning and niche shifts of bream (*abramis brama*) and eel (*anguilla anguilla*) mediated by predation of smelt (*osmerus eperlanus*) on daphnia hyaline Can. j. fish. aquat. Sci **42**(8) : 1342-1351
- Lasne E. & al. (non publié1). Assessment of European Eels populations trends at catchment scale : toward the establishment of a common methodology?.
- Lasne E. & al. (non publié2). Size dependent information in European eel : an opportunity for the assessment of freshwater yellow populations.
- Legault, A. 1994. Etude préliminaire du recrutement fluvial de l'anguille. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture (335) : 33-41.
- McCleave, J. D. & Kleckner, R. C. 1982. Selective tidal stream transport in the estuarine migration of glass eels of the American eel (*Anguilla rostrata*). Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer **40** : 262-271.
- Meunier, F. J. (1994). Etude des populations d'anguilles du Rhin. Quelques résultats expérimentaux. Sandoz-Rheinfonds, Compte rendu du symposium du 3/4 septembre 1992, Bâle, Sandoz A.G.
- Mi.ga.do (2005). L'anguille dans le bassin Gironde Garonne Dordogne. Lettre d'information n°2. 4 pp.
- Moriarty, C. 1986. Riverine migration of young eels *Anguilla anguilla* (L.). Vie et Milieu **36**(4) : 233-235.
- Naismith, I. A. & Knights, B. 1993. The distribution, density and growth of the European eel, *Anguilla anguilla*, in the freshwater catchment of the River Thames. Journal of Fish Biology **42**(2) : 217-226.

Pritchard D.W. 1967. What is an estuary: physical viewpoint. *Estuaries*, 83, 3-5.

Sloane, R. D. 1984. Distribution, abundance, growth and food of freshwater eels (*Anguilla* spp.) in the Douglas river, Tasmania. Australian Journal of Marine and Freshwater Research **35** : 325-339.

Smogor, R. A., Angermeier, P. L. & al. 1995. Distribution and abundance of American eels in Virginia Streams - Tests of null models across spatial scales. Transactions of the American Fisheries Society **124**(6) : 789-803.

Teyssier & al. (2002). Groupe Anguille COGEPOMI Garonne-Dordogne-Charente. Plan de gestion des poissons migrateurs amphihalins Garonne-Dordogne-Charente-Leyre-Seudre. 30pp.

White, E. M. & Knights, B. 1997. Environmental factors affecting migration of the European eel in the rivers Severn and Avon, England. Journal of Fish Biology **50** : 1104-1116.

Ximenes M.C (1986). *L'anguille en Méditerranée française. Aspects écobiologiques et halieutiques*. Rap. Cemagref/Min.Mer, 166 pp.

## OUVRAGES CONSULTÉS

Alary, N. (2005). *Recherche d'éléments historiques sur la colonisation de l'anguille européenne (Anguilla anguilla) dans le bassin versant Garonne-Dordogne*. Mémoire de fin d'études, ENSAT 2005, 89 pp.

Baras, E., Jeandrain D., & al. 1998. Seasonal variations in time and space utilization by radio-tagged yellow eels *Anguilla anguilla* (L.) in a small stream. Hydrobiologia **372** : 187-198.

Barak, N. A.-E. & Mason, C. F. 1992. Population density, growth and diet of eels, *Anguilla anguilla* L., in two rivers in eastern England. Aquaculture and Fisheries Management **23** : 59-70.

Durif, C. (2003). *La migration d'avalaison de l'anguille européenne Anguilla anguilla : Caractérisation des fractions dévalantes, phénomène de migration et franchissement d'obstacles. Ecologie aquatique*. Toulouse, Université Paul Sabatier, Toulouse III : 359 pp.

Helfman, G. S. & Bozeman, E. L. (1984). Size, age, and sex of American eels in a Georgia river. Transactions of the American Fisheries Society **113**(2) : 132-141.

Jellyman, D. J. & Ryan, C. M. (1983). Seasonal migration of elvers (*Anguilla* spp.) into Lake Pounui, New Zealand, 1974-1978. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research **17** : 1-15.

Legault, A. (1986). *Comportement d'escalade de l'anguille (Anguilla anguilla L. 1758) et colonisation du bassin versant de la Sèvre Niortaise*. Les publications du département d'halieutique (ENSAR), Rennes, 3, 41 pp.

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

Legault, A. (1993). L'anguille : Aménagement des obstacles à la migration. Association pour le Développement de l'Aquaculture, Cestas, 37, 32 pp.

McGovern, P., & McCarthy, T. K. 1992. Elver migration in the River Corrib system, western Ireland. Irish Fisheries Investigations. Serie A: Freshwater, **36** : 25-32.

Panfili, J. & Ximénès, M. C. 1994. Evaluation de l'âge et de la croissance de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*, L.) en milieu continental: méthodologie, validation, application en méditerranée et comparaisons en europe. Bull. Fr. Pêche Piscic. **335** : 43-66.

Schmidt, J. 1922. The breeding places of the eel. Philosophical Transactions of the Royal Society **211**: 179-208.

Sorensen, P. W. & Bianchini, M. 1986. Environmental correlates of the freshwater migration of elvers of the American eel in the Rhode Island Brook. Transactions of the American Fisheries Society **115**(2) : 258-268.

Vollestad L. A., Jonsson B., 1988. A 13-year study of the population dynamics and growth of the European eel *Anguilla anguilla* in a Norwegian river: Evidence for density-dependant mortality, and development of a model for predicting yield. Journal of Animal Ecology, **57** : 983-997.

# TABLE DES MATIERES

page

|   |           |
|---|-----------|
| <b>SOMMAIRE .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>RESUME .....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>SUMMARY .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL .....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>INTRODUCTION .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>I - LES CARACTERISTIQUES DES INDIVIDUS DE MOINS DE 300 MM :<br/>INTERET D'UN SUIVI SPECIFIQUE .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>1. INTERET DU SUIVI CIBLE DE CES JEUNES INDIVIDUS .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>2. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE CES JEUNES INDIVIDUS .....</b>  | <b>7</b>  |
| 2.1. Les paramètres environnementaux influant sur la colonisation des anguilles jaunes .....  | 7         |
| 2.2. Les connaissances sur la taille des anguilles en migration et sur leur première année de<br>vie continentale .....                           | 7         |
| 2.3. Une colonisation du bassin versant densité-dépendante et comparable à une<br>diffusion aléatoire de particules .....                         | 7         |
| 2.4. Des relations entre la densité et la distance à la mer .....   | 8         |
| 2.5. Une période de migration différente selon la taille des anguilles .....  | 8         |
| 2.6. De nombreux comportements individuels de colonisation .....  | 8         |
| 2.7. La limite de présence des anguilles de moins de 300 mm dans différents bassins<br>versants et l'effet des barrages .....                     | 9         |
| 2.8. Age des anguilles de moins de 300 mm .....   | 10        |
| 2.9. Comportements alimentaires et habitats privilégiés .....   | 12        |
| <b>3. BILAN DES CONNAISSANCES .....</b>   | <b>14</b> |
| <b>II - ETUDE DE LA REPARTITION DES ANGUILLES DE MOINS DE 300 MM DANS LE<br/>BASSIN VERSANT GIRONDE-GARONNE-DORDOGNE.....</b>                     | <b>14</b> |
| <b>1. LE BASSIN VERSANT ETUDIE .....</b>  | <b>14</b> |
| 1.1. Des caractéristiques dynamiques essentielles à prendre en compte pour l'analyse<br>de la colonisation du bassin versant par l'anguille ..... | 16        |
| <b>2. DONNEES DISPONIBLES SUR LES INDIVIDUS DE MOINS DE 300 MM.....</b>   | <b>17</b> |
| <b>3. ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES .....</b>   | <b>19</b> |
| <b>3.1. Informations sur les niveaux de recrutement dans l'estuaire .....</b>   | <b>20</b> |
| <b>3.2. Surveillance spécifique des jeunes individus en phase de colonisation dans les<br/>            petits affluents.....</b>                  | <b>21</b> |
| 3.2.1. Objectif de la création de ce réseau de suivi spécifique.....  | 21        |
| 3.2.2. Méthode utilisée .....   | 21        |
| 3.2.2.1. Choix des stations pour le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne .....   | 21        |
| 3.2.2.2. Méthodes de prospection.....   | 23        |
| 3.2.2.3. Périodes de prospection.....   | 24        |



|  |           |
|--|-----------|
| 3.2.3. Analyse des données collectées.....   | 24        |
| 3.2.3.1. Données obtenues en juin au pied du premier obstacle de 2004 à 2006.....  | 24        |
| 3.2.3.1.1. Efficacité des prospections en 2006.....  | 24        |
| 3.2.3.1.2. Analyse des structures de taille .....  | 25        |
| 3.2.3.1.3. Analyse de la présence des moins de 120 mm .....  | 26        |
| 3.2.3.1.4. Analyse sur cinq stations de la variabilité de la structure en taille<br>observée en 2004, 2005 et 2006.....  | 27        |
| 3.2.3.1.5. Probabilité de présence en juin des anguilles de moins de<br>300 mm en fonction de la distance à la limite de marée dynamique .....   | 28        |
| 3.2.3.1.6. Evolution de l'abondance des jeunes individus au pied du premier<br>obstacle en juin 2006.....  | 29        |
| 3.2.3.2. Analyses complémentaires .....  | 30        |
| 3.2.3.2.1. Variations saisonnières des tailles observées au pied du premier obstacle ...   | 30        |
| 3.2.3.2.1.1. La rivière Saucats : site « Isle saint Georges ».....   | 30        |
| 3.2.3.2.1.2. La rivière Barbanne : site « les Billaux » .....  | 31        |
| 3.2.3.2.1.3. La rivière Beuve : site du « Moulin Vernet».....  | 31        |
| 3.2.3.2.1.4. La rivière Lidoire : site « Moulin de Louis » .....   | 32        |
| 3.2.3.2.1.5. La rivière Durèze : site de Pessac-Sur-Dordogne .....   | 32        |
| 3.2.3.2.2. Estimation d'un taux de croissance .....  | 33        |
| <b>3.2.4. Bilan : les informations apportées par ce signal sur la répartition des anguilles<br/>de moins de 300 mm dans le bassin versant.....</b>   | <b>34</b> |
| <b>3.3. Signal « grands axes fluviaux » : des structures de taille différentes dans les<br/>captures aux engins entre les zones soumises à marée et celles situées plus en<br/>amont .....</b> | <b>36</b> |
| 3.3.1. Raisons et objectifs de ces campagnes de pêche.....   | 36        |
| 3.3.2. Répartition et caractéristiques du réseau de suivi des pêcheries et méthode<br>d'échantillonnage .....  | 36        |
| 3.3.2.1. Un suivi sur les axes Dordogne et Garonne et élargis à l'estuaire .....   | 36        |
| 3.3.2.2. Les techniques de pêche à l'anguille jaune employées sur le bassin Gironde-<br>Garonne-Dordogne.....  | 38        |
| 3.3.2.2.1. Caractéristiques des nasses.....  | 38        |
| 3.3.2.2.2. Positionnement et utilisation des nasses.....   | 38        |
| 3.3.2.3. Méthode d'échantillonnage .....   | 38        |
| 3.3.2.4. Des périodes d'échantillonnage très variables et très peu de pêcheries similaires<br>suivis entre 2004 et 2005.....   | 39        |
| 3.3.3. Analyse des données récoltées en 2004 et 2005 .....   | 39        |
| 3.3.3.1. Stockage des données.....   | 39        |
| 3.3.3.2. Structures de taille des anguilles capturées en 2004 et 2005 .....  | 39        |
| 3.3.3.3. Analyse de la sélectivité des nasses .....  | 41        |
| 3.3.3.4. Retour sur la zone amont avec des engins différents .....   | 43        |
| 3.3.3.4.1. Résultats et limites de l'opération .....   | 43        |
| 3.3.4. Recherche d'un lien entre la CPUE Civelles et l'évolution des captures «Anguille<br>Jaune».....   | 44        |
| 3.3.4.1. Méthode.....  | 44        |
| 3.3.4.2. Résultats .....   | 45        |
| <b>3.3.5. Bilan de l'analyse des structures de taille observées par nasses en zones<br/>profondes.....</b>   | <b>46</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>3.4. Signal «bassin versant» : l'évolution de la limite de présence des anguilles de moins de 300 mm entre 1978 et 2003 .....</b>                                  | <b>47</b> |
| 3.4.1. Origine des données analysées .....  | 47        |
| 3.4.2. Première analyse descriptive des données disponibles .....   | 47        |
| 3.4.3. Création et amélioration de la base de données .....   | 48        |
| 3.4.3.1. Répartition et caractéristiques géographiques du réseau retenu.....  | 50        |
| 3.4.3.2. La répartition des opérations de pêche menées entre 1977 et 2003 .....   | 51        |
| 3.4.4. Résultats obtenus.....   | 52        |
| 3.4.4.1. Analyse diachronique de la probabilité de présence des anguilles de moins de 300 mm dans le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne entre 1977 et 2003 ..... | 52        |
| 3.4.4.1.1. Une analyse par période .....  | 54        |
| 3.4.4.1.2. Analyse de l'évolution dans le temps du signal de présence à proximité de la limite de marée dynamique.....  | 54        |
| 3.4.4.1.2.1. Distance d'observation d'une probabilité de présence de 50%.....   | 54        |
| 3.4.4.1.2.1.1. Comparaison avec d'autres sites .....  | 55        |
| 3.4.4.2. L'évolution dans le temps du niveau de capture des anguilles de moins de 300 mm dans le bassin versant Gironde/Garonne/Dordogne .....                        | 56        |
| 3.4.4.2.1. Une analyse par période .....  | 57        |
| 3.4.4.3. Analyse stationnelle de l'évolution du niveau de capture des anguilles de moins de 300 mm .....  | 59        |
| 3.4.4.4. Recherche de liens entre le signal Civelles et l'évolution du signal Anguille Jaune sur les stations références.....   | 60        |
| <b>CONCLUSION.....</b>  | <b>61</b> |
| <b>LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX</b>  |           |
| <b>BIBLIOGRAPHIE ET OUVRAGES CONSULTÉS</b>  |           |
| <b>TABLE DES MATIÈRES</b>   |           |
| <b>ANNEXES</b>  |           |

# LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

## LISTES DES FIGURES

- Figure 1 Pêche spécifique en pied d'obstacles (La Conne 2006) (couverture)
- Figure 2 Nasse à anguilles des pêcheries professionnelles (Libourne 2005) (couverture)
- Figure 3 Pêche électrique C.S.P (source : environnement.gouv.fr) (couverture)
- Figure 4 Passes à anguilles sur le barrage de Golfech (source : MI.GA.DO 2003) (couverture)
- Figure 5 Cycle biologique de l'anguille européenne (anonyme, 1984b) - stades étudiés (p. 5)
- Figure 6 Représentation schématique de l'impact du recrutement en civelles dans un bassin versant (LASNE & AL, non publié<sup>1</sup>) (p. 6)
- Figure 7 Tailles des anguilles recapturées marquées sur le Rhin à l'oxytétracycline en fonction du délai (en mois) séparant la capture du déversement des civelles (flèche). (MEUNIER, 1994) (p. 11)
- Figure 8 Tailles moyennes observées en Europe sur les anguilles d'1 à 4 ans (ADAM, 1997) (p. 11)
- Figure 9 Estimation d'une relation taille/âge à partir du nombre de ligne d'arrêt de croissance estimé. Données réelles ajustées par un modèle.(LAMAISON, 2005) (p. 12)
- Figure 10 Le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne (p. 13)
- Figure 11 Délimitation des limites hydrologiques entre l'océan, l'estuaire de la Gironde et la zone fluviale (p. 15)
- Figure 12 Répartition schématique des différentes sources de données sur le réseau hydrographique et les gammes de taille d'anguilles échantillonnées (p. 17)
- Figure 13 Emprise spatiale des différentes sources de données sur le réseau hydrographique du bassin versant (p. 19)
- Figure 14 L'évolution de l'abondance des civelles (*Anguilla anguilla*) entre 1978 et 1999 à partir des données de pêcheries dans le bassin de La Gironde. Référence : BEAULATON L., CASTELNAUD G., in press. (p. 20)
- Figure 15 Evolution de la C.P.U.E. civelles en kg/marée en fonction du type d'engin utilisé ou de la zone de pêche (source IMA-AAPPEDG). (p. 20)
- Figure 16 Photos des premiers obstacles infranchissables, de gauche à droite, sur Le Beuve (moulin Bieujac), Le Saucats (Isle St Georges) et de la méthode de pêche entreprise (exemple sur La Lidoire au Moulin de Louis) (p. 21)
- Figure 17 Situation des stations de pêches spécifiques à l'anguille échantillonnées entre 2004 et 2006 sur la partie aval du bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne (p. 22)
- Figure 18 Moyennes et quartiles des efficacités de pêche en 2006 sur l'anguille calculées par classe de taille (<300 mm) (p. 24)
- Figure 19 Répartition par classes de taille des anguilles de moins de 300 mm entre 2004 et 2006, toutes stations confondues. (p. 25)
- Figure 20 Structure de taille entre les stations situées en aval de la limite de marée dynamique et celles situées en amont. (p. 25)
- Figure 21 Fréquence des anguilles de moins de 120 mm en fonction de la distance à la limite de marée dynamique des stations de pêche (p. 26)

- Figure 22 Evolution par année, de la fréquence d'appartenance à une classe de taille des anguilles de moins de 300 mm capturées par pêche électrique sur les affluents de La Dordogne et de La Garonne selon leur position par rapport à la limite de marée dynamique (p. 27)
- Figure 23 Probabilité de présence des anguilles de moins de 300 mm selon la distance à la limite de marée dynamique sur les bassins de La Garonne et de La Dordogne (p. 28)
- Figure 24 Densité d'anguilles de moins de 300 mm selon la distance à la limite de marée dynamique (p. 29)
- Figure 25 Comparaison de la répartition des anguilles de moins de 300 mm en fonction des faciès des stations (p. 29)
- Figure 31 Histogrammes de fréquences de taille des anguilles de moins de 300 mm capturées en juin 2004 et septembre 2004 au pied du premier obstacle des 5 stations précédentes (p. 33)
- Figure 32 Anguille présentant des kystes branchiaux (source : P. ELIE *Cemagref*) (p. 34)
- Figure 33 Aperçu de l'échantillonnage des pêcheries professionnelles en 2004 et 2005 avec, de gauche à droite, la Garonne en amont d'Agen, une tête d'anguille jaune, l'engin de pêche (la nasse) et le protocole de mesure employé (p. 36)
- Figure 34 Répartition géographique des échantillonnages des pêcheries professionnelles d'anguilles jaunes sur le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne en 2004 et 2005 (p. 35)
- Figure 35 Nasse semi-circulaire utilisée sur La Garonne en amont de la limite de marée dynamique (p. 38)
- Figure 36 Nasse circulaire utilisée en aval de la limite de marée dynamique (p. 38)
- Figure 37 Protocole de mesure avec de gauche à droite, la prise de longueur, de poids, du diamètre oculaire et la longueur de la pectorale (p. 39)
- Figure 38 Répartition des classes de taille d'anguilles sur les différentes zones du bassin Gironde-Garonne-Dordogne (p. 40)
- Figure 39 Pourcentage d'anguilles de moins de 300 mm en 2004 et 2005 selon la position des pêcheries professionnelles sur chaque bassin et par rapport aux limites de marée dynamique (p. 40)
- Figure 40 Evolution des pourcentages de captures cumulés par groupe de taille entre la zone aval et amont de la limite de marée dynamique en 2004 et 2005 (p. 41)
- Figure 41 Comparaison des distributions des tailles des anguilles entre la zone aval et amont à la limite de marée dynamique en 2004 et 2005. (p. 42)
- Figure 42 Comparaison des distributions de taille entre les zones aval et amont à la limite de marée dynamique pour les individus de plus de 360 mm. (p. 42)
- Figure 43 Représentation schématique d'une nasse. (p. 42)
- Figure 44 Nasses utilisées dans la zone située en aval de la limite de marée dynamique (p. 43)
- Figure 45 Evolution du pourcentage du poids de capture « Anguille jaune de moins de 300 mm » évalué à partir de la capture totale d'anguilles jaunes. (p. 44)
- Figure 46 Mise en parallèle des 2 signaux et synchronisation des 2 courbes pour un décalage de 6 ans (p. 45)
- Figure 47 Pêche électrique effectuée par le Conseil Supérieur de la Pêche avec, de gauche à droite, la méthode par bateau sur les grands axes fluviaux (source : [csp.environnement.gouv.fr](http://csp.environnement.gouv.fr)) et à pied sur un petit tributaire. (p. 47)
- Figure 48 Localisation des stations analysées issues du B.H.P entre 1977 et 2003 (p. 49)
- Figure 49 Répartition des stations selon leur distance à la limite de la marée dynamique (p. 51)

|           |  |
|-----------|--|
| Figure 50 | Répartition des stations en fonction de leur altitude (p. 51)  |
| Figure 51 | Evolution dans le temps de la probabilité de présence des anguilles de moins de 300 mm sur le bassin de Dordogne et de La Garonne (p. 54)            |
| Figure 52 | Evolution du niveau de capture des anguilles de moins de 300 mm entre 1978 et 2003 en fonction de la distance à la limite de marée dynamique (p. 57) |
| Figure 53 | Evolution du signal «anguille de moins de 300 mm » obtenu sur 10 stations et au moins 6 années (p. 58)   |
| Figure 54 | Pourcentage des opérations effectuées chaque année avec un score supérieur à 75% sur les stations échantillonnées (p. 59)                            |

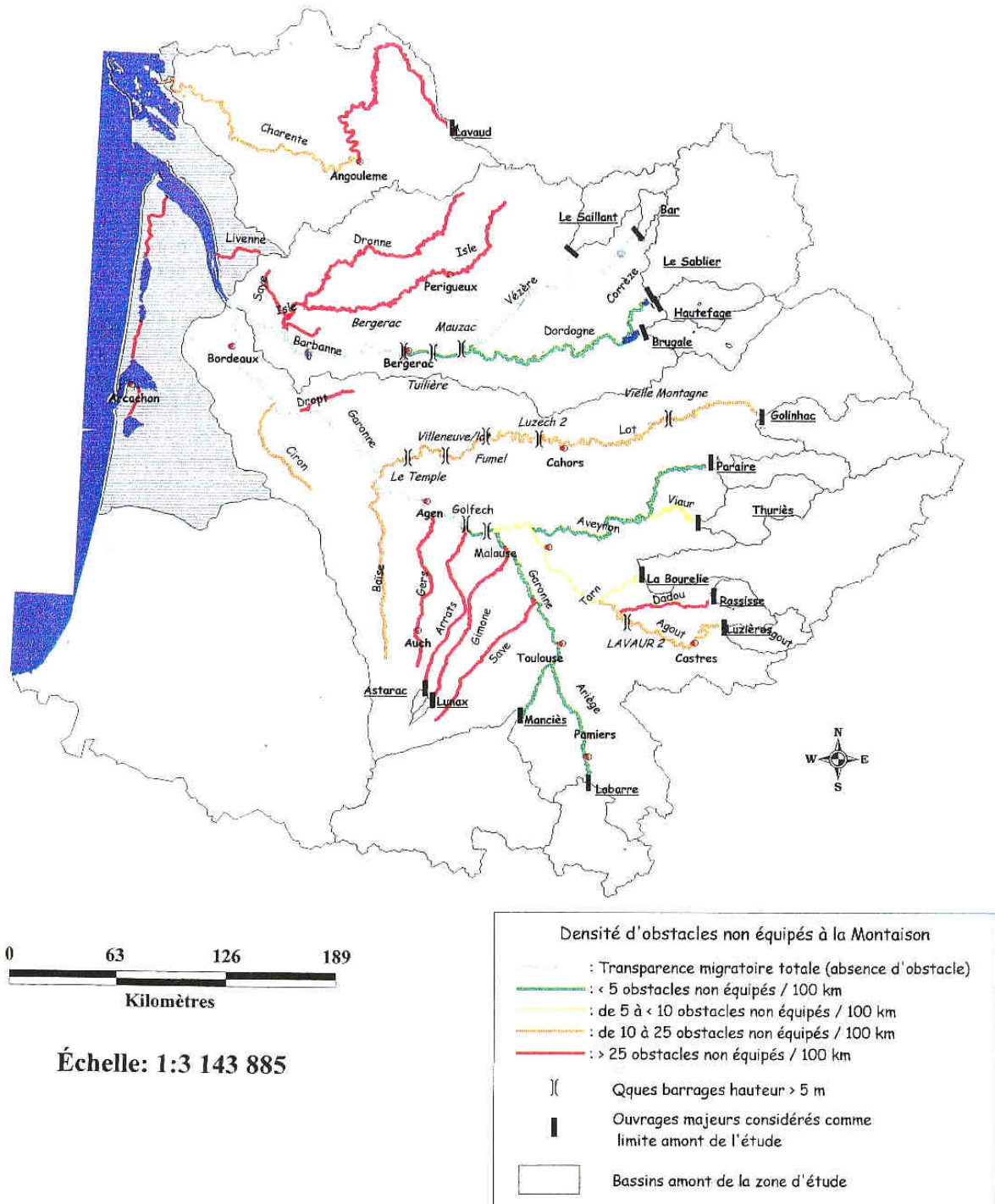
## LISTES DES TABLEAUX

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Tableau 1               | Principales différences entre des anguilles de moins à 300 mm et supérieures à 300 mm et les avantages des anguilles de moins de 300 mm pour l'évaluation des mouvements de populations d'anguilles jaunes (LASNE & AL, non publié1) (p. 6) |
| Tableau 2               | Les caractéristiques des données d'échantillonnage de civelles et d'anguilles jaunes (p. 18)  |
| Tableau 3               | Caractéristiques des stations de pêche de colonisation ( <i>Cemagref</i> ) au pied du premier ouvrage sur la Dordogne et la Garonne (p. 23)   |
| Tableau 4               | Calendrier des pêches réalisées en pied d'obstacle entre 2004 et 2006 (p. 24)   |
| Tableau 5               | Densité des anguilles de moins de 300 mm sur le faciès « plat » (p. 29)   |
| Figure 26 et tableau 6  | Histogramme de fréquence de taille des anguilles de moins de 300 mm et pourcentages associés sur la rivière Saucats en 2004 et 2005. (p. 30)  |
| Figure 27 et tableau 7  | Histogramme de fréquence de taille des anguilles de moins de 300 mm et pourcentages associés sur la rivière Barbanne en 2004. (p. 31)   |
| Figure 28 et tableau 8  | Histogramme de fréquence de taille des anguilles de moins de 300 mm et pourcentages associés sur la rivière Beuve en 2004. (p. 31)  |
| Figure 29 et tableau 9  | Histogramme de fréquence de taille des anguilles de moins de 300 mm et pourcentages associés sur la rivière Lidoire en 2004. (p. 32)  |
| Figure 30 et tableau 10 | Histogramme de fréquence de taille des anguilles de moins de 300 mm et pourcentages associés sur la rivière Durèze en 2004. (p. 32 & 33)  |
| Tableau 11              | Caractéristiques géographiques des pêcheries d'anguilles jaunes sur le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne échantillonnées en 2004 et 2005 (p. 37)  |
| Tableau 12              | Pourcentage d'anguilles en 2004 et 2005 en fonction de la classe de taille et la zone échantillonnée (p. 39)  |
| Tableau 13              | Mesures des valeurs de température et d'oxygène de La Garonne lors du protocole expérimental en juillet 2006. (p. 44)   |
| Tableau 14              | Répartition des opérations de pêche électrique entreprises par le C.S.P. selon la méthode utilisée (p. 51)  |
| Tableau 15              | Plage de dimensions des stations échantillonnées selon 3 méthodes (p. 52)   |
| Tableau 16              | Validité des modèles selon l'indice Kappa (p. 53)   |
| Tableau 17              | Comparaison des meilleurs indices Kappa selon les périodes et évalués par les modèles intégrant les variables distance « relative » et « absolue » (p. 53)  |
| Tableau 18              | Comparaison des meilleurs indices A.I.C. selon les périodes et évalués par les modèles intégrant les variables distance « relative » et « absolue » (p. 56)   |

# ANNEXES

# Annexe 1

## DENSITE D'OUVRAGES NON EQUIPES A LA MONTAISON BASSINS GARONNE - DORDOGNE - CHARENTE



Groupe Anguille COGEPOMI Garonne - Dordogne - Charente - juillet 2002  
 Conseil Supérieur de la Pêche  
 Délégation Régionale Aquitaine, Midi-Pyrénées



## Annexe 2

### Test non paramétrique de Kolmogorov et Smirnov Comparaison de deux échantillons

**Différence des distributions de tailles des anguilles de moins de 300 mm entre les mois de juin et septembre 2004 sur Le Saucats (Isle St Georges)**

Echantillon 1 : saucats sept2004

Echantillon 2 : saucats juin 2004

Différence supposée (D) : 0

Niveau de signification (%) : 5

Statistiques simples :

| Variable  | Observations | Obs. avec données manquantes | Obs. sans données manquantes | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart-type |
|-----------|--------------|------------------------------|------------------------------|---------|---------|---------|------------|
| sept-04   | 47           | 0                            | 47                           | 73,000  | 290,000 | 106,128 | 33,642     |
| juin 2004 | 69           | 0                            | 69                           | 61,000  | 268,000 | 83,638  | 39,300     |

Test de Kolmogorov-Smirnov sur deux échantillons / Test bilatéral :

|         |          |
|---------|----------|
| D       | 0,668    |
| p-value | < 0,0001 |
| alpha   | 0,05     |

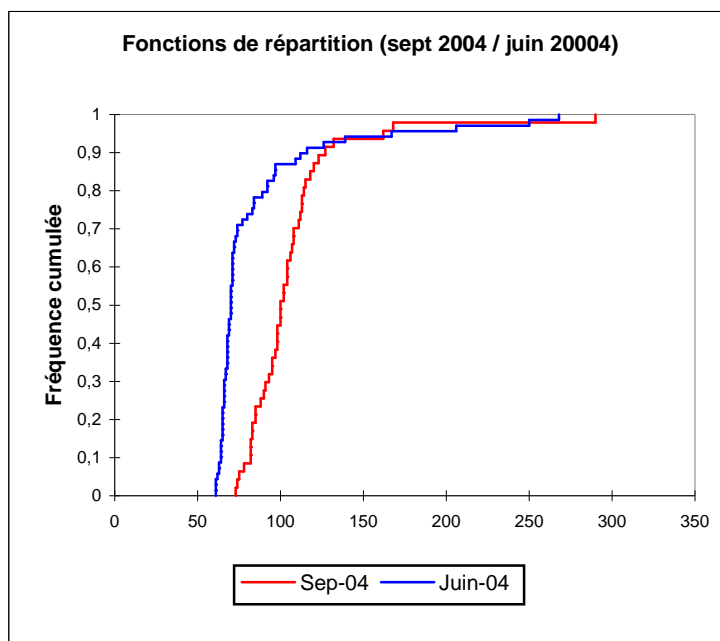
Interprétation du test :

H0 : La distribution des deux échantillons n'est pas significativement différente.

Ha : Les distributions des deux échantillons sont significativement différentes.

**Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification  $\alpha=0,05$ , on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.**

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01%.



## Annexe 2

### Test non paramétrique de Kolmogorov et Smirnov Comparaison de deux échantillons

#### Différence des distributions de tailles des anguilles de moins de 300 mm entre les mois de juin et septembre 2004 sur La Barbanne (Les Billaux)

Echantillon 1 : barbanne juin 2004

Echantillon 2 : barbanne septembre 2004

Différence supposée (D) : 0

Niveau de signification (%) : 5

#### Statistiques simples :

| Variable | Observations | Obs. avec données manquantes | Obs. sans données manquantes | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart-type |
|----------|--------------|------------------------------|------------------------------|---------|---------|---------|------------|
| juin-04  | 27           | 0                            | 27                           | 69,000  | 156,000 | 96,444  | 24,663     |
| sept-04  | 67           | 0                            | 67                           | 71,000  | 266,000 | 104,955 | 40,088     |

#### Test de Kolmogorov-Smirnov sur deux échantillons / Test bilatéral :

|         |       |
|---------|-------|
| D       | 0,118 |
| p-value | 0,862 |
| alpha   | 0,05  |

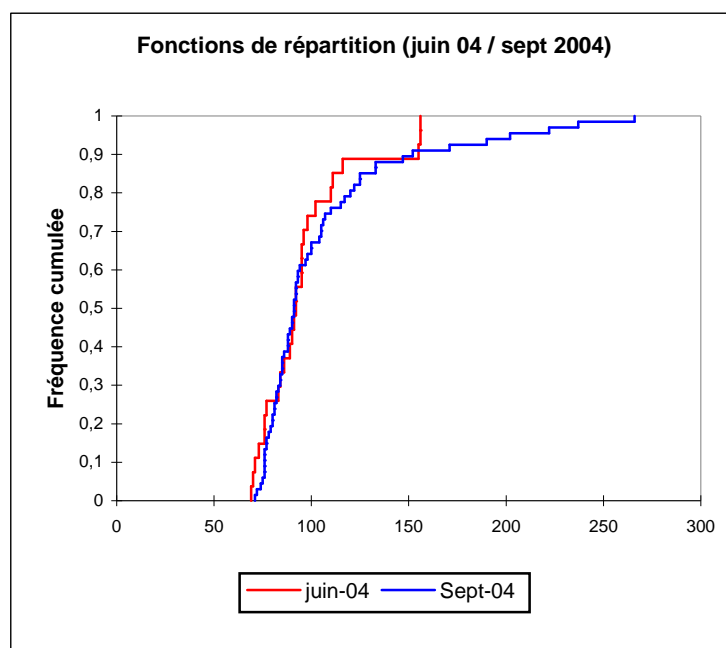
#### Interprétation du test :

H0 : La distribution des deux échantillons n'est pas significativement différente.

Ha : Les distributions des deux échantillons sont significativement différentes.

**Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil  $\alpha=0,05$ , on peut valider l'hypothèse nulle H0.**

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est de 86,23%.



## Annexe 2

### Test non paramétrique de Kolmogorov et Smirnov Comparaison de deux échantillons

#### Différence des distributions de tailles des anguilles de moins de 300 mm entre les mois de juin et septembre 2004 sur La Lidoire (Moulin de Louis)

Echantillon 1 : Lidoire juin 2004

Echantillon 2 : Lidoire septembre 2004

Différence supposée (D) : 0

Niveau de signification (%) : 5

Statistiques simples :

| Variable | Observations | Obs. avec données manquantes | Obs. sans données manquantes | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart-type |
|----------|--------------|------------------------------|------------------------------|---------|---------|---------|------------|
| juin-04  | 37           | 0                            | 37                           | 69,000  | 264,000 | 128,649 | 54,537     |
| sept-04  | 25           | 0                            | 25                           | 71,000  | 288,000 | 154,760 | 68,997     |

Test de Kolmogorov-Smirnov sur deux échantillons / Test bilatéral :

|         |       |
|---------|-------|
| D       | 0,264 |
| p-value | 0,186 |
| alpha   | 0,05  |

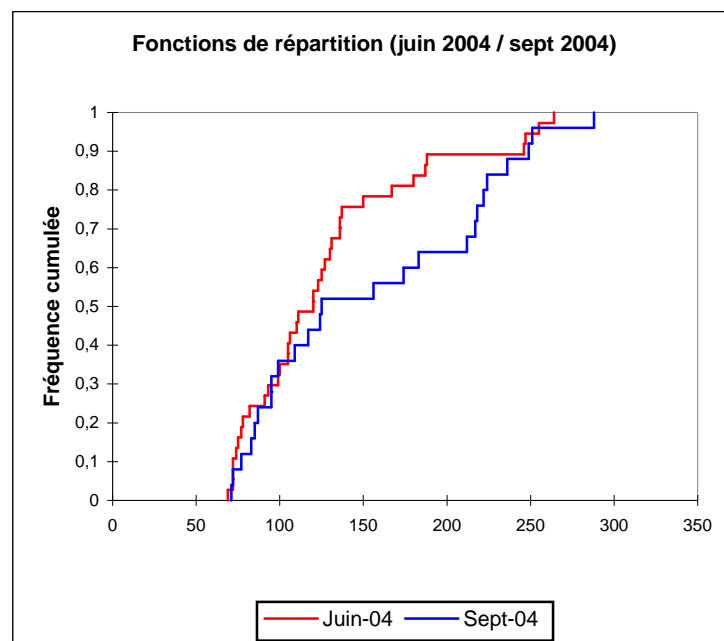
Interprétation du test :

H0 : La distribution des deux échantillons n'est pas significativement différente.

Ha : Les distributions des deux échantillons sont significativement différentes.

**Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil  $\alpha=0,05$ , on peut valider l'hypothèse nulle H0.**

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est de 18,60%.



## Annexe 2

### Test non paramétrique de Kolmogorov et Smirnov Comparaison de deux échantillons

#### Différence des distributions de tailles des anguilles de moins de 300 mm entre les mois de juin et septembre 2004 sur La Dureze (Pessac sur Dordogne)

Echantillon 1 : Dureze juin 2004

Echantillon 2 : Dureze septembre 2004

Différence supposée (D) : 0

Niveau de signification (%) : 5

Statistiques simples :

| Variable | Observations | Obs. avec données manquantes | Obs. sans données manquantes | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart-type |
|----------|--------------|------------------------------|------------------------------|---------|---------|---------|------------|
| juin-04  | 53           | 0                            | 53                           | 80,000  | 242,000 | 139,887 | 46,139     |
| sept-04  | 34           | 0                            | 34                           | 82,000  | 265,000 | 175,412 | 55,208     |

Test de Kolmogorov-Smirnov sur deux échantillons / Test bilatéral :

|         |       |
|---------|-------|
| D       | 0,415 |
| p-value | 0,001 |
| alpha   | 0,05  |

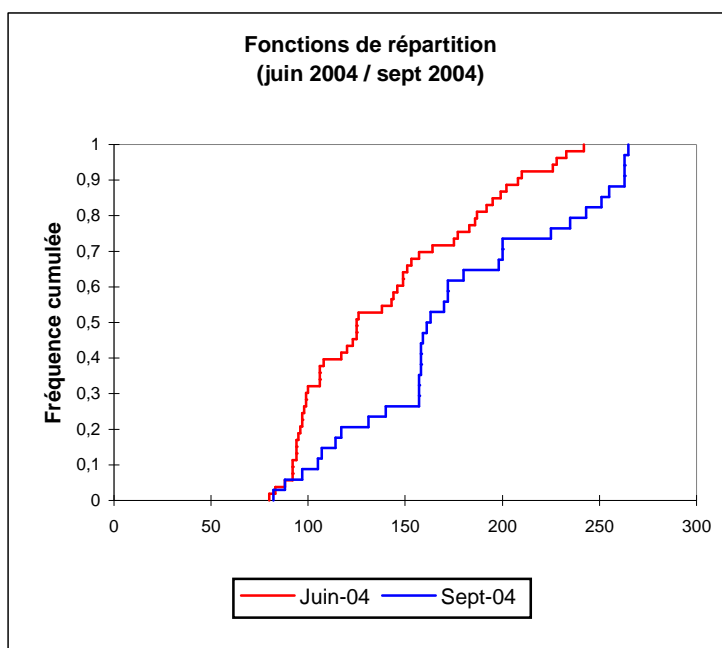
Interprétation du test :

H0 : La distribution des deux échantillons n'est pas significativement différente.

Ha : Les distributions des deux échantillons sont significativement différentes.

**Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification  $\alpha=0,05$ , on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.**

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,09%.



## Annexe 2

### Test non paramétrique de Kolmogorov et Smirnov Comparaison de deux échantillons

#### Différence des distributions de tailles des anguilles de moins de 300 mm entre les mois de juin et septembre 2004 sur Le Beuve (Moulin de Vernet)

Echantillon 1 : beuve juin 2004

Echantillon 2 : beuve septembre 2004

Différence supposée (D) : 0

Niveau de signification (%) : 5

#### Statistiques simples :

| Variable | Observations | Obs. avec données manquantes | Obs. sans données manquantes | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart-type |
|----------|--------------|------------------------------|------------------------------|---------|---------|---------|------------|
| juin-04  | 77           | 0                            | 77                           | 64,000  | 299,000 | 130,364 | 69,412     |
| sept-04  | 40           | 0                            | 40                           | 70,000  | 299,000 | 121,675 | 59,816     |

#### Test de Kolmogorov-Smirnov sur deux échantillons / Test bilatéral :

|         |       |
|---------|-------|
| D       | 0,158 |
| p-value | 0,418 |
| alpha   | 0,05  |

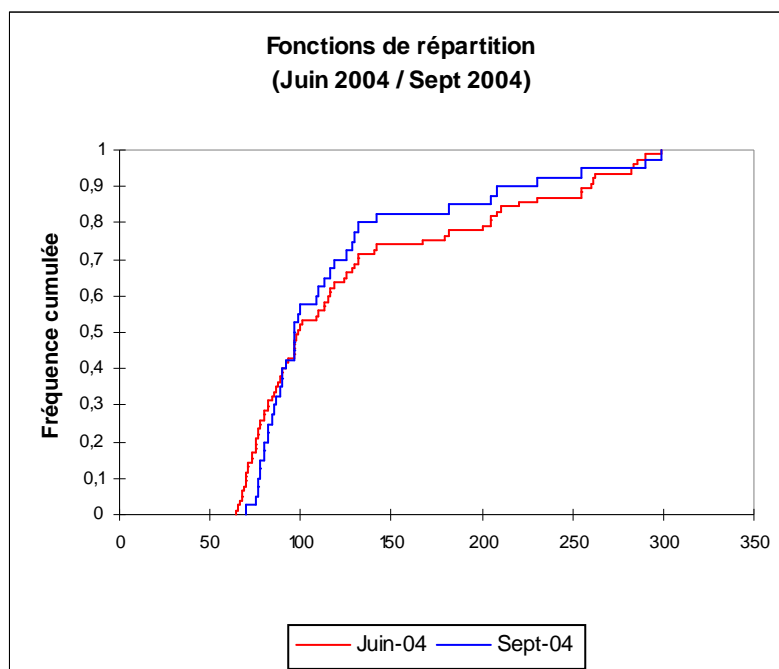
#### Interprétation du test :

H0 : La distribution des deux échantillons n'est pas significativement différente.

Ha : Les distributions des deux échantillons sont significativement différentes.

**Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil  $\alpha=0,05$ , on peut valider l'hypothèse nulle H0.**

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est de 41,76%.



## Annexe 3

### Périodes d'échantillonnage des pêcheries professionnelles d'anguilles jaunes en 2004 et 2005

| n°pêcheur | lieu                                     | Sous bassin | 2004   |        |         |          |         |           |          | 2005     |         |           |
|-----------|--|-------------|--------|--------|---------|----------|---------|-----------|----------|----------|---------|-----------|
|           |  |             | avril  | mai    | juin    | juillet  | août    | septembre | novembre | juillet  | août    | septembre |
| 1         | Pauillac                                 | Estuaire    | 1-avr. |        |         | 2-juil.  | 24-août |           | 3-nov.   |          | 26-août | 7-sept.   |
|           | Rejet de la centrale de Blaye            |             |        | 24-mai |         |          | 24-août |           |          |          |         |           |
| 2         | Blaye                                    |             |        |        |         |          | 26-août |           |          |          |         |           |
| 3         | Bourg (en face île verte coté Saintonge) | Dordogne    |        |        |         |          |         | 22-sept.  |          |          |         |           |
| 4         | Fronsac                                  |             |        | 24-mai |         |          | 25-août |           |          |          |         |           |
| 5         | Libourne Dordogne amont                  |             |        |        | 2-juin  |          |         |           |          |          |         |           |
| 6         | Savignac                                 |             |        |        |         | 20-juil. |         |           |          |          |         |           |
| 7         | Fronsac                                  |             |        |        |         |          |         |           |          |          | 1-août  | 14-sept.  |
| 8         | Libourne                                 |             |        |        |         |          |         |           |          |          | 2-août  |           |
| 9         | Libourne                                 |             |        |        |         |          |         |           |          |          | 5-août  | 2-sept.   |
| 10        | St Louis de Montferrand                  |             |        |        |         |          |         |           |          | 11-juil. |         |           |
| 11        | Saint Macaire                            |             |        |        |         |          |         |           |          | 8-juil.  |         | 6-sept.   |
| 12        | Bouliac                                  | Garonne     |        |        |         | 7-juil.  | 30-août |           |          | 19-juil. |         |           |
| 13        | Bordeaux                                 |             |        |        |         |          |         |           |          |          | 31-août |           |
| 14        | Cadillac                                 |             |        |        | 18-juin |          |         |           |          |          |         |           |
|           | Castets en Dordogne                      |             |        |        |         |          |         |           |          | 21-juil. |         |           |
| 15        | Taillebourg                              |             |        |        | 15-juin |          |         |           |          |          |         |           |
|           | Thouars-sur-Garonne                      |             |        |        |         |          |         |           |          |          |         | 16-sept.  |
|           | Port Ste Marie                           |             |        |        |         |          | 20-août |           |          |          |         |           |
|           | Colayrac-St-Cirq                         |             |        |        |         |          |         |           |          |          | 10-août |           |
|           | St Nicolas de la Balmerne                |             |        |        |         |          |         |           |          | 12-juil. |         |           |

## Annexe 4

### Test non paramétrique de Kolmogorov et Smirnov Comparaison de deux échantillons

#### Différence des échantillons de 2004 et 2005 sur l'estuaire

Echantillon 1 : estuaire 2004

Echantillon 2 : estuaire 2005

Différence supposée (D) : 0

Niveau de signification (%) : 5

#### Statistiques simples :

| Variable      | Observations | Obs. avec données manquantes | Obs. sans données manquantes | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart-type |
|---------------|--------------|------------------------------|------------------------------|---------|---------|---------|------------|
| estuaire 2004 | 254          | 0                            | 254                          | 149,000 | 595,000 | 308,815 | 97,543     |
| estuaire 2005 | 85           | 0                            | 85                           | 180,000 | 542,000 | 324,059 | 79,997     |

#### Test de Kolmogorov-Smirnov sur deux échantillons / Test bilatéral :

|         |       |
|---------|-------|
| D       | 0,186 |
| p-value | 0,020 |
| alpha   | 0,05  |

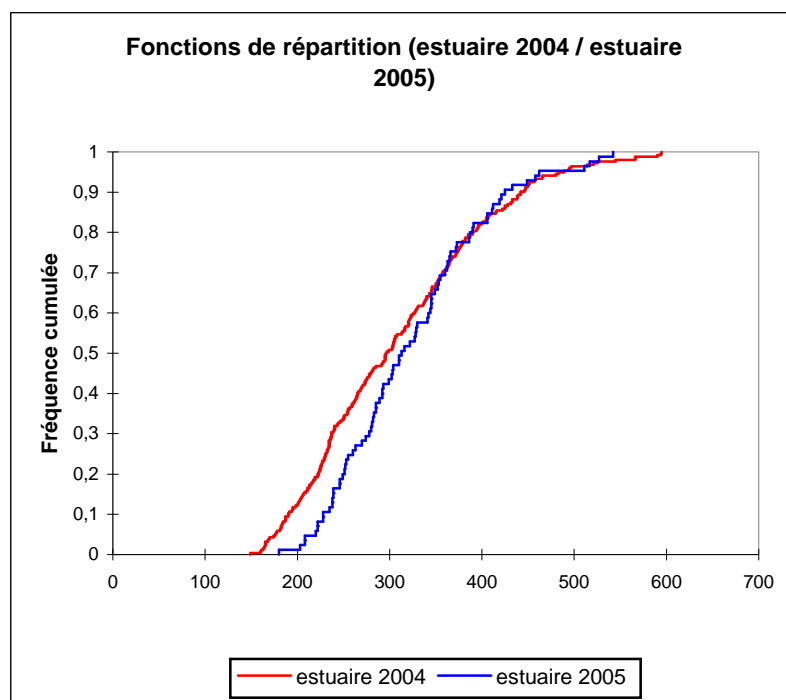
#### Interprétation du test :

H0 : La distribution des deux échantillons n'est pas significativement différente.

Ha : Les distributions des deux échantillons sont significativement différentes.

**Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification  $\alpha=0,05$ , on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.**

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 2,04%.



## Annexe 4

### Test non paramétrique de Kolmogorov et Smirnov Comparaison de deux échantillons

#### Différence des échantillons 2004 et 2005 sur la zone aval à la limite de marée dynamique

Echantillon 1 : zone aval 2004

Echantillon 2 : zone aval 2005

Différence supposée (D) : 0

Niveau de signification (%) : 5

#### Statistiques simples :

| Variable           | Observations | Obs. avec<br>données<br>manquantes | Obs. sans<br>données<br>manquantes | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart-type |
|--------------------|--------------|------------------------------------|------------------------------------|---------|---------|---------|------------|
| zone aval LMD 2004 | 456          | 0                                  | 456                                | 179,000 | 667,000 | 313,243 | 82,753     |
| zone aval LMD 2005 | 723          | 0                                  | 723                                | 70,000  | 655,000 | 322,485 | 78,173     |

#### Test de Kolmogorov-Smirnov sur deux échantillons / Test bilatéral :

|         |       |
|---------|-------|
| D       | 0,096 |
| p-value | 0,009 |
| alpha   | 0,05  |

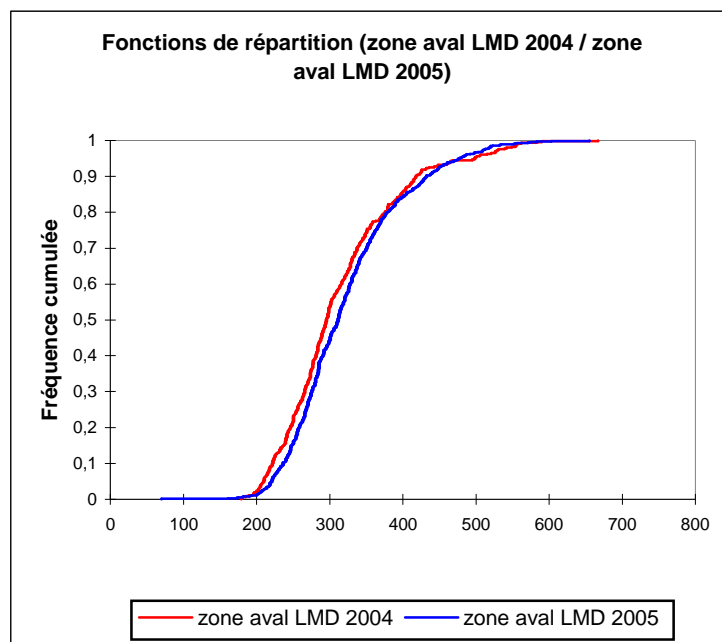
#### Interprétation du test :

H0 : La distribution des deux échantillons n'est pas significativement différente.

Ha : Les distributions des deux échantillons sont significativement différentes.

**Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification  $\alpha=0,05$ , on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.**

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,88%.





## Annexe 4

### Test non paramétrique de Kolmogorov et Smirnov Comparaison de deux échantillons

#### **Différence des échantillons 2004 et 2005 sur la zone amont à la limite de marée dynamique**

Echantillon 1 : zone amont LMD 2004

Echantillon 2 : zone amont LMD 2005

Différence supposée (D) : 0

Niveau de signification (%) : 5

#### Statistiques simples :

| Variable            | Observations | Obs. avec données manquantes | Obs. sans données manquantes | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart-type |
|---------------------|--------------|------------------------------|------------------------------|---------|---------|---------|------------|
| zone amont LMD 2004 | 117          | 0                            | 117                          | 256,000 | 703,000 | 429,803 | 71,192     |
| zone amont LMD 2005 | 274          | 0                            | 274                          | 239,000 | 780,000 | 411,354 | 99,214     |

#### Test de Kolmogorov-Smirnov sur deux échantillons / Test bilatéral :

|         |       |
|---------|-------|
| D       | 0,222 |
| p-value | 0,000 |
| alpha   | 0,05  |

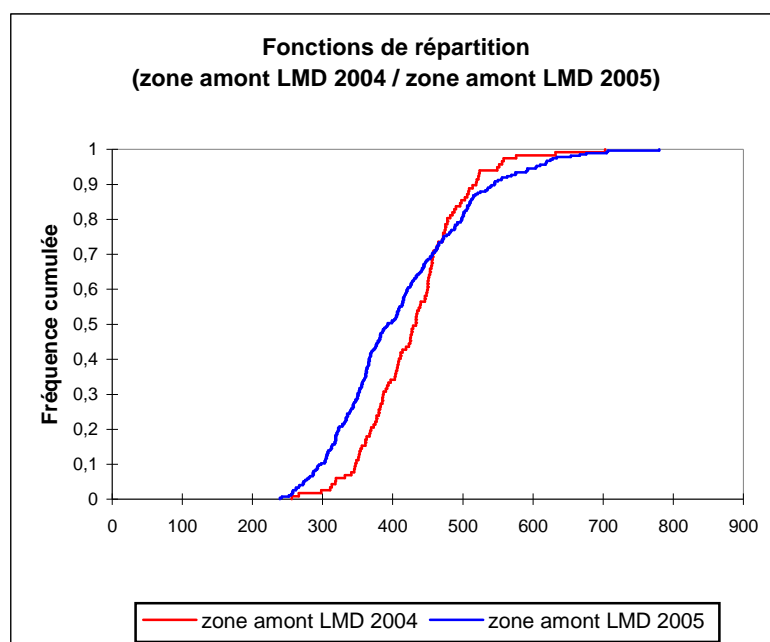
#### Interprétation du test :

H0 : La distribution des deux échantillons n'est pas significativement différente.

Ha : Les distributions des deux échantillons sont significativement différentes.

**Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification  $\alpha=0,05$ , on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.**

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,04%.



## Annexe 5

### Test non paramétrique de Kolmogorov et Smirnov Comparaison de deux échantillons

#### Différence de distribution des individus de moins de 300 m en 2004 et 2005 entre la zone aval et amont de la limite de marée dynamique

Echantillon 1 : zone amont LMD

Echantillon 2 : zone aval LMD

Différence supposée (D) : 0

Niveau de signification (%) : 5

#### Statistiques simples :

| Variable       | Observations | Obs. avec données<br>manquantes | Obs. sans<br>données<br>manquantes | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart-type |
|----------------|--------------|---------------------------------|------------------------------------|---------|---------|---------|------------|
| zone amont LMD | 31           | 0                               | 31                                 | 239,000 | 298,000 | 273,355 | 16,622     |
| zone aval LMD  | 564          | 0                               | 564                                | 70,000  | 299,000 | 256,037 | 30,080     |

#### Test de Kolmogorov-Smirnov sur deux échantillons / Test bilatéral :

|         |       |
|---------|-------|
| D       | 0,336 |
| p-value | 0,002 |
| alpha   | 0,05  |

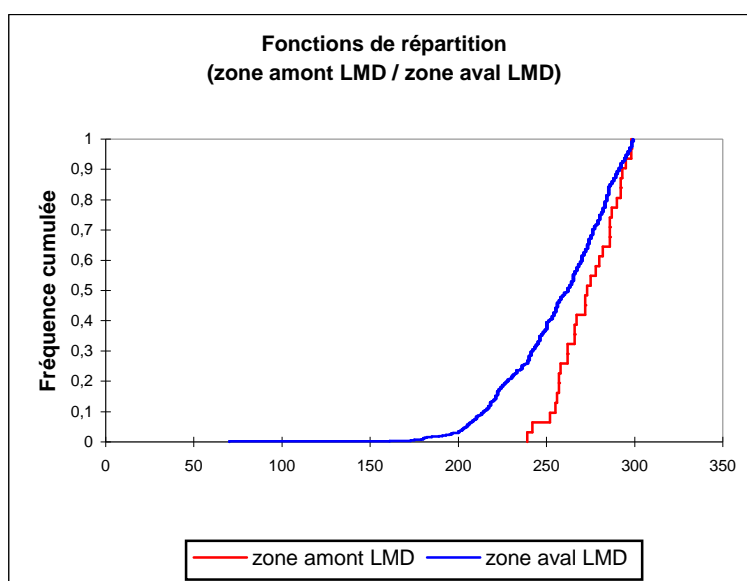
#### Interprétation du test :

H0 : La distribution des deux échantillons n'est pas significativement différente.

Ha : Les distributions des deux échantillons sont significativement différentes.

**Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification  $\alpha=0,05$ , on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.**

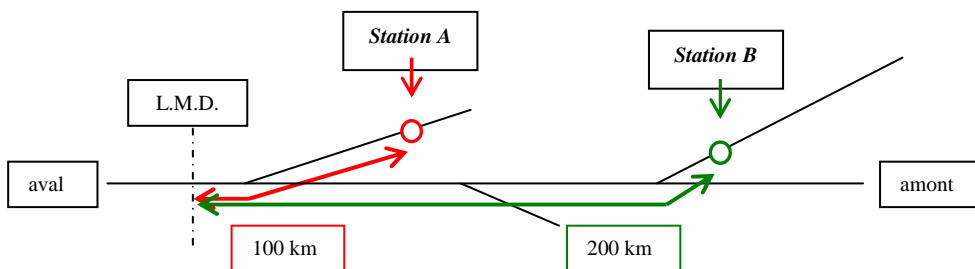
Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,15%.



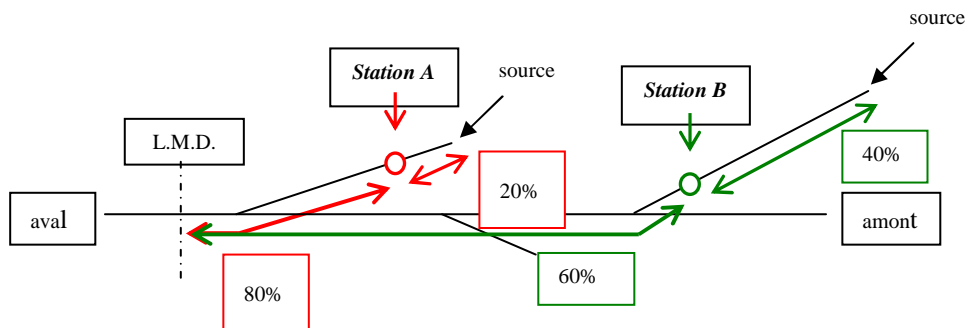
## Annexe 6

### Représentation schématique de la notion distance relative

**En distance absolue** A et B se situent respectivement à 100 et 200 km de la limite de marée dynamique



**En distance relative** A et B se situent respectivement à 100 et 200 km de la limite de marée dynamique



En définitif

|                          | Station A | Station B |
|--------------------------|-----------|-----------|
| <b>Distance absolue</b>  | 100 km    | 200 km    |
| <b>Distance relative</b> | 80 %      | 60 %      |

## Annexe 7

### Résultats du GLM sur la variable présence/absence pour la période 1978/1989

Meilleur modèle selon Kappa

bassin + nb\_barrage + dist\_absolue\_lmd:bassin

**indice Kappa=0.55**

glm(formula = pres\_abs ~ bassin + nb\_barrage + dist\_absolue\_lmd:bassin, family = binomial(), data = angmoin300mm\_78\_1989)

Deviance Residuals:

| Min     | 1Q      | Median | 3Q     | Max    |
|---------|---------|--------|--------|--------|
| -2.1649 | -0.6903 | 0.3407 | 0.7575 | 1.7878 |

Coefficients:

|                                 | Estimate  | Std. Error | z value | Pr(> z )   |
|---------------------------------|-----------|------------|---------|------------|
| (Constante)                     | 5.792586  | 1.981630   | 2.923   | 0.00347 ** |
| bassinGaronne                   | -3.817412 | 2.034747   | -1.876  | 0.06064 .  |
| nb_barrage                      | -0.019477 | 0.022408   | -0.869  | 0.38473    |
| bassinDordogne:dist_absolue_lmd | -0.050391 | 0.017089   | -2.949  | 0.00319 ** |
| bassinGaronne:dist_absolue_lmd  | -0.015689 | 0.005084   | -3.086  | 0.00203 ** |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 198.80 on 146 degrees of freedom

Residual deviance: 134.23 on 142 degrees of freedom

AIC: 144.23

## Annexe 7

### Résultats du GLM sur la variable présence/absence pour la période 1990/1996

Meilleur modèle selon Kappa  
dist\_absolue\_lmd + nb\_barrage

indice kappa = 0.57

```
glm(formula = pres_abs ~ dist_absolue_lmd + nb_barrage, family = binomial(), data =  
angmoin300mm_90_1996)
```

Deviance Residuals:

| Min     | 1Q      | Median  | 3Q     | Max    |
|---------|---------|---------|--------|--------|
| -1.8951 | -0.7929 | -0.1139 | 0.6276 | 2.3530 |

Coefficients:

|                  | Estimate  | Std. Error | z value | Pr(> z )     |
|------------------|-----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept)      | 2.166377  | 0.348021   | 6.225   | 4.82e-10 *** |
| dist_absolue_lmd | -0.020053 | 0.003061   | -6.552  | 5.70e-11 *** |
| nb_barrage       | -0.013866 | 0.016204   | -0.856  | 0.392        |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 264.74 on 190 degrees of freedom

Residual deviance: 182.35 on 188 degrees of freedom

AIC: 188.35

## Annexe 7

### Résultats du GLM sur la variable présence/absence pour la période 1997/2003

#### Meilleur modèle selon Kappa

bassin + dist\_absolue\_lmd

indice Kappa= 0.48

glm(formula = pres\_abs ~ bassin + dist\_absolue\_lmd, family = binomial(), data =  
angmoin300mm\_96\_2003)

Deviance Residuals:

| Min     | 1Q      | Median | 3Q     | Max    |
|---------|---------|--------|--------|--------|
| -1.7695 | -0.9762 | 0.5323 | 0.8099 | 2.1134 |

Coefficients:

|                  | Estimate  | Std. Error | z value | Pr(> z )     |
|------------------|-----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept)      | 1.416563  | 0.331984   | 4.267   | 1.98e-05 *** |
| bassinGaronne    | 0.535292  | 0.339723   | 1.576   | 0.115        |
| dist_absolue_lmd | -0.012414 | 0.001871   | -6.636  | 3.22e-11 *** |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

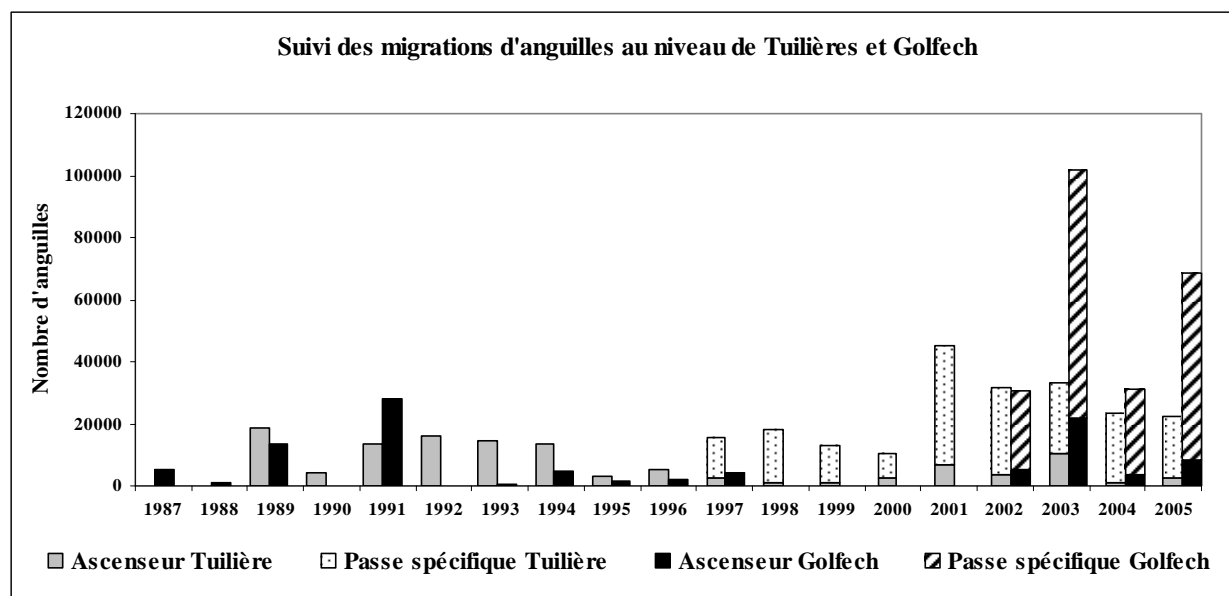
Null deviance: 337.99 on 243 degrees of freedom

Residual deviance: 280.59 on 241 degrees of freedom

AIC: 286.59

## Annexe 8

**Données de passages des anguilles à Tuilières et Golfech respectivement sur La Dordogne et La Garonne entre 1987 et 2005 (source M.L.GA.DO., 2006)**



## Annexe 9

### Résultats du GLM sur la variable niveau de capture pour la période 1978/1989

#### Meilleur Modèle selon AIC

Annee + bassin + dist\_absolue\_lmd + nb\_barrage

AIC = -348.80

#### Fonction GLM

glm(formula = niveau\_de\_capture ~ Annee + bassin + dist\_absolue\_lmd + nb\_barrage, family = gaussian(log), data = classemoin300mm\_78\_1989, maxit = 1000)

Deviance Residuals:

| Min       | 1Q        | Median   | 3Q       | Max      |
|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| -0.073577 | -0.010799 | 0.001775 | 0.012367 | 0.075326 |

Coefficients:

|                  | Estimate  | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|------------------|-----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept)      | -1.801019 | 0.245606   | -7.333  | 2.50e-10 *** |
| Annee1979        | -0.202506 | 0.325785   | -0.622  | 0.536146     |
| Annee1980        | -1.348502 | 1.070939   | -1.259  | 0.211978     |
| Annee1981        | 1.326771  | 1.334682   | 0.994   | 0.323471     |
| Annee1983        | -0.522981 | 0.254766   | -2.053  | 0.043678 *   |
| Annee1984        | 0.034435  | 0.233770   | 0.147   | 0.883299     |
| Annee1985        | 0.679822  | 0.530621   | 1.281   | 0.204184     |
| Annee1986        | -0.747451 | 1.461730   | -0.511  | 0.610652     |
| Annee1987        | 1.603544  | 1.415836   | 1.133   | 0.261098     |
| Annee1988        | -1.156429 | 1.224841   | -0.944  | 0.348209     |
| Annee1989        | -1.624550 | 0.948162   | -1.713  | 0.090889 .   |
| bassinGaronne    | -0.223559 | 0.163807   | -1.365  | 0.176516     |
| dist_absolue_lmd | -0.017669 | 0.004788   | -3.690  | 0.000429 *** |
| nb_barrage       | -0.149609 | 0.041121   | -3.638  | 0.000509 *** |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 0.0008969442)

Null deviance: 0.138322 on 86 degrees of freedom

Residual deviance: 0.065477 on 73 degrees of freedom

AIC: -348.81



## Annexe 9

### Résultats du GLM sur la variable niveau de capture pour la période 1990/1996

#### Meilleur modèle selon AIC

Annee + bassin + dist\_absolue\_lmd

AIC= -216.51

#### Fonction GLM

glm(formula = niveau\_de\_capture ~ Annee + bassin + dist\_absolue\_lmd, family = gaussian(log),  
data = classemoins300mm\_90\_1996, maxit = 1000)

#### Deviance Residuals:

| Min       | 1Q        | Median    | 3Q       | Max      |
|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| -0.106688 | -0.020838 | -0.001722 | 0.008148 | 0.136483 |

#### Coefficients:

|                  | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|------------------|----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept)      | -2.46889 | 0.36140    | -6.832  | 5.62e-09 *** |
| Annee1990        | -0.44004 | 0.47663    | -0.923  | 0.359710     |
| Annee1991        | 0.91658  | 0.33586    | 2.729   | 0.008395 **  |
| Annee1992        | -0.03372 | 0.31714    | -0.106  | 0.915703     |
| Annee1993        | -0.19196 | 0.32826    | -0.585  | 0.560959     |
| Annee1994        | 0.52843  | 0.70792    | 0.746   | 0.458403     |
| Annee1995        | -0.31000 | 0.46646    | -0.665  | 0.508956     |
| bassinGaronne    | 0.67287  | 0.19250    | 3.495   | 0.000914 *** |
| dist_absolue_lmd | -0.02273 | 0.00688    | -3.304  | 0.001635 **  |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 0.001981975)

Null deviance: 0.27936 on 66 degrees of freedom

Residual deviance: 0.11495 on 58 degrees of freedom

AIC: -216.51

## Annexe 9

### Résultats du GLM sur la variable niveau de capture pour la période 1997/2003

#### Meilleur modèle selon AIC

Annee + dist\_absolue\_lmd + nb\_barrage

AIC = -160.73

#### Fonction GLM

glm(formula = niveau\_de\_capture ~ Annee + dist\_absolue\_lmd + nb\_barrage,  
family = gaussian(log), data = classemoins300mm\_97\_2003, maxit = 1000)

Deviance Residuals:

| Min       | 1Q       | Median   | 3Q       | Max      |
|-----------|----------|----------|----------|----------|
| -0.046608 | 0.006452 | 0.009615 | 0.019231 | 0.057692 |

Coefficients:

|                  | Estimate  | Std. Error | t value | Pr(> t ) |
|------------------|-----------|------------|---------|----------|
| (Intercept)      | 10.06570  | 15.52557   | 0.648   | 0.5217   |
| Annee1998        | 0.23784   | 0.24737    | 0.961   | 0.3440   |
| Annee1999        | 0.25121   | 0.24612    | 1.021   | 0.3156   |
| Annee2000        | -0.02828  | 0.27870    | -0.101  | 0.9199   |
| Annee2001        | 0.60435   | 0.22137    | 2.730   | 0.0105 * |
| Annee2002        | -0.01376  | 0.27664    | -0.050  | 0.9607   |
| Annee2003        | 0.22383   | 0.32730    | 0.684   | 0.4993   |
| dist_absolue_lmd | -0.21207  | 0.26309    | -0.806  | 0.4265   |
| nb_barrage       | -11.09000 | 14.05797   | -0.789  | 0.4364   |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 0.0007394107)

Null deviance: 0.117491 on 38 degrees of freedom

Residual deviance: 0.022182 on 30 degrees of freedom

AIC: -160.73