



HAL
open science

Distribution, survie et croissance de l'ichthyoplancton en Gironde aval. : rapport final

V. Andreola, Mario Lepage

► **To cite this version:**

V. Andreola, Mario Lepage. Distribution, survie et croissance de l'ichthyoplancton en Gironde aval. : rapport final. [Rapport de recherche] irstea. 2014, pp.52. hal-02605478

HAL Id: hal-02605478

<https://hal.inrae.fr/hal-02605478v1>

Submitted on 16 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Programmation 2013 – Thème Préservation, restauration et réhabilitation des milieux aquatiques – Action 17



Distribution, survie, et croissance de l'ichtyoplancton en Gironde aval

Rapport final

Vincent ANDREOLA, Mario LEPAGE (Irstea)

Février 2014

- **AUTEURS**

Vincent **ANDREOLA**, Ingénieur d'études (Irstea), vincent.andreola@irstea.fr

Mario **LEPAGE**, Ingénieur de recherche (Irstea), mario.lepage@irstea.fr

- **CORRESPONDANTS**

Onema : Marie-Claude **XIMENES**, marie-claude.ximenes@onema.fr

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : national

Couverture géographique : France, Aquitaine, Poitou Charente, estuaire de la Gironde ;

Niveau de lecture : professionnels, experts



- **RESUME**

La restauration des habitats de poissons dans les estuaires est actuellement une préoccupation majeure. Dans l'estuaire de la Gironde, comme dans les autres, les projets de développements portuaires et industriels qui exigent un accès direct aux cours d'eau nécessitent souvent la création de remblais et entraîne la destruction des habitats. Les zones humides estuariennes telles que les vasières intertidales et les marais offrent de nombreux services écologiques et agissent comme des habitats essentiels pour de nombreuses espèces et ce, dès les plus jeunes stades de développement. En effet, beaucoup de larves d'espèces marines dont les œufs éclosent en mer colonisent l'estuaire et en particulier les vasières de celui-ci par les marées. Ils s'y installent pour une courte période, s'y nourrissent et grandissent.

Pour mieux comprendre l'importance des zones intertidales pour les poissons, des campagnes de pêche sont menées dans la partie aval de l'estuaire de la Gironde. L'ichtyoplancton présent sur les vasières intertidales est récolté durant le flot des grandes marées à l'aide d'un filet de type Bongo et d'un traineau supra-benthique. Des échantillons de larves sont collectés en surface et au fond de la colonne d'eau, une fois par mois, de février à septembre 2013, à l'aide d'un petit bateau de pêche de 7m de long. Le bateau est maintenu face au courant à une vitesse de 2 noeuds. Chaque site échantillonné sur la rive gauche a son équivalent géographique sur la rive droite. L'identification au niveau de l'espèce, le comptage et la mesure des longueurs individuelles sont effectués sous loupe binoculaire au laboratoire. L'abondance des larves utilisant ces habitats est estimée et les structures des populations de chaque site sont comparées. Les premiers résultats montrent que les larves de poissons n'utilisent pas les zones intertidales de la Gironde comme on s'y attendait. En effet, la baie du Verdon, qui constitue la plus vaste zone intertidale de l'estuaire affiche les abondances de larves les plus faibles. Plus généralement, les zones les plus abritées du courant semblent héberger des abondances de larves inférieures à celles observées au niveau des zones non protégées.

Les données recueillies permettent d'étudier la croissance et la survie des larves de poissons. Ces deux paramètres sont étroitement liés, mais ils dépendent également de plusieurs autres facteurs environnementaux comme la température, la disponibilité des proies et leur qualité. L'indicateur ELFI (utilisé pour la DCE) qualifie l'état écologique de la Gironde aval de « médiocre ».

Cette étude répond à la question suivante: les faibles abondances de juvéniles et d'adultes de poissons dans la Gironde sont elles causées par un échec rencontré lors de la colonisation et l'installation des larves ou par la mauvaise viabilité des jeunes stades? La restauration de vasières intertidales et subtidales nécessite la connaissance des rôles écologiques de ces écosystèmes. Cette étude fournira des connaissances essentielles sur le rôle écologique qu'ont les vasières de l'estuaire de la Gironde pour les populations de larves de poissons. La poursuite de cette étude fournira des informations sur les lieux où des actions de restauration doivent être mises en œuvre afin de maximiser les potentialités de colonisation par les poissons des zones intertidales estuariennes en Gironde.

- **MOTS CLES (THEMATIQUE ET GEOGRAPHIQUE)**

Recrutement, larves de poissons, estuaire de la Gironde, distribution géographique, survie, croissance, état écologique.

- **DISTRIBUTION, SURVIVAL, AND GROWTH OF ICHTHYOPLANKTON IN THE DOWNSTREAM PART OF THE GIRONDE ESTUARY.**

- **ABSTRACT**

Restoring fish habitats in estuaries is at present a major concern for stakeholders. In the Gironde estuary, as in the other estuaries, projects of port and industrial developments that require direct access to waterways often require the creation of embankments and dykes, destroying habitats for fish. Estuaries wetlands such as intertidal mudflats and marshes provide numerous ecological services and act as essential habitats for many species and this, from the youngest stages of development. Actually, many larvae of marine species whose eggs hatch at sea colonize the estuary and especially the mudflats of the latter via the tides. There they settle for short period, they feed and grow.

To better understand the importance of these habitats for fish species, surveys are conducted to collect ichthyoplankton with bongo-type net and bottom frame-trawl net (mesh size 500 μm for both nets) from the intertidal mudflats. Samples of larvae are collected, throughout the water column, once a month from February to September 2013, in different mudflats located in the downstream part of Gironde estuary using a small fishing boat. Surveys occur during the flood of spring tides. The boat is maintained face to the flood current, at speeds of 2 knots. Each sampling site on the left shore has its geographical equivalent on the right shore. Identification to the species level, counting and measuring of individual lengths are performed under binocular loupe at the lab. The abundance of larval populations using these habitats is estimated and the population structures at each site are compared. First results show that fish larvae are not using Gironde intertidal areas as they were expected to. Actually, the larger mudflat called "Bay of Verdon" experiences the lowest abundances of larvae. More generally, sheltered areas seem to experience lower abundances of ichthyoplankton than unprotected areas. Moreover, collected data enabled us to study fish larvae growth and survivorship. These two parameters are interconnected but they are also closely linked to several environmental factors as temperature, prey availability and quality. The lower Gironde estuary was qualified in bad ecological status according to the ELFI index that considers fish populations.

This study brings new insight to the following question: are low abundances of juvenile and adult fish in the Gironde caused by a failure in colonization and settling or by unsuccessful viability of young stages? The restoration of intertidal and subtidal mudflats requires knowledge of all the ecological functions of these ecosystems. This study will provide essential knowledge about the ecological function of the Gironde estuary mudflats towards larvae populations and will give information on where restoration action should be taken as to maximize the potentialities of new settler fish larvae.

- **KEY WORDS (THEMATIC AND GEOGRAPHICAL AREA)**

Early settling, fish larvae, Gironde estuary, geographical distribution, survival, growth, ecological status.

- **SOMMAIRE**

Introduction générale

Première partie: Etude du compartiment ichtyoplanctonique de l'aval de l'estuaire de la Gironde - Structure des peuplements

1. Introduction	9
2. Méthodologie mise en œuvre	9
2.1. Les pêches	9
2.1.1. <i>Situation spatio-temporelle de l'échantillonnage</i>	9
2.1.2. <i>Les engins utilisés</i>	10
2.1.3. <i>Déroulement des campagnes</i>	11
2.2. Etude en laboratoire de la faune récoltée	12
2.3. Traitement des données	13
3. Résultats obtenus	13
3.1. Les prélèvements effectués en 2013	13
3.2. Caractérisation générale des peuplements	14
3.2.1. <i>Les espèces rencontrées</i>	14
3.2.2. <i>Fréquence des espèces</i>	17
3.3. Analyse des abondances	18
3.3.1. <i>Analyse spatiale des abondances</i>	19
3.4. Evolution du peuplement larvaire au cours du temps	21
3.5. Partie spécifique	22
3.5.1. <i>Le gobie</i>	22
3.5.2. <i>L'anchois</i>	23
3.5.3. <i>Le bar</i>	24
3.5.4. <i>Le sprat</i>	25
3.5.5. <i>La sole commune</i>	26
3.5.6. <i>La sole sénégalaise</i>	26
3.5.7. <i>Le flet</i>	27
3.5.8. <i>L'anguille</i>	27
4. Synthèse de la première partie	27
1. Introduction	29
2. Méthodologie mise en œuvre	29
2.1. Caractérisation physico-chimique des sites	29
2.1.1. <i>Granulométrie des sites</i>	29
2.1.2. <i>Physico-chimie de l'eau</i>	31
2.1.3. <i>La courantométrie</i>	31
2.2. Etude de la croissance et de la survie	31
3. Résultats obtenus	33
3.1. Résultats de l'étude de croissance	33
3.1.1. <i>Croissance et survie des larves de gobie</i>	33
3.1.2. <i>Croissance et survie des larves de sprat</i>	34
3.1.3. <i>Croissance et survie des larves d'anchois</i>	35

3.2.	Mise en relation avec le milieu	36
3.2.1.	<i>La granulométrie de l'estuaire en 1998</i>	36
3.2.2.	<i>La granulométrie de l'estuaire en 2013</i>	37
3.2.3.	<i>La courantométrie</i>	39
3.2.4.	<i>La température</i>	40
3.2.5.	<i>La salinité</i>	42
4.	Synthèse de la deuxième partie	43
	Bibliographie	44
	Table des illustrations	48
	Annexes	50

INTRODUCTION GENERALE

Contexte

Les estuaires sont des zones de reproduction et des nourriceries pour de nombreuses espèces animales aquatiques (Lobry, Mourand et al. 2003). Les zones humides estuariennes de l'Ouest Atlantique, et notamment celles de la Loire et de la Gironde en France, constituent des habitats essentiels pour de nombreuses espèces de poissons, et ce dès les plus jeunes stades de développement. Les fractions juvéniles de poisson se nourrissent des organismes présents sur ces zones durant les périodes de marée haute (Gibson, Robb et al. 1996, Kneib 1997), et sont protégées des prédateurs piscivores plus abondants dans les eaux plus profondes (Ruiz, Hines et al. 1993, Paterson and Whitfield 2000). Les vasières sont aujourd'hui connues pour offrir aux juvéniles de poissons les conditions nécessaires à leur survie et à leur développement. Les eaux turbides estuariennes limitent la prédation, et offrent des conditions environnementales favorables à une diminution des dépenses énergétiques basales. A titre d'exemples, les faibles températures hivernales limiteront l'activité métabolique lors d'une période de faible abondance trophique (Elliott, O'Reilly et al. 1990), et une baisse de la salinité diminuera le coût énergétique lié à l'osmorégulation. Les zones intertidales estuariennes ont un impact positif sur les abondances de juvéniles (Nicolas, Lobry et al. 2010). Les zones humides en aval de l'estuaire de la Gironde sont soumises à un fort impact anthropique. Les projets d'aménagements industriels et portuaires nécessitant un accès direct aux voies navigables entraînent la mise en place de remblais et menacent ainsi les habitats des poissons tels que les vasières et les marais. Dans l'estuaire de la Gironde les vasières intertidales regroupées dans la partie aval de l'estuaire représentent une faible superficie en comparaison avec la surface en eau.

La qualité écologique de la Gironde a été évaluée dans le cadre de la DCE (Directive Cadre Européenne sur l'eau). L'indicateur poisson ELFI classe la Gironde aval en état écologique médiocre et la Gironde centrale en mauvais état écologique. La plupart des masses d'eau du district Adour-Garonne sont classées en état moyen et médiocre par l'indicateur ELFI. De faibles abondances de juvéniles et d'adultes de poissons sont donc observées dans l'estuaire de la Gironde. Mais qu'en est-il du compartiment ichtyoplanctonique ? **Les faibles abondances de juvéniles et d'adultes observées en Gironde sont-elles dues à une faible colonisation de l'estuaire par les larves de poissons, ou à une mauvaise viabilité des jeunes recrues ?**

Les larves de poissons colonisent les estuaires où elles s'installent et se développent. Les larves ont la capacité de migrer d'une masse d'eau à une autre, et d'utiliser ainsi les courants propices à leur migration ou à leur rétention dans l'estuaire. Cette capacité des larves à se déplacer verticalement leur permet de transiter vers l'amont ou vers l'aval, ou d'être retenue dans l'estuaire, suivant la direction du courant dans la masse d'eau où elles se trouvent (Fortier and Leggett 1983, Jager and Mulder 1999, Schultz, Lwiza et al. 2003). Ainsi, la colonisation de l'estuaire de la Gironde par les larves d'origine marine n'est qu'en partie passive. Les plus jeunes larves de poissons (bien que capables de comportements actifs) restent fortement passives vis-à-vis du déplacement des masses d'eau. De plus, l'estuaire de la Gironde, qualifié de macrotidal, affiche de forts débits, et des valeurs de courantométrie importante ; on peut donc supposer que les larves pénétrant un tel système par l'intermédiaire des courants de flot sont dans l'obligation de rapidement coloniser les rives et les zones intertidales où le courant est réduit par rapport au large afin de se maintenir dans l'estuaire (Beckley 1985, Roper 1986). Par ailleurs, la morphologie actuelle de l'estuaire de la Gironde, sa topographie, et notamment l'entretien de chenaux navigables lui confèrent des différences marquées en termes de bathymétrie et d'hydrologie (Sottolichio 1999) entre ses deux rives. On peut émettre l'hypothèse selon laquelle la variabilité latérale du flux d'eau entrant dans l'estuaire va conditionner une variabilité latérale de la distribution de larves. Nous pensons donc que la répartition des larves peuplant l'estuaire présente des différences de richesse spécifique et/ou d'abondances entre les différentes vasières, et notamment entre les vasières des deux rives. On peut s'attendre à observer des zones de rétention où l'abondance en ichtyoplancton sera plus importante. **Les larves de poissons colonisent-elles de manière importante les zones intertidales de l'estuaire de la Gironde? Trouvent-elles les conditions nécessaires à une bonne survie et un bon développement ?**

Structure du rapport

Ce rapport porte sur l'étude des peuplements larvaires des vasières intertidales de l'aval de l'estuaire de la Gironde. Il s'articule comme suit :

- Dans une première partie, nous caractérisons et comparons les peuplements de ces différentes vasières.

- Dans une deuxième partie, nous mettons en relation le compartiment ichtyoplanctonique avec le milieu dans lequel il évolue. Nous étudions la croissance et la survie des larves de poisson dans l'estuaire de la Gironde.

PREMIERE PARTIE

Etude du compartiment ichtyoplanctonique de l'aval de
l'estuaire de la Gironde

Structure des peuplements

1. Introduction

Peu d'études ont été menées concernant les larves de poissons de l'estuaire de la Gironde. La dernière en date a fait l'objet d'une étude réalisée par le Cemagref de Bordeaux dans le cadre d'un mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies de l'Université de Bordeaux (Taverny 1984). La répartition géographique et les fluctuations de l'ichtyoplancton avaient alors été étudiées. Des larves d'espèces possédant des stratégies de vie différentes sont rencontrées dans l'estuaire de la Gironde, et ce dernier joue un rôle écologique bien défini en fonction de ces stratégies. On rencontre des larves d'espèces endémiques, telles que les gobies (*Pomatoschistus minutus*, *P. microps*, ...), qui effectuent la totalité de leur cycle biologique dans l'estuaire. Pour ces espèces endémiques l'estuaire représente le support vital de tout leur cycle biologique. On rencontre également des larves d'espèces amphihalines, représentées par les migrateurs changeant deux fois de milieu de vie, telles que le flet (*Platichthys flesus*) ou l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*). Pour ces espèces l'estuaire peut constituer un lieu de préparation physiologique aux migrations, de sédentarisation de certains individus, et une nurricerie pour certaines écophases. Enfin, sont rencontrées dans l'estuaire de la Gironde des espèces euryhalines d'origine marine qui pénètrent dans ce dernier à l'occasion de certaines phases de leur cycle biologique. C'est le cas des soles (*Solea solea*, *Solea senegalensis*), du sprat (*Sprattus sprattus*), des bars (*Dicentrarchus labrax*, *D. punctatus*), de la motelle (*Ciliata mustela*), du dragonnet (*Callionymus lyra*), ou encore du merlan (*Merlangius merlangus*). Pour ces espèces, et notamment pour leurs fractions juvéniles, l'estuaire est une nurricerie importante.

Les œufs de poisson appartiennent également au compartiment ichthyoplanctonique mais ne sont pas considérés ici. Notre investigation porte donc sur les stades « larve » et « post-larve » de poissons (**Figure 1**).

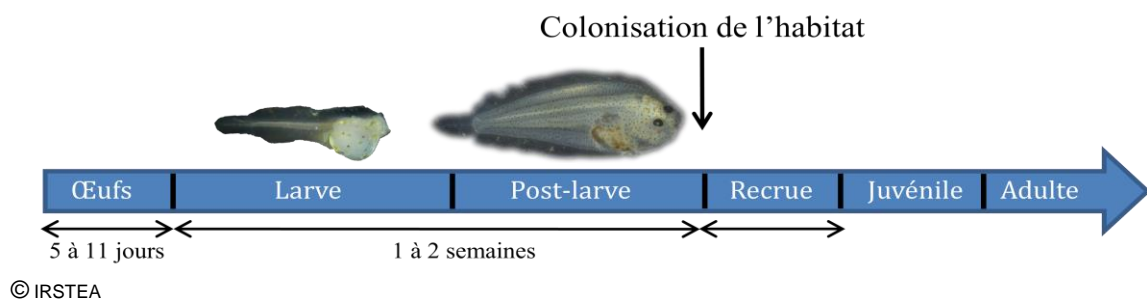


Figure 1 : Représentation schématique des différentes écophases du cycle de vie de la sole commune (*Solea solea*).

Les questions auxquelles nous souhaitons répondre sont les suivantes :

- Les abondances de larves sont-elles différentes entre les zones intertidales et l'axe central de l'estuaire ?
- Les abondances de larves diffèrent-elles d'une rive à l'autre ?
- Les abondances de larves diffèrent-elles d'une vasière à une autre ?
- Existe-t-il une ou plusieurs zones propices à l'installation des larves de poisson (zones de rétention) ?

2. Méthodologie mise en œuvre

2.1. Les pêches

2.1.1. Situation spatio-temporelle de l'échantillonnage

L'échantillonnage est programmé de sorte à couvrir les périodes de présence des larves dans l'estuaire (

Tableau 12 en annexe). Les pêches ont lieu de février à septembre 2013, avec une fréquence mensuelle. Au total, 8 stations sont échantillonnées en partie aval de l'estuaire (Figure 2). Parmi elles, 6 vasières intertidales sont échantillonnées (3 en rive Médoc, et 3 en rive Saintonge) :

- Station 1 : Anse de la Chambrette, pK 94
- Station 2 : Baie du Verdon, pK 90

- Station 3 : Saint Vivien, pK 80
 - Station 4 : Baie de Royan, pK 100
 - Station 5 : Baie de Meschers-sur-Gironde, pK 87
 - Station 6 : Baie de Chant Dorat, pK 83
- Ces 6 stations font l'objet de prélèvements en surface et au fond. Les stations 7 et 8 font l'objet de prélèvements de surface réalisés au large, sur l'axe médian de l'estuaire :
- Station 7 : Banc de Saint Georges pK 95
 - Station 8 : Banc des Marguerites pK 87

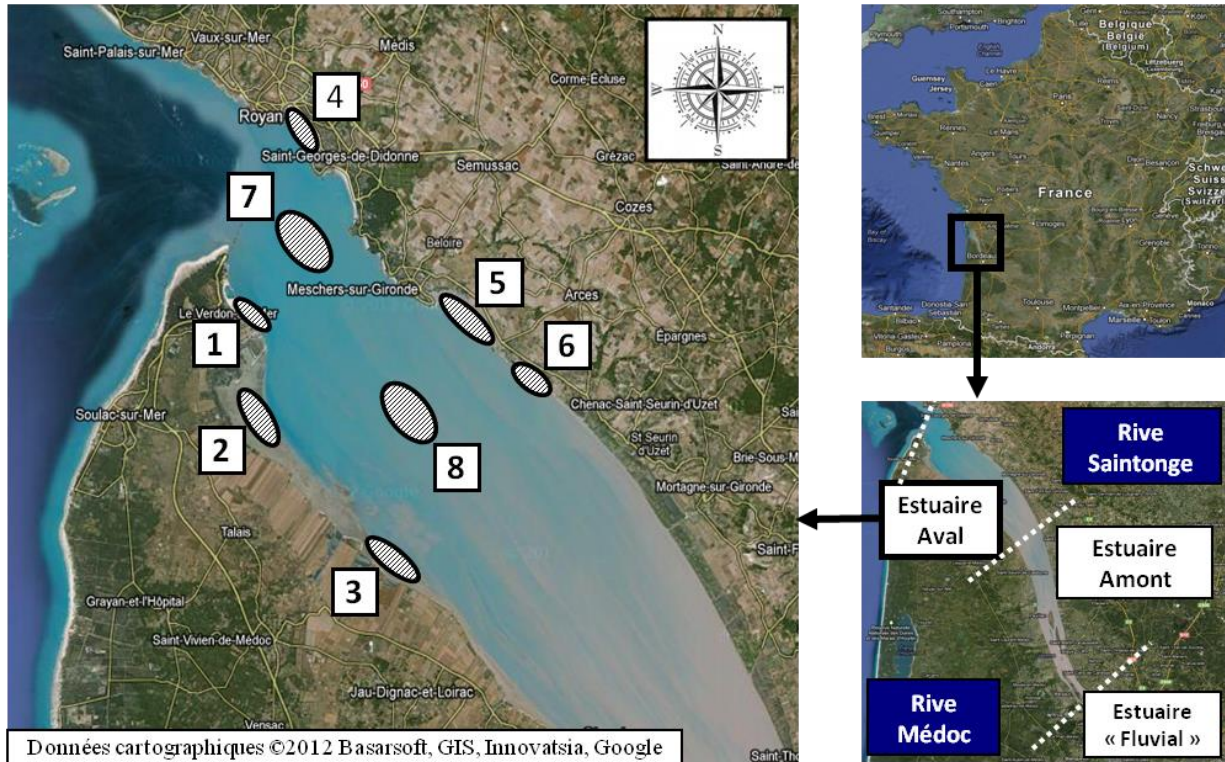


Figure 2 : Localisation des stations échantillonnées sur l'estuaire de la Gironde

Code stations : 1 : Anse de la Chambrette; 2 : Baie du Verdon; 3 : Saint Vivien; 4 : Baie de Royan; 5 : Baie de Meschers-sur-Gironde; 6 : Baie de Chant Dorat; 7 : Banc de Saint Georges; 8 : Banc des Marguerites.

L'échantillonnage a été mensuel, de février à septembre, lors des grands coefficients de marée (de 70 à 120). Une campagne nécessite en général trois journées de travail.

2.1.2. Les engins utilisés

Les campagnes d'échantillonnage sont menées à l'aide d'une vedette en aluminium de 7,5 m de long, le *Dedious* (Figure 3), ayant un tirant d'eau de 40 cm, avec lequel il est possible de pêcher sur les vasières intertidales de l'estuaire.



© IRSTEA

Figure 3 : *Dedious*, coque en aluminium, 7m de long.

L'ichtyoplancton est collecté grâce à deux filets constitués d'une maille carrée (500µm x 500µm). Le premier est un filet de type « Bongo », de 4m de long, fixé sur un cadre de 1m² d'ouverture que l'on porte sur le côté du bateau (Figure 4). Ce filet permet un échantillonnage en surface de la colonne d'eau. Le second est un filet de 3,5 m de long fixé sur un cadre de 60 cm² d'ouverture, monté sur des patins lui permettant d'être tracté derrière le bateau sur des substrats meubles, et le maintenant à 20 cm au dessus du fond (Figure 4). Ce filet permet un échantillonnage au niveau du fond. Chaque filet est muni d'un courantomètre à hélice (modèle : General Oceanic 2030 R) pour mesurer le volume d'eau filtré.



Figure 4 : Filet de type Bongo (à gauche), et traineau supra-benthique (à droite)



© IRSTEA

Figure 5 : Collecteur en PVC

Les deux engins sont également équipés de collecteurs en PVC qui favorisent le refoulement de l'eau pendant la pêche, minimisant donc le colmatage, et qui facilitent la récupération des échantillons.

2.1.3. Déroulement des campagnes

Les pêches sont réalisées de jour (entre l'heure légale du lever du soleil et l'heure légale du coucher du soleil), pendant les 3 dernières heures du flot et en cas de nécessité, pendant la première heure de jusant. La profondeur d'eau des stations varie entre 1,50 m et 6 m. La durée d'un trait de pêche est de 5 minutes, ou parfois de 3 minutes dans le cas où les méduses étaient trop nombreuses, pour éviter le colmatage du filet. Le bateau est maintenu face au courant, à une faible vitesse d'environ 2 nœuds.

Pour chaque campagne 3 échantillons en surface et 3 échantillons au fond sont prélevés au niveau de chaque vasière. Les prélèvements en surface et au fond ne sont pas effectués simultanément. Un échosondeur est nécessaire afin de détecter d'éventuels obstacles sur le fond. Concernant les stations 7 et 8, situées sur l'axe médian de l'estuaire, seuls les prélèvements en surface de la colonne d'eau ont été réalisés.



© IRSTEA

© IRSTEA

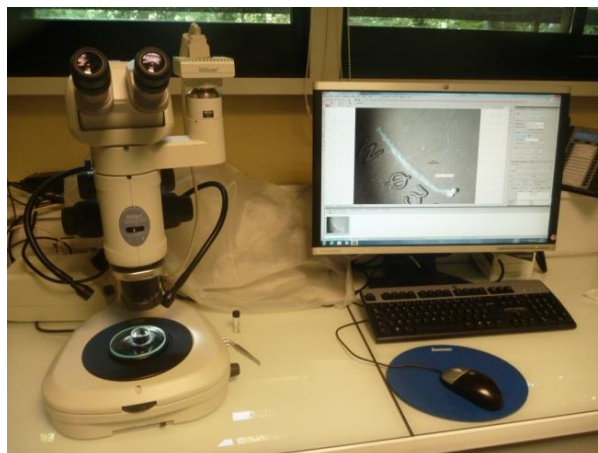
Figure 6 : Récupération des échantillons contenus dans les collecteurs.

Les échantillons sont récupérés sur un tamis (Figure 6) et conditionnés dans des bocaux en plastique. Les échantillons sont fixés au formaldéhyde concentré à 6 % et tamponné à pH 7.

2.2. Etude en laboratoire de la faune récoltée

Les échantillons initialement fixés dans du formaldéhyde sont rincés et reconditionnés dans de l'éthanol concentré à 75%. Les larves de poissons sont identifiées et dénombrées sous loupe binoculaire. Les échantillons sont conservés après traitement.

Pour l'identification, dans la plupart des cas, une approche morphologique basée sur l'utilisation de clés de détermination, d'ouvrages (Munk and G. Nielsen 2005), ou d'articles scientifiques, est suffisante. L'identification de la plupart des larves se fait rapidement, à partir de critères morphologiques facilement repérables. Cependant, le mauvais état de conservation de certains individus où l'arrivée d'espèces jusque-là absentes de nos prélèvements peut parfois rendre l'identification difficile. De même, pour des échantillons comprenant une grande quantité de débris végétaux, le tri peut devenir long et fastidieux. La longueur standard des larves est mesurée, soit à l'aide d'un pied à coulisse, soit par l'intermédiaire d'un système informatique d'acquisition de données (Figure 7), pour les plus petites larves.



© IRSTEA

Figure 7 : Loupe binoculaire (Nikon SMZ1500), système d'acquisition (caméra Nikon DS-F11, logiciel NIS)

2.3. Traitement des données

Les volumes filtrés sont calculés à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{Volume d'eau filtré (m}^3\text{)} = \text{ouverture du cadre (m}^2\text{)} * \text{nombre de tours d'hélice du courantomètre} * \text{constante de l'appareil}$$

Des indices de fréquence (If) sont calculés comme suit pour chaque espèce :

$$\text{If (\%)} = \text{nombre de fois ou l'espèce apparait} + \text{nombre de prélèvement}$$

La diversité spécifique est exprimée par l'indice H de Shannon (Shannon and Weaver, 1963) et décrit comme suit :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \text{Log}_2 p_i$$

Où $p_i = N_i/N$

N_i : nombre d'individus d'une espèce donnée, i allant de 1 à S (nombre total d'espèces).

N : nombre total d'individus.

Les abondances relevées dans chaque échantillon sont ramenées à 1000 m³ d'eau filtrée.

L'analyse des résultats est basée sur l'utilisation des tests statistiques de Mann et Whitney et Kruskal Wallis. Les tests sont réalisés à l'aide du logiciel R.

3. Résultats obtenus

Les résultats obtenus en 2013 sont notamment comparés avec ceux obtenus lors d'investigations passées :

- les pêches effectuées en mars et mai 2012 par l'IRSTEA. Le nombre de prélèvements est moindre mais le protocole d'échantillonnage était le même qu'en 2013.
- l'étude du plancton d'intérêt halieutique de la Gironde, réalisée par le Cemagref (Taverny 1984).
- le suivi halieutique annuel de l'estuaire de la Gironde, effectué par l'IRSTEA depuis 1979 (Girardin and Castelnaud 2011).

Ce suivi comporte 4 transects qui couvrent la partie amont de l'estuaire. Le transect le plus en aval se situe à moins de 15 km des sites les plus en amont de la présente étude. Le protocole de ce suivi ne permet pas la capture des plus petits individus (larves juste après l'éclosion).

3.1. Les prélèvements effectués en 2013

Tableau 1 : Récapitulatif des prélèvements effectués en 2013

Mois	Jour	Coefficient de marée	Station							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Février	12	104	6	6						3
Février	13	97			*	6	6	*		3
Mars	11	100	6							
Mars	12	103		6	6					
Mars	26	91						3	3	3
Mars	27	100				6	6	3		
Avril	8	93	6	6						
Avril	23	77				6			3	3
Avril	24	90			6			6		
Avril	25	99					6			
Mai	21	60				6	6			
Mai	22	73	6	6	*			*	3	3
Juin	10	76				6			3	
Juin	11	74		6	6					3
Juin	12	73	6				6	5		
Juillet	8	75				6	5			
Juillet	9	78	6	6					3	
Juillet	10	79			6			6		3

Août	7	83				6	6			
Août	8	86	6	4					3	
Août	9	86			6			6		3
Septembre	18	85				6	6			
Septembre	19	97	6	6						
Septembre	20	104			6			6	*	*
Totaux		24 sorties	48	46	36	48	47	35	21	21
302 échantillons										

*Prélèvements non réalisés (mauvaises conditions de terrain).

Nota bene : les prélèvements effectués en septembre n'ont pas été traités.

3.2. Caractérisation générale des peuplements

3.2.1. Les espèces rencontrées

L'identification précise de certaines larves doit parfois passer par une approche anatomique plus contraignante et plus longue. C'est le cas des gobies dont trois espèces (*Pomatoschistus microps*, *Pomatoschistus minutus*, et *Cristalogobius linearis*) sont fréquemment rencontrées dans l'estuaire de la Gironde, et dont l'identification précise est fastidieuse (Pasquaud, Girardin et al. 2003). Au vu du grand nombre de gobies collectés dans cette étude et de la méthode de conservation (individus formolés) la distinction entre les trois espèces n'a pas pu être faite pour les larves. Il en est de même pour les hippocampes. Quelques blennies ont été capturées mais n'ont pas pu être identifiées à l'espèce. Elles peuvent appartenir à plusieurs espèces (*Parablennius gattorugine*, *Blennius ocellaris*...). Elles ne figurent pas dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Espèces rencontrées sur les différents sites pendant l'année 2013, prélèvements de fond et de surface confondus.

Code couleur : (+) présence de larves; (+) présence de post-larves; (+) présence de juvéniles et d'adultes.

Famille	Espèce	Station							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Ammodytidae	Lançon équille (<i>Ammodytes tobianus</i>)	+	+		++	+	+	+	
Anguillidae	Anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>)	+	+	+	+	+	+		
Belonidae	Orphie (<i>Belone belone</i>)	+						+	++
Clupeidae	Sprat (<i>Sprattus sprattus</i>)	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
-	Alose feinte (<i>Alosa fallax</i>)			+			+		+
Engraulidae	Anchois commun (<i>Engraulis encrasicolus</i>)	++	+	++	+++	++	++	++	+
Gadidae	Motelle à 5 barbillons (<i>Ciliata mustela</i>)	+				+			
-	Tacaud commun (<i>Trisopterus luscus</i>)	+	+		+				
-	Merlan (<i>Merlangius merlangus</i>)	+			+	+		+	
Gasterosteidae	Epinoche (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	+		+				+	+
Gobiidae	Gobie (<i>Pomatoschistus sp</i>)	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Labridae	Vieille commune (<i>Labrus bergylta</i>)	++	+	+	+				
Moronidae	Bar franc (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	++	++	+++	++	++	+++		+
-	Bar moucheté (<i>Dicentrarchus punctatus</i>)			+					

Mugilidae	Mulet doré (<i>Liza aurata</i>)	+	+	+	+			+
-	Mulet lippu (<i>Chelon labrosus</i>)	+						
Pleuronectidae	Flet commun (<i>Platichthys flesus</i>)		+	+			+	
-	Plie (<i>Pleuronectes platessa</i>)	+	+		+			En 2012 seulement
Poeciliidae	Gambusie (<i>Gambusia holbrooki</i>)							+
Scianidae	Maigre (<i>Argyrosomus regius</i>)	+		+	+			+
Soleidae	Sole commune (<i>Solea solea</i>)	++	+++	+++	++	+++	++	+
-	Sole pole (<i>Pegusa lascaris</i>)	+			+	+		
-	Sole sénégalaise (<i>Solea senegalensis</i>)	+			+			
-	Buglot <i>Buglossidium luteum</i>					+	+	En 2012 seulement
Sparidae	Bogue (<i>Boops boops</i>)	+		+	+		+	+
-	Dorade royale (<i>Sparus aurata</i>)	+	+			+	+	En 2012 seulement
Syngnathidae	Hippocampe (<i>Hippocampus sp</i>)		+			+		
-	Syngnathe perçat (<i>Syngnathus rostellatus</i>)	+		+	+	++	+	+

Nota bene : les prélèvements effectués en septembre n'ont pas été traités, certains stades de développement ne sont donc pas observés ici. C'est notamment le cas des post-larves et juvéniles d'anchois qui sont pêchés en quantités importantes au mois de septembre.

En 2013, 24 espèces de poisson (larves et juvéniles confondus) ont été répertoriées. L'essentiel des individus capturés appartiennent à des espèces d'origine marine. Des juvéniles de gambusie et d'épinoche, espèces typiques en estuaire, et fréquentant aussi bien les eaux douces et salées, ont également été capturées. Les espèces dulçaquicoles sont habituellement moins bien représentées dans les estuaires (qui plus est en partie aval) que les espèces d'origine marine (Lobry, Mourand et al. 2003).

Parmi ces 24 espèces, 17 d'entre elles ont été observées au stade larvaire. Lors des pêches réalisées en mars et en mai 2012, 5 espèces de larves d'origine marine non retrouvées dans les prélèvements de 2013 avaient été observées : la dorade royale (*Sparus aurata*), la plie (*Pleuronectes platessa*), le bogue (*Boops boops*), le buglot (*Buglossidium luteum*), et le merlan (*Merlangius merlangus*). 2012 et 2013 ont donc permis d'identifier 29 taxons présents au stade larvaire dans l'estuaire de la Gironde. 23 de ces taxons ont pu être identifiés au rang de l'espèce et appartiennent à 13 familles différentes. C'est plus que sur l'estuaire du Guadiana situé sur la côte Ouest de la Péninsule ibérique où 20 taxons appartenant à 12 familles ont été observées par Chicharo. D'autres investigations menées sur cette même côte ibérique ont identifié 32 taxons appartenant à 20 familles sur l'estuaire du fleuve Tagus, 28 taxons appartenant à 16 familles sur l'estuaire du Mondego (Ribeiro, 1991), et 50 espèces appartenant à 20 familles sur l'estuaire du fleuve Lima (Ramos, Cowen et al. 2006).

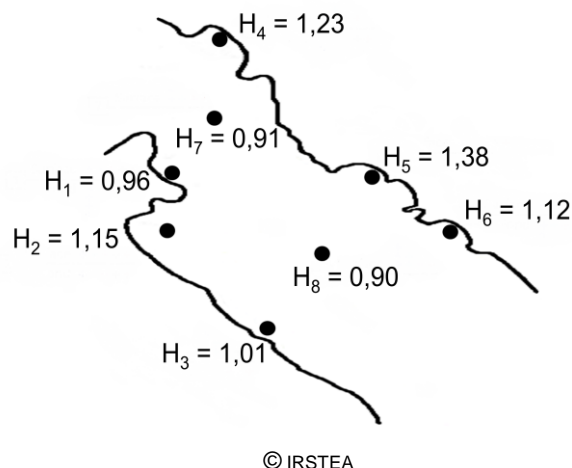


Figure 8 : Représentation cartographique des indices de Shannon globaux (H), sur les différentes stations échantillonnées.

L'indice de Shannon H indique une diversité globalement faible. L'indice de Shannon varie en règle générale entre 0,1 et 4,5. Un indice de Shannon égal à 0,5 est très faible. Comme en 2012, la diversité spécifique est significativement plus élevée pour les stations situées au niveau des rives que pour celles situées au large (Figure 8). Cette observation témoigne de l'affinité des larves de poissons pour les vasières. Cette tendance est notamment due aux larves de soléidés et de bar franc, significativement plus présentes sur les vasières qu'au large. Nous verrons plus tard que les abondances sont très largement dominées par les larves d'une seule espèce, le gobie, d'où des valeurs globalement faibles de l'indice H.

L'indice de Shannon fluctue au cours du temps dans les différentes stations. Cette fluctuation suit logiquement les périodes de reproduction des différentes espèces et leur arrivée dans l'estuaire. Nous reviendrons sur cette dynamique saisonnière.

Le tableau ci-dessous indique que les échantillons recueillis sont essentiellement composés de larves. Pour la plupart des espèces, plus de 85% des individus capturés par nos engins sont des larves ou des post-larves.

Tableau 3 : Ratio larves/juvéniles (en %) pour chaque espèce dans chaque station.

Espèce	Station								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
<i>Pegusa lascaris</i>	100%	-	-	100%	100%	-	-	-	100,0%
<i>Solea senegalensis</i>	100%	-	-	100%	-	-	-	-	100,0%
<i>Anguilla anguilla</i>	100%	100%	100%	100%	100%	100%	-	-	100,0%
<i>Trisopterus luscus</i>	100%	100%	-	100%	-	-	-	-	100,0%
<i>Labrus bergylta</i>	100%	100%	100%	100%	-	-	-	-	100,0%
<i>Argyrosomus regius</i>	100%	-	100%	100%	-	-	-	-	100,0%
<i>Hippocampus sp</i>	-	-	-	-	100%	-	-	-	100,0%
<i>Dicentrarchus labrax</i>	100%	100%	58%	100%	100%	82%	-	-	99,7%
<i>Engraulis encrasicolus</i>	100%	92%	99%	100%	98%	94%	87%	100%	98,6%
<i>Solea solea</i>	71%	90%	50%	33%	56%	64%	-	-	97,5%
<i>Sprattus sprattus</i>	98%	95%	59%	94%	92%	98%	97%	94%	90,6%
<i>Pomatoschistus sp</i>	93%	48%	84%	79%	58%	72%	100%	99%	85,4%
<i>Belone belone</i>	100%	-	-	-	-	-	100%	50%	75,0%

<i>Syngnathus rostellatus</i>	100%	-	-	-	67%	100%	-	100%	57,9%
<i>Ciliata mustela</i>	100%	-	-	-	-	-	-	-	12,5%
<i>Platichthys flesus</i>	-	-	100%	-	-	-	-	-	11,1%
<i>Ammodytes tobianus</i>	-	-	-	20%	-	-	-	-	5,6%

3.2.2. Fréquence des espèces

Seul le compartiment larvaire est pris en compte ici.

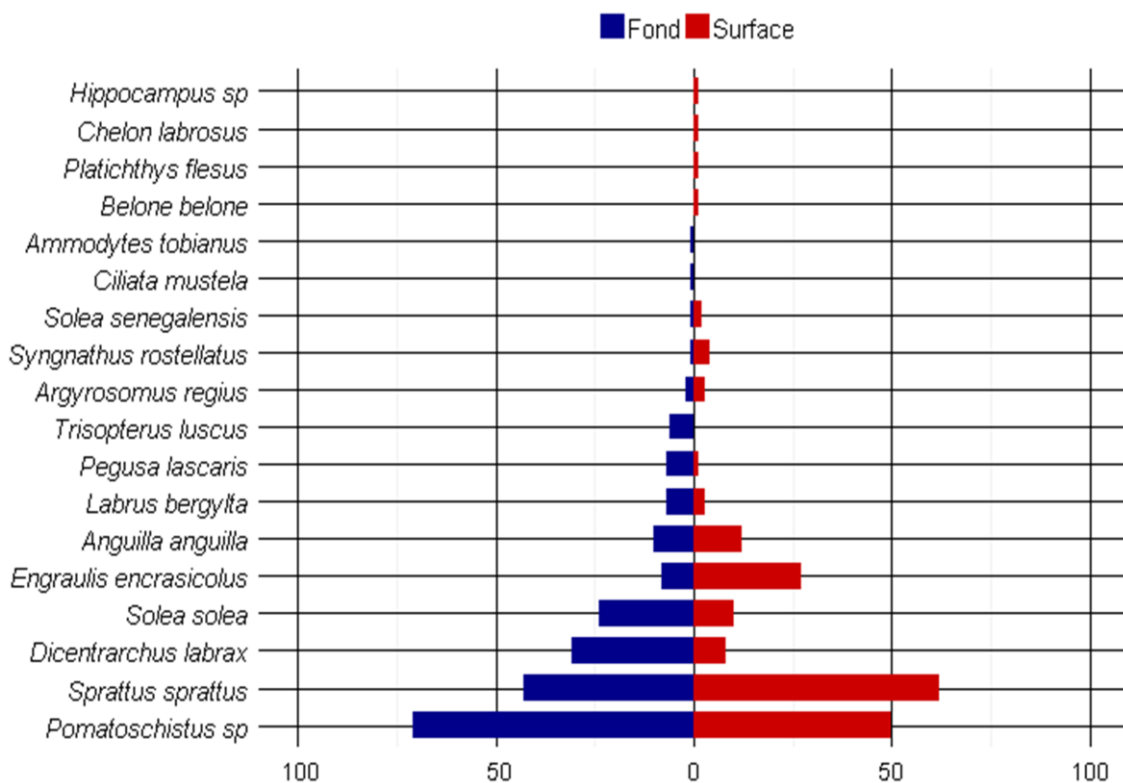
Tableau 4 : Indices de fréquence des différentes espèces en 2013 (en %)

Espèce	If global*
<i>Pomatoschistus sp</i>	58%
<i>Sprattus sprattus</i>	54%
<i>Engraulis encrasicolus</i>	20%
<i>Dicentrarchus labrax</i>	18%
<i>Solea solea</i>	16%
<i>Anguilla anguilla</i>	12%
...	...

*L'If global est calculé en prenant en compte tous les prélèvements réalisés en 2013.

NB : Les larves de poissons ne sont évidemment pas présentes tout au long de l'année, d'où les valeurs relativement faibles des If présentés ici.

Les larves de gobie, d'anchois et de sprat sont observés sur les 8 stations. Les larves de sole commune sont retrouvées sur 7 des 8 stations. Les larves de bar franc ont été capturés sur toutes les vasières (stations 1 à 6), mais pas au niveau des stations 7 et 8, situées au large des vasières. Les autres espèces présentent des indices de fréquence inférieurs à 5%, leur présence est rare dans nos prélèvements.



© IRSTEA

Figure 9 : Représentation graphique des indices de fréquences (If, en %) des stades larvaires de chaque espèce, toutes stations confondues

Une distribution différente au fond et en surface est observée pour certaines espèces. Comme en 2012, les larves et post-larves de gobies sont plus fréquemment retrouvés au fond qu'en surface ($I_{\text{fond}} = 71\%$, $I_{\text{surface}} = 49,7\%$). La tendance inverse est observée pour les sprats ($I_{\text{fond}} = 43\%$, $I_{\text{surface}} = 62,1\%$) et les anchois ($I_{\text{fond}} = 8,4\%$, $I_{\text{surface}} = 27,1\%$). Dans nos prélèvements de 2013 les larves de bars sont bien plus fréquemment observées au fond qu'en surface ($I_{\text{fond}} = 30,8\%$, $I_{\text{surface}} = 8,5\%$).

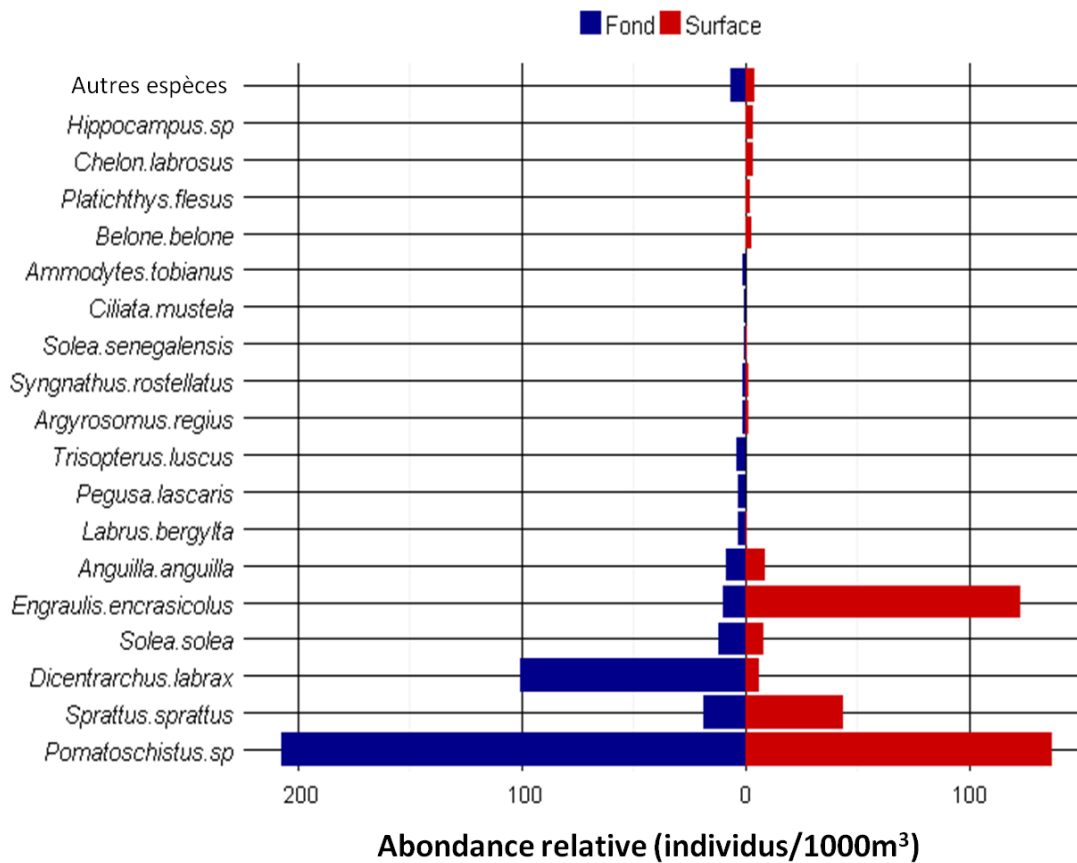
3.3. Analyse des abondances

Tableau 5 : Abondances globales (en %) des différentes espèces de larves capturées en 2013, prélèvements de fond et de surface confondus.

Espèce	Station							Total	
	1	2	3	4	5	6	7		
<i>Pomatoschistus sp</i>	74,78%	55,79%	63,79%	39,80%	27,44%	48,69%	63,97%	72,43%	61,06%
<i>Engraulis encrasicolus</i>	10,41%	4,91%	9,29%	45,67%	14,84%	17,90%	6,00%	17,83%	15,22%
<i>Sprattus sprattus</i>	8,29%	13,28%	2,91%	6,94%	47,48%	29,37%	29,53%	8,99%	11,82%
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0,50%	11,60%	22,85%	2,88%	3,80%	1,43%	0,00%	0,00%	8,71%
<i>Solea solea</i>	3,69%	7,64%	0,17%	0,31%	2,83%	1,97%	0,08%	0,00%	1,32%
<i>Anguilla anguilla</i>	0,89%	3,71%	0,66%	1,30%	1,36%	0,16%	0,00%	0,00%	0,75%
Blennies	0,24%	0,23%	0,03%	0,58%	0,40%	0,11%	0,18%	0,00%	0,17%
<i>Labrus bergylta</i>	0,32%	1,36%	0,04%	0,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,13%
<i>Trisopterus luscus</i>	0,07%	0,34%	0,00%	0,74%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,11%
<i>Pegusa lascaris</i>	0,11%	0,00%	0,00%	0,67%	0,15%	0,00%	0,00%	0,00%	0,10%
<i>Argyrosomus regius</i>	0,16%	0,00%	0,04%	0,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,29%	0,09%
<i>Syngnathus rostellatus</i>	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,39%	0,14%	0,00%	0,30%	0,08%
<i>Solea senegalensis</i>	0,23%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%
<i>Ammodytes tobianus</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,15%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%
<i>Belone belone</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,07%	0,04%	0,01%
<i>Ciliata mustela</i>	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
<i>Hippocampus sp</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
<i>Chelon labrosus</i>	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
<i>Platichthys flesus</i>	0,00%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
Autres*	0,42%	1,39%	0,24%	1,35%	1,56%	0,33%	0,35%	0,13%	0,51%

* individus non identifiés (souvent trop abîmés)

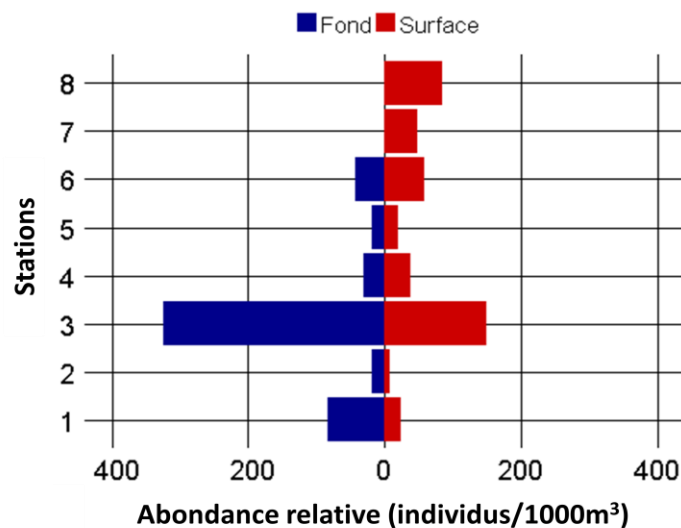
En termes d'abondance, les larves de gobies, d'anchois, de sprats et de bars constituent plus de 95% des captures. Les gobies, les anchois, et les sprats constituent respectivement 61, 15, et 12 % des larves pêchées sur l'ensemble des campagnes. Sandra Ramos observait une composition spécifique similaire sur l'estuaire du fleuve Lima, de 2002 à 2004, avec 71 % de larves de gobies et 12 % de clupéidés (Ramos, Cowen et al. 2006). La sole commune, autre espèce commune à l'estuaire, compte pour 1,32% des captures. Les 15 autres espèces ou groupes d'individus comptent pour moins de 1% des observations. Comme en 2012, l'abondance moyenne de sprats est significativement plus importante en surface qu'au fond. Il en est de même pour l'anchois. La tendance inverse est observée pour les larves de gobies et de bar.



© IRSTEA

Figure 10 : Abondances moyennes des stades larvaires des différentes espèces sur l'ensemble des stations, en 2013.

3.3.1. Analyse spatiale des abondances



© IRSTEA

Figure 11 : Abondances moyennes des différentes espèces dans les différentes stations, au fond et en surface.

Au fond comme en surface, la station 3 présente des abondances moyennes nettement supérieures à celles observées sur les autres stations. Seule la station 8, située au large de la station 3, présente

une abondance de surface équivalente à celle de la station 3 (Figure 11).

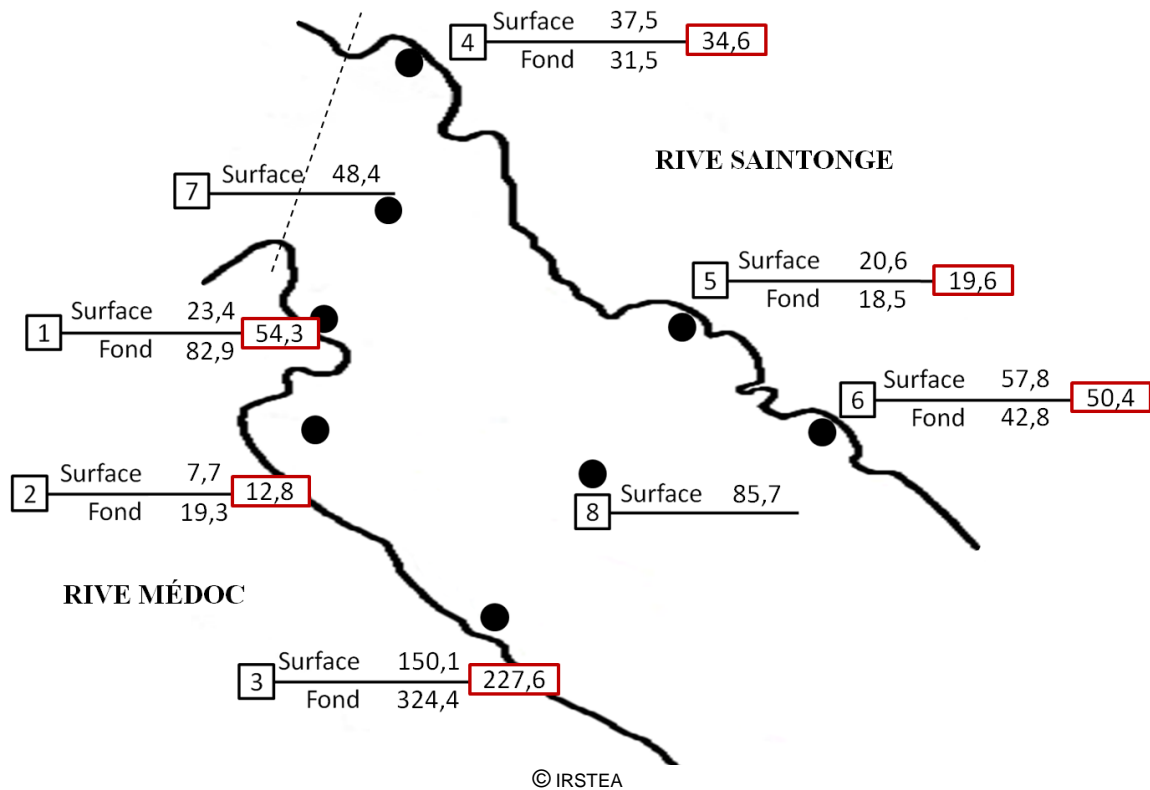


Figure 12 : Représentation cartographique des abondances moyennes de larves par station (en larves/1000m³)

En rive Médoc, les abondances moyennes sont significativement plus importantes au fond qu'en surface. Cette tendance n'est pas visible en rive Saintonge. En 2012, la tendance inverse était observée, avec plus de larves en surface qu'au fond.

Une abondance moyenne significativement plus grande est observée sur la station 3, avec 227,6 larves/1000m³. La station 8 présente la deuxième plus grande abondance moyenne, avec 85,7 larves/1000m³. La plus faible abondance moyenne est observée sur la station 2, la grande vasière du Verdon, avec seulement 12,8 larves/1000m³.

Que ce soit au fond ou en surface, l'abondance globale ne semble pas suivre de gradient « amont-aval ». Un tel phénomène est régulièrement observé lors du suivi halieutique de l'estuaire de la Gironde, mis en place par l'IRSTEA depuis 1981. Cette tendance concerne les juvéniles de poissons, les crevettes, et les autres entités capturées dans l'estuaire de la Gironde au niveau de la centrale nucléaire de Blaye, leurs abondances globales croissent de l'aval vers l'amont de l'estuaire (Girardin and Castelnaud 2011). Dans nos résultats, les abondances moyennes de larves les plus fortes sont trouvées en amont, au niveau des stations 3, 6, et 8, mais des abondances d'un ordre de grandeur comparable sont relevées en aval, en station 1 notamment.

La suite des analyses portera sur les 6 espèces retenues suivantes:

- Le sprat, la sole commune, l'anchois et le bar franc, 4 espèces d'origine marine, communes à l'estuaire de la Gironde, et d'intérêt halieutique important.
- Le gobie, poisson endémique et abondant trouvé dans l'estuaire de la Gironde. Nous confondrons ici le gobie buhotte *Pomatoschistus minutus* et le gobie tacheté *Pomatoschistus microps*. Ce dernier est présent en très faible quantité dans l'aval de l'estuaire (Boigontier and Mounié 1984).
- L'anguille, espèce migratrice amphihaline.

Les abondances moyennes représentent mal les quantités de larves pêchées. L'évolution des abondances de larves est caractérisée par un pic saisonnier. Les résultats suivants traitent de ces pics d'abondances.

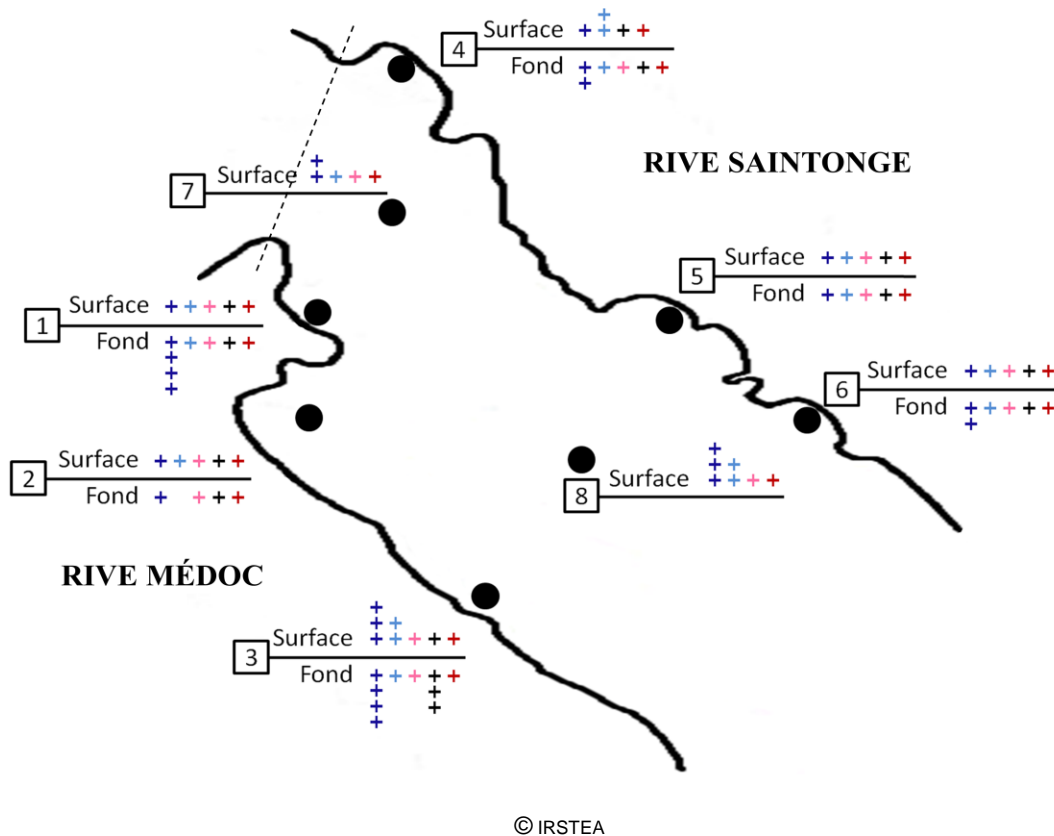


Figure 13 : Représentation cartographique des pics d'abondance des espèces retenues

Cette carte est une représentation schématique des résultats obtenus à la suite des tests statistiques. Ils nous renseignent sur la significativité des différences d'abondance observées. On compare ici les pics d'abondance observés pour chaque espèce au cours de l'année 2013. La faible quantité de civelles capturées ne permet pas d'observer de pic d'abondance pour cette espèce, elle n'est pas représentée sur la carte. L'abondance moyenne de la civelle est de 8,9 larves/1000m³, elle est pêchée en février et en mars seulement. La civelle est présente dans l'estuaire de la Gironde de novembre à avril. Nous ne couvrons donc pas la totalité de cette période dans cette étude.

3.4. Evolution du peuplement larvaire au cours du temps

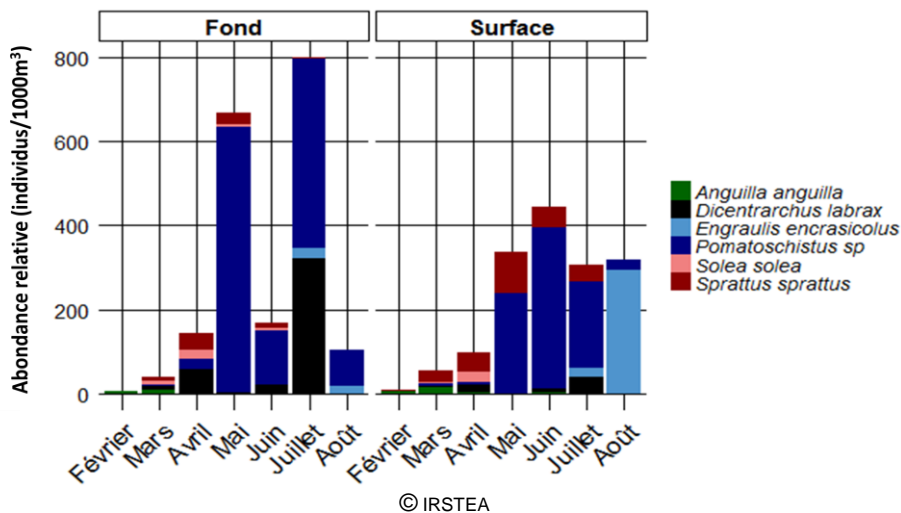


Figure 14 : Evolution des abondances de larves de février à août 2013, toutes stations confondues.

Les abondances de larves de poisson affichent en règle générale une saisonnalité marquée avec des abondances nettement plus élevées au printemps et pendant l'été (Ramos, Cowen et al. 2006). Les abondances de larves observées sont très faibles en février, puis augmentent progressivement jusqu'en avril, avec notamment l'apparition des larves de sprats et de quelques soles communes. L'apparition des larves de gobies provoque une augmentation brutale de l'abondance totale en mai. Au fond comme en surface, les larves de gobies sont présentes en grand nombre de mai à juillet. On observe cependant une chute. En juillet, les larves de bars francs (peu observées les mois précédents) ont une abondance comparable à celle du gobie dans les prélèvements de fond. On note l'apparition en juillet de larves d'anchois qui constitueront l'entité la plus observée en août dans les prélèvements de surface. Hormis les anchois, les abondances des autres espèces chutent et deviennent nulles en août. Un maximum d'abondance des larves d'anchois est observé en août dans nos prélèvements. Cependant, une abondance plus forte encore serait peut être observée au mois de septembre.

3.5. Partie spécifique

3.5.1. Le gobie



Figure 15 : Gobie buhotte, *Pomatoschistus minutus* (post-larve)

Les gobies se reproduisent très en aval de l'estuaire, voire en mer, et effectuent la totalité de leur cycle de vie dans les eaux estuariennes. Les gobies juvéniles et adultes sont connus pour coloniser les zones intertidales estuariennes pendant le flot (Greenwood and Hill 2003). Ces mêmes fractions juvéniles et adultes profitent du flot pour coloniser les zones d'alimentation de l'amont de l'estuaire (Bardin and Pont 2002). Les abondances de juvéniles et d'adultes sont généralement maximales en hiver dans les estuaires d'Ecosse (Greenwood and Hill 2003), de Belgique (Maes, Taillieu et al. 1998) et d'Angleterre. En Gironde, le gobie se reproduit en mai et les maximums d'abondance sont observés en été, de juillet à Octobre.

Dans notre étude, les larves et post-larves de gobies sont présentes de février à juillet. Comme en 2012, les abondances de gobies sont significativement plus importantes au fond qu'en surface (cf. Figure 10). En mai 2012, on observait une abondance moyenne au fond de 218 gobies/1000m³, contre 630 gobies/1000m³ en mai 2013.

Les gobies constituent de 56 à 75% du peuplement larvaire des vasières en rive Médoc (stations 1 à 3), alors qu'ils constituent seulement de 27 à 49% des larves en rive Saintonge (stations 4 à 6). Les gobies comptent pour 64 et 72% des larves capturées sur les stations 7 et 8, situées au large des vasières.

Les stations 7 et 8 présentent des pics d'abondance de gobies significativement plus importants que ceux observés en rive Saintonge, mais moins marqués que ceux observés en rive Médoc. On observe jusqu'à 1197 larves/1000m³ en surface de la station 8. En 2012, au Portugal, Primo relevait jusqu'à 4850 larves/1000m³ en aval de l'estuaire du Mondego, lors des marées de vive-eau, avec un protocole semblable au nôtre (Primo, Azeiteiro et al. 2012). Cette même étude montre une abondance de larves de gobie atteignant 17530 larves/1000m³ lors des marées de morte-eau, en été.

Les pics d'abondance de gobies les plus importants sont observés en rive Médoc, avec 1943 larves/1000m³ au fond de la station 1 et 1863 larves/1000m³ au fond de la station 3. Les pics d'abondance de gobies les plus faibles sont observés sur les vasières 2 et 5, ainsi qu'en surface des vasières 1, 4, et 6. On a par exemple un pic atteignant seulement 7 larves/1000m³ en surface de la station 5.

Sur les stations 1, 4, et 7, qui sont les plus en aval de l'estuaire, les pics d'abondances saisonniers de larves de gobie sont observés en mai. Les individus contribuant à ces pics sont des individus de 4mm en moyenne. Pour les stations situées plus en amont, le pic d'abondance de gobie est observé en juin, voire en juillet sur la station 3, mais n'est pas retrouvé en mai comme sur les stations plus en aval. Les stations 7 et 8, situées au large des vasières illustrent bien ce phénomène (Figure 16).

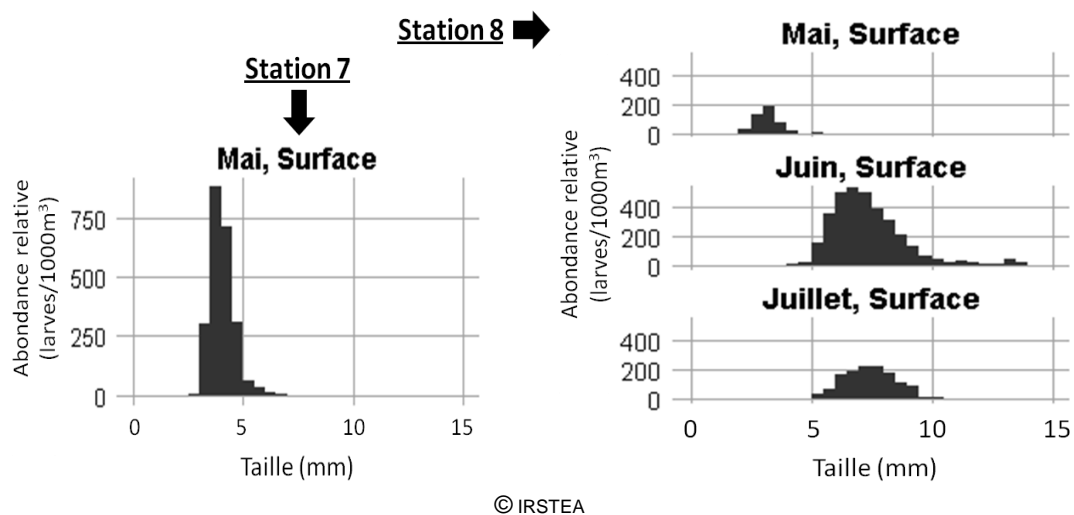


Figure 16 : Histogrammes de tailles des gobies sur les stations 7 et 8.

L'histogramme de tailles de la station 7 montre un pic d'abondance de larves de gobies observé en mai (779 larves/1000m³). Ce pic n'est pas retrouvé en mai sur la station 8. C'est en juin que l'on trouve une abondance comparable avec 1197 larves/1000m³. De plus, les larves de gobies capturées en juin et en juillet sur la station 8 ne sont pas observées sur la station 7 ces mêmes mois.

Ces observations pourraient illustrer un déplacement vers l'amont des larves de gobies. Les résultats du suivi halieutique effectué par l'IRSTEA montrent des fréquences globales de 0+ en amont de l'estuaire nettement plus élevées que celles relevées dans cette étude en aval. On a par exemple un If de 83% en 2011 pour les 0+ de gobies, contre 58% dans cette étude. Le gobie se reproduit en aval de l'estuaire, voire en mer, et les jeunes larves colonisent l'aval de l'estuaire. C. Taverny (1984) parlait déjà d'une entrée progressive des alevins de gobie dans l'estuaire au cours des mois de mai, juin, et août. Qui plus est, les gobies, et notamment les fractions juvéniles de gobies sont connues pour éviter le transport passif par le courant (Bardin and Pont 2002), en restant en contact étroit avec le fond.

3.5.2. L'anchois



Figure 17 : Anchois, *Engraulis encrasicolus* (larve en et post-larve)

Bien que notre étude ne couvre pas l'intégralité de sa présence dans l'estuaire (mois de septembre non traité), l'anchois présente des abondances de larves importantes. L'anchois est aujourd'hui considéré comme une espèce structurante en Gironde (Girardin and Castelnaud 2011). Les anchois constituent de 4 à 10% du peuplement larvaire des vasières en rive Médoc et de 15 à 46% en rive Saintonge. Ils comptent pour 6 et 18% des larves sur les stations 7 et 8, au large des vasières.

Le pic d'abondance des larves d'anchois, observé en août dans notre étude, est significativement plus important sur la station 8, avec 410 larves/1000m³, que sur la station 7 où l'on relève 62 larves/1000m³. Parmi les 6 vasières, deux pics d'abondance significativement plus importants que les autres sont observés en surface des stations 3 et 4. La distribution spatiale est irrégulière. L'abondance moyenne de larves d'anchois lors du pic d'août atteint 300 larves/1000m³. Une étude menée sur l'estuaire du fleuve Guadalquivir (Sud-Ouest de l'Espagne) indique une abondance moyenne atteignant 800 larves/1000m³ lors du pic saisonnier observé en juillet. C'est plus que dans notre étude.

En 1984, les larves d'anchois étaient déjà capturées au mois de mai et présentaient un indice de fréquence de 50% dans la zone polyhaline de l'estuaire de la Gironde (Taverny 1984). L'anchois se reproduit habituellement de mars à mai, en mer. Les larves d'anchois colonisent l'estuaire de mars à juillet. En 2013, aucune larve d'anchois n'est observée avant le mois de juillet.

3.5.3. Le bar



Figure 18 : Bar franc, *Dicentrarchus labrax* (larve et post-larve)

Les larves de bar contribuent faiblement (8,71% de l'abondance totale) au peuplement larvaire observé lors de cette étude. 77,7% des larves de bar franc ont été capturées sur la station 3, au fond, où l'on observe un pic d'abondance de 1112 larves/1000m³, en juillet. Une quantité importante d'œufs de bar a également été observée sur ce site, au fond, aux mois de juin et de juillet. C. Taverny, lors de son DEA en 1984, avait également pêché des œufs de bar dans l'estuaire, au niveau de Meschers-sur-Gironde. En 1984, les larves de bar (*D. labrax* et *D. punctatus* confondus) n'ont pas été trouvées dans la zone polyhaline. En mai 1984, elles présentaient de faibles abondances dans la zone mésohaline (< 10 larves/1000m³). En 2012, très peu de larves de bar étaient capturées en aval de l'estuaire. Il semblerait que les bars préfèrent les parties plus en amont de l'estuaire. Une abondance atteignant 320 larves.1000 m⁻² était observée par Martinho et al., dans l'estuaire du Mondego (Portugal), en 2008. Les larves de bar étaient alors apparues en juin, et formaient l'entité la plus abondamment observée au cours de l'étude (Martinho, Leitao et al. 2008). Dans notre étude, comme le montre la Figure 19, les post-larves de bar (>15mm) capturées en avril ne sont pas retrouvées les mois suivants. En effet, les bars capturés en juin sont plus jeunes, leur taille avoisine les 4mm. En juillet, des larves de bar de 2,5mm en moyenne sont pêchées en grande abondance. Ces derniers individus sont à peine éclos et plus jeunes encore que ceux rencontrés en juin. Les larves de bar sont habituellement rencontrées d'avril à juin dans l'estuaire. On constate donc un léger décalage dans le temps de l'arrivée de ces larves en 2013.

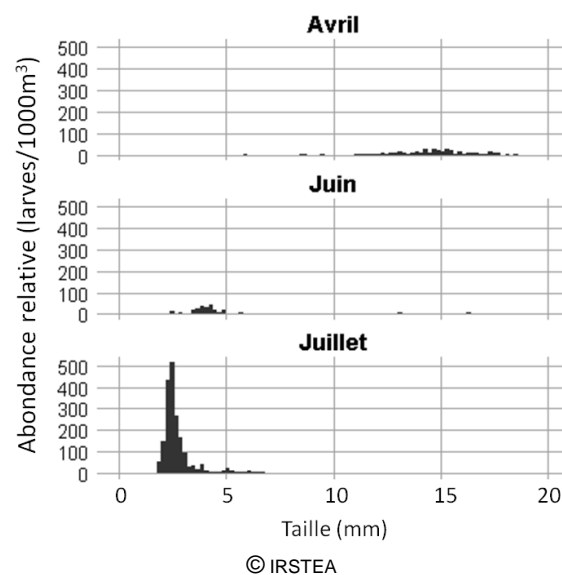


Figure 19 : Histogrammes de tailles du bar franc, toutes stations confondues.

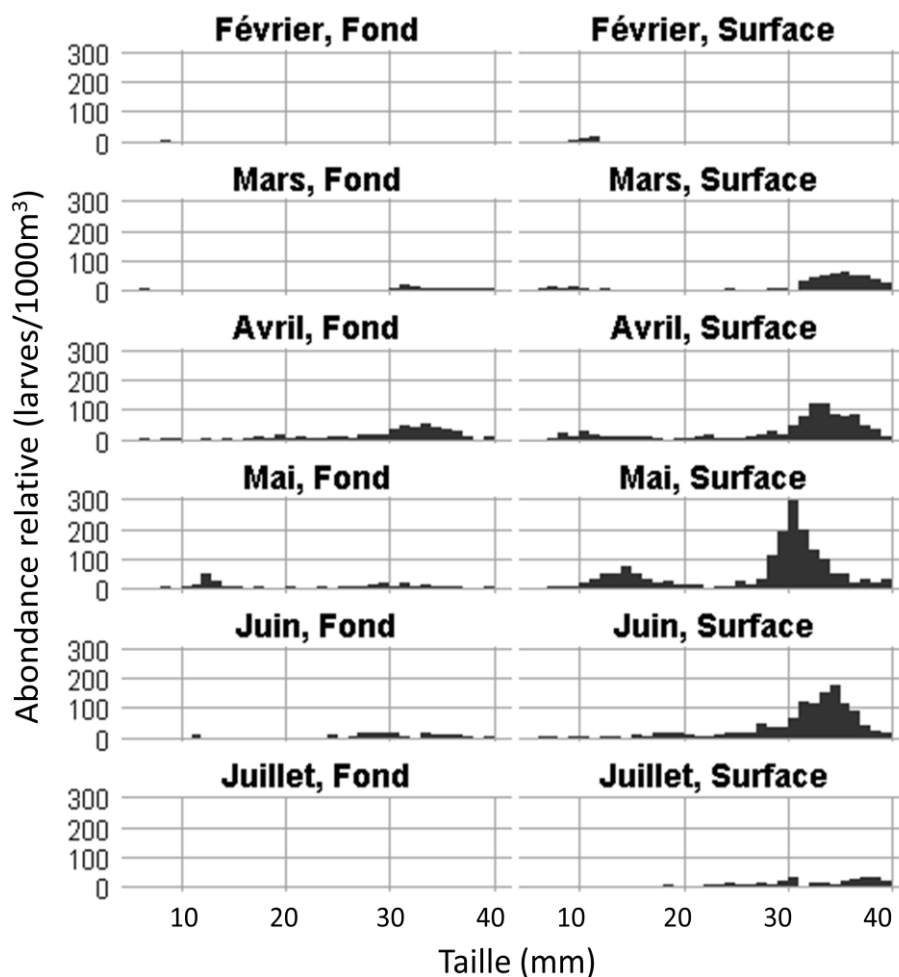
3.5.4. Le sprat



Figure 20 : Sprat, *Sprattus sprattus* (post-larve)

Le sprat se reproduit en mer, non loin des côtes (<100 km en Manche et en mer du Nord), les jeunes larves colonisent l'estuaire qu'elles utilisent comme zone de nourricerie pendant leur première année, et les adultes retournent en mer. Les sprats se reproduisent plusieurs fois par an dans le Golfe de Gascogne, de l'hiver à l'été. Les larves de sprats colonisent l'estuaire de la Gironde, on les retrouve de février à juillet dans nos prélèvements.

Les larves de sprats constituent 11,82% des individus pêchés en 2013. Comme énoncé plus haut dans le Tableau 4, le sprat présente un fort indice de fréquence (If global = 54%). Il est retrouvé dans toutes les stations, aussi bien au fond qu'en surface, mais les niveaux d'abondances sont globalement très inférieurs à ceux du gobie et inférieurs à ceux du bar.



© IRSTEA

Figure 21 : Histogrammes de tailles des sprats capturés en 2013 au fond et en surface (larves et juvéniles confondus)

Les sprats sont présents de février à juillet. Comme en 2012, les abondances de sprats sont significativement plus importantes en surface qu'au fond (cf. Figure 10). En mai 2012, on observait une abondance moyenne en surface de l'ordre de 380 sprats/1000m³, contre 100 sprats/1000m³ en

mai 2013.

Les histogrammes de tailles (Figure 21) mettent en évidence plusieurs cohortes de sprats rencontrées pour un même mois. Les post-larves de sprat les plus évoluées (>25mm) sont significativement plus nombreuses en surface. Il est cependant difficile de conclure quant à une migration verticale vers la surface des larves de sprat au cours de leur développement. Chez le sprat, les migrations verticales peuvent être régies par plusieurs facteurs potentiels (le nyctémère, la température, l'oxygène, la salinité, le courant...).

De plus, les populations présentes ont pu être alimentées par des populations marines adjacentes, comme cela est régulièrement le cas pour le sprat dans les estuaires (Guelinckx, Maes et al. 2006).

3.5.5. La sole commune



© IRSTEA

Figure 22 : Sole commune, *Solea solea* (post-larve)

La sole est une des espèces les plus importantes sur le plan économique dans le golfe de Gascogne. Elle se reproduit en mer et les jeunes stades colonisent l'estuaire et ses zones intertidales pour s'y alimenter. De plus, la reproduction s'étale de février à juin, lorsque la température de l'eau dépasse les 7°C, on devrait donc la trouver au stade larvaire dans nos prélèvements. Mais très peu de soles communes ont été capturées en 2013, que ce soit des larves ou des post-larves, et guère plus en 2012. En mars 2012, au fond, l'abondance moyenne était de 19 soles/1000m³. En mars 2013, on relève une abondance moyenne dans les prélèvements de fond de 7 soles/1000m³. En 2013, le maximum d'abondance des larves de soles est observé en avril, et on relève 38 soles/1000m³ au fond de la station 2 (Baie du Verdon).

L'étude des nurseries de poissons du littoral de la Loire-Atlantique (Desaunay, Peroudou et al. 1981) montrait des quantités importantes de larves de soles capturées en avril au niveau de tous les estuaires entre la Vilaine et la baie de Bourgneuf (y compris dans l'estuaire de la Loire).

3.5.6. La sole sénégalaise



Figure 23 : Sole sénégalaise, *Solea senegalensis* (post-larve)

Toutes les soles sénégalaises sont capturées en août, et seulement au niveau des deux vasières les plus en aval de l'estuaire. *Solea senegalensis* ne représente que 0,05% des larves pêchées lors de cette étude, et les abondances sont très faibles (Tableau 6).

Tableau 6 : Abondances de la sole sénégalaise en 2013.

	Station 1	Station 4
--	-----------	-----------

Surface	4,9 larves/1000m ³	1,1 larves/1000m ³
Fond	1,8 larves/1000m ³	-

3.5.7. Le flet



© IRSTEA

Figure 24 : Flet, *Platichthys flesus* (post-larve)

Lors de l'étude menée par C. Taverny en 1984 (Taverny 1984), au mois d'avril, les larves de flet présentaient un indice de fréquence de 100%, quelque soit la zone estuarienne considérée. L'abondance moyenne était de 121 larves/1000m³ d'eau filtrée dans la zone polyhaline de l'estuaire. Le pic d'abondance s'observe en avril, avec 270 individus/1000 m³.

En mars 2012, une très faible abondance moyenne de 6,3 larves/1000m³ était observée sur la station 1. Une seule larve de flet a été capturée en 2013. Le flet est un poisson plat qui remonte les cours d'eau douce. Il passe une grande partie de son cycle de vie dans les estuaires. Les larves de flet sont connues pour se situer dans la colonne d'eau lors du flot, et au fond pendant le jusant (Bos 1999). Ils utilisent ainsi les courants de marée pour leur migration vers l'amont, et c'est peut être la raison de leur absence dans nos prélèvements en aval de l'estuaire.

Cependant, comme pour la sole, l'étude des nurseries de poissons du littoral de la Loire-Atlantique (Desaunay, Peroudou et al. 1981) montrait des quantités importantes de larves de flets capturées en avril au niveau de tous les estuaires entre la Vilaine et la baie de Bourgneuf (y compris dans l'estuaire de la Loire). Le flet est également abondant au stade adulte dans l'estuaire de la Loire.

3.5.8. L'anquille

Très peu de civelles sont capturées lors de nos campagnes, en février et mars. L'abondance moyenne relevée dans cette étude est de 8,9 individus/1000m³.

La civelle est théoriquement présente dans l'estuaire dès le mois de novembre et jusqu'à l'été. Nous ne couvrons pas la totalité de sa période de présence dans cette étude. Lors des investigations de C. Taverny en 1984, les civelles étaient permanentes en Gironde de janvier à février, et quelquefois la zone haline concernée. Elle devenait rare en juillet.

4. Synthèse de la première partie

La grande majorité des espèces observées dans l'estuaire de la Gironde affiche des abondances très faibles, on peut les qualifier d'espèces rares. Ce schéma de distribution est classiquement observé dans les estuaires (Gaughan, Neira et al. 1990, Harrison and Whitfield 1990, Drake and Arias 1991, Whitfield 1999, Harris and Cyrus 2000), avec une ou deux espèces dominant fortement les autres. Mis à part le gobie, les abondances de larves de poissons observées dans l'estuaire de la Gironde sont faibles. En 2012 et 2013, 29 taxons différents ont été observés au stade larvaire, mais la majorité des espèces représentent moins de 1% du peuplement observé. Ces résultats sont observables pour les juvéniles et adultes dans l'estuaire de la Gironde. Les pêches entreprises en Gironde aval pour le besoin de la DCE (Directive Cadre Européenne sur l'eau) donnaient des résultats semblables, avec 25 espèces dont 19 représentaient moins de 1% du peuplement observé.

L'étude du compartiment ichtyoplanctonique des estuaires a souvent mis en évidence une forte

affinité des larves de poissons pour les zones intertidales. En Gironde, nous observons une diversité spécifique plus importante aux niveaux des vasières qu'au large de celles-ci. Les zones intertidales de la rive Médoc présentent des abondances de larves légèrement plus élevées qu'au large et nettement plus élevées qu'en rive Saintonge. Les faibles abondances de larves observées au niveau de la grande vasière du Verdon peuvent étonner. Cette baie constitue la plus grande zone intertidale de l'estuaire de la Gironde. Elle est fortement abritée des courants de flot, comme les 3 vasières en rive Saintonge (stations 4, 5, et 6) qui présentent également de faibles abondances de larves. Nous nous intéresserons de plus près à la relation avec l'hydrodynamisme dans la seconde partie de cette étude. Le site de Saint Vivien (station 3) présente des abondances de larves supérieures aux autres sites échantillonnés. Les larves de gobies, les bars, et les anchois y sont retrouvées en quantité importante. Ce site est l'un des moins abrités vis-à-vis des forts courants de l'estuaire.

DEUXIEME PARTIE

Mise en relation avec le milieu

1. Introduction

L'ichtyoplancton trouve-t-il dans l'estuaire de la Gironde les conditions nécessaires à leur bonne survie et leur bonne croissance ?

Pour répondre à cela, nous étudierons la survie et la croissance des larves de poissons trouvées dans l'estuaire. La croissance des poissons durant leurs premiers mois de vie est généralement sujette à un très fort taux de mortalité. La croissance et la survie des larves de poissons sont deux paramètres étroitement liés. Les taux de croissance et de survie varient entre les espèces mais également au sein d'une même espèce (Dahlberg 1979, McGurk 1986). La bonne croissance des larves de poissons influence le recrutement et la survie des juvéniles (Searcy and Sponaugle 2001, Allain, Petitgas et al. 2003, Macpherson and Raventos 2006, Sponaugle, Grorud-Colvert et al. 2006). La survie des larves de poissons est souvent corrélée à une croissance rapide (Meekan and Fortier 1996, Hare and Cowen 1997, Shoji and Tanaka 2006, Takasuka, Oozeki et al. 2007). Les larves ayant une croissance lente seront exposées pendant plus longtemps aux aléas de la vie planctonique, et notamment aux prédateurs planctonophages, selon les hypothèses « match-mismatch » et « growth-predation » (Cushing 1990). Par ailleurs, les gros individus à croissance rapide seront potentiellement les moins vulnérables aux prédateurs selon l'hypothèse « bigger-is-better » (Bailey and Houde 1989). Des études montrent que de petits changements du taux de croissance des larves de poisson suffisent à faire varier les stocks de survivants et donc l'efficacité du recrutement (Chambers and Leggett 1987, Pepin and Myers 1991, Cushing and Horwood 1994). L'influence de certains paramètres abiotiques sur la croissance et la survie des larves sera également étudiée.

La nature granulométrique du milieu et les principaux facteurs environnementaux connus pour influencer la distribution spatio-temporelle des larves de poissons jouent-ils un rôle dans la colonisation de l'estuaire de la Gironde par ces organismes ?

Les estuaires sont essentiellement définis par la mise en conflit de masses d'eaux marines et fluviales, aux caractéristiques physico-chimiques différentes, et dont le mélange est réalisé sous l'effet de la marée, des courants de circulation et du débit du fleuve. Ce sont donc des milieux dynamiques essentiellement caractérisés par une forte variabilité spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques et biologiques (McLusky 1989). Les paramètres hydrologiques de l'estuaire évoluent à plusieurs échelles temporelles : tidale (variations journalières des débits fluviaux et des cycles de marée), saisonnière (périodes de crues et d'étiage et coefficients de marée) et annuelle (fluctuations climatiques ou impacts anthropiques locaux). Les courants de marée constituent le principal agent de la mobilité des sédiments. Une mise à jour de la nature granulométrique des zones intertidales sera réalisée afin d'en étudier les relations avec les larves de poissons. En plus du courant, le gradient de salinité (McLusky, Hull et al. 1993) ainsi que la température (Pasquaud, Beguer et al. 2012) jouent un rôle important dans la distribution des organismes qui habitent l'estuaire. Nous verrons si les principaux facteurs abiotiques décrits ci-dessus influent sur la distribution des larves de poissons. La problématique est donc de montrer dans quelle mesure le peuplement ichtyoplanctonique est lié à la nature des habitats intertidaux de l'estuaire de la Gironde.

2. Méthodologie mise en œuvre

2.1. Caractérisation physico-chimique des sites

2.1.1. Granulométrie des sites

Un échantillon de la couche superficielle de sédiment a été prélevé sur chaque zone intertidale à l'aide d'une benne Van Veen (Figure 25).



© IRSTEA

Figure 25 : Benne Van Veen ouverte (à gauche) et fermée (à droite).

Les échantillons de vase ont fait l'objet d'une analyse granulométrique laser. Nous avons obtenu l'assistance de l'UMR EPOC de l'Université de Bordeaux 1 pour l'utilisation d'un microgranulomètre à diffraction laser (Malvern Mastersizer S présenté en Figure 26). Avec cette machine, nous avons l'avantage de pouvoir travailler à partir d'un échantillon humide, pour des particules de 0.06 à 1000 μm de diamètres. Cet appareil utilise la diffraction laser pour mesurer la taille des particules, en mesurant l'intensité du faisceau laser traversant un échantillon de particules dispersées. A partir des données récoltées, les tailles des particules qui créent le motif de diffraction sont calculées. Le résultat fourni correspond à la proportion de volume d'échantillon (exprimée en pourcentage) passant à travers une série de mailles virtuelles. La validité de la réponse de l'instrument est certifiée par la mesure d'étalons corrélés avec des étalons internationaux.



© IRSTEA

Figure 26 : microgranulomètre à diffraction laser Malvern Mastersizer S

2.1.2. Physico-chimie de l'eau

Sur chaque station, les paramètres physico-chimiques de l'eau (oxygénation, salinité, température et conductivité) sont mesurés à l'aide d'une sonde Hanna (Figure 4), au fond et en surface.



© IRSTEA

Figure 27 : sonde multiparamètre Hanna (modèle HI 9828).

2.1.3. La courantométrie

Les données de courantométrie utilisées datent de 1999. Elles proviennent de l'UMR EPOC et du modèle SIAM 3D. Le modèle SIAM 3D, développé par Ifremer et adapté à la Gironde par A. Sottolichio permet de simuler les conditions hydrosédimentaires (salinité, turbidité, courants) au sein de l'estuaire de la Gironde en fonction de différentes conditions de débit et de marée. Ce modèle a été utilisé afin que nous puissions visualiser l'hydrodynamisme associé à notre site d'étude, au moment de nos prélèvements. Le modèle intègre les valeurs maximales de la vitesse du courant de fond au Système d'Informations Géographiques Habitats Fonctionnels (SIG HF) afin d'obtenir des sorties graphiques indiquant les différents courants existant dans l'estuaire, et correspondant aux conditions rencontrées lors de nos campagnes de pêche. Une carte de bathymétrie de l'estuaire de la Gironde (bathymétrie de 1999) est obtenue grâce au SIG HF.

2.2. Etude de la croissance et de la survie

La croissance en longueur est souvent modélisée en utilisant une courbe asymptotique atteignant un plateau pour un âge maximum (Figure 28).

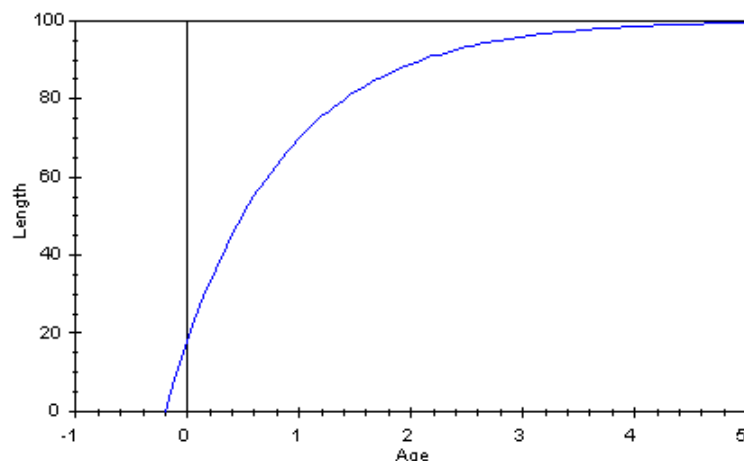


Figure 28 : Courbe de croissance modélisée par Von Bertalanffy ($L_{\infty} = 100$, $k = 1$ et $t_0 = -0,2$) (Représentation issue de Kirkwood et al., 2001)

Le taux de croissance change au cours du temps et sera différent pour différentes tailles (Jobling, 2002).

Une identification visuelle et un suivi temporel des cohortes sont réalisés. Cette méthode nécessite la construction d'un histogramme de taille régulier (Magnifico 2007). Notre échantillonnage s'étend sur quelques mois d'une même année, et les individus étudiés appartiennent en grande majorité à la catégorie des 0+. Il est donc facile d'identifier visuellement une cohorte et de la suivre au cours du temps (une décomposition polymodale n'est pas nécessaire ici).

On peut ainsi calculer manuellement un taux de croissance « r » (journalier ou mensuel) d'une cohorte entre deux échantillons avec la formule suivante :

$$r = \frac{L_b - L_a}{\Delta t}$$

où L_a et L_b représentent respectivement les tailles moyennes d'une cohorte observée lors d'une campagne « a » et lors d'une campagne ultérieure « b ». Δt est le temps écoulé entre les deux campagnes.

Le taux de croissance est utilisé pour calculer la durée de la phase larvaire « D » :

$$D = \frac{L_m - L_0}{r}$$

où L_m est la longueur théorique des larves à la métamorphose et L_0 la longueur théorique des larves à l'éclosion.

Le taux de mortalité Z est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$Z = \frac{-\ln\left(\frac{N_t}{N_0}\right)}{t}$$

où N_t est le nombre d'individus constituant la cohorte à un temps t, et N_0 le nombre d'individus constituant la même cohorte à t=0 (éclosion dans notre cas).

Enfin, le taux de survie représenté par la proportion d'individus atteignant la métamorphose ($100N_m$) peut être calculé comme suit :

$$100N_m = e^{-ZD}$$

3. Résultats obtenus

3.1. Résultats de l'étude de croissance

Nous étudierons la croissance d'un poisson résident de l'estuaire, le gobie, et d'une espèce marine, le sprat.

3.1.1. Croissance et survie des larves de gobie

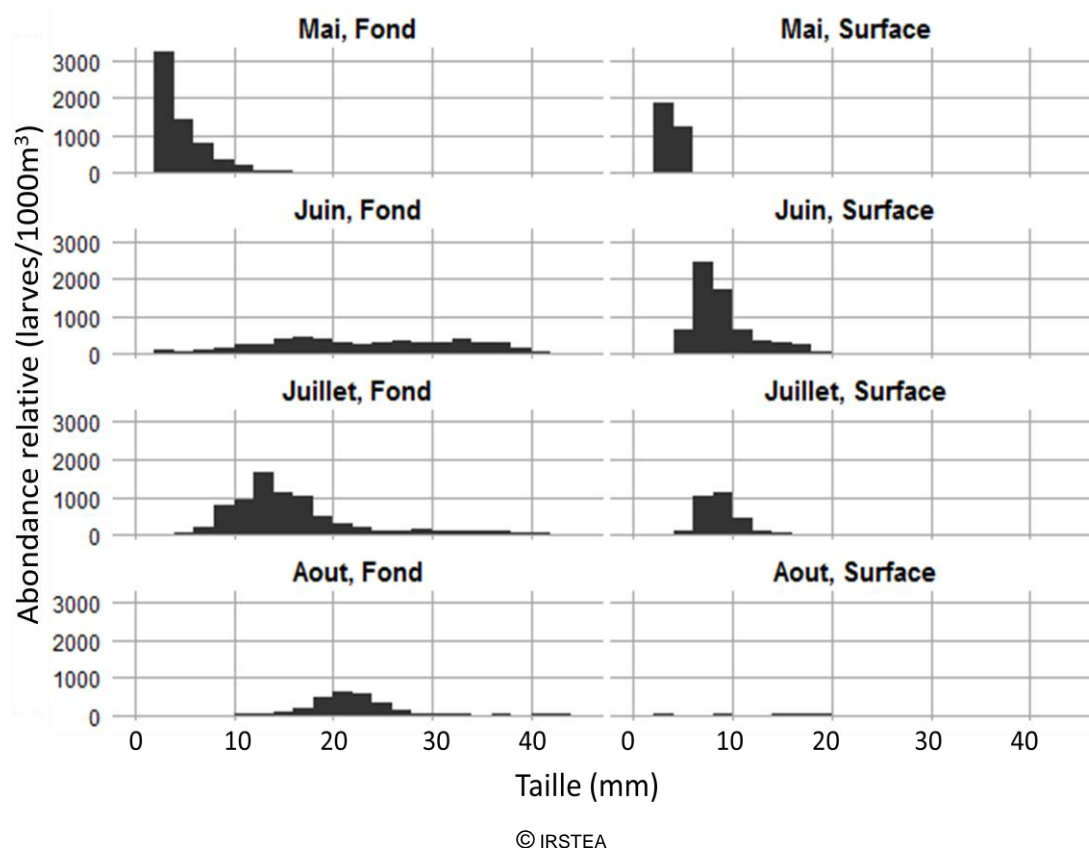


Figure 29 : Histogrammes de tailles des gobies, au fond et en surface, pour une largeur de classe de taille choisie de 2 mm.

Les larves de gobies s'installent progressivement au fond au cours de leur développement. En surface, l'évolution des tailles au cours du temps ne permet pas le suivi de la cohorte des 0+ jusqu'en août (Figure 29). Pour l'étude de la croissance, nous considérerons uniquement les individus capturés au fond. On remarque que le profil de distribution des tailles mesurées au fond en juin diffère nettement des profils observés les autres mois. Pour l'étude de la croissance, nous ferons abstraction de ce mois de juin, la cohorte des 0+ (individus de moins d'un an) étant clairement identifiable en mai, en juillet, et en août.

Tableau 7 : Taux de croissance r calculés pour le gobie

Période	mai - août	juillet - août
Valeur de r (mm/j)	0,222	0,215

Nos résultats montrent une croissance linéaire, avec un taux de croissance r proche de 0,22 mm/jour. Les larves et les post-larves affichent donc un taux de croissance similaire. Dans des conditions d'élevage conduisant à des taux de survie de 66 à 90 % (Fonds 1970), des taux de croissance moyens allant de 0,20 à 0,30 mm/jour sont observés. Les taux de croissance des plus jeunes larves de gobie buhotte de 9 et de 11 mm atteignait respectivement 0,21 et 0,23 mm/jour. Le taux de croissance des post-larves atteignait 0,39 mm/jour, et était donc supérieur à celui des plus jeunes stades. Ceci témoignait d'une croissance exponentielle, que nous n'observons pas dans nos résultats.

A l'éclosion, le gobie mesure 3mm. La métamorphose du gobie se termine lorsque l'individu atteint 15

mm (Munk and G. Nielsen 2005). La durée de la phase larvaire pour un taux de croissance de 0,22mm/j est de 55 jours. Le gobie est connu pour avoir une croissance rapide. Après sa métamorphose, le gobie adopte son comportement adulte démersal, il s'affranchit des contraintes du milieu pélagique, il est inféodé au fond.

Le taux de mortalité Z observé au cours de cette phase larvaire est de 0,017. Sur l'ensemble des stations, 39,3% des larves de gobie survivent jusqu'à la métamorphose. Une femelle pond de 1000 à 5000 œufs. Il est néanmoins reconnu un fort cannibalisme filial chez le gobie, les œufs sont consommés notamment par les mâles. C'est un compromis entre le succès de reproduction et l'investissement parental (Lissaker, Kvarnemo et al. 2003). Ce facteur s'ajoute à la mortalité induite par la prédation par les espèces animales piscivores de l'estuaire de la Gironde.

3.1.2. Croissance et survie des larves de sprat

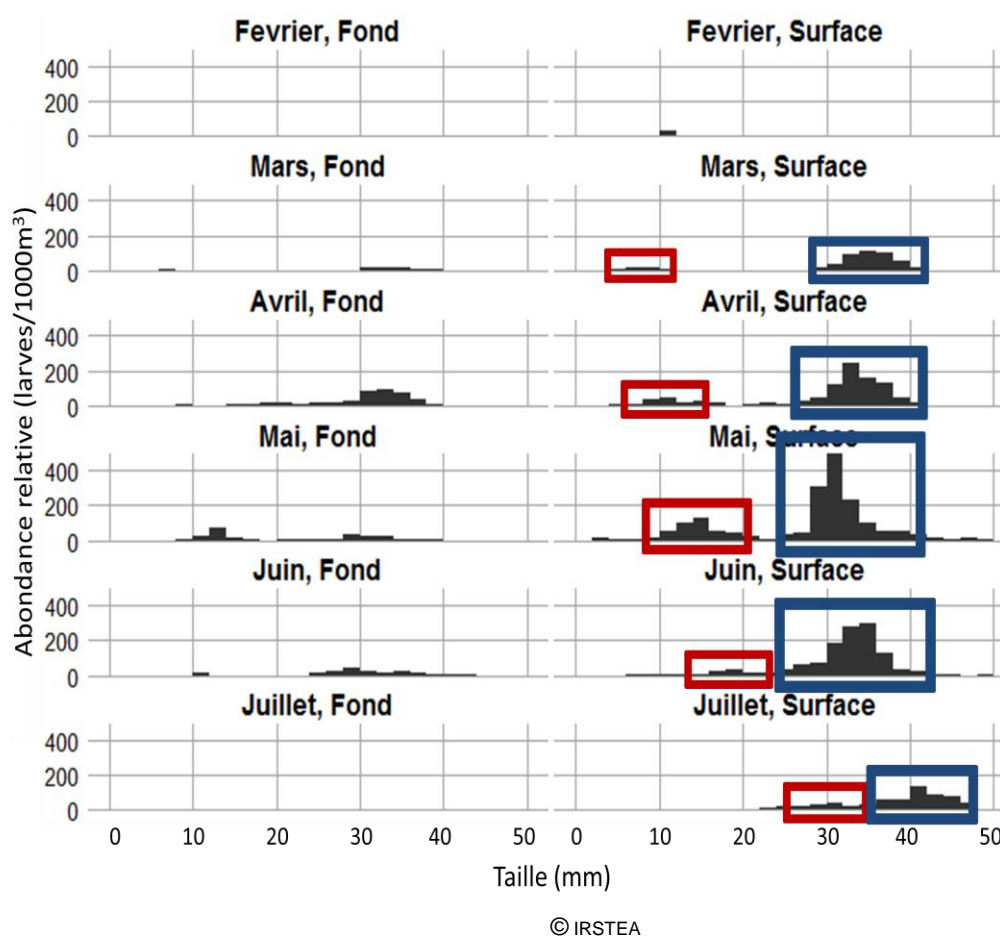


Figure 30 : Histogrammes de tailles des sprats, au fond et en surface, pour une largeur de classe de taille choisie de 2 mm. Code couleur : les cadres rouge et bleu identifient les deux groupes de tailles observés chaque mois.

Pour l'étude de la croissance du sprat, nous suivons la distribution de tailles observée en surface, le nombre d'individus permettant une plus grande précision dans l'identification des cohortes. La distribution des tailles observée sur les histogrammes ci-dessus (Figure 30) illustre la pluralité des pontes au cours d'une année. Chaque mois, on observe deux groupes de tailles différents (en rouge et en bleu sur la Figure 30) provenant de 2 périodes de reproduction différentes.

Tableau 8 : Taux de croissance r calculés pour le sprat

Période	mars - avril	avril - mai	mai - juin	juin - juillet	mars - juillet
---------	--------------	-------------	------------	----------------	----------------

Valeur de r (mm/j)	0,092	0,073	0,326	0,419	0,218
--------------------	-------	-------	-------	-------	-------

La croissance observée ici est exponentielle. Le taux de croissance est de 0,09 mm/j pour les larves de 10mm et de 0,42 mm/j pour les post-larves de 27 mm. En Mer du Nord (Munk 1993), un fort taux de croissance de 0,47 mm/j est observé pour des sprats de 12 mm évoluant dans la zone d'un front de marée (et 0,43 pour des sprats de 16 mm). Les résultats de cette étude mettent en évidence une corrélation positive entre le taux de croissance et la disponibilité en proies, ainsi qu'entre le taux de croissance et la production phytoplanctonique. Toujours en Mer du Nord, des taux de croissances allant de 0,36 à 0,40 mm/jour sont observés pour des larves d'environ 30 jours (Valenzuela and Vargas 2002). D'autres investigations menées en Mer d'Irlande rapportent des valeurs de r comprises entre 0,37 et 0,46 mm/jour (Shields 1989, Ré and Goncalves 1993). Dänhardt et al. (données non publiées) trouvaient des valeurs allant de 0,39 à 0,46 mm/jour pour des larves de sprats de la Mer Baltique.

L'estuaire de la Gironde constitue un milieu très turbide et présente par conséquent une faible production primaire. Les abondances en phytoplancton et en zooplancton (premier prédateur du phytoplancton) sont faibles en Gironde, ce qui pourrait expliquer le faible taux de croissance observé des larves de 11mm. Une fois que leur système digestif est fonctionnel, les larves de poisson les plus petites se nourrissent notamment de phytoplancton et de zooplancton (copépodes, zoés de crustacés, etc), petites proies facilement ingérables. Le régime alimentaire change au cours de l'ontogénèse (moment critique), il se diversifie, les post-larves se nourrissent d'organismes plus gros tels que de jeunes mysidacés, des petits isopodes, ou des amphipodes (Figure 31). Mais les sprats se nourrissent aussi de larves et d'œufs de poisson.



© IRSTEA

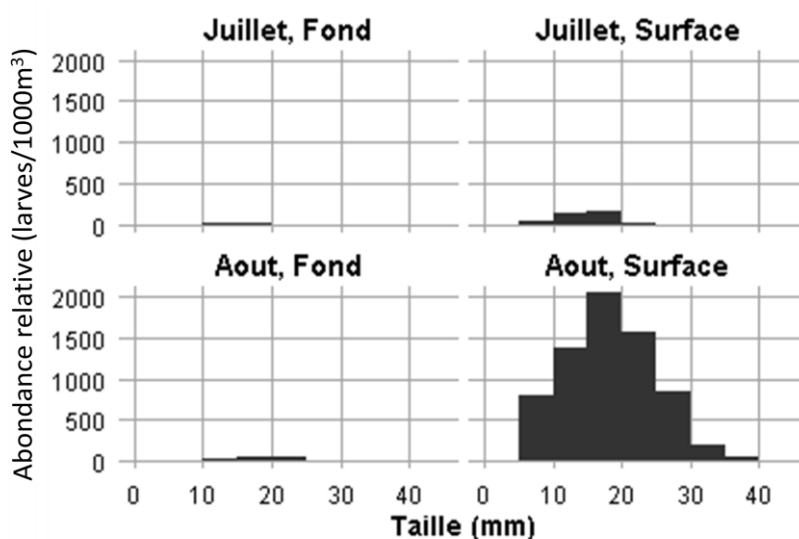
Figure 31 : post-larve de sprat ayant ingéré un amphipode

A l'éclosion, le sprat mesure 3,5 mm. La métamorphose du sprat se termine lorsque l'individu atteint 30 mm environ (Munk and G. Nielsen 2005). Le taux de croissance moyen pendant la phase larvaire est de 0,22 mm/j. La durée de la phase larvaire pour un taux de croissance de 0,22 mm/j et une taille initiale de 3,5 mm est de 122 jours.

Les larves et post-larves de sprat rencontrées dans l'estuaire de la Gironde proviennent de pontes différentes. Au cours de l'année, les cohortes présentes sont vraisemblablement réalimentées par des populations marines adjacentes, comme cela est régulièrement le cas pour le sprat dans les estuaires (Guelinckx, Maes et al. 2006). Par ailleurs, la croissance des larves va pouvoir différer d'une ponte à une autre, dépendamment de la situation géographique de la ponte et des facteurs abiotiques liés, ou encore des traits génétiques des géniteurs. Les facteurs régissant cette croissance sont nombreux, et nous ne pouvons pas suivre les effectifs de sprat au cours de l'année à cause du multi-recrutement marqué. En conséquence de cela, nous ne calculerons pas de taux de mortalité et de survie pour le sprat.

3.1.3. Croissance et survie des larves d'anchois

Les larves d'anchois apparaissent en juillet dans nos prélèvements. Par conséquent nous observons des larves et post-larves d'anchois en juillet et en août seulement.



© IRSTEA

Figure 32 : Histogrammes de tailles des larves d’anchois, pour une largeur de classe de taille choisie de 5 mm.

Tableau 9 : Taux de croissance r calculés au fond et en surface pour l’anchois

	Fond	Surface
Période	juillet - août	juillet - août
Valeur de r (mm/j)	0,169	0,164

Les taux de croissance au fond et en surface sont sensiblement les mêmes (Tableau 9). Les larves d’anchois de 10 mm présentent un accroissement de 0,17 mm/j. D’autres études portant sur la croissance des larves d’anchois de l’espèce *Engraulis encrasicolus* montrent une croissance exponentielle. On peut supposer observer une croissance devenant exponentielle pour des stades ultérieurs (non traités ici). Le taux de croissance des jeunes stades larvaires varie généralement entre 0,42 et 0,97 mm/jour (Palomera, Olivar et al. 2007, Somarakis and Nikolioudakis 2007). En ce qui concerne les stades plus avancés, les études sont peu nombreuses. Le taux de croissance moyen atteint 0,80 mm/jour pour des post-larves d’anchois en Mer Egée, pendant l’été (Schismenou, Tsiaras et al. 2013), et 0,63 mm/jour en hiver. Une autre étude, réalisée en Mer Adriatique, montre des taux de croissance similaires avec 0,82 mm/jour en été et 0,55 mm/jour en hiver (La Mesa, Donato et al. 2009). Dans le Golfe de Gascogne, à proximité de l’estuaire de la Gironde, l’étude de la croissance des juvéniles d’anchois indique des taux de croissance allant de 0,32 à 0,88 mm/jour. Les valeurs que nous observons dans notre étude sont donc faibles.

3.2. Mise en relation avec le milieu

3.2.1. La granulométrie de l’estuaire en 1998

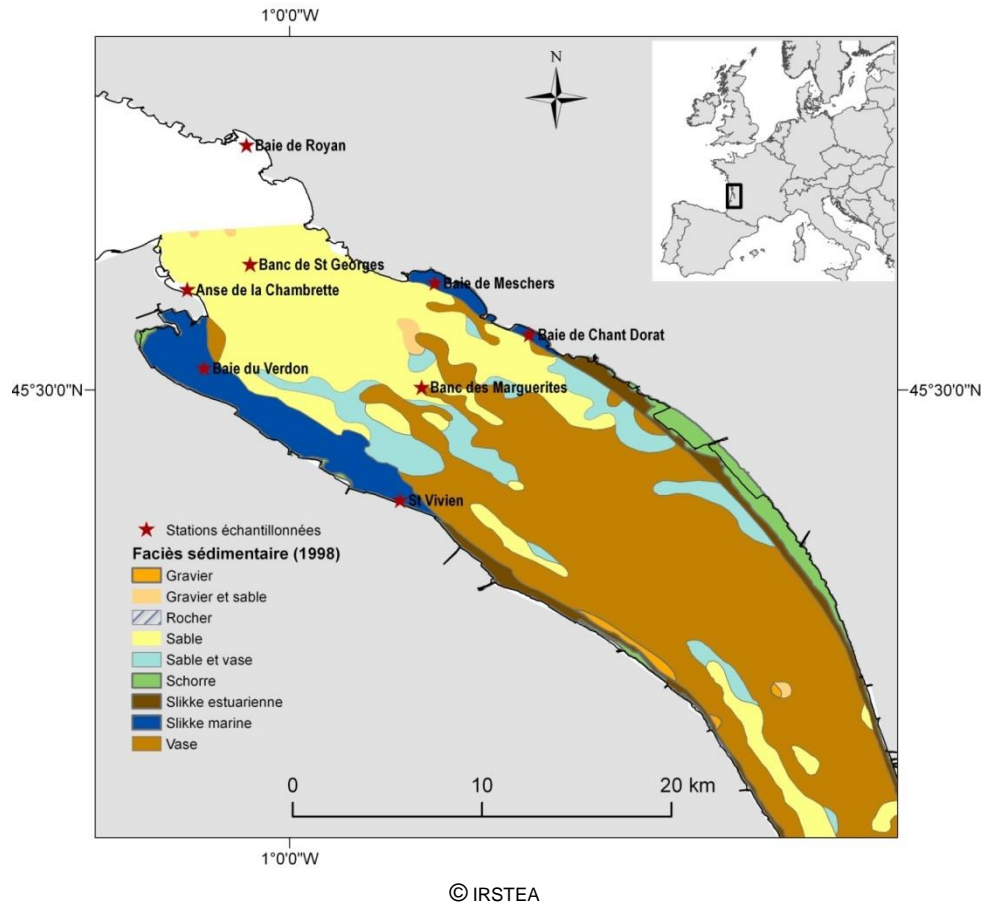


Figure 33 : carte des faciès sédimentaires de l'estuaire de la Gironde en 1998, faisant apparaître les sites échantillonnés en 2013 (logiciel MapInfo). (Données sources : UMR EPOC Université Bordeaux I)

A la vue de cette carte, les sites échantillonnés en 2013 peuvent être classés en trois groupes distincts, en fonction de leur faciès sédimentaire :

- les vasières du Verdon, Saint-Vivien, Meschers et Chant Dorat se composant de slikke marine,
- l'Anse de la Chambrette et le banc de Saint-Georges constitués de sable,
- le banc des Marguerites, vraisemblablement sablo-vaseuse.

Le faciès de la baie de Royan n'est pas renseigné dans les données de 1998. Il faut garder à l'esprit que cette répartition peut conséquemment varier au cours du temps, notamment sous l'action des forts courants de l'estuaire girondin. On note par exemple un envasement marqué au cours du temps au niveau de la grande vasière du Verdon, d'où l'intérêt de réaliser de nouvelles analyses granulométriques plus précises.

3.2.2. La granulométrie de l'estuaire en 2013

La granulométrie laser permet une analyse très précise de la nature des échantillons. Les données du granulomètre laser des prélèvements de fond de vasières en 2013 sont présentées sous forme de diamètres de particule. Ces derniers ont été comparés à l'échelle granulométrique de Wentworth afin d'en déduire la nature des échantillons.

Tableau 10 : Extrait de la classification de Wenworth

Classe de sédiment	Lutites						Arénites			
Nature de l'échantillon	Argile	Limon très fin	Limon fin	Limon moyen	Limon grossier	Limon très grossier	Sable très fin	Sable fin	Sable moyen	Sable grossier
Maille (µm)	2	3,9	7,8	15,6	31	62,5	125	250	500	1000

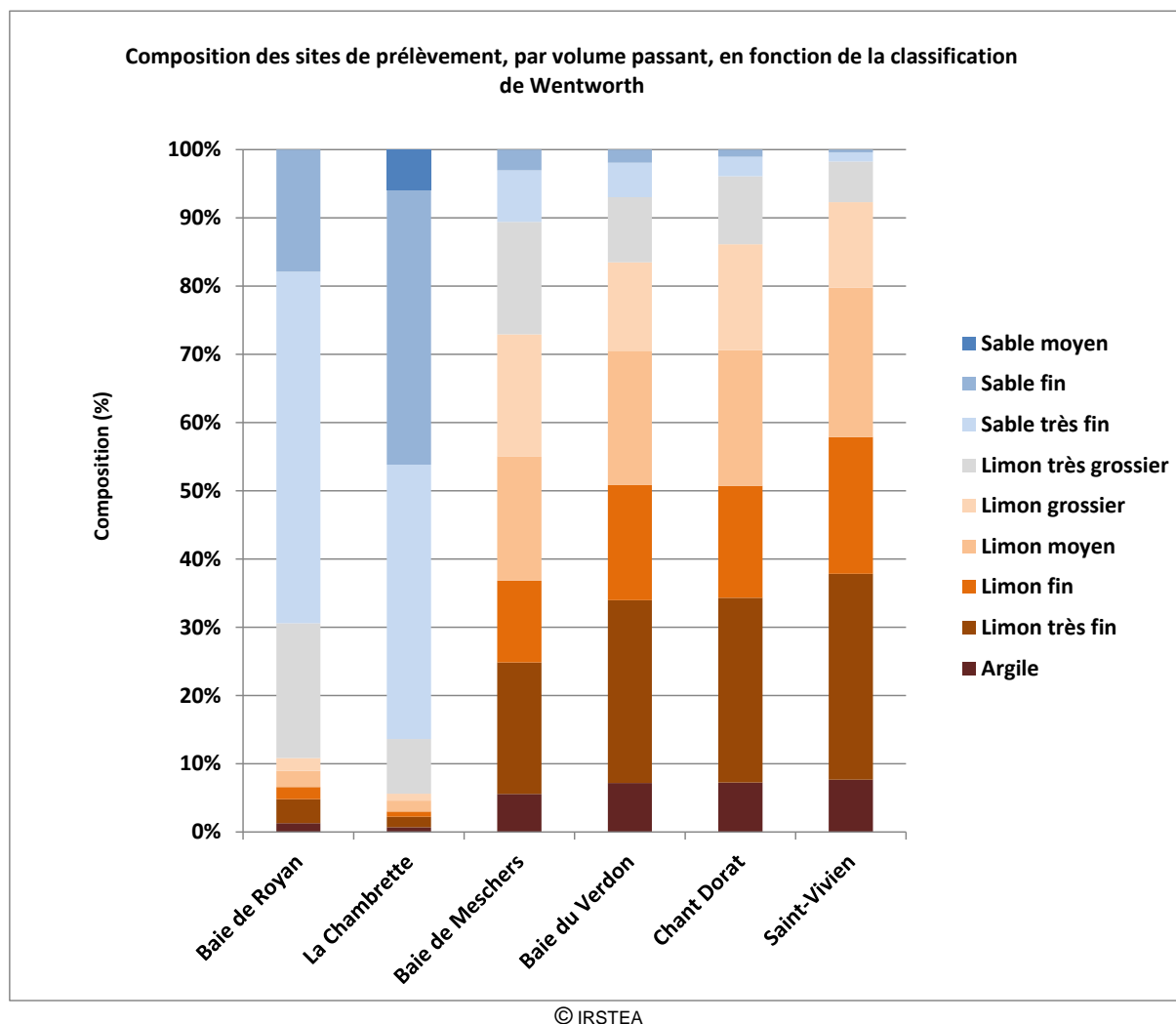


Figure 34 : Composition des zones intertidales échantillonnées en 2013.

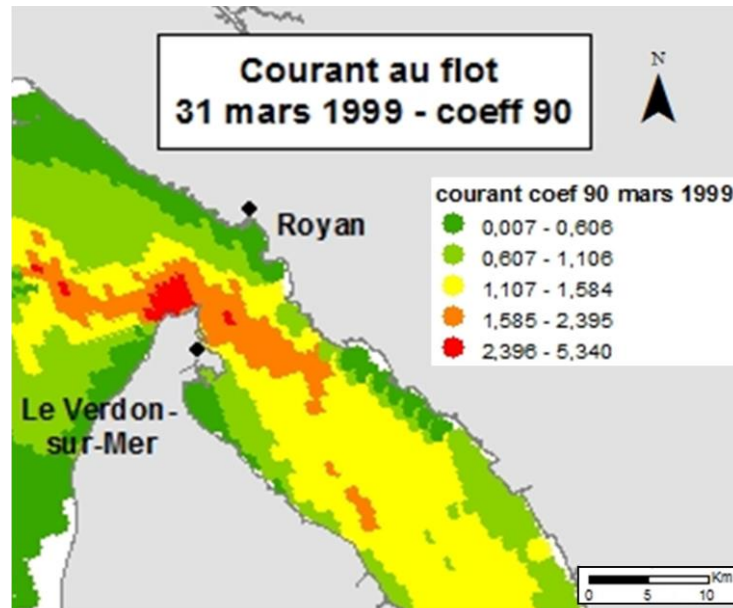
Nous distinguons deux groupes de vasières suivant leur composition granulométrique :

- Royan et La Chambrette sont respectivement constituées de 70 et 86% de sable, majoritairement de sable fin (18 et 40%) et très fin (50 et 40%). La Chambrette est la seule station comprenant du sable moyen.

- La grande vasière du Verdon, les vasières de Meschers-sur-Gironde, Saint-Vivien et de Chant Dorat se composent de 86 à 90% de limon, en particulier de limon très fin (entre 18 et 30%), et de limon fin (entre 12 à 20%).

Certaines espèces de poisson ont une vie benthique, comme les poissons plats, ou sont étroitement liés au fond de la colonne d'eau, c'est le cas des gobies. Les gobies s'installent sur des fond sablo-vaseux. Les petits individus préfèrent les fonds végétalisés (Magnhagen and Wiederholm 1982). Ils sont trouvés sur des fonds plats et vaseux dans le Lough Hyne en Irlande (Wilkins and Myers 1992). La répartition des larves observées dans notre étude ne semble pas être influencée par le profil sédimentaire des vasières. En effet, seules les deux vasières situées les plus en aval (Baie de Royan et La Chambrette) possèdent une granulométrie vraiment différente des autres sites étudiés, et aucune tendance liée à cela n'est observable quant à la distribution des larves.

3.2.3. La courantométrie

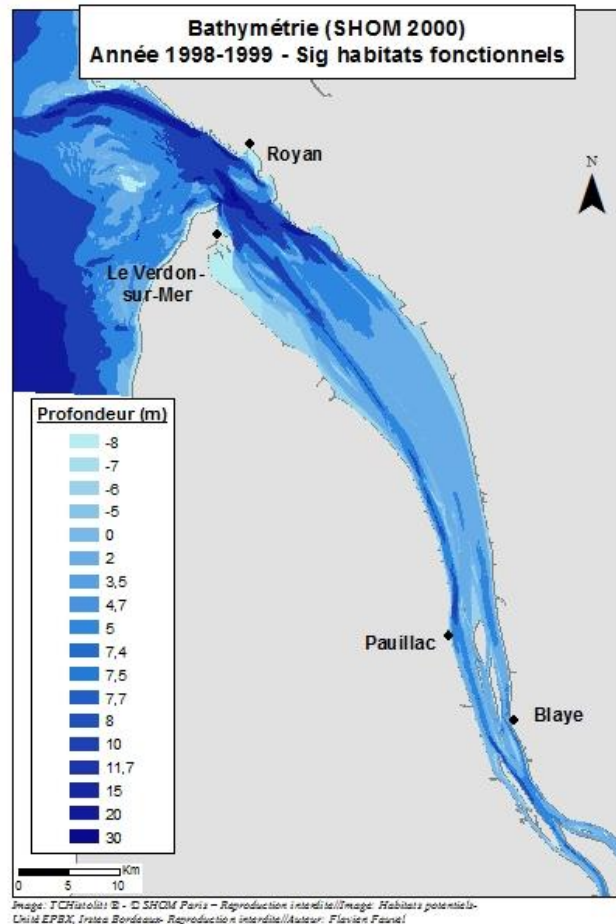


Unité EABX, IRSTEA Bordeaux – Reproduction interdite//Auteur: Flavien Fauvel

© IRSTEA

Figure 35 : Carte indiquant la courantométrie moyenne de l'estuaire 1 heure avant pleine mer, un jour de mars où le coefficient de marée était de 90.

Cette carte nous indique les vitesses des courants dans l'estuaire dans des conditions semblables à celles rencontrées lors de nos campagnes de pêche de 2013, c'est-à-dire un coefficient de marée fort (ici 90) et pendant de flot. L'ensemble des vasières échantillonnées en rive droite sont des baies abritées des courants de flot entrant dans l'estuaire. En rive gauche, la grande vasière du Verdon est également abritée des courants de flot, mais apparaît clairement ouverte aux courants de jusant. Le courant au niveau de la baie de Royan, en rive droite, est visiblement plus faible qu'au niveau de l'anse de la Chambrette, en rive gauche. La vitesse moyenne du courant à Royan varie de 0,007 à 0,606 m.s⁻¹, alors qu'il varie de 1,585 à 2,395 m.s⁻¹ à la Chambrette. Le courant est également plus faible au niveau de la baie de Chant Dorat en rive droite, qu'au niveau de Saint-Vivien en rive gauche. La vitesse moyenne du courant varie de 0,007 à 0,606 m.s⁻¹ sur la vasière de Chant Dorat, alors qu'il varie de 0,607 à 1,106 m.s⁻¹ sur la vasière de Saint-Vivien. Comme pressenti, l'hydrodynamisme est différent d'une rive à l'autre de l'estuaire. Au large des vasières les courants sont forts pendant le flot.



© IRSTEA

Figure 36 : Carte de la bathymétrie de l'estuaire de la Gironde

A la vue de la bathymétrie de l'estuaire (Figure 36 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), on constate un lien important entre les vitesses des courants de flot et les profondeurs. Les plus bas fonds sont associés aux vitesses de courant les plus élevées, et les plus hauts fonds sont associés aux vitesses de courant les plus faibles.

Comme évoqué dans la première partie, les abondances de larves les plus faibles sont relevées au niveau de sites abrités du courant de flot. Une telle distribution était déjà observée en 2012, avec des abondances de larves plus fortes sur la vasière de la Chambrette, là où les courants sont les plus forts.

De forts débits se sont écoulés au printemps et au début de l'été 2013, à cause des fortes précipitations. Une forte pluviométrie s'est abattue sur tout le bassin versant et beaucoup de neige est tombée en altitude, avec des records enregistrés sur le massif des Pyrénées. Les années de forts débits peuvent être défavorables pour les espèces estuariennes chassant les œufs hors de l'estuaire (Costa, Vasconcelos et al. 2007). Les abondances de *P. minutus* dans le Schedlt (Belgique) sont négativement corrélées au débit (Maes, Van Damme et al. 2004).

3.2.4. La température

La température est connue pour avoir une influence importante notamment sur la reproduction et la croissance des téléostéens. En zone tempérée, pour un grand nombre d'espèces, elle va être le facteur déclencheur de la reproduction, elle va influencer le temps d'incubation, puis l'activité métabolique et le taux de croissance des larves. Elle influence donc indirectement la survie des larves de poissons et donc sur le recrutement dans le milieu (Sponaugle, Grorud-Colvert et al. 2006). A titre d'exemple, les œufs de gobies ont un temps d'incubation d'une à deux semaines dans des conditions optimales où la température est comprise entre 10 et 20 °C (Fonds and Van Buurt 1974).

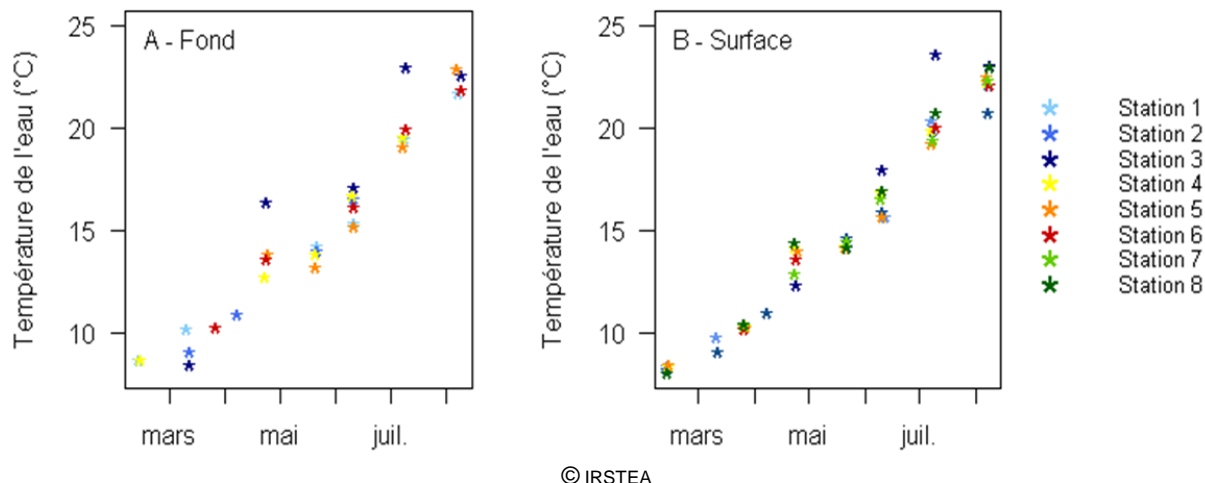


Figure 37 : Evolution de la température de l'eau au fond (A) et en surface (B), au niveau de chaque station échantillonnée.

Dans l'estuaire de la Gironde, la température de l'eau varie de 6 à 26°C au cours d'une année, elle est en moyenne de 15,9°C. Le printemps 2013 a été froid. La température de l'eau dépassait à peine 15°C en juin (Figure 37). La température de l'air en mai 2013 était inférieure de 3°C en moyenne à la normale saisonnière (Figure 38), et il en est de même pour le mois de juin.

En juillet 2013, la température moyenne de l'air augmente brusquement pour dépasser de 3 °C la normale saisonnière (Figure 39). La température de l'eau augmente progressivement en juillet et en août, le maximum relevé est de 23,6 °C en surface de la station 3, en juillet.

La station 3 affiche des températures significativement plus élevées en avril, en juin, et en juillet, au fond. Il en est de même en surface en juin, en juillet, et en août. On enregistre un écart de 3,4 °C entre le fond de la station 3 et la moyenne des températures au fond des autres stations. Cet écart est de 3 °C en surface. Rappelons que c'est aussi en station 3 que les abondances de larves de poisson sont les plus élevées.

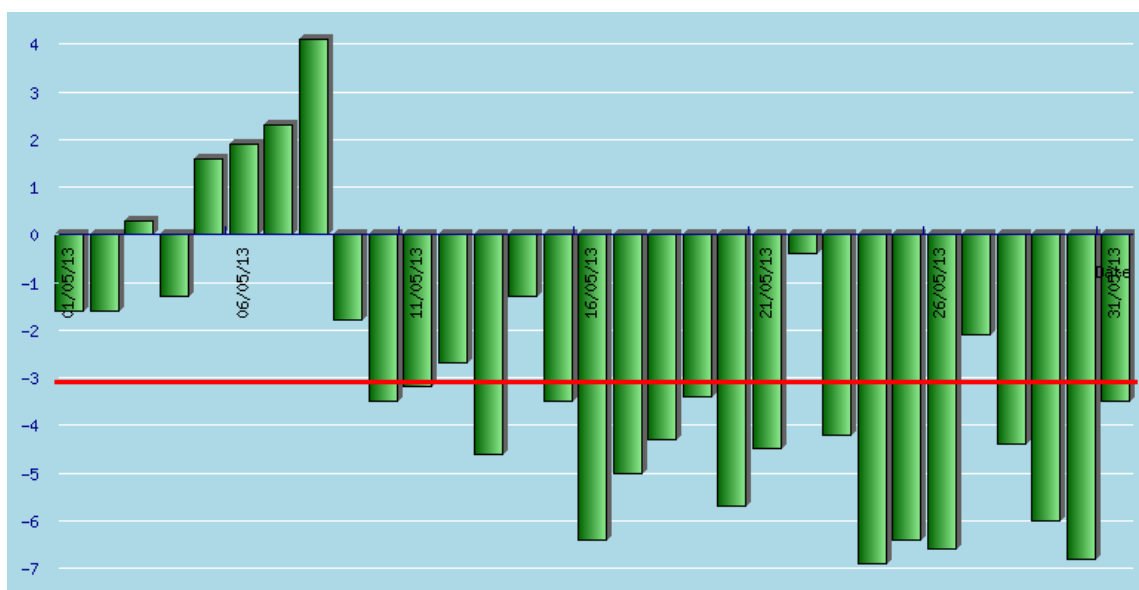


Figure 38 : Ecart quotidiens (en °C) de la température moyenne de l'air en mai 2013 à Bordeaux par rapport aux normes de la période 1981/2010. (<http://www.meteo-bordeaux.fr>)

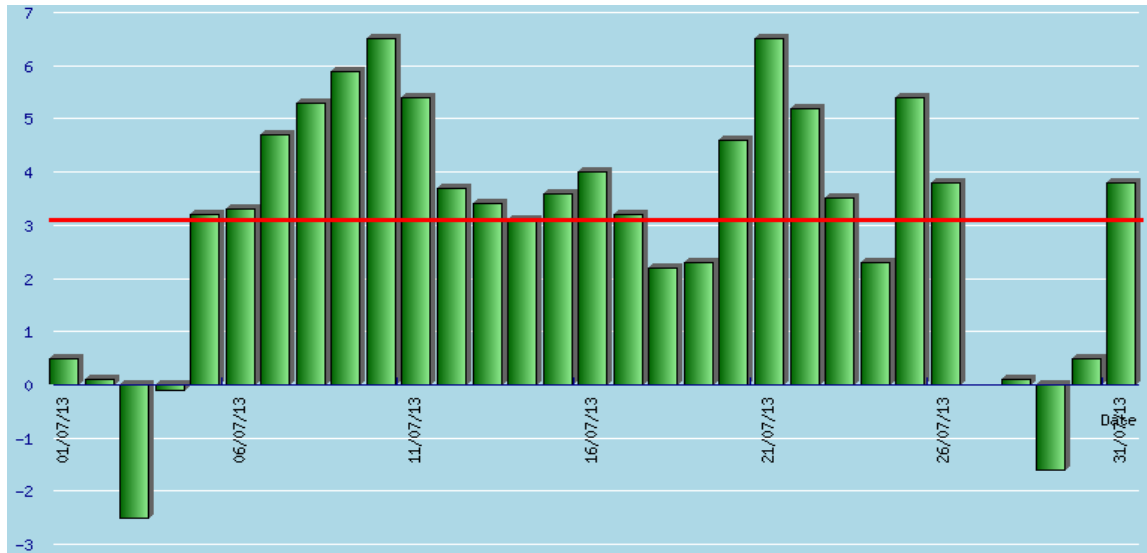
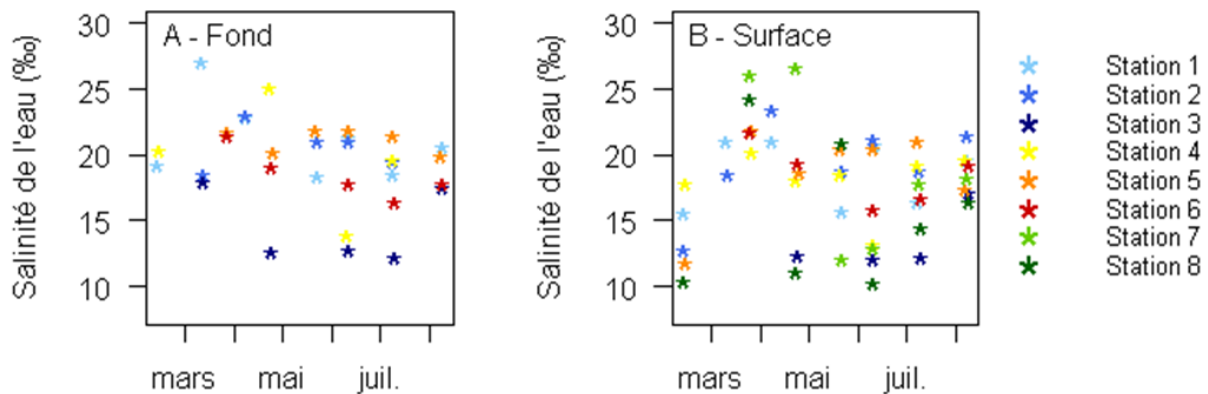


Figure 39 : Ecarts quotidiens (en °C) de la température moyenne de l'air en juillet 2013 à Bordeaux par rapport aux normes de la période 1981/2010. (<http://www.meteo-bordeaux.fr>)

3.2.5. La salinité

La salinité varie beaucoup dans l'estuaire aval. Elle dépend surtout de la marée (cycle et coefficient) et du débit fluvial, mais peut aussi voir sa valeur influencée par la température de l'eau. Dans le secteur polyhalin, la salinité est comprise entre 18 et 30 ‰.



© IRSTEA

Figure 40 : Evolution de la salinité de l'eau au fond (A) et en surface (B), au niveau de chaque station échantillonnée.

Pour chaque station, les salinités mesurées sont significativement plus élevées au fond qu'en surface (Tableau 11). La cause est la densité plus importante des eaux salées qui forment le coin salé (Girardin and Castelnaud 2011). De plus, c'est logiquement que les stations les plus en amont affichent une salinité moins élevée que les stations situées plus en aval.

Tableau 11 : Salinités moyennes de chaque station, au fond et en surface

		Station															
		1		2		3		4		5		6		7		8	
Fd	Surf	Fd	Surf	Fd	Surf	Fd	Surf	Fd	Surf	Fd	Surf	Fd	Surf	Surf	Surf	Surf	Surf
19	18,3	21,1	19,7	13,1	13	20,4	19,4	21,5	19,3	17,8	17,6	13,7	13,3				

Comme exposé dans la première partie, la répartition des abondances de larves ne suivent pas de gradient longitudinal, donc pas de gradient de salinité. Pour cette année 2013, aucune relation évidente n'est identifiable entre la répartition spatiale des larves de poisson et la salinité.

4. Synthèse de la deuxième partie

L'ichtyoplancton trouve-t-il dans l'estuaire de la Gironde les conditions nécessaires à une bonne survie et une bonne croissance ?

Les plus jeunes larves de gobie affichent un taux de croissance du même ordre de grandeur que ceux observés dans des conditions d'élevage (Fonds 1970). Cependant, la croissance observée pour le gobie de la Gironde ne suit pas la dynamique exponentielle classiquement observée chez les larves de poissons. Cette différence peut dépendre de plusieurs facteurs (disponibilité en proie, qualité des proies, température...).

Contrairement aux larves de gobie, les larves de sprat recueillies en Gironde affichent une croissance exponentielle. Les post-larves de sprat (> 15 mm) ont un taux de croissance proches des taux maximums relevés lors de beaucoup d'autres études.

Le peu de données récoltées concernant les larves d'anchois nous permet de mettre en évidence une vitesse de croissance inférieure à celle des sprats de la même taille (0,17 mm/jour pour l'anchois contre 0,09 mm/jour pour le sprat, pour des individus d'environ 10 mm). On peut supposer observer une croissance devenant exponentielle pour des stades ultérieurs (présents en septembre, mais non traités ici).

La nature granulométrique du milieu et les principaux facteurs environnementaux connus pour influencer la distribution spatio-temporelle des larves de poissons jouent-ils un rôle dans la colonisation de l'estuaire de la Gironde par ces organismes ?

La granulométrie conditionne la distribution spatiales des espèces de poissons inféodées ou en relation directe avec le fond (gobies, poissons plats, hippocampes...). Les vasières offrent un support sédimentaire propre à l'établissement des communautés benthiques les plus productives (nereis, oligochètes, corophium) qui sont une source de nourriture importante pour les poissons. La fraction fine des éléments du substrat est indispensable au maintien de ces peuplements.

Les post-larves de gobies ayant acquis leur comportement benthique colonisent les fonds sablo-vaseux, ce qui explique qu'ils soient retrouvés dans tout l'estuaire. Il en est de même pour la sole qui est connue pour s'installer et se nourrir sur les zones intertidales, que les sédiments soient sableux, sablo-vaseux, ou vaseux. Les compositions sédimentaires de l'estuaire de la Gironde influencent certainement peu la distribution des populations larvaires.

Les facteurs environnementaux abiotiques tels que la température et la salinité jouent un rôle déterminant dans la répartition géographique des poissons dans un milieu donné. Dans nos résultats, on relève des abondances de larves significativement supérieures au niveau de la vasière de Saint Vivien, où la température est plus élevée qu'ailleurs. Cette vasière, située au sud de la grande vasière du Verdon n'est pas abritée du courant durant le flot. Ce dernier suit la bathymétrie de l'estuaire, et atteint de fortes vitesses en Gironde.

Conclusion générale et perspectives

Les résultats de notre étude montrent de quelle façon les larves de poissons, essentiellement d'origine marine, se distribuent dans l'estuaire de la Gironde. En termes de diversité spécifique, le compartiment ichtyoplanctonique de l'aval de la Gironde suit le schéma classiquement observé dans les autres estuaires de la façade atlantique (beaucoup d'espèces rares dominées par une ou deux espèces abondamment présentes). Des zones de fortes et de faibles abondances ont été identifiées, les larves semblant préférer un site sous l'influence du courant de marée et où la température est la plus forte.

Les estuaires présentent une forte variabilité saisonnière et inter-annuelle de débit, de température, de pluviométrie qui influe plus ou moins directement sur les abondances de poissons. De nouvelles campagnes de prélèvements sont prévues en 2014, ils pourront fiabiliser nos résultats. Ils nous permettront également de comparer la croissance et la survie de l'ichtyoplancton dans l'estuaire de la Gironde et dans l'estuaire de la Charente. Ce dernier est dans un meilleur état écologique (selon l'indicateur ELFI) que la Gironde. Nous verrons donc si les abondances de larves de poissons sont plus élevées en Charente, et si les conditions de croissance et de survie qui conditionne un bon recrutement y sont meilleures.

Les mécanismes régissant le recrutement des jeunes stades de poissons sont nombreux. Les larves de poissons sont notamment capables de migrations verticales, et cela peut affecter la structure d'une population estuarienne. En effet, des larves de deux espèces différentes écloses au même endroit au large d'un estuaire pourront avoir des profils de distributions différents en fonction du comportement de ces larves. Les larves de poissons effectuent également des migrations verticales en fonction du nyctémère. Elles sont plus communément retrouvées dans le haut de la colonne d'eau la nuit et plus en profondeur le jour (Auth, Brodeur et al. 2007). Cependant, le phénomène inverse a déjà été observé (Brodeur and Rugen 1994, Bradbury, Gardiner et al. 2006). Enfin, les larves de certaines espèces ne migrent pas verticalement mais s'agrègent durant le jour et se dispersent durant la nuit (Jensen, Wright et al. 2003). Ces migrations verticales suivant le nyctémère apparaissent comme étant liées à des conditions optimales d'éclairement, à l'évitement des prédateurs, et à la disponibilité en proies (Brodeur and Rugen 1994, Irigoien, Conway et al. 2004). Le taux de croissance des larves de poissons est souvent corrélé à la disponibilité en proies. De plus, les larves de poissons sont des prédateurs visuels, la quantité de lumière disponible va influencer leur perception des proies (Gilbert, Fortier et al. 1992). Par conséquent la turbidité de l'eau joue un rôle important pour ces jeunes stades. La turbidité de l'eau atteint des valeurs élevées dans l'estuaire de la Gironde, et mériterait d'être prise en compte. Par ailleurs, la quantité de proies disponibles n'est pas dissociable de leur qualité. La composition de ces proies (en acide gras notamment) va impacter l'ontogénie du prédateur qui les ingère. Enfin, les mécanismes sensoriels des larves, leur permettant de reconnaître l'habitat dans lequel elles doivent s'installer, seraient également intéressants à étudier en Gironde.

L'étude de tout ou partie de ces mécanismes permettrait de mieux comprendre l'installation des larves dans des habitats précis. Les connaissances acquises pourront être prises en compte pour une restauration maximisant les potentialités d'installation des larves de poissons dans l'estuaire de la Gironde.

Bibliographie

- Allain, G., P. Petitgas, P. Grellier and P. Lazure (2003). "The selection process from larval to juvenile stages of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Bay of Biscay investigated by Lagrangian simulations and comparative otolith growth." Fisheries Oceanography **12**(4-5): 407-418.
- Auth, T. D., R. D. Brodeur and K. M. Fisher (2007). "Diel variation in vertical distribution of an offshore ichthyoplankton community off the Oregon coast." Fishery Bulletin **105**(3): 313-326.
- Bailey, K. M. and E. D. Houde (1989). "Predation on eggs and larvae of marine fishes and the recruitment problem." Advances in Marine Biology **25**: 1-83.
- Bardin, O. and D. Pont (2002). "Environmental factors controlling the spring immigration of two estuarine fishes *Atherina boyeri* and *Pomatoschistus spp.* into a Mediterranean lagoon." Journal of Fish Biology **61**(3): 560-578.

- Beckley, L. E. (1985). "The fish community of East Cape tidal pools and an assessment of the nursery function of this habitat." South African Journal of Zoology **20**(1): 21-27.
- Boigontier, B. and D. Mounié (1984). Contribution à la connaissance de la dynamique de la macrofaune benthodémersale et pélagique en Gironde. Tentatives et difficultés pour relativiser l'impact mécanique d'une centrale nucléaire: le Blayais (Gironde) Doctorat de 3ème cycle, ENSAT.
- Bos, A. R. (1999). "Tidal transport of flounder larvae (*Pleuronectes flesus*) in the Elbe river, Germany." Archive of Fishery and Marine Research **47**(1): 47-60.
- Bradbury, I. R., K. Gardiner, P. V. R. Snelgrove, S. E. Campana, P. Bentzen and L. Guan (2006). "Larval transport, vertical distributions and localized recruitment in anadromous rainbow smelt (*Osmerus mordax*)." Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **63**(12): 2822-2836.
- Brodeur, R. D. and W. C. Rugen (1994). "Diel vertical distribution of ichthyoplankton in the Northern Gulf of Alaska." Fishery Bulletin **92**(2): 223-235.
- Chambers, R. C. and W. C. Leggett (1987). "Size and age at metamorphosis in marine fishes - An analysis of laboratory-reared winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) with a review of variation in other species." Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **44**(11): 1936-1947.
- Costa, M. J., R. Vasconcelos, J. L. Costa and H. N. Cabral (2007). "River flow influence on the fish community of the Tagus estuary (Portugal)." Hydrobiologia **587**: 113-123.
- Cushing, D. H. (1990). Plankton Production and Year-class Strength in Fish Populations: an Update of the Match/Mismatch Hypothesis. Advances in Marine Biology. J. H. S. Blaxter and A. J. Southward, Academic Press. **Volume 26**: 249-293.
- Cushing, D. H. and J. W. Horwood (1994). "The growth and death of fish larvae." Journal of Plankton Research **16**(3): 291-300.
- Dahlberg, M. D. (1979). "Review of survival rates of fish eggs and larvae in relation to impact assessments." Marine Fisheries Review **41**(3): 1-12.
- Desaunay, Y., J. B. Peroudou and P. Beillois (1981). Etude des nurseries de poissons du littoral Loire-Atlantique, ISTEPM.
- Drake, P. and A. M. Arias (1991). "Composition and seasonal fluctuations of the ichthyoplankton community in a shallow tidal channel of Cadiz Bay (S.W.Spain)." Journal of Fish Biology **39**(2): 245-263.
- Elliott, M., M. G. O'Reilly and C. J. L. Taylor (1990). "The Forth estuary: a nursery and overwintering area for North Sea fishes." Hydrobiologia **195**: 89-103.
- Fonds, M. (1970). "Remarks on the rearing of gobies (*Pomatoschistus minutus* and *P. lozanoi*) for experimental purposes." **20**: 620-628.
- Fonds, M. and G. Van Buurt (1974). "The influence of temperature and salinity on development." Hydrobiological Bulletin **8**: 110-116.
- Fortier, L. and W. C. Leggett (1983). "Vertical migrations and transport of larval fish in a partially mixed estuary." Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **40**(10): 1543-1555.
- Gaughan, D. J., F. J. Neira, L. E. Beckley and I. C. Potter (1990). "Composition, seasonality and distribution of the ichthyoplankton in the lower Swan Estuary, southwestern Australia." Australian Journal of Marine & Freshwater Research **41**(4): 529-543.
- Gibson, R. N., L. Robb, M. T. Burrows and A. D. Ansell (1996). "Tidal, diel and longer term changes in the distribution of fishes on a Scottish sandy beach." Marine Ecology Progress Series **130**(1-3): 1-17.
- Gilbert, M., L. Fortier, D. Ponton and R. Drolet (1992). "Feeding ecology of marine fish larvae across the Great Whale River plume in seasonally ice-covered southeastern Hudson Bay." Marine Ecology Progress Series **84**(1): 19-30.
- Girardin, M. and G. Castelnaud (2011). Surveillance halieutique de l'estuaire de la

- Gironde : Suivi des captures 2010. Etude de la faune circulante 2010. Cestas, Cemagref: 243.
- Greenwood, M. F. D. and A. S. Hill (2003). "Temporal, spatial and tidal influences on benthic and demersal fish abundance in the Forth estuary." Estuarine Coastal and Shelf Science **58**(2): 211-225.
- Guelinckx, J., J. Maes, L. De Brabandere, F. Dehairs and F. Ollevier (2006). "Migration dynamics of clupeoids in the Scheldt estuary: A stable isotope approach." Estuarine, Coastal and Shelf Science **66**(3-4): 612-623.
- Hare, J. A. and R. K. Cowen (1997). "Size, growth, development, and survival of the planktonic larvae of *Pomatomus saltatrix* (Pisces: Pomatomidae)." Ecology **78**(8): 2415-2431.
- Harris, S. A. and D. P. Cyrus (2000). "Comparison of larval fish assemblages in three large estuarine systems, KwaZulu-Natal, South Africa." Marine Biology **137**(3): 527-541.
- Harrison, T. D. and A. K. Whitfield (1990). "Composition, distribution and abundance of ichthyoplankton in the Sundays River estuary." South African Journal of Zoology **25**(3): 161-168.
- Irigoien, X., D. V. P. Conway and R. P. Harris (2004). "Flexible diel vertical migration behaviour of zooplankton in the Irish Sea." Marine Ecology Progress Series **267**: 85-97.
- Jager, Z. and H. P. J. Mulder (1999). "Transport velocity of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Dollard (Ems estuary)." Estuarine Coastal and Shelf Science **49**(3): 327-346.
- Jensen, H., P. J. Wright and P. Munk (2003). "Vertical distribution of pre-settled sandeel (*Ammodytes marinus*) in the North Sea in relation to size and environmental variables." Ices Journal of Marine Science **60**(6): 1342-1351.
- Kneib, R. T. (1997). "Early life stages of resident nekton in intertidal marshes." Estuaries **20**(1): 214-230.
- La Mesa, M., F. Donato, G. Giannetti and E. Arneri (2009). "Growth and mortality rates of European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Adriatic Sea during the transition from larval to juvenile stages." Fisheries Research **96**(2-3): 275-280.
- Lissaker, M., C. Kvarnemo and O. Svensson (2003). "Effects of a low oxygen environment on parental effort and filial cannibalism in the male sand goby, *Pomatoschistus minutus*." Behavioral Ecology **14**(3): 374-381.
- Lobry, J., L. Mourand, E. Rochard and P. Elie (2003). "Structure of the Gironde estuarine fish assemblages: a comparison of European estuaries perspective." Aquatic Living Resources **16**(02): 47-58.
- Lobry, J., L. Mourand, E. Rochard and P. Elie (2003). "Structure of the Gironde estuarine fish assemblages: A comparison of European estuaries perspective." Aquatic Living Resources **16**(2): 47-58.
- Macpherson, E. and N. Raventos (2006). "Relationship between pelagic larval duration and geographic distribution of Mediterranean littoral fishes." Marine Ecology Progress Series **327**: 257-265.
- Maes, J., A. Taillieu, P. A. Van Damme, K. Cottenie and F. Ollevier (1998). "Seasonal patterns in the fish and crustacean community of a turbid temperate estuary (Zeeschelde Estuary, Belgium)." Estuarine Coastal and Shelf Science **47**(2): 143-151.
- Maes, J., S. Van Damme, P. Meire and F. Ollevier (2004). "Statistical modeling of seasonal and environmental influences on the population dynamics of an estuarine fish community." Marine Biology **145**(5): 1033-1042.
- Magnhagen, C. and A. M. Wiederholm (1982). "Habitat and food preferences of *Pomatoschistus minutus* and *Pomatoschistus microps* (Gobiidae) when alone and together: an experimental study (Sweden)." Oikos **39**: 152-156.
- Martinho, F., R. Leitao, J. M. Neto, H. Cabral, F. Lagardere and M. A. Pardal (2008).

"Estuarine colonization, population structure and nursery functioning for 0-group sea bass (*Dicentrarchus labrax*), flounder (*Platichthys flesus*) and sole (*Solea solea*) in a mesotidal temperate estuary." Journal of Applied Ichthyology **24**(3): 229-237.

McGurk, M. D. (1986). "Natural mortality of marine pelagic fish eggs and larvae - Role of spatial patchiness." Marine Ecology Progress Series **34**(3): 227-242.

McLusky, D. J. (1989). The Estuarine Ecosystem. Glasgow-London, Blackie.

McLusky, D. S., S. C. Hull and M. Elliott (1993). "Variations in the intertidal and subtidal macrofauna and sediments along a salinity gradient in the upper forth estuary." Netherlands Journal of Aquatic Ecology **27**(2-4): 101-109.

Meekan, M. G. and L. Fortier (1996). "Selection for fast growth during the larval life of Atlantic cod *Gadus morhua* on the Scotian shelf." Marine Ecology Progress Series **137**(1-3): 25-37.

Munk, P. (1993). "Differential growth of larval sprat *Sprattus sprattus* across a tidal front in the eastern North Sea." Marine Ecology Progress Series **99**(1-2): 17-27.

Munk, P. and J. G. Nielsen (2005). Eggs and larvae of North Sea fishes, Biofolia.

Nicolas, D., J. Lobry, O. Le Pape and P. Boët (2010). "Functional diversity in European estuaries: Relating the composition of fish assemblages to the abiotic environment." Estuarine Coastal and Shelf Science **88**: 329-338.

Palomera, I., M. P. Olivar, J. Salat, A. Sabates, M. Coll, A. Garcia and B. Morales-Nin (2007). "Small pelagic fish in the NW Mediterranean Sea: An ecological review." Progress in Oceanography **74**(2-3): 377-396.

Pasquaud, S., M. Beguer, M. H. Larsen, A. Chaalali, H. Cabral and J. Lobry (2012). "Increase of marine juvenile fish abundances in the middle Gironde estuary related to warmer and more saline waters, due to global changes." Estuarine Coastal and Shelf Science **104**: 46-53.

Pasquaud, S., M. Girardin and P. Elie (2003). Détermination des espèces et régime alimentaire des gobies, *Pomatoschistus* spp., de l'estuaire de la Gironde (France). 2ème rencontres de l'ichtyologie en France, Paris, 25-28 mars 2003.

Paterson, A. W. and A. K. Whitfield (2000). "Do shallow-water habitats function as refugia for juvenile fishes?" Estuarine Coastal and Shelf Science **51**(3): 359-364.

Pepin, P. and R. A. Myers (1991). "Significance of egg and larval size to recruitment variability of temperate marine fish." Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **48**(10): 1820-1828.

Primo, A. L., U. M. Azeiteiro, S. C. Marques, P. Ré and M. A. Pardal (2012). "Vertical patterns of ichthyoplankton at the interface between a temperate estuary and adjacent coastal waters: Seasonal relation to diel and tidal cycles." Journal of Marine Systems **95**(0): 16-23.

Ramos, S., R. K. Cowen, P. Ré and A. A. Bordalo (2006). "Temporal and spatial distributions of larval fish assemblages in the Lima estuary (Portugal)." Estuarine, Coastal and Shelf Science **66**(1-2): 303-314.

Ré, P. and E. Goncalves (1993). "Growth of sprat *Sprattus sprattus* larvae in the German Bight (North Sea) as inferred by otolith microstructure." Marine Ecology Progress Series **96**(2): 139-145.

Roper, D. S. (1986). "Occurrence and recruitment of fish larvae in a northern New-Zeland estuary." Estuarine Coastal and Shelf Science **22**(6): 705-717.

Ruiz, G. M., A. H. Hines and M. H. Posey (1993). "Shallow-water as a refuge habitat for fish and crustaceans in nonvegetated estuaries - An example from Chesapeake Bay." Marine Ecology Progress Series **99**(1-2): 1-16.

Schismenou, E., K. Tsiaras, M. I. Kourepini, E. Lefkaditou, G. Triantafyllou and S. Somarakis (2013). "Seasonal changes in growth and condition of anchovy late larvae explained with a hydrodynamic-biogeochemical model simulation." Marine Ecology Progress Series **478**: 197-209.

Schultz, E. T., K. M. M. Lwiza, M. C. Fencil and J. M. Martin (2003). "Mechanisms promoting upriver transport of larvae of two fish species in the Hudson River

- estuary." Marine Ecology-Progress Series **251**: 263-277.
- Searcy, S. P. and S. Sponaugle (2001). "Selective mortality during the larval-juvenile transition in two coral reef fishes." Ecology **82**(9): 2452-2470.
- Shields, R. J. (1989). Studies of growth and nutritional status in 0-group sprat, *Sprattus sprattus* (Clupeidae), using otolith microstructure and lipid analysis techniques. Ph.D thesis, Wales, Bangor.
- Shoji, J. and M. Tanaka (2006). "Growth-selective survival in piscivorous larvae of Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius*: early selection and significance of ichthyoplankton prey supply." Marine Ecology Progress Series **321**: 245-254.
- Somarakis, S. and N. Nikolioudakis (2007). "Oceanographic habitat, growth and mortality of larval anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the northern Aegean Sea (eastern Mediterranean)." Marine Biology **152**(5): 1143-1158.
- Sottolichio, A. (1999). Modélisation de la dynamique des structures turbides (bouchon vaseux et crème de vase) dans l'estuaire de la Gironde, Bordeaux 1.
- Sponaugle, S., K. Grorud-Colvert and D. Pinkard (2006). "Temperature-mediated variation in early life history traits and recruitment success of the coral reef fish *Thalassoma bifasciatum* in the Florida Keys." Marine Ecology Progress Series **308**: 1-15.
- Takasuka, A., Y. Oozeki and I. Aoki (2007). "Optimal growth temperature hypothesis: Why do anchovy flourish and sardine collapse or vice versa under the same ocean regime?" Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **64**(5): 768-776.
- Taverny, C. (1984). Etude du plancton d'intérêt halieutique au niveau de la Gironde : répartition géographique et fluctuations, IRSTEA, Université de BORDEAUX 1.
- Valenzuela, G. S. and C. A. Vargas (2002). "Comparative larval growth rate of *Sprattus sprattus* in relation to physical and biological oceanographic features in the North Sea." Archive of Fishery and Marine Research **49**(3): 213-230.
- Whitfield, A. K. (1999). "Ichthyofaunal assemblages in estuaries: A South African case study." Reviews in Fish Biology and Fisheries **9**(2): 151-186.
- Wilkins, H. K. A. and A. A. Myers (1992). "Microhabitat utilization by an assemblage of temperate gobiidae (pisces, teleostei)." Marine Ecology Progress Series **90**(2): 103-112.

Table des illustrations

Figure 1 : Représentation schématique des différentes écophases du cycle de vie	9
Figure 2 : Localisation des stations échantillonnées sur l'estuaire de la Gironde.....	10
Figure 3 : Dedious, coque en aluminium, 7m de long.	10
Figure 4 : Filet de type Bongo (à gauche), et traineau supra-benthique (à droite)	11
Figure 5 : Collecteur en PVC.....	11
Figure 6 : Récupération des échantillons contenus dans les collecteurs.	12
Figure 7 : Loupe binoculaire (Nikon SMZ1500),	12
Figure 8 : Représentation cartographique des indices de Shannon globaux (H),	16
Figure 9 : Représentation graphique des indices de fréquences (If, en %) des stades larvaires de chaque espèce, toutes stations confondues	17
Figure 10 : Abondances moyennes des stades larvaires des différentes espèces	19
Figure 11 : Abondances moyennes des différentes espèces dans les différentes stations,	19
Figure 12 : Représentation cartographique des abondances moyennes de larves par station	20
Figure 13 : Représentation cartographique des pics d'abondance des espèces retenues	21
Figure 14 : Evolution des abondances de larves de février à août 2013,	21
Figure 15 : Gobie buhotte, <i>Pomatoschistus minutus</i> (post-larve)	22
Figure 16 : Histogrammes de tailles des gobies sur les stations 7 et 8.	23
Figure 17 : Anchois, <i>Engraulis encrasicolus</i> (larve en et post-larve)	23
Figure 18 : Bar franc, <i>Dicentrarchus labrax</i> (larve et post-larve)	24
Figure 19 : Histogrammes de tailles du bar franc, toutes stations confondues.	24

Figure 20 : Sprat, <i>Sprattus sprattus</i> (post-larve)	25
Figure 21 : Histogrammes de tailles des sprats capturés en 2013 au fond et en surface	25
Figure 22 : Sole commune, <i>Solea solea</i> (post-larve)	26
Figure 23 : Sole sénégalaise, <i>Solea senegalensis</i> (post-larve)	26
Figure 24 : Flet, <i>Platichthys flesus</i> (post-larve)	27
Figure 25 : Benne Van Veen ouverte (à gauche) et fermée (à droite).....	30
Figure 26 : microgranulomètre à diffraction laser Malvern Mastersizer S.....	30
Figure 28 : Courbe de croissance modélisée par Von Bertalanffy ($L_{\infty} = 100$, $k = 1$ et $t_0 = -0,2$ (Représentation issue de Kirkwood et al., 2001).....	31
Figure 27 : sonde multiparamètre Hanna.....	31
Figure 29 : Histogrammes de tailles des gobies, au fond et en surface, pour une largeur de classe de taille choisie de 2 mm.	33
Figure 30 : Histogrammes de tailles des sprats, au fond et en surface, pour une largeur de classe de taille choisie de 2 mm. Code couleur : les cadres rouge et bleu identifient les deux groupes de tailles observés chaque mois.....	34
Figure 31 : post-larve de sprat ayant ingéré un amphipode.....	35
Figure 32 : Histogrammes de tailles des larves d'anchois, pour une largeur de classe de taille choisie de 5 mm.....	36
Figure 33 : carte des faciès sédimentaires de l'estuaire de la Gironde en 1998,	37
Figure 34 : Composition des zones intertidales échantillonnées en 2013.	38
Figure 35 : Carte indiquant la courantométrie moyenne de l'estuaire 1 heure avant pleine mer, un jour de mars où le coefficient de marée était de 90.	39
Figure 36 : Carte de la bathymétrie de l'estuaire de la Gironde.....	40
Figure 37 : Evolution de la température de l'eau au fond (A) et en surface (B),	41
Figure 38 : Ecart quotidiens (en °C) de la température moyenne de l'air en mai 2013 à Bordeaux ...	41
Figure 39 : Ecart quotidiens (en °C) de la température moyenne de l'air en juillet 2013 à Bordeaux	42
Figure 40 : Evolution de la salinité de l'eau au fond (A) et en surface (B),	42
Tableau 1 : Récapitulatif des prélèvements effectués en 2013	13
Tableau 2 : Espèces rencontrées sur les différents sites pendant l'année 2013,	14
Tableau 3 : Ratio larves/juvéniles (en %) pour chaque espèce dans chaque station.	16
Tableau 4 : Indices de fréquence des différentes espèces en 2013 (en %)	17
Tableau 5 : Abondances globales (en %) des différentes espèces de larves capturées en 2013, prélèvements de fond et de surface confondus.	18
Tableau 6 : Abondances de la sole sénégalaise en 2013.....	26
Tableau 7 : Taux de croissance r calculés pour le gobie	33
Tableau 8 : Taux de croissance r calculés pour le sprat	34
Tableau 9 : Taux de croissance r calculés au fond et en surface pour l'anchois.....	36
Tableau 10 : Extrait de la classification de Wenworth.....	38
Tableau 11 : Salinités moyennes de chaque station, au fond et en surface.....	42
Tableau 12 : Périodes de présence potentielles des jeunes stades des principales espèces dans l'estuaire de la gironde	50

Tableau 12 : Périodes de présence potentielles des jeunes stades des principales espèces dans l'estuaire de la Gironde

Genre	Lieux de reproduction/ponte	Période de ponte	Nature des œufs	Périodes de présence potentielle dans le bas de l'estuaire de la Gironde											
				Œufs						Larves					
				J	F	M	A	M	J	J	F	M	A	M	J
<i>Anguilla anguilla</i>	Mer des Sargasses	Mars à avril	Pélagiques	J	F	M	A	M	J	J	F	M	A	M	J
<i>Clupea harengus</i>	Golfe de Gascogne, <100 km des côtes	janvier à juillet	Œufs démersaux	J	F	M	A	M	J	J	F	M	A	M	J
<i>Sprattus sprattus</i>	Golfe de Gascogne	Printemps à l'hiver	Œufs démersaux	J	F	M	A	M	J	J	F	M	A	M	J
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Golfe de Gascogne	Printemps	Pélagiques	J	F	M	A	M	J	J	F	M	A	M	J
<i>Merlangius merlangus</i>	Golfe de Gascogne	Février à juin	Pélagiques	J	F	M	A	M	J	J	F	M	A	M	J
<i>Trisopterus luscus</i>	Côtes vendéennes, <60m de fond	Février à avril	Pélagiques	J	F	M	A	M	J	J	F	M	A	M	J
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Bas de l'estuaire, voire en mer	Décembre à septembre	Œufs adhésifs démersaux	J	F	M	A	M	J	J	F	M	A	M	J
<i>Pomatoschistus microps</i>				J	F	M	A	M	J	J	F	M	A	M	J
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Mer, ou bas de l'estuaire	Mai à juin	Pélagiques	J	F	M	A	M	J	J	F	M	A	M	J
<i>Platichthys flesus</i>	Mer, ou bas de l'estuaire	Janvier à juillet	Pélagiques	J	F	M	A	M	J	J	F	M	A	M	J
<i>Solea solea</i>	Golfe de Gascogne	Février à juin	Pélagiques	J	F	M	A	M	J	J	F	M	A	M	J

© IRSTEA

Source : synthèse bibliographique, et observations faites en 2012.

Irstea

1, rue Pierre Gilles de Gennes
CS 10030
92761 Antony

01 40 96 61 21

www.irstea.fr

Onema

Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar
94300 Vincennes

01 45 14 36 00

www.onema.fr