



HAL
open science

Caractérisation de la biodiversité des post-larves ichtyques du littoral corse pour la gestion du milieu et des ressources halieutiques

Laure-Hélène Garsi

► **To cite this version:**

Laure-Hélène Garsi. Caractérisation de la biodiversité des post-larves ichtyques du littoral corse pour la gestion du milieu et des ressources halieutiques. Sciences agricoles. Université Pascal Paoli, 2017. Français. NNT : 2017CORT0018 . tel-03228330

HAL Id: tel-03228330

<https://theses.hal.science/tel-03228330>

Submitted on 18 May 2021

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.

**Thèse présentée pour l'obtention du grade de
DOCTEUR EN PHYSIOLOGIE ET BIOLOGIE DES
ORGANISMES - POPULATIONS – INTERACTIONS**

Mention : Biologie des populations et écologie

**Soutenue publiquement par
LAURE-HÉLÈNE GARSI**

Le 18 Décembre 2017

**Caractérisation de la biodiversité des post-larves ichtyques du
littoral corse pour la gestion du milieu et des ressources
halieutiques**

Directeurs :

Mme Vanina PASQUALINI ; Pr, Université de Corse
Mme Sylvia AGOSTINI, Dr, Université de Corse

Rapporteurs :

Mr José Antonio GARCÍA-CHARTON, Dr-HDR, Universidad de Murcia
Mr Matteo MURENU, Dr-HDR, Università di Cagliari

Jury

Mr Paul-Antoine BISGAMBIGLIA, Pr, Université de Corse
Mr José Antonio GARCÍA-CHARTON, Pr, Universidad de Murcia
Mr Matteo MURENU, Pr, Università di Cagliari
Mr Philippe LENFANT, Pr, Université de Perpignan
Mme Sonia TERNENGO, Dr, Université de Corse

Invitées :

Mme Vanina PASQUALINI ; Pr, Université de Corse
Mme Sylvia AGOSTINI, Dr, Université de Corse

UNIVERSITE DE CORSE-PASCAL PAOLI
ECOLE DOCTORALE ENVIRONNEMENT ET SOCIETE
UMR CNRS 6134 SPE

Caractérisation de la biodiversité des post-larves
ichthyques du littoral corse pour la gestion du milieu et
des ressources halieutiques



PAR LAURE-HELENE GARSI

A voi due Maria-Francesca

E Mammone cara.

Tout d'abord, je souhaiterais dire merci aux rapporteurs pour leurs corrections et aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail, et me faire l'honneur d'être présents.

Merci à ma directrice Vanina Pasqualini pour ses conseils, son soutien, sa disponibilité et ses corrections. Et également pour le traitement des données de phytoplancton.

Je remercie également ma co-directrice Sylvia Agostini, qui a su m'accorder sa confiance dès le début de l'aventure Stella Mare, notamment en me permettant de faire mon Master 2 GILE en alternance, et qui m'a, par la suite, offert l'opportunité de réaliser cette thèse sur un sujet qui me passionne.

Merci à Antoine Aiello, directeur de la plateforme Stella Mare, de m'avoir accueillie au sein de la structure me permettant ainsi de réaliser mon travail de thèse dans les meilleures conditions.

Je remercie Paul-Antoine Bisgambiglia, directeur de l'UMR SPE, pour son aide, ses conseils et son soutien.

Merci Philippe Lenfant pour le temps que tu as su me consacrer au cours de ce travail, sans oublier toute l'équipe de l'Université de Perpignan et du laboratoire CREM/CEFREM. Petit clin d'œil à Laurie, pour les échanges, les discussions et les commentaires sur les petits bébés !

Je remercie Gilles Lecaillon ainsi que l'équipe de la société Ecocéan pour leurs disponibilités, leurs conseils techniques mais également les échanges d'informations.

Merci aux membres de la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio, Marie-Catherine Santoni et Jean-Michel Culioli, pour la collaboration et plus particulièrement Nicolas Nègre-Santucci pour les sorties matinales et la réalisation des pêches au cours du Life+ SUBLIMO.

Je remercie le Comité Régional des Pêches Maritimes et Elevages Marins de Corse (CRPMEM), Gérard Romiti son président et Jessica Dijoux sa directrice, de m'avoir mis en relation avec les pêcheurs de la prud'homie de Bastia / Cap Corse. Merci aux pêcheurs professionnels, pour leurs implications et le temps qu'ils m'ont accordé, Yves et

Sébastien Rialland, Jean et Don Jacques Pompa à Bastia, Damien Muller et Jacques Marie à Saint-Florent.

Merci à l'équipe de la STARESO, son directeur Pierre Lejeune, pour la réalisation des pêches à Calvi, mais également pour la confiance qu'il m'a accordée dès mon premier stage au sein de la station.

Je remercie également Stéphane Ramassamy d'avoir réalisé les pêches à Santa-Severa. Les sorties matinales, mouvementées ou pas, mais aussi les plongées et échanges que nous avons eus, sans compter les tartes à la vanille et les chocolâtines... merci pour ton temps !

Mes seules et uniques, je ne peux pas vous oublier ! Tout d'abord Amélie, tu m'as supportée en tant que stagiaire (et ça n'a pas été une mince affaire...), puis ensuite en tant que collègue (même bureau, de mieux en mieux...), pour devenir une amie. Je ne te dirai jamais assez merci pour tout ce que tu as fait pour moi, et je te promets d'être là pour toi autant que tu l'as été pour moi, sans oublier bidule, Juanita Banana et j'en passe... merci ! Sophie, ma grande Sophie, tu sais être là quand il faut et tu as toujours répondu présente quand j'ai eu besoin de toi. Je te souhaite le meilleur et surtout que ta vie sois piquante ! Euh ok mais pas trop, fichtre ! Eh mercééééé !

Force et honneur les filles, si j'ai réussi à le faire vous pouvez en faire autant et tout déchirer. Ho oui le rêve ultime !

Je ne veux surtout pas oublier JH et Anne, sans qui je ne serais pas là où j'en suis aujourd'hui. Merci JH d'avoir eu assez de patience pour me donner le goût de la recherche, de m'avoir transmis votre passion, de m'avoir enseigné et formée au cours des nombreux stages que j'ai pu réaliser à vos cotés. D'abord encadrant, puis au fil des années c'est devenu une amitié sincère, merci pour votre présence... et promis je vais essayer de supprimer le vous mais ce n'est pas gagné ! Merci Anne pour ta joie de vivre, ta générosité, tes conseils, les discussions à n'en plus finir et le temps que tu m'as accordé.

Amandine, la mer nous a unies, une rencontre inattendue mais qui dure depuis 10 ans. Merci pour tout, merci d'être là ma petite belge adorée. Que le vent continue de nous porter encore loin ensemble !

Merci Olivia, d'abord pour ton enseignement, tu es ensuite devenue une collègue puis une amie. Merci pour ton aide, tu m'as suivie les yeux fermés, et par moment tu l'as regretté mais heureusement on avait nos k-ways ! Merci pour ta réflexion, ton soutien quand j'en ai eu le plus besoin, merci pour tes mots justes, pour nos barres de rires et nos moments de sérieux... qui ne dureraient jamais vraiment longtemps ! Et maintenant un bon mojito ma poule !

Merci à la Kiki team, Nicolas et Tatiana, pour le soutien et pour me supporter encore aujourd'hui. Merci Mitch pour tes relectures, tes conseils et ta bonne humeur perpétuelle, tu es un manstre ! Merci les GILÉ's ! Forever !

Merci les coupines, Céline, Laura, Loriane, Marion, je ne sais pas comment vous faites pour me supporter... attention à Marco Polo et à ne pas glisser sur n'importe quoi!

Merci aux stagiaires qui m'ont aidée tout au long de cette thèse, que ce soit sur le terrain ou en laboratoire, Antonia, Andrea et Serena.

Un grand merci à toute l'équipe de Stella Mare pour l'ambiance conviviale, chacun à sa façon ayant contribué à cette thèse qu'il soit de passage ou non: Alex, Anthon, Barbara, Benjamin, Eric, Fabien, Frédéric, Jean-Jo, Jean-Sé, Julien, Marc, Marie (pour le traitement des échantillons et tes conseils), Marie-France, Mika, Pierre-Mathieu, Romain, Sally, Sébastien, Sonia, Théo, Tony, Yannick, sans oublier mon seul et unique frère Jérémie à qui je dis merci plus particulièrement.

Merci les H men pour les moments sportifs mais pas que, le meilleur (ou le pire) reste à venir.... ! Merci à mon petit Bjorn pour la traduction et ton soutien à toute épreuve. Une mention très spéciale à ma petite Licorne, merci pour ton soutien et ta présence, pour m'avoir supportée dans les pires moments !! Merci également à tes parents. Ne laisse jamais tomber tes rêves !

Merci les Pet Girls, Mathilde et Léa, pour les heures de relectures, votre soutien à toute heure, votre bonne humeur et nos échanges complètement déjantés !

Merci Valérie pour la relecture complète et les corrections de ce beau pavé, en un temps record !

Stéphane merci pour ta présence, ton amitié, ta patience, tes conneries pour me remonter le moral. Je ne te remercie pas pour ton entêtement par contre... enfin ça dépend pour quoi. Tu as su me prouver qu'il ne fallait jamais lâcher son objectif, tel un chat voulant attraper sa souris.

A toi ma Potasse, ma meilleure amie, ma confidente, ma sœur de cœur, merci pour ta présence sans failles depuis tout ce temps, tes conseils, tu as toujours su trouver les mots justes autour d'un verre spécial... à nos galères, nos coups de gueule, nos sorties, nos voyages et bien plus encore. SSSSSalute fffffff ! Euh ok ! SSSSampagne !

A mes parents, Papa merci de m'avoir permis de toujours pouvoir faire ce que je voulais, d'avoir toujours été présent à mes côtés, pour tes conseils toujours justes et de m'avoir donné la force d'aller au bout de mes rêves. Maman, merci pour tes innombrables conseils, ta présence, ta force, ton amour, tu as su faire de moi la femme que je suis aujourd'hui. Fratellucciu merci de me supporter, et pour ce magnifique petit cadeau qui a pointé le bout de son nez, je te souhaite tout le bonheur que tu mérites avec Andrea. Merci à toute Ma Famille, de m'avoir soutenue, encouragée, d'avoir cru en moi. Merci pour tout l'amour que vous me portez.

Adelante !

ABSTRACT

This thesis work is part of two European-funded research programs: the Life+ SUBLIMO (Life10 NAT/FR/000200), which aims to analyze, monitor and restore marine biodiversity in the Mediterranean and Fisheries Resources/Post-larvae (75/SAEU/FEDER/RD-34 448), which aims to evaluate the impacts of some environmental factors on this biodiversity. The interest of this work is to improve marine environment knowledge, in order to better understand the mechanisms of marine biodiversity loss, by studying a compartment of the life cycle of coastal marine fish that is still not well known in the Mediterranean: the post-larvae. This work will provide a suitable tool for the sustainable management of fisheries resources in the Mediterranean.

We initiated our work by developing a reliable technique for the identification of these young fish stages, through the adaptation of a technique for rear and capture post-larvae. This has enabled us to develop an innovative method for the identification of young stages of Mediterranean fish (APLIM: Alive Post-Larvae Identification Method). The APLIM method was tested on 22 families, 37 genera and 64 species followed and confirmed the identification of 86 % of post-larvae species caught alive, compared to 30 families and 77 species identified on dead individuals with 78 % of identification rates. However, this visual method has its limitations. For some species identification is relatively easy, for others genetic analyses are necessary, because even with rigorous monitoring it is impossible to distinguish between them. This is the case for example for Mugilidae, which includes 4 different species in the Mediterranean, and are all morphologically similar. A total of 80 species were identified at post-larval stage, which resulted in the publication of an atlas of the species caught in the Life+ SUBLIMO project, with for each species (i) details of meristic traits allowing them to be identified, (ii) information on abundance, average size and mean catch temperature, and (iii) recommendations on aquaculture rearing conditions. This atlas identification of fish post-larvae of the north-western Mediterranean is intended for scientists, marine professionals (fishermen, fish farmers) and environmental managers (marine protected areas, natural reserve). This guide aimed to be a tool for better management of future fish stocks.

Then we focused on diversity, spatial and temporal variations of post-larvae, in particular by drawing up arrival schedules for species on all sites defined within the two programs (10 sites distributed along the coasts of the Gulf of Lion and around Corsica). Follow-up on the study of population dynamics, seasonality, inter-site variations and environmental characteristics (eg. temperature, salinity) was carried out over two consecutive years, from July 2012 to September 2014. Post-larvae diversity of fish species caught on all sites indicates 95 different taxa for a total abundance of 17,964 individuals. These fisheries were carried out simultaneously, with a common protocol and a light trap system. Characteristic species assemblages were described for each site, and we noted that the red mullet (*Mullus surmuletus*) is found in each assemblage. Spatial and temporal variations reflect the difference in continental and Corsican character, but also a marked seasonality, especially in summer, thanks to the elaboration of post-larvae arrival calendars on coasts. However, the identification of preferred settlement habitats in coastal areas remains complex and the mechanisms that govern them have to be defined.

At the same time, we have tried to highlight the impact of food available in the environment (plankton) on this post-larval biodiversity. For this reason, we evaluated the trophic relationships between the appearance of the different planktonic compartments and the post-larvae species observed, with the aim of estimating predator-prey influences. We observed a trophic succession of the three compartments described: microphytoplankton, zooplankton and post-larvae. We tested the interactions between these different compartments and determined the possible prey/predator relationships between the characterized groups. Barcoding DNA analysis of the stomach contents of mainly encountered families allows us to say that, depending on the taxa, diets are validated or not. For example, for Mullidae the tests indicate that they would preferentially feed on mollusks, which is confirmed by genetic analysis. The environmental parameters that seem to have the greatest influence on arrivals on the Corsican coasts are temperature, winds and coastal currents.

Finally, the creation and establishment of a management tool for fisheries resources, with the elaboration of an Atlas of fish post-larvae in the north-western Mediterranean basin.

The tool is intended to be a basic reference for scientific research on:

- innovative methods of catching live post-larvae,
- monitoring and identification of fish post-larvae,
- aquaculture farming needs (food needs, necessary habitats in the basins, possible manipulations depending on the level of stress and densities required in the basins for

optimal development conditions),

- knowledge of cohort arrival schedules for young stages in the coastal zones of the North-Western basin,
- ecological restoration techniques based on releasing pre-grown juveniles in tanks into the wild.

This tool presents species of economic and patrimonial interest. It will also enable the transfer of technology and competences to marine professionals and managers. The applications and advances of this work could lead to proposals for management measures and the description of new indicators of environmental conditions at national level within the framework of the Marine Strategy Framework Directive (DCSMM). The results obtained have been widely disseminated to the other regions of the Mediterranean (470 atlases distributed in total), where the method can be reproduced, which will allow a broader vision and actions to be taken throughout the basin. The networking through the MEDPLANET, the dissemination of information and results during various events (conferences, symposia, seminars, visits), and this throughout the SUBLIMO program, has enabled us to raise awareness among a large number of people (general public, schoolchildren, scientists) of ecological restoration in the coastal environment, which is a new science that is likely to develop. The post-SUBLIMO awareness effort must therefore continue in order to group as many stakeholders as possible around this issue, to compensate for biodiversity loss, but also for the sustainable management of future fish stocks.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION GENERALE	1
1.1. Méditerranée : hot spot de biodiversité en danger.....	1
1.2. Biodiversité post-larvaires de poissons côtiers.....	4
1.2.1. Cycle de vie.....	4
1.2.2. Identification des post-larves de poissons.....	5
1.2.3. Influence des conditions environnementales sur la biodiversité post-larvaire.....	7
1.3. Gestion / maintien de la biodiversité post-larvaire.....	11
1.4. Questions scientifiques et organisation de la thèse.....	1213
2. MATERIEL ET METHODES	15
2.1. Les sites d'étude	15
2.1.1. Choix des sites	15
2.1.2. Présentation générale	15
2.2. Capture et transport des post-larves.....	1718
2.2.1. Technique de pêche	1718
2.2.2. Plan d'échantillonnage.....	19
2.3. Identification des post-larves.....	19
2.3.1. Tri en laboratoire	19
2.3.2. Identification par méthode classique.....	20
2.3.3. Elevage en bassins.....	22
2.3.4. Prise de photographies	24
2.4. Analyses génétiques	24
2.4.1. Prélèvement des tissus à analyser.....	24
2.4.2. Identification	24
2.4.3. Contenus stomacaux.....	26
2.5. Caractérisation des paramètres environnementaux des sites.....	26
2.5.1. Paramètres abiotiques	26

2.5.2. Paramètres biotiques	2627
2.6. Traitements statistiques	2728
3. RESULTATS - DISCUSSIONS	29
Chapitre I - Mise au point d'une méthode innovante d'identification des jeunes stades de poissons de Mer Méditerranée : APLIM (Alive Post-Larvae Identification Method)	
I.A. La Méthode APLIM	29
I.B. Evaluation de l'efficacité de la méthode APLIM	32
I.B.a. Efficacité de la Capture des post-larves par pêche au CARE en Méditerranée ..	33
I.B.b. Efficacité de l'élevage des post-larves.....	40
I.B.c. Efficacité de l'identification visuelle par la méthode APLIM.....	46
Discussion.....	55
Conclusion.....	60
Chapitre II - Diversité et variations spatio-temporelles des post-larves de poissons du bassin Nord-ouest de la Méditerranée	
II.A. Effort de pêche	62
II.B. Biodiversité spécifique et assemblages d'espèces	63
II.C. Calendriers d'arrivées	67
II.D. Caractérisation des habitats pour le recrutement.....	76
Discussion.....	81
Conclusion.....	86
Chapitre III - Relations proies/prédateurs entre les communautés planctoniques et la biodiversité des post-larves de poissons dans le bassin Nord-ouest de la Méditerranée.	
III.A. Les communautés planctoniques.....	87
III.B. Les assemblages des post-larves.....	93
III.C. Les paramètres environnementaux.....	95
III.C.a. Analyse des variations temporelles.....	95
III.C.b. Influence des paramètres sur les abondances de post-larves	97
III.D. Les relations proies/prédateurs	98

III.D.a. Successions trophiques et interactions proies/prédateurs.....	98
III.D.b. Analyses génétique des contenus stomacaux.....	100
Discussion.....	101
Conclusion.....	104
Chapitre IV - Mise en place d'un outil de gestion des ressources halieutiques : Atlas des post-larves de poissons de Méditerranée occidentale.....	105
IV.A. Atlas des post-larves de Méditerranée occidentale	107
IV.B. Outil de gestion pour les espèces d'intérêt pour la Corse	111
IV.C. Transfert de technologies et de savoir-faire	117
Conclusion.....	126
4. SYNTHÈSE GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES	128
5. BIBLIOGRAPHIE	136

1. INTRODUCTION GENERALE

La biodiversité est essentielle au bon fonctionnement des écosystèmes, qu'ils soient terrestres ou marins. Elle rend de multiples services écologiques (Millenium Ecosystem Assessment, 2005 ; Worm *et al.*, 2006). Les études visant à quantifier la biodiversité mondiale de manière exhaustive se multiplient (Bianchi and Morri, 2000 ; Quignard and Tomasini, 2000 ; Brooks *et al.*, 2002 ; Coll *et al.*, 2010 ; Mora *et al.*, 2011). En 2011, Mora *et al.* estiment que seulement 14 % des espèces terrestres et 9 % des espèces marines ont été décrites à ce jour. C'est un sujet controversé, qui oppose de nombreux scientifiques sur la question des menaces qui pèsent sur cette biodiversité mondiale. En effet, il semble difficile de se rendre compte d'une diminution effective sans en connaître un inventaire global.

Bien que les connaissances actuelles soient encore insuffisantes, on peut néanmoins considérer que face aux perturbations grandissantes qui menacent les écosystèmes, telles que les changements climatiques, l'artificialisation des espaces naturels, la surexploitation des ressources ou encore la pollution, la biodiversité mondiale s'en trouve indubitablement affectée. Les études visant à évaluer les menaces pesant sur la biodiversité et leurs impacts sont principalement menées sur des « hot spots de biodiversité » ou des sites spécifiques (Worm *et al.*, 2005).

1.1. Méditerranée : hot spot de biodiversité en danger

La Méditerranée est une mer semi-fermée qui est divisée en deux bassins (occidental et oriental), eux-mêmes composés de plusieurs secteurs : Mer d'Alboran, Mer des Baléares, Mer Ligure, Mer Tyrrhénienne, Mer Adriatique, Mer Ionienne, Mer Egée et Mer de Crète. Nous nous intéressons ici au bassin Nord-ouest (Golfe du Lion, mers Ligure et Tyrrhénienne).

Menace sur la biodiversité – D'après l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), à ce jour 25 062 espèces sont menacées d'extinction, dont 8 152 sont en voie de disparition et 5 403 sont en danger critique d'extinction au niveau mondial (<http://www.iucnredlist.org>). L'évolution du nombre des espèces est un processus naturel, cependant les impacts anthropiques l'accélèrent de manière exponentielle et négative. La Méditerranée est une grande mer intérieure, qui abrite une des plus grandes diversités au monde que l'on appelle « hot spot » de biodiversité (Figure 1). Elle englobe à elle seule environ 8 %

des espèces marines connues sur une surface équivalente à moins de 1 % de la surface totale des océans (Coll *et al.*, 2010).

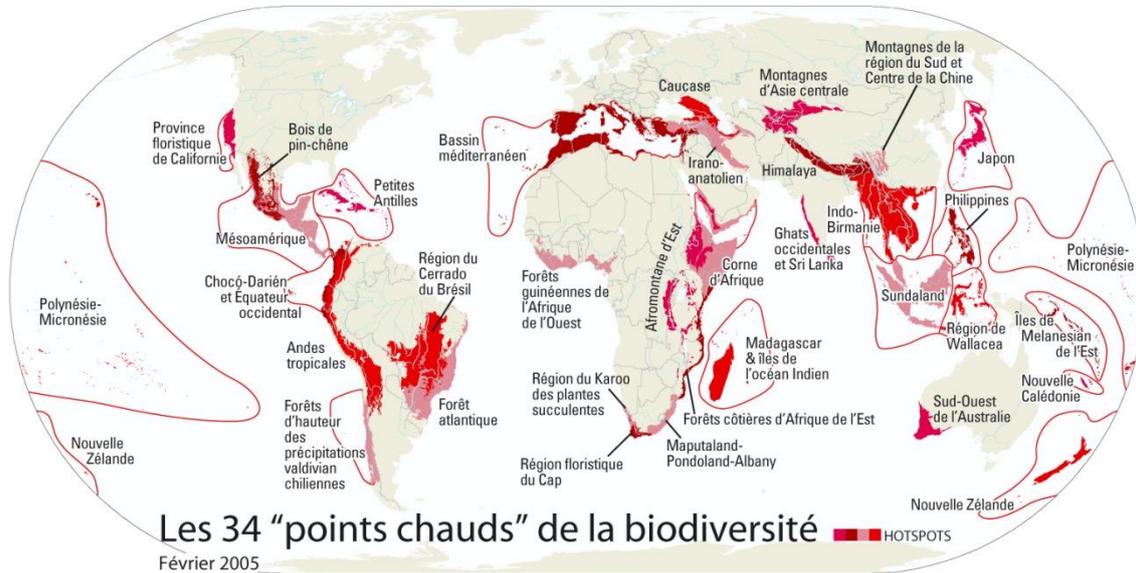


Figure 1 : Carte mondiale des « hot spots » de biodiversité (d'après l'ONG Conservation International, 2005).

La définition de zones prioritaires sous le terme de « hot spot » a été initiée par des scientifiques, afin de conserver la biodiversité. Pour qu'une région soit qualifiée de « hot spot », elle doit répondre à deux critères : le premier étant de pouvoir recenser 1 500 espèces endémiques et le second d'observer une perte de 70 % de l'habitat d'origine. Ces critères ont permis de définir 34 « hot spots » à travers le monde, ils représentent 2,3 % de la surface de la Terre et possèdent 42 % des espèces de mammifères, oiseaux et amphibiens ; et 50 % des plantes vasculaires, de manière endémique (Brooks *et al.*, 2002).

Selon le bilan de « *Census of Marine Life* » (Coll *et al.*, 2010), la **biodiversité marine mondiale est exceptionnelle**, environ 95 % des espèces se trouvent dans les océans. L'ensemble des mers et océans mondiaux renferment 230 000 espèces marines, dont 12 % sont des poissons. La mer Méditerranée est un réservoir majeur de la biodiversité marine et côtière, c'est un des 34 « hot spots » de biodiversité mondiale (selon l'ONG Conservation International), alors qu'elle ne représente que 0,82 % de la surface et 0,32 % du volume mondial des océans (Coll *et al.*, 2010). Elle contient environ 17 000 espèces marines (4-18 % des espèces marines mondiales) de la biodiversité marine totale (Bianchi and Morri, 2000), et totalise à elle

seule 650 espèces de poissons dont 570 sont des actinoptérygiens (poissons osseux, hors requins et raies ; (Quignard and Tomasini, 2000). La partie occidentale du bassin méditerranéen où se situe notre étude, totalise environ 350 espèces de poissons, contre une centaine dans le bassin oriental. La biodiversité marine est généralement plus importante en zone côtière et au niveau du plateau continental qu'au large, et diminue avec la profondeur (Coll *et al.*, 2010). En Méditerranée, le nombre d'espèces de poissons présente un gradient décroissant du Nord-ouest au Sud-est (Coll *et al.*, 2010). Les zones côtières et les plateaux continentaux du bassin Nord-ouest possèdent la plus haute richesse spécifique, entre 340 et 375 espèces de poissons.

Cette biodiversité, malheureusement confrontée à une pression anthropique toujours plus importante (perte d'habitats, dégradations, pollutions, surexploitation des ressources halieutiques, espèces invasives et changements climatiques), subit une décroissance inéluctable. **L'érosion de cette biodiversité** méditerranéenne est qualifiée comme étant la plus inquiétante (Coll *et al.*, 2010), avec environ une espèce sur quatre actuellement menacée d'extinction et 88 % des stocks halieutiques surexploités ou significativement appauvris (COM/2006/216, 2006). L'érosion de la biodiversité est plus rapide que la découverte de nouvelles espèces. Avec environ 16 000 nouvelles espèces décrites par an, il faudrait entre 250 et 1 000 ans pour réaliser un inventaire complet de la biodiversité.

Partant de ce constat, et du fait de l'érosion accélérée de la biodiversité au niveau global, le monde scientifique, associatif et politique a dû se rendre à l'évidence, il est **impossible d'attendre la fin de l'inventaire pour prendre des mesures de protection**. De nombreuses approches sont donc explorées notamment pour la conservation de la diversité et de l'abondance des poissons méditerranéens. Son statut de « hot spot » de biodiversité, sa condition de mer semi-fermée et l'anthropisation croissante conduisent à agir rapidement sur les différents bassins de Méditerranée. Pour limiter la perte de biodiversité, et mieux en comprendre les raisons, il est particulièrement intéressant d'étudier les post-larves (PL) de poissons, qui définiront le taux de renouvellement des populations adultes, mais qui sont encore mal connues à ce jour.

1.2. Biodiversité post-larvaires de poissons côtiers

Afin de mieux appréhender l'intérêt de notre étude pour le maintien de la biodiversité marine, il faut s'intéresser au fonctionnement des jeunes stades de vie des poissons méditerranéens et à leur importance dans le renouvellement des populations littorales. En effet, la constitution des stocks futurs dépend de la réussite à l'installation de ces jeunes stades sur les petits fonds côtiers.

1.2.1. Cycle de vie

De nombreuses espèces de poissons côtiers produisent des œufs et larves planctoniques (ichthyoplancton), qui se développent dans les premières couches de surface. La plupart des poissons marins ont un cycle de vie avec une phase de dispersion océanique (Leis, 1991), qui suggère une biodiversité marine importante au stade larvaire (Figure 2).

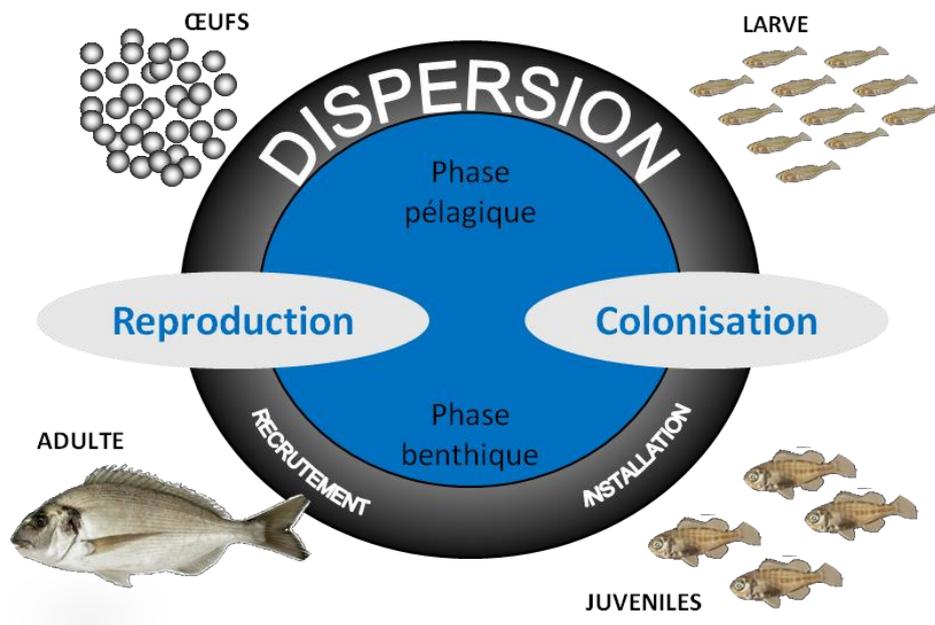


Figure 2 : Cycle de vie d'une dorade royale (*Sparus aurata* ; adapté d'après Pastor, 2008).

Cette phase leur permet de coloniser de nouveaux habitats et favoriserait la connectivité entre les différentes populations (Planes *et al.*, 2002). En fonction des espèces, les larves peuvent passer quelques jours à plus d'une centaine dans l'océan (Wellington and Victor, 1992), se déplaçant au gré des courants et des masses d'eau (Lo-Yat, 2002). Au cours de cette phase planctonique, on peut observer 99 % de mortalité entre les œufs et les larves (Leis, 1991). Le

stade PL est le dernier stade de la phase larvaire pélagique, il correspond à une phase de pré-installation. Les individus deviennent compétents (Leis, 2007) et recherchent de nouveaux habitats côtiers à coloniser. Entre les larves et les juvéniles, il y a 99 % de mortalité (Vigliola, 1998) et on estime à 95 % le taux de mortalité subit dans la semaine qui suit l'installation des jeunes recrues sur l'habitat côtier (Planes and Lecaillon, 2001 ; Doherty *et al.*, 2004). Ce taux élevé de mortalité est essentiellement dû à la prédation, mais également à la dégradation des habitats côtiers, ce qui réduit fortement le potentiel de maintien de la biodiversité ichthyique.

Compte tenu des pertes subies au cours des différentes étapes du cycle de vie, on se rend bien compte de l'importance de la phase de recrutement, car c'est cette dernière qui définit les nouvelles populations installées. Cependant, il n'est pas aisé d'estimer ce maillon car très peu étudié à cause des espèces qui sont difficilement identifiables.

1.2.2. Identification des post-larves de poissons

Au niveau mondial, plusieurs études ont été menées sur les œufs, les larves et les PL de poissons. En Atlantique Nord, une description complète des différents stades de développement des œufs et des larves de poissons a été réalisée à la fin du 20^{ème} siècle (Russell, 1976 ; Sedletskaya, 1999) et au début du 21^{ème} siècle (Richards, 2006 ; D'Elbée *et al.*, 2009 ; Lara *et al.*, 2009). Dans la Péninsule Ibérique, des travaux sur les larves ont déterminé les jeunes stades de croissance de poissons (œufs et larves ; Ré and Meneses, 2009). En Atlantique Sud, notamment sur les côtes Est de l'Amérique du Sud, quelques travaux (Ehrlich *et al.*, 1999 ; Bellizia *et al.*, 2000 ; Betti, 2005) ont été réalisés sur le développement larvaire et l'identification des différents stades. Dans le bassin Indo-Pacifique, une description complète des stades de développement des œufs, larves et PL de poissons a également été réalisée (Leis and Carson-Ewart, 2004 ; Maamaatuaiahutapu *et al.*, 2006). Dans le bassin Nord-ouest de la Méditerranée, peu d'études ont été consacrées à l'ichtyoplancton. En effet, la plupart de ces travaux concernent des approches descriptives de certaines espèces et certains stades de développement (Lo Bianco *et al.*, 1931-1956 ; Spartà 1930, 1931, 1932, 1933, 1936, 1948 ; Aboussouan, 1964 ; Lee, 1966 ; Quignard 1967a, 1967b, 1968, 1971 ; Ahlstrom and Moser, 1980 ; Marinaro, 1991 ; Sabatés and Saiz, 2000). Des travaux en laboratoire ont également permis de décrire le développement des œufs et larves d'une espèce de Gobiidae (Privileggi *et al.*, 1997).

La difficulté dans la détermination des œufs, larves et PL réside dans la grande variabilité

morphologique au cours du développement des espèces, les mêmes étapes de développement pouvant être très similaires d'une espèce à l'autre. En effet, les larves et PL n'ont rien en commun avec les adultes qu'ils deviendront (Lo Bianco *et al.*, 1931-1956). Ces descriptions restent cependant incomplètes, en particulier pour les espèces méditerranéennes.

Des travaux ont été initiés récemment en Méditerranée (Lecaillon *et al.*, 2012), afin de décrire les différents stades de développement des PL de poissons côtiers méditerranéens. L'identification par le biais des caractéristiques morphométriques n'est pas toujours aisée. En effet, dans certains cas les espèces de PL sont difficilement identifiables, car au sein d'une famille, des espèces peuvent avoir de fortes similitudes que ce soit à l'état post-larvaire ou adulte. Peu de recherches ont été menées en Méditerranée, sur l'identification des jeunes stades de poissons, en particulier au stade post-larvaire. Toutes les études connues sur les PL méditerranéennes sont récentes et ponctuelles (Félix-Hackradt *et al.*, 2013 ; Catalan *et al.*, 2014 ; Faillettaz, 2015 ; Lozano *et al.*, 2015 ; Muntoni, 2015) et une seule permet l'identification de très peu d'espèces de poissons (Lecaillon *et al.*, 2012). Le guide d'identification de Lecaillon *et al.* (2012) est un des premiers du genre en Méditerranée, il contient 43 fiches espèces, capturées grâce à une méthode innovante de pêche. Ce travail très intéressant nous a permis de poser les bases de nos recherches, mais il reste cependant incomplet.

La plupart des études ont été réalisées sur des individus morts, parce qu'il est difficile de capturer ces premiers stades de vie sans les abîmer avec les méthodes habituelles. Seule une méthode innovante, basée sur le phototropisme, permet actuellement de le faire. En effet, à ce stade post-larvaire, les individus commencent à avoir leur propre comportement : ils sont attirés par la lumière (phototropisme) et veulent se protéger des prédateurs (Lecaillon and Lourié 2007a). Ces comportements ont été utilisés afin de capturer des PL vivantes à travers une approche brevetée : la PCC (*Postlarval Capture and Culture* ; Lecaillon and Lourié, 2007b), qui utilise un nouveau dispositif de piège lumineux appelé CARE (*Collect by Artificial Reef Eco-friendly*). Cette méthode innovante engendre peu de mortalité (Lecaillon, 2004) et nous permet d'étudier, dans les meilleures conditions possibles nos individus pour l'identification.

Les objectifs de cette étude sont d'une part d'améliorer la connaissance du milieu marin, et d'autre part d'essayer de comprendre les causes de cette perte de biodiversité marine, en étudiant un compartiment inexploré à ce jour : les PL de poissons côtiers méditerranéens. Sur la base de cette lacune, nous avons développé une méthode innovante présentée dans ce travail et définie comme : *Alive Post-Larvae Identification Method* (APLIM). La méthode APLIM consiste à capturer les PL de poissons côtiers vivantes, les élever en aquarium pour suivre leur

évolution au cours d'une période de pré-grossissement de deux à trois mois (pré-grossissement), en prenant des photos régulièrement afin de voir l'apparition des caractères distinctifs pour une meilleure identification des espèces. Notre étude a pour but de créer un outil d'identification des PL (APLIM) en mettant en commun une méthode de capture qui utilise un piège lumineux (CARE), avec l'élevage, le suivi photographique et l'efficacité de l'identification.

1.2.3. Influence des conditions environnementales sur la biodiversité post-larvaire

Plusieurs paramètres peuvent avoir une influence sur la biodiversité et la distribution des PL au cours de leur période critique de migration. Les facteurs abiotiques tels que la température, la qualité de l'eau ou la courantologie (Cowen, 2002 ; Paris *et al.*, 2007 ; Pineda *et al.*, 2010 ; Wilson and Meekan, 2002), mais aussi des facteurs biotiques tels que la présence de prédateurs ou la disponibilité en nourriture dans le milieu (Doherty *et al.*, 2004 ; Miller *et al.*, 1988).

Facteurs abiotiques

L'étude de l'influence des facteurs environnementaux sur la biodiversité post-larvaire est assez peu connue. Seules quelques recherches récentes ont tenté d'expliquer l'impact qu'ils peuvent avoir sur la distribution et la variabilité du recrutement des jeunes stades (Félix-Hackradt *et al.*, 2013 ; Lozano *et al.*, 2015 ; Faillettaz, 2015). En effet, la température de l'eau semblerait avoir un impact sur les premières phases de développement (Petereit *et al.*, 2004), ce qui se traduit par des abondances de PL capturées en plus grand nombre vers le Sud-est de la Méditerranée par rapport au Nord-est (Félix-Hackradt *et al.*, 2013), où les températures sont plus chaudes. Les épisodes de vents forts, comme c'est le cas sur les côtes françaises et corses (tramontane, mistral) induiraient des changements brutaux de conditions hydrologiques (baisse des températures, changement de courant ; Millot, 1999 ; Gérigny, 2012). De nombreuses études ont tenté de prédire les modèles de distribution larvaire en les corrélant aux variables environnementales locales, cependant les résultats obtenus sont contrastés. D'après Milicich *et al.* (1992) et Carassou *et al.* (2008) c'est le vent qui influe le plus sur les abondances de PL, pour Bergenius *et al.* (2005) les vents, le rayonnement solaire et les précipitations ont des effets importants sur les arrivées de PL ; D'Alessandro *et al.* (2007) trouvent des liens avec les phases de la lune et les marées, alors que les vents ont peu d'effet sur ces flux vers les zones côtières tropicales. Wilson and Meekan (2001) n'ont trouvé de corrélation qu'avec la température. Enfin, Félix-Hackradt *et al.* (2013) ont constaté que la température, les courants et les vents étaient ce qui influençait le plus la biodiversité post-larvaire alors que la lune n'a que peu d'effet sur cette

biodiversité sur les côtes espagnoles de Méditerranée.

Le régime hydrologique est constitué par un flux important d'eau oligotrophe provenant de l'Atlantique, qui pénètre en surface en Méditerranée par le détroit de Gibraltar, et détermine une circulation de type cyclonique dans la plupart des bassins. A l'inverse, les masses d'eau ont une circulation anti-cyclonique le long du talus continental (Millot, 1999 ; Figure 3).

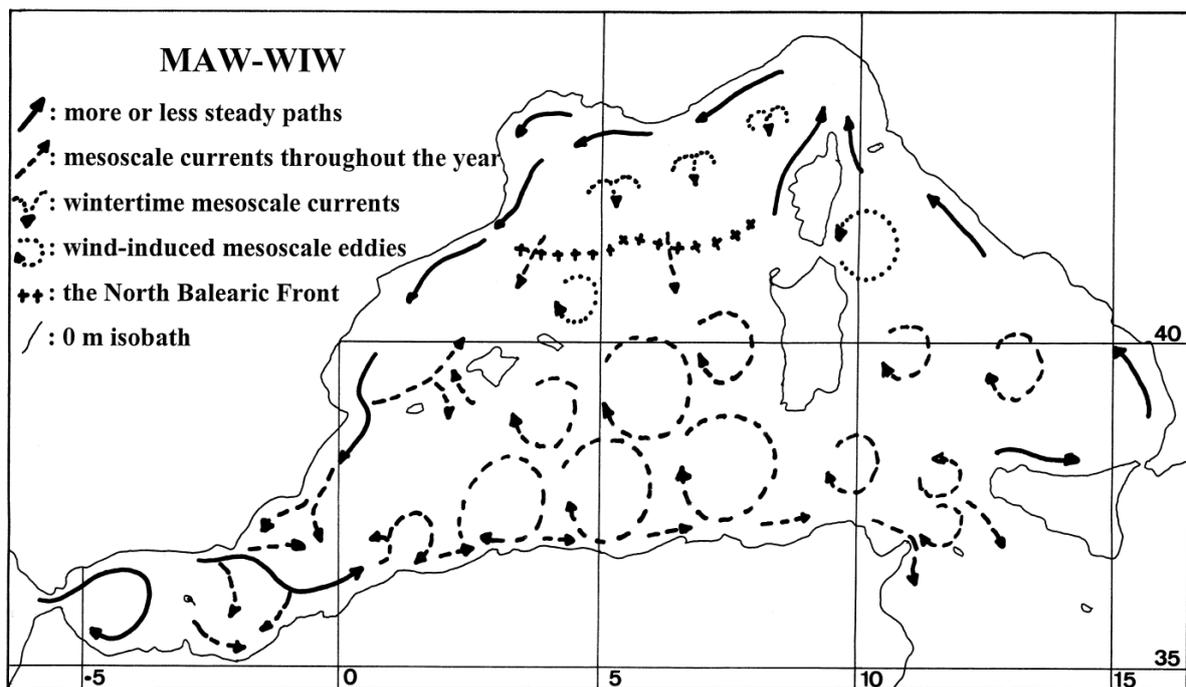


Figure 3 : Schéma de la circulation des masses d'eau en Méditerranée occidentale (MAW: Modified Atlantic Water, WIW: Winter Intermediate Water) (Millot, 1999).

La Corse se situe dans le bassin Liguro – Provençal, parcouru par le Courant Liguro Côtier cyclonique. Le côté gauche de ce courant est bordé par un front permanent, le front Liguro – Provençal (Figure 4) lié à la circulation cyclonique et qui sépare les eaux côtières des eaux centrales (Sournia *et al.*, 1990). Des mécanismes de divergence (*upwelling*) génèrent des remontées de sels nutritifs d'origine profonde et assurent de façon permanente la fertilisation des eaux superficielles ou sub-superficielles (Hecq *et al.*, 1986 ; Goffart *et al.*, 1995). Ce front est un lieu de forte production phyto- et zooplanctonique et de nombreux poissons s'y rassemblent pour se nourrir et pour pondre (Goffart, 1992).

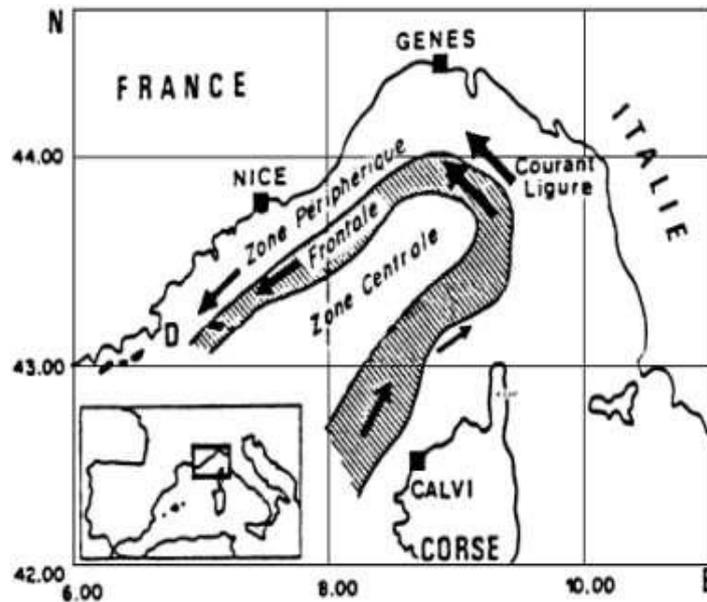


Figure 4 : Carte de la Mer Ligure, montrant schématiquement la position du Front Liguro-Provençal et des Zones Périphérique, Frontale et Centrale (d'après Sournia *et al.*, 1990).

A certaines périodes, ce front oscille et forme des méandres selon l'intensité du vent et la force du courant. Le long de la côte occidentale corse, les méandres peuvent atteindre la côte et y apporter périodiquement toute cette production (Hecq, 2003). Cette particularité expliquerait la relative richesse en poissons de ces eaux côtières occidentales corses malgré une apparente pauvreté en sels nutritifs.

Facteurs biotiques

La prédiction de la réussite de l'installation des PL n'est pas une chose aisée. En effet, beaucoup de paramètres sont à prendre en compte, et cela dès la phase de reproduction des adultes. Les zones côtières présenteraient des aires de nourrissage potentielles pour les PL, ce qui expliquerait l'afflux des adultes au cours des périodes de reproductions (Goffart, 1992). Les conditions environnementales au cours de cette phase seront déterminantes pour le bon développement des œufs émis. Les œufs survivent jusqu'au stade larvaire grâce à leurs réserves vitellines. Une fois ces réserves épuisées, la larve va se nourrir d'organismes planctoniques. Le succès du recrutement de cette phase larvaire repose donc essentiellement sur la nourriture disponible dans le milieu et il faut alors que l'arrivée de ces larves soit synchronisée avec le bloom planctonique (match-mismatch ; Cushing, 1990). Si cette fenêtre temporelle est décalée, le taux de mortalité des larves sera très élevé.

Des travaux récents (Félix-Hackradt *et al.*, 2013 ; Lozano *et al.*, 2015 ; Faillettaz, 2015) ont mis en évidence de fortes variations temporelles de l'offre post-larvaire, surtout saisonnières, mais aussi des fluctuations spatiales constantes, dues à l'habitat côtier ou aux conditions pélagiques. Elle a également montré l'importance de la succession écologique. Évidemment, ces résultats devraient être pris en compte à plus grande échelle, tant dans le temps (années) que dans l'espace (sites multiples), y compris les facteurs antérieurs (e.g. pool reproducteur). Néanmoins, elle démontre à la fois la cohérence et l'implication de cette étude et du suivi à long terme. De plus, la présence d'une sélection appropriée de proies est l'un des éléments qui pourrait influencer la survie post-larvaire, mais aussi leur trajectoire de migration (Houde, 2008 ; Llopiz, 2013 ; Peck *et al.*, 2015).

Durant les premiers stades de vie, les individus vont subir une très forte mortalité, généralement supérieure à 90 % (Turner *et al.*, 1985 ; Vigliola, 1988 ; Doherty *et al.*, 2004) réduisant ainsi le potentiel de maintien des stocks halieutiques. Ce sont les individus qui ont survécu au cours des phases critiques (Figure 5) qui vont constituer les nouvelles recrues. Au cours de la phase de recherche d'un habitat d'installation, on observe jusqu'à 95 % de mortalité, essentiellement due à la prédation (Planes and Lecaillon, 2001 ; Figure 5). La présence/absence de proies dans cette fenêtre temporelle d'installation des individus est donc déterminante pour le succès de leur survie (Doherty *et al.*, 2004 ; Miller *et al.*, 1988). De plus, les menaces pesant sur la Méditerranée pourraient toucher plus particulièrement ces jeunes stades de vie où les individus sont les plus vulnérables (Turner *et al.*, 1985).

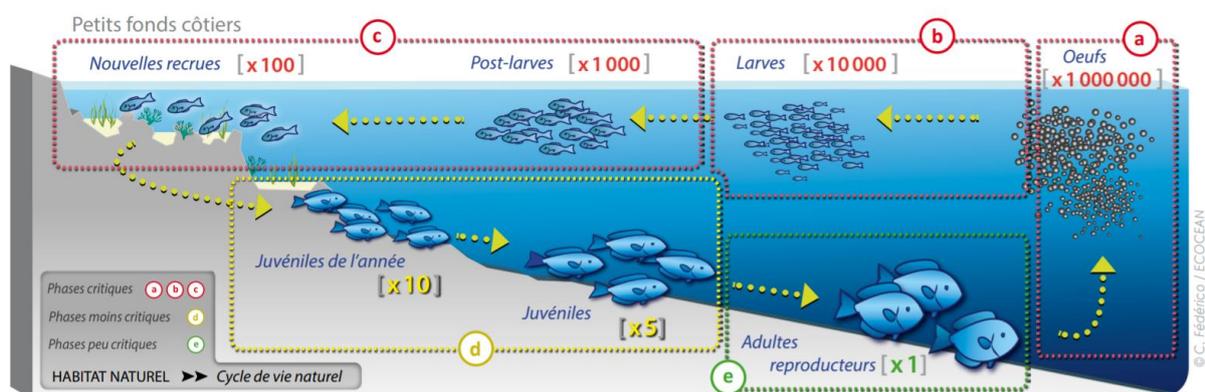


Figure 5 : Importance des taux de mortalité aux différents stades de développement (Lenfant *et al.*, 2015).

Les statuts de protection, tels que les zones de réserves ou encore les Aires Marines Protégées, ont un impact sur l'accroissement des populations (Harmelin *et al.*, 2007), ce qui entraîne des

« effets réserves » et de fait une augmentation de la prédation. C'est le cas par exemple pour le mérrou brun (*Epinephelus marginatus*). Il jouit d'un double statut de protection, notamment grâce au moratoire interdisant sa pêche, mais également aux zones de protections qui sont omniprésentes le long des littoraux. Des études ont permis de montrer l'augmentation des populations en Méditerranée (Zabala *et al.*, 1997 ; Reñones *et al.*, 1999 ; Bouchereau *et al.*, 1999 ; Harmelin *et al.*, 2007), ce qui pourrait avoir un impact sur les taux de mortalité des jeunes stades avec une augmentation de la prédation.

1.3. Gestion / maintien de la biodiversité post-larvaire

Au vu des différents constats alarmants, il devient urgent de trouver des solutions concrètes au maintien de cette biodiversité marine en Méditerranée. Actuellement, seules des mesures de conservation et de protection, sont mises en place sur les populations de poissons adultes (e.g. Aires Marines Protégées, Parcs Naturels). Notre travail, en offrant des connaissances nouvelles sur les jeunes stades de développement, sera nécessaire pour une meilleure gestion des ressources halieutiques par le développement d'actions complémentaires compensatoires et restauratoires, notamment grâce à l'ingénierie écologique en milieu marin.

C'est dans ce contexte que l'Université de Corse, en collaboration avec l'Université de Perpignan et le CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique), a initié en 2011 le programme européen Life+ SUBLIMO (Suivi de la Biodiversité des post-Larves Ichtyques de Méditerranée Nord-occidentale ; Life10/NAT/FR/00200) centré sur le bassin Nord-ouest de la Méditerranée. Ce programme axé sur la biodiversité marine cible l'étude d'un compartiment encore mal connu à ce jour et certainement sous-évalué : les PL de poissons côtiers. En faisant un inventaire de la biodiversité des espèces de PL, il vise à développer des solutions concrètes pour réduire les impacts des activités sur le milieu, et ainsi répondre aux objectifs de la Commission Européenne d' « Enrayer la diminution de la biodiversité à l'horizon 2010 et au-delà – Préserver les services écosystémiques pour le bien être humain (COM/2006/216, 2006) ». Le projet s'inscrit dans la Directive Cadre pour la Stratégie du Milieu Marin (DCSMM, Directive 2008/56/CE) puisqu'il est centré sur les « régions marines » (Région « Méditerranée », Sous-région « Méditerranée Occidentale »), et répond aux priorités nationales de la France visant à mettre en œuvre la Stratégie Nationale pour la Biodiversité et à intégrer la biodiversité marine dans les politiques sectorielles. Le programme Life+ SUBLIMO

est le résultat de la collaboration entre deux laboratoires de recherches scientifiques : CEFREM (Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens, CNRS 5110) de l'Université de Perpignan, porteur du projet, et de l'autre le SPE (Sciences Pour l'Environnement, CNRS 6134) de l'Université de Corse, appuyés par leurs plateformes technologiques respectives, à savoir le CREM (Centre de Recherche des Ecosystèmes Marins) pour Perpignan et la Plateforme STELLA MARE (*Sustainable Technologies for Littoral Aquaculture and Marine REsearch*) pour la Corse.

Cette thèse est directement intégrée dans le Life+ SUBLIMO qui vise à analyser, suivre et réduire la perte de biodiversité marine en Méditerranée. En effet, il s'agit d'**analyser** la biodiversité du compartiment post-larvaire, grâce à la mise en place d'une technique innovante (APLIM : *Alive Post-Larvae Identification Method*) ; de **réduire** l'érosion de cette biodiversité par la mise en bassins d'élevage des individus capturés vivants, au cours de la phase critique, au sein de structures terrestres (CREM et STELLA MARE) ; de **suivre** des phases de repeuplement au travers des relâchés d'individus pré-grossis ayant un meilleur taux de survie dans le but de maintenir les stocks halieutiques.

1.4. Questions scientifiques et organisation de la thèse

Le bassin méditerranéen est un « hot spot » de biodiversité, il contient des taux élevés de diversité et d'endémisme. Malheureusement la biodiversité marine est en déclin (Coll *et al.*, 2010). Dans un objectif de recherche de solutions pour réduire cette perte, il est intéressant d'étudier les jeunes stades de poissons côtiers. Cette thèse présente un intérêt fondamental, dans cet objectif global d'estimation de la biodiversité marine et des impacts pouvant l'affecter, en se focalisant sur un compartiment peu exploré en Méditerranée : les PL de poissons. Pourquoi nous intéressons-nous à cette partie du cycle de vie ? Car ce sont les PL qui vont définir le taux de renouvellement des populations adultes, et que 95 % disparaissent à ce stade. Ainsi, le prélèvement d'un faible pourcentage de ces individus pour nos recherches n'impactera pas les stocks futurs (Bell *et al.*, 2009). Il faut donc intervenir sur ce maillon si nous voulons essayer d'avoir un impact important sur le maintien de cette biodiversité. Or, c'est un compartiment très

peu connu, surtout pour les espèces méditerranéennes, car peu de travaux ont été menés à ce jour et les identifications s'avèrent difficiles, faute d'ouvrages de référence. Notre étude s'intéresse particulièrement à la partie Nord-occidentale (Ligure et Tyrrhénienne) où la faune et la flore sont les plus « typiques » (Bianchi et Morri, 2000).

Le premier objectif de ces travaux de thèse sera de développer une méthode standardisée et transférable pour identifier le maximum d'espèces méditerranéennes à ce stade. Partant du constat qu'il n'était pas aisé d'identifier les individus au stade de PL, nous avons donc tenté d'améliorer la méthodologie existante afin de faciliter ces identifications. Nous nous sommes posé plusieurs questions : Est-il possible d'ajuster la méthode de capture à la recherche scientifique ? Quelles sont les méthodes les plus adaptées pour le suivi et le maintien en vie des individus capturés vivants dans le milieu naturel ? Quelle sera la durée nécessaire qui permettra de valider l'identification d'une espèce non reconnue au stade PL ?

Le second objectif de cette thèse sera d'améliorer les connaissances sur les répartitions spatiale et temporelle de la diversité post-larvaire sur les côtes françaises du bassin du Golfe du Lyon et du pourtour de la Corse. Des analyses des différentes communautés et assemblages spécifiques seront effectuées au travers d'échantillons récoltés sur 10 sites répartis dans le bassin Nord-ouest méditerranéen. Certaines interrogations se sont alors imposées à nous : Est-ce que l'installation des PL sur les côtes va coïncider avec les données de la littérature ? Sera-t-il possible d'établir un calendrier d'arrivées en fonction des espèces, des saisons et des sites ? Sera-t-il identique pour l'ensemble des données recueillies ? Quels types d'habitats sont essentiels à l'installation des jeunes recrues ? Est-ce que les impacts anthropiques influent fortement ou non sur les processus de recherche de biotope préférentiel ?

Dans un troisième objectif, nous tenterons de mettre en exergue les relations proies/prédateurs qui peuvent exister, notamment par l'influence de plusieurs paramètres environnementaux. En effet, on connaît peu de choses quant aux mécanismes qui régissent les différentes connexions entre les niveaux trophiques. Il s'agira ici de répondre à plusieurs interrogations concernant la chaîne alimentaire : Quel est le paramètre abiotique influençant le plus l'abondance des PL ? Quel type d'interactions régissent les relations proies/prédateurs ? Quel est le régime alimentaire des PL ?

Enfin, dans un souci de transfert des connaissances et compétences acquises au cours de ce travail de thèse, le quatrième objectif est de proposer des outils de gestion des ressources

halieutiques, afin de mieux connaître la biodiversité des PL ichtyques méditerranéennes. La suggestion de mesures restauratoires suffira t'elle à enrayer la perte de biodiversité ? L'élaboration d'un atlas d'identification aidera-t-il à une meilleure compréhension du fonctionnement de ce stade ? Est-ce-que l'ensemble des acteurs concernés du milieu marin prendront conscience de l'importance de ce compartiment ?

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Les sites d'étude

2.1.1. Choix des sites

Les sites de pêche sont tous situés dans le bassin Nord-occidental de la Méditerranée, répartis sur deux zones littorales distinctes, caractérisés par leur morphologie (roches, sables, herbiers à Posidonies), leur courantologie (détroit, baie, îles), leurs niveaux de protections (Réserve naturelle, Parc marin, Natura 2 000, cantonnement de pêche) et leurs impacts anthropiques (agglomérations portuaires, fleuves, tourisme, trafic maritime).

2.1.2. Présentation générale

Cette étude est intégrée au sein de deux programmes de R&D (recherches et développements) financés par l'Europe : le programme Life+ SUBLIMO (Life10/NAT/FR/00200) qui s'est déroulé dans le bassin Nord-ouest de la Méditerranée (Figure 6), sur les côtes françaises avec des sites répartis sur deux zones distinctes, côtes continentales (Leucate, Agde, Port-Vendres et Port-Cros) et côtes corses (Bastia, Saint-Florent et Bonifacio) ; et le programme Ressources Halieutiques/Post-larves (75/SAEU/FEDER/RD-34 448) qui vient compléter le SUBLIMO en rajoutant des sites additionnels sur le littoral corse (Calvi, Santa-Severa, Lucciana).

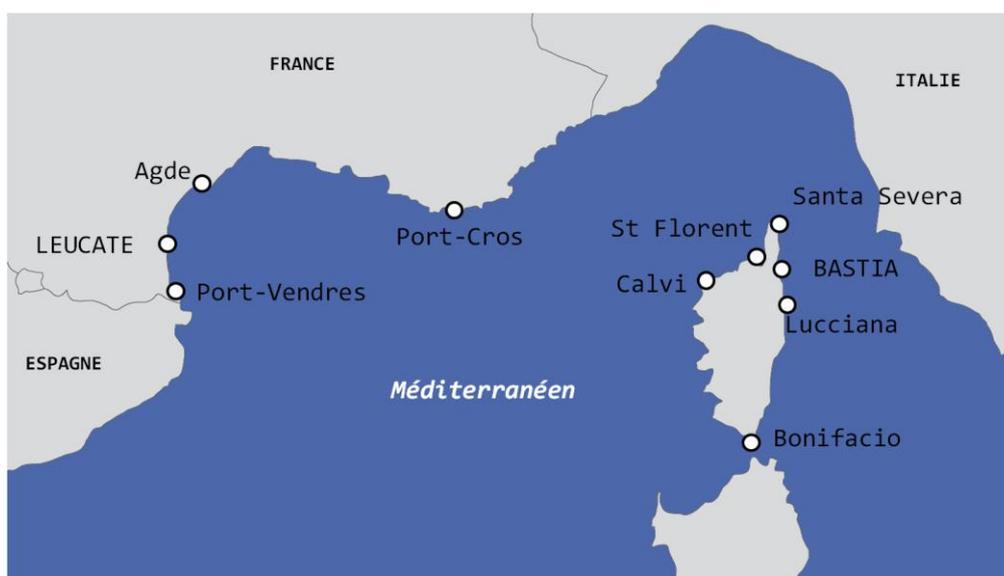


Figure 6 : Carte de la répartition des sites de pêches de PL (adapté d'après Lozano *et al.*, 2015).

La zone de Cap **Leucate** marque la limite Est du Parc Naturel Marin du Golfe du Lion créé en

2011 et constitue un site Natura 2 000 (prolongement en mer des caps et étangs de Leucate, FR9102012). Le site comprend des herbiers à *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson encore bien conservés, mais également des poches d'origines vaseuses très riches d'un point de vue halieutique.

Bastia est situé sur la côte Nord-est de la Corse. C'est une zone remarquable par la présence d'un grand herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile sur la côte orientale (Natura 2 000, FR 9402014) qui constitue un écosystème unique en Méditerranée en raison de sa surface et son état de conservation. L'intérêt est renforcé par les échanges entre la frayère/abri des herbiers et les aires d'alimentation telles que les lagunes côtières, comme la Réserve Naturelle de l'étang de Biguglia (RNC120).

Le site de **Port-Vendres** présente à la fois un statut de réserve naturelle (Réserve Naturelle Marine de Banyuls-Cerbère) et aussi Natura 2000 (FR9101482 - Posidonies de la côte des Albères). Les prairies à *Posidonia oceanica* ont trouvé refuge sur cette côte alors qu'elles étaient pour la plupart détruites. La richesse algale est très grande et la faune marine est très diversifiée. Le Cap d'**Agde** est central dans le Golfe du Lion. Depuis 2002, c'est un site exclusivement marin Natura 2000 "Posidonies du Cap d'Agde" (Natura 2000 FR9101414), où les herbiers à *Posidonia oceanica* sont en état de conservation relativement favorable. La présence de nombreuses espèces d'algues et la richesse faunistique renforcent l'intérêt du site.

Le Parc National de **Port-Cros**, créé en 1963, a été le premier de son genre en Europe couvrant à la fois le terrestre et le marin. Le site dispose également d'un statut Natura 2 000 (rade d'Hyères - FR9301613), présentant plusieurs caractéristiques : baies abritant des herbiers à *Posidonia oceanica*, continuités préservées avec des plages, côtes rocheuses et des îles se prolongeant par des plateaux ou tombants très diversifiés et riches. La zone marine est fréquentée de manière permanente par de nombreux oiseaux et mammifères marins. La préservation de cet ensemble lui confère un intérêt patrimonial non négligeable.

La baie de **Calvi** se situe sur la côte Nord-ouest de la Corse. La partie située vers la pointe de la Revellata présente un cantonnement de pêche établi en 1983 par arrêté. Ce site est à la fois une zone Natura 2000 exclusivement marine : Cap Rossu, Scandola, pointe de la Revellata, canyon de Calvi (FR9402018) bras de mer regroupant plusieurs habitats rocheux remarquables, mais est également fréquenté par des mammifères marins (Grand Dauphin), situé au cœur du sanctuaire international Pélagos ; et une Réserve naturelle (terrestre et marine) créée en 1975 (FR36000024) : Scandola.

Le site de **Saint-Florent** est situé sur la côte Nord-ouest de la Corse. Il s'agit d'un cantonnement de pêche établi par la Prud'homie des pêcheurs de Bastia-Cap Corse en 1983. Deux sites Natura

2 000 couvrent la zone marine : le massif des Agriates (FR9400570), avec un grand herbier à *Posidonia oceanica* bien conservé et des massifs récifaux ; et le plateau continental du Cap Corse (FR9402013) qui présente des récifs de coralligènes et des tombants rocheux propices au développement de nombreuses espèces animales et végétales. La formation récifale de Posidonies de Saint-Florent est un monument naturel unique. L'herbier de la côte Est du Cap Corse présente un intérêt particulier car il constitue une continuité écologique avec le grand herbier de la plaine Orientale. La zone marine est également au cœur du sanctuaire international Pélagos. Le Parc Naturel Marin du Cap Corse et Agriate (FR1000008) créé en 2016, vient rajouter un niveau de protection supplémentaire sur cette zone.

Santa-Severa, ancien petit port de pêche artisanale, situé au Nord-est de la Corse est imbriqué dans la zone Natura 2 000 du plateau continental du Cap Corse (FR9402013). Le Parc Naturel Marin du Cap Corse et Agriate (FR1000008) créé en 2016, vient rajouter un niveau de protection supplémentaire sur cette zone.

La zone de prélèvement de **Lucciana** se situe au Sud de Bastia, la présence du grand herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile de la côte orientale (Natura 2000, FR 9402014) confère un caractère remarquable au site. On notera également la présence d'une ZNIEFF en zone terrestre (940013106, Ripisylve de l'embouchure du Golo).

Le site de **Bonifacio** est situé dans le Sud de la Corse dans un détroit formé par les côtes françaises et italiennes (Sardaigne). En décembre 2012 a été créé le Parc Marin International des Bouches de Bonifacio (PMIBB) qui combine deux réserves naturelles régionales existantes : la Réserve Naturelle de Bonifacio et le Parc National de l'archipel de La Maddalena. Ce site est également soumis à des protections supplémentaires : les Îles des Moines (FR9402015), les Iles Lavezzi (de FR9410021), le plateau continental de Pertusato (FR9400591) et les îles Cerbicales (FR9410022).

2.2. Capture et transport des post-larves

2.2.1. Technique de pêche

Les captures de PL de poissons ont été effectuées par des pêcheurs professionnels et/ou gestionnaires de l'environnement partenaires du programme sur l'ensemble des sept sites du SUBLIMO, et réalisées par mes soins pour les trois sites additionnels (Calvi, Lucciana, Santa-Severa). Le dispositif utilisé ([Figure 7](#)), breveté CARE (*Collect par Artificial Reef Eco-*

friendly, Ecocean ©), est constitué d'un bloc étanche à l'eau, contenant une batterie de 12 V, 55 W 90 lumière LED, et d'un filet conique de 2 m de haut et 2 mm de maille attaché verticalement (Lecaillon, 2004) terminé par un collecteur dévissable pour la récupération des PL. Ces pièges lumineux ont été placés à la surface, le long de la bathymétrie 20 m, espacés chacun de 200 m de distance, puis laissés en place durant la nuit pour un minimum de 7 heures et recueillis le lendemain matin avant le lever du soleil. Les zones d'amarrages sont essentiellement composées de sable, de roches et de Posidonies.

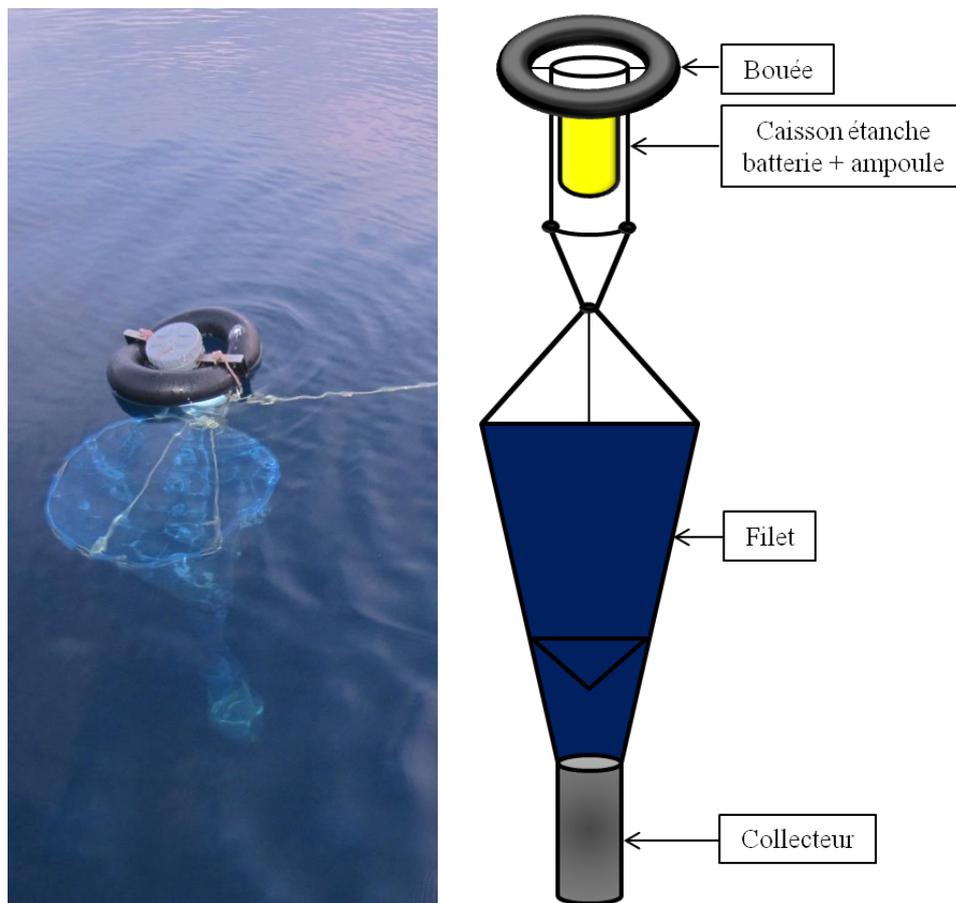


Figure 7 : Illustration du dispositif CARE (crédit photographique Garsi L.H., Université de Corse).

Les PL sont capturées à l'aide des pièges lumineux, et récupérées vivantes chaque matin pour être rapidement transportées dans des glacières jusqu'aux laboratoires des structures aquacoles d'élevage correspondantes (Leucate au CREM à Port-Barcarès, Bastia et Saint-Florent à la plateforme STELLA MARE à Biguglia).

2.2.2. Plan d'échantillonnage

Les sites SUBLIMO ont été échantillonnés de juillet 2012 jusqu'à septembre 2014, de manière simultanée sur sept sites, avec un protocole commun. Les sites prioritaires (Bastia, Leucate) ont été échantillonnés chaque mois, huit nuits par mois centrées autour de la nouvelle lune, neuf CARE déployés par nuit et par site. Les sites secondaires (Agde, Bonifacio, Port-Cros, Port-Vendres et Saint-Florent) ont été échantillonnés pendant quatre mois en été (de juillet à octobre en 2012, de juin à septembre en 2013 et 2014), quatre nuits par mois centrées autour de la nouvelle lune, cinq CARE déployés par nuit et par site. Les sites additionnels (Calvi, Santa-Severa, Lucciana) ont été échantillonnés avec le même protocole, en période estivale (de juillet à octobre 2013, de juillet à août 2014), quatre nuits par mois centrées autour de la nouvelle lune, trois CARE déployés par nuit et par site. L'ensemble des points de prélèvements étaient positionnés sur l'isobathe 20 m.

2.3. Identification des post-larves

2.3.1. Tri en laboratoire

Après avoir récupéré les individus le matin, par nos soins ou auprès des pêcheurs impliqués dans le projet, ils sont transportés le plus rapidement possible dans les structures respectives. Les PL vivantes arrivées en laboratoire sont alors triées à l'œil nu dans un bac peu profond (blanc de préférence), contenant de l'eau de mer et un bulleur. Elles sont regroupées dans des béciers ou récipients assimilés, par espèce lorsqu'on arrive à les reconnaître, par taille et par similarité de forme. Des mesures de longueur totale sont effectuées avant leurs transferts en bassin d'élevage pour une phase de pré-grossissement (Figure 8) pouvant varier de un jusqu'à trois mois. Seulement quelques PL sont identifiables grâce au guide d'identification de Lecaillon *et al.* (2012).

Ainsi, une grande majorité des espèces capturées seront mises en élevage afin de pouvoir faire le suivi photographique et l'identification. Sur les autres sites (Port-Vendres, Agde, Port-Cros et Bonifacio) les PL sont congelées et récupérées ultérieurement pour une identification post-mortem.



Figure 8 : Tri des PL à leurs arrivées à STELLA MARE et transfert en bassin de pré-grossissement type rampe d'aquariums (crédit photographique Marengo M., Université de Corse).

2.3.2. Identification par méthode classique

Les individus prélevés sont identifiés visuellement à l'aide d'ouvrages de références sur les espèces de larves et de PL méditerranéennes. Les méthodes habituellement utilisées concernant les identifications des individus adultes ne sont pas applicables sur les stades que nous étudions ici, de par les différences morphologiques et pigmentaires qui séparent les stades larvaires et post-larvaires des stades supérieurs. Les planches et descriptions que nous avons pu trouver dans la littérature existante pour les espèces méditerranéennes se sont avérées être une source de base dans nos travaux d'identification. En effet, les travaux de Lo Bianco *et al.* (1931-1956) présentent des planches en couleur pour certaines espèces capturées vivantes, comme c'est le cas, par exemple, pour *Diplodus vulgaris* (Figure 9). Pour d'autres espèces, seulement quelques observations et descriptions sont effectuées sur des individus morts.

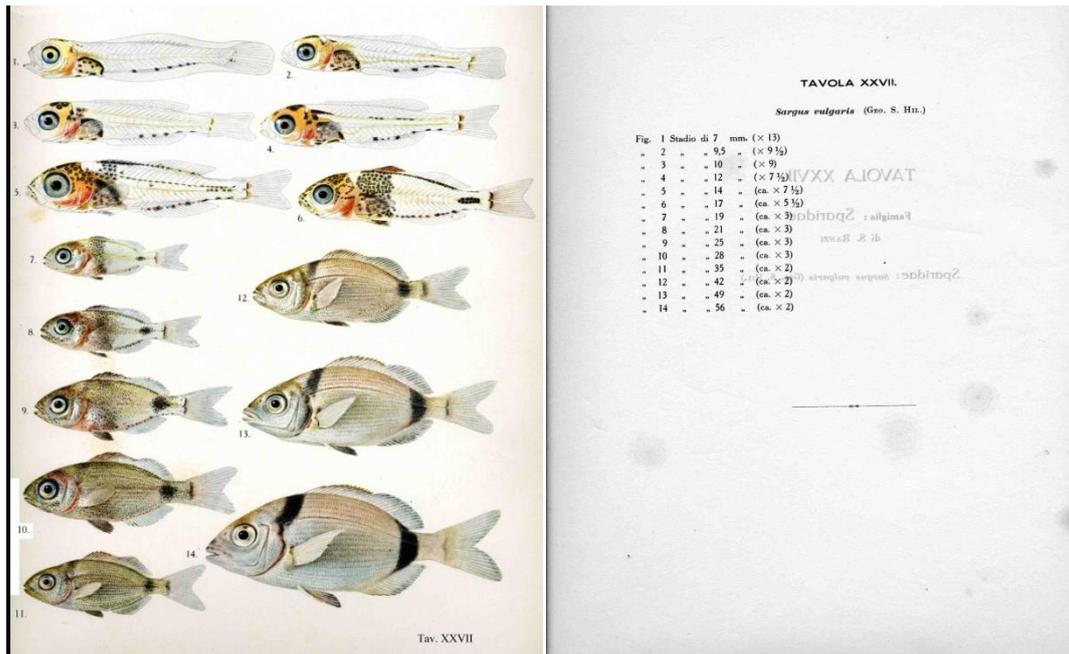


Figure 9 : Planche couleur illustrée des différents stades de développement morphologique de l'espèce *Diplodus vulgaris* (d'après Lo Bianco *et al.* 1931-1956).

Les travaux réalisés en 2012 par Lecaillon *et al.* sur des PL capturées vivantes sur cinq sites pilotes répartis entre l'Espagne, la Sardaigne, la Corse et la France, à l'aide de CARE (Figure 10), nous ont permis de compléter nos identifications, avec les planches de Lo Bianco *et al.* (1931-1956), mais également de pouvoir mettre en évidence les lacunes et erreurs d'identification en fonction des espèces que nous avons capturées et suivies au cours de notre étude.



Figure 10 : Planche photographique couleur d'identification pour trois espèces de Sparidae (Lecaillon *et al.*, 2012).

2.3.3. Elevage en bassins

Les individus vivants non identifiés sont placés dans des aquariums pour une période de pré-grossissement de deux à trois mois en utilisant la technique PCC (*Postlarval Capture and Culture*) que nous avons améliorée ici afin de maintenir un meilleur taux de survie. L'élevage des PL est réalisé dans différents types d'aquariums, en fonction de la taille et du comportement des individus. À leur arrivée, les PL sont placées dans des aquariums de type "rampe" ayant une capacité de 60 litres avec un renouvellement constant de l'eau (10 % par jour). L'eau est filtrée organiquement (filtre en mousse). Une fois le stade de PL passé, les individus sont placés dans des aquariums d'une capacité de 3 m³ pour la plupart des espèces pélagiques. L'eau est filtrée mécaniquement et biologiquement, puis stérilisée par une lampe à Ultraviolet, avec un renouvellement de 10 % par jour. Un système de raceways d'une capacité de 200 L est utilisé pour les espèces plutôt sédentaires (Figure 11). La filtration de l'eau est mécanique (filtre à sable) et le renouvellement est de 100 % par jour.

Selon la taille et les préférences alimentaires des espèces, la taille et le type de nourriture sont adaptés. En effet, différents types d'aliments peuvent être distribués : soit des granulés adaptés à la taille de la bouche des PL ; soit des artémias, mysis ou larves de crustacés, qui sont des proies vivantes permettant aux individus de garder leurs instincts pour la prédation naturelle ; soit des larves de chironomes (*bloodworms*) et des aliments parfois congelés (fruits de mer).



Figure 11 : Système de raceways pour le pré-grossissement des PL (crédit photographique Agostini S., Université de Corse).

Le principe est de toujours commencer par donner des nauplii d'artémias fraîchement éclos (enrichis ou non), consommées par toutes les espèces à l'exception de quelques-unes que nous n'arrivons pas à élever (par exemple les cicerelles, *Gymnammodytes cicereus*). Ensuite, nous commençons un sevrage avec des petits granulés (150-200 microns), tout en continuant à donner les artémias. Lorsque les poissons mangent bien les granulés, on augmente la taille progressivement tout au long de la croissance (300, 500, 800, 1 000 microns). Puis, après un certain temps les artémias sont arrêtés. Certaines espèces ne mangent jamais de granulés, dans ce cas ils sont nourris avec de la nourriture congelée. Même si les poissons mangent des granulés, il est recommandé de varier le régime alimentaire le plus possible et donc de distribuer des aliments congelés. Les espèces, comme les hippocampes et les Scorpaenidae, montrent une préférence marquée pour les proies vivantes, bien que toutes les espèces apprécient ce genre de nourriture. Dans ce cas, il peut être donné des petits crustacés, car ce sont des poissons qui gardent leur état sauvage malgré la mise en élevage.

2.3.4. Prise de photographies

Chaque individu élevé en bassin est régulièrement photographié afin d'observer l'apparition progressive de caractéristiques morphométriques et/ou pigmentaires retrouvées chez les individus adultes, ce qui nous permet d'identifier les espèces. La PL est placée dans une cuve en matière plastique transparente (11,5 x 20 x 4 cm), qui est ensuite mise à la lumière dans une structure en forme de théâtre spécialement conçue pour cette étude et présentée dans le chapitre I (cf. Figure 13 du chapitre I). Les photos sont prises tous les deux à trois jours au cours du développement et de la croissance des individus (cf. Figure 14 du chapitre I), et capturées avec un appareil photo numérique (Canon EOS 7D) équipé d'un objectif Canon compact macro (EF 50mm f / 2.5 avec zoom optique X 0,5).

2.4. Analyses génétiques

Les analyses réalisées par ADN barcoding viendront valider ou non les identifications réalisées par la méthode usuelle, mais également permettront de compléter les travaux, notamment par la détermination des individus non identifiés visuellement.

2.4.1. Prélèvement des tissus à analyser

Les PL récoltées mortes tout au long de notre suivi ont été destinées à des analyses génétiques. Les échantillons conservés congelés, ont été décongelés et conditionnés corps entier sous éthanol (70 %), puis transférés au laboratoire FishLab de l'Université de Pise (Italie) pour des analyses génétiques d'identification des espèces. Des dissections ont été réalisées sur quatre familles de PL (Atherinidae, Carangidae, Sparidae et Mullidae), pour prélever les tubes digestifs des individus destinés aux analyses des contenus stomacaux, également conditionnés sous éthanol (70 %) et transférés au laboratoire Biotechservices de l'Université de Toulon (France).

2.4.2. Identification

Validation de la méthode d'identification visuelle

Pour confirmer la méthode d'identification morphologique, un lot de 226 échantillons a été destiné à une analyse génétique par *Barcoding* (Hebert *et al.*, 2003). Les analyses ont été effectuées par le laboratoire FishLab (Université de Pise, Italie), qui a procédé à l'extraction de

l'ADN et à l'amplification (PCR ; Armani *et al.*, 2015 ; Handy *et al.*, 2011). Dans un premier temps, des fragments d'ADN du gène mitochondrial, *Cytochrome c Oxydase I* (COI), dits complets ou *full DNA barcodes* (FDB) ont été amplifiés. En cas d'échec de l'amplification ou en présence de produits PCR présentant une concentration trop basse (concentration minimale requise pour la réaction de séquençage), les échantillons ont été ré-amplifiés avec l'application du protocole de PCR proposé par Armani *et al.* (2015) pour l'amplification de fragments plus courts du gène COI ou *mini-DNA barcodes* (MDB). Tous les produits de PCR ont été séquencés par l'*High-Throughput Genomics Center* (Seattle, USA) (<http://www.htseq.org/>). Enfin, l'analyse des séquences a été déterminée avec les logiciels BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) et BOLDSYSTEMS (<http://www.boldsystems.org/>) pour obtenir la meilleure correspondance de séquences. Une correspondance d'au moins 98 % a été fixée pour attribuer l'identification finale de l'espèce.

Détermination jusqu'à l'espèce pour des individus non identifiés

Malgré des connaissances et expériences approfondies, l'identification morphologique des individus échantillonnés au stade larvaire et post-larvaire demeure une opération délicate. Ainsi, un certain nombre d'échantillons récoltés n'a pas pu être identifié jusqu'au rang de l'espèce, tels que les spécimens abîmés, arrivés morts (DOA, *Died On Arrival*) ou encore une grande part des Mugilidae, dont les espèces méditerranéennes communes sont très difficilement différenciables entre elles, mêmes au stade adulte. C'est pourquoi un lot d'échantillons de spécimens déterminés uniquement jusqu'à la famille par méthode visuelle composé, à priori, de Blenniidae (11 PL), Carangidae (7 PL), Clupeidae (35 PL), Gobiidae (2 PL), Mugilidae (89 PL), Scorpaenidae (1 PL), Sparidae (27 PL), Uranoscopidae (1 PL), non identifiés (5 PL) a été soumis à des analyses génétiques, ou ADN *Barcoding* (Hebert *et al.*, 2003), pour une identification par séquençage ADN. Les analyses ont été réalisées par le laboratoire Biotechservices de l'Université de Toulon (biotechservices.univ-tln.fr). Les échantillons (conservés à -20°C) ont tout d'abord subi une extraction alcaline d'acides nucléiques (Rudbeck and Dissing, 1998), puis une amplification (PCR) du marqueur génétique *Cytochrome c oxydase I* (COI) selon la méthode d'Ivanova *et al.* (2007) et d'après le programme FISH-BOL (www.fishbol.org). Les produits de la PCR ont été purifiés et séquencés par la société Beckman coulter (www.beckmancoulter.fr). Les séquences obtenues ont enfin été comparées aux bases de données universelles BLAST (www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST) et BOLDSYSTEMS (<http://www.boldsystems.org/>). Des pourcentages de couverture et d'identité des séquences ont été générés pour chaque échantillon ADN.

2.4.3. Contenus stomacaux

Des prélèvements de contenus stomacaux ont été réalisés sur un lot d'individus morts issus des collectes par CARE, dans l'objectif de mettre en relation les proies ingérées avec les données planctoniques en présence. Ces prélèvements ont été destinés à des analyses génétiques, pour l'identification ADN (Barcoding) des principales proies ingérées (par groupe taxonomique). Les familles de PL sur lesquelles les tubes digestifs ont été prélevés étaient relativement grandes à leur arrivée (longueur totale supérieure à 30 mm), ce qui a pu faciliter les dissections. Pour les échantillons, dont la longueur totale était inférieure à 30 mm, les prélèvements se sont avérés impossibles car les individus étaient trop petits. Les dissections ont été effectuées après décongélation, le tube digestif a été extrait puis conservé sous éthanol (70 %). Les analyses génétiques ont été réalisées par le laboratoire Biotechservices (Université de Toulon, France).

2.5. Caractérisation des paramètres environnementaux des sites

2.5.1. Paramètres abiotiques

Certains paramètres environnementaux ont été relevés par immersion d'une sonde multiparamètres CTD (*Conductivity Temperature Depth*) Seabird SBE en sub-surface. Ainsi, des données de température, salinité, pourcentage d'oxygène dissous, fluorescence de la Chlorophylle *a*, turbidité et ensoleillement ont pu être recueillies. Des données de pluviométrie ont également été récupérées auprès de Météo France. Des sondes de température (type thermobouton) ont été immergées en même temps que les CARE pendant toute la durée des pêches, et récupérées le matin de la dernière nuit afin d'être envoyées au laboratoire CREM-CEFREM pour lecture/récupération des données et mise à zéro afin de pouvoir les replacer le mois suivant. Des relevés ont été effectués manuellement, d'intensité et de direction des vents et courants *in situ*, lors de la pose (soir) et de la relève (matin) des CARE sur le site de Bastia.

2.5.2. Paramètres biotiques

Pour comprendre les variations des communautés planctoniques sur le site de Bastia, des échantillons de phytoplancton et de zooplancton ont été collectés mensuellement de juillet 2012 à septembre 2014, avec des prélèvements supplémentaires (tous les 15 jours), lorsque cela était nécessaire par rapport au cycle de vie des organismes (printemps-été). Les prélèvements ont été

réalisés une heure après le lever du soleil et en fonction des conditions météorologiques. Le phytoplancton a été prélevé avec un filet Apstein (50 L d'eau filtrée en sub-surface) puis les échantillons ont été analysés manuellement selon la méthode Utermöhl (Utermöhl, 1958 ; AFNOR, 2006). Des données Prévimer ont été récupérées afin de compléter des valeurs manquantes dans la série de données de la Chlorophylle *a* (www.previmer.org). Le zooplancton a été prélevé avec un filet de type WP2 (190 m³ d'eau filtrée à environ 5 m de profondeur). Les échantillons sont traités grâce à la méthode numérique du ZOOSCAN (Figure 12 ; Grosjean *et al.*, 2004 ; Gorsky *et al.*, 2010) et classés en 18 grands groupes taxonomiques prédéterminés dans le logiciels de traitement des données.

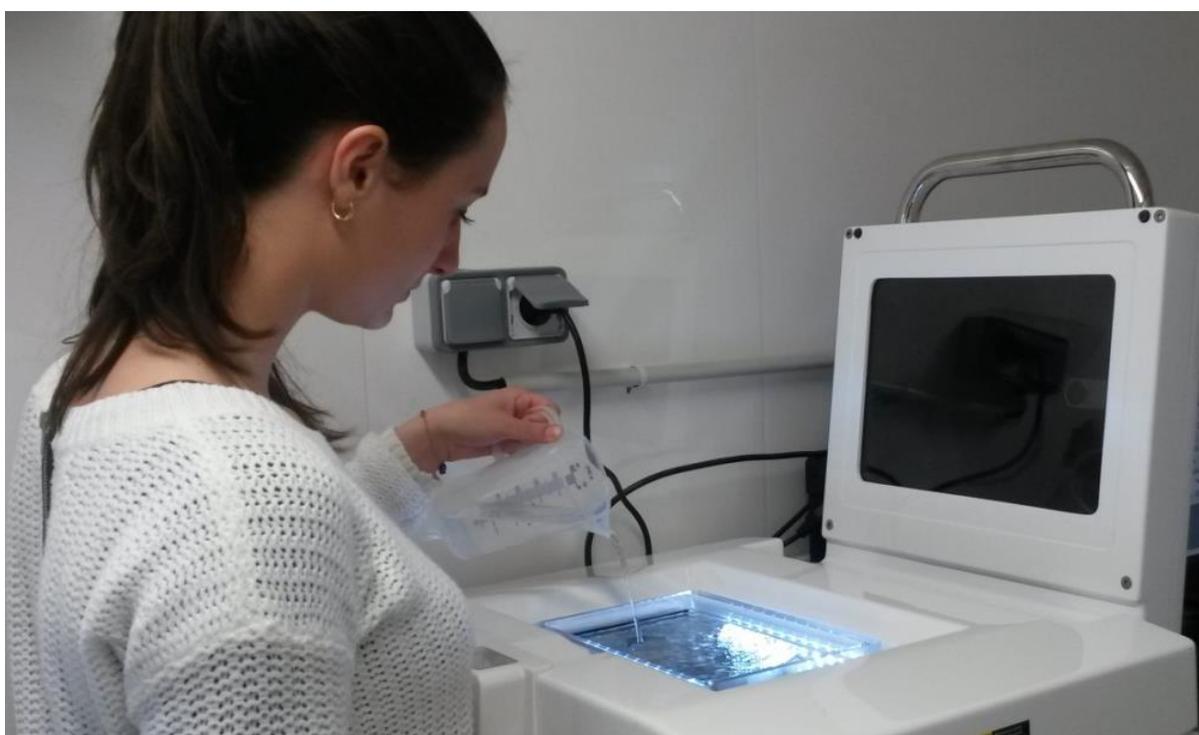


Figure 12 : Préparation d'un échantillon de zooplancton pour le traitement par ZOOSCAN (crédit photographique Garsi LH, Université de Corse).

2.6. Traitements statistiques

Le calcul de l'abondance moyenne, de l'effort d'échantillonnage et de la CPUE (PL/CARE/nuit) compare la variabilité interannuelle entre les deux zones (continent/corse) et entre les sites d'échantillonnage (prioritaires et secondaires). L'indice de Margalef ($d = S-1/\ln(n)$) est utilisé pour calculer la richesse spécifique des échantillons (Margalef, 1958). L'indice de diversité de Shannon ($H' = -\sum (ni/N)\log^2(ni/N)$, avec ni : proportion d'une espèce I par rapport au nombre total d'espèces (S) de l'échantillon), mesure la diversité en espèce en relation avec la fréquence

relative des espèces (Shannon, 1948). L'indice de Pielou ($J' = H'/H_{max}$) ou indice d'équitabilité mesure la distribution des abondances des espèces capturées (Pielou, 1966). L'indice de Simpson ou diversité α ($\lambda = \sum p^2$) met en évidence la prédominance de certaines espèces dans l'échantillon (Simpson, 1949).

Des analyses multidimensionnelles (MDS, MultiDimensional Scaling) ont été utilisées pour identifier les variations spatio-temporelles à petite échelle de la distribution des compartiments zooplanctoniques et du compartiment post-larvaires. Lorsqu'une significativité statistique a été établie, une routine de pourcentage de similitude (SIMPER) a été appliquée pour identifier les espèces qui ont le plus contribué aux différences spatiales observées. Toutes les analyses ont été effectuées à l'aide de PRIMER v6 & PERMANOVA +.

Une Analyse Canonique des Correspondances (ACC) a été réalisée avec le logiciel XLStat v19.01 afin d'analyser l'influence des paramètres environnementaux sur les abondances de PL (Ter Braak, 1986).

3. RESULTATS - DISCUSSIONS

Chapitre I - Mise au point d'une méthode innovante d'identification des jeunes stades de poissons de Mer Méditerranée : APLIM (Alive Post-Larvae Identification Method)

La difficulté dans l'étude des PL réside dans le fait que peu de recherches ont été menées à ce jour. Des travaux sur la description et l'identification de cette phase ont été réalisés sur certaines espèces méditerranéennes mais sur des individus morts la plupart du temps (Lo Bianco *et al.*, 1931-1956 ; Aboussouan, 1964 ; Lee, 1966). Certaines études récentes effectuées dans le bassin Nord-ouest méditerranéen, ont permis de décrire certaines espèces mais restent cependant incomplètes (Lecaillon *et al.*, 2012). Nous tenterons de les enrichir au travers de notre méthode innovante.

La méthode APLIM développée au sein de ce travail utilise la combinaison de quatre techniques : (i) la capture *in situ* des PL vivantes à l'aide d'un piège lumineux n'engendrant pas de forte mortalité ; (ii) le pré-grossissement des individus pendant une durée de deux à trois mois en bassin d'élevage avec des proies vivantes ; (iii) le suivi photographique avec la prise de clichés afin de suivre leurs croissance et développement, et (iiii) l'observation ainsi que la description de nouvelles caractéristiques morphométriques et/ou pigmentaires qui nous permettent d'identifier les espèces.

I.A. La Méthode APLIM

Toutes les étapes qui constituent la méthode sont importantes pour arriver au résultat final d'identification des espèces, et particulièrement celle du pré-grossissement (élevage) qui nous a permis de suivre l'évolution des individus et ainsi d'observer les différents stades nécessaires à l'identification.

Collecte. La capture des PL vivantes se fait grâce à des pêches réalisées à l'aide de pièges lumineux : le CARE (*Collect by Artificial Reef Eco-friendly* ; Lecaillon, 2004). Une fois récupérées du collecteur, elles sont rapidement transportées jusqu'aux aqualabs de la structure

aquacole. L'utilisation de la technique de pêche s'est faite sans modification de la méthode d'origine (Lecaillon, 2004).

Elevage. Les PL capturées vivantes non identifiables immédiatement sont triées en fonction de leurs ressemblances morphologiques et mises en aquarium pour une période de pré-grossissement qui varie en fonction des espèces. Elles y resteront jusqu'à ce que leur identification soit possible.

Méthode photographique. Chaque individu pêché est immédiatement photographié dès son arrivée au laboratoire avec un appareil photo numérique (Canon EOS 7D équipé d'un objectif Canon compact macro EF 50mm f/ 2.5 avec zoom optique X 0,5). Pour cela, la PL est placée dans une cuve en matière plastique transparente (11,5 x 20 x 4 cm) remplie d'eau de mer, qui est ensuite mise à la lumière dans une structure en forme de théâtre (Figure 13). Des photographies sont ainsi régulièrement prises tous les deux-trois jours sur les individus élevés en bassin, afin d'observer l'apparition des caractéristiques morphométriques et/ou pigmentaires au cours de leur développement et de leur croissance jusqu'au stade juvénile, ce qui nous permettra d'identifier les espèces.

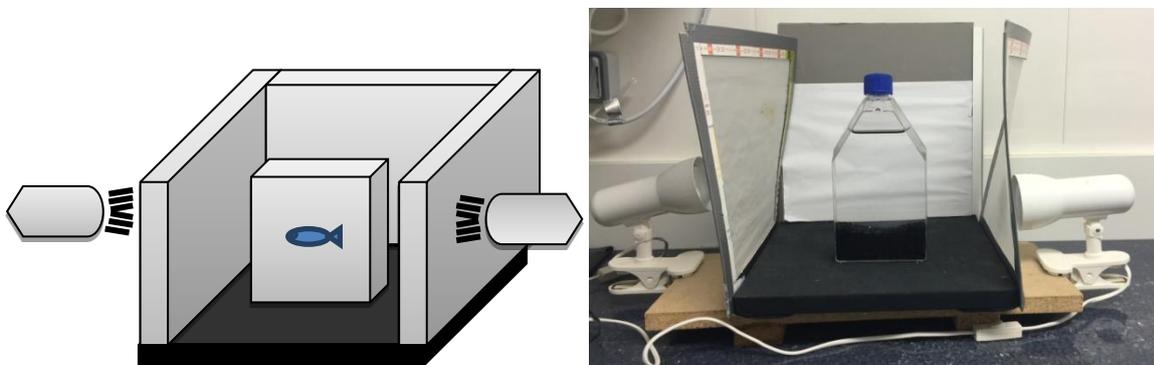


Figure 13 : Représentation schématique et photographie de la structure en forme de théâtre permettant la prise photographique des PL vivantes (crédit photographique Garsi L.H., Université de Corse).

Ce concept en forme de théâtre avec fond blanc et lumières latérales nous a permis de pouvoir prendre en photo les PL transparentes. En effet, la variation de l'intensité lumineuse, couplée au fond blanc et aux réglages de l'appareil photographique, font ressortir la forme et les pigments des individus.

Les temps d'identification varient d'une espèce à l'autre en rapport avec leur temps de développement. A titre d'exemple, l'échelle spatiale pour le suivi photographique d'une PL de daurade royale (*Sparus aurata*) est présentée en [Figure 14](#).

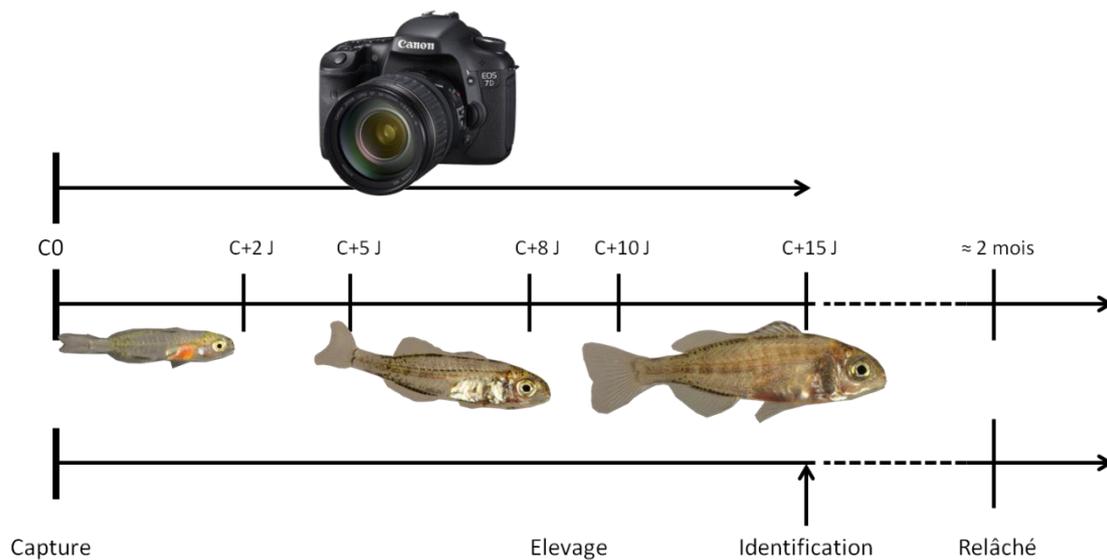


Figure 14 : Echelle spatiale (en jour) pour le suivi photographique d'une PL de daurade royale (*Sparus aurata* ; crédit photographique Garsi L.H., Université de Corse).

Caractéristiques morphologiques. Plusieurs caractéristiques ont été utilisées pour identifier les espèces de PL ([Figure 15](#)).

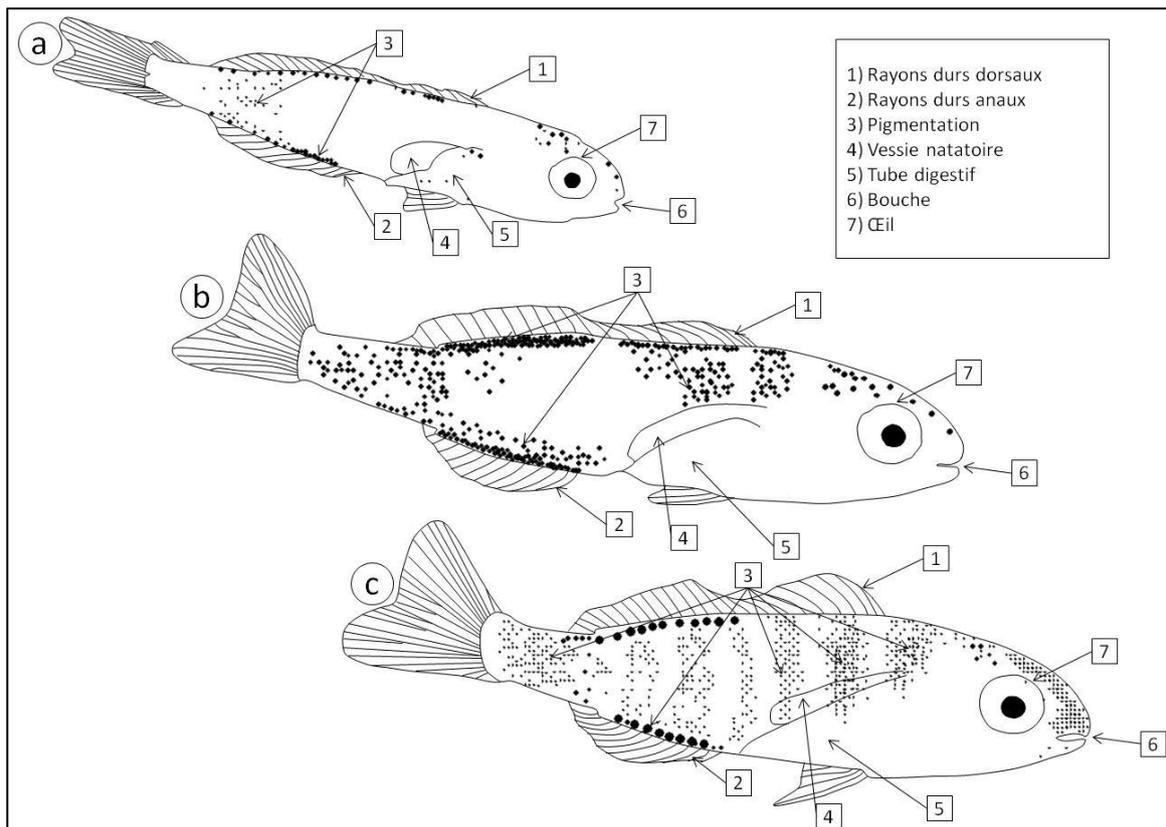


Figure 15 : Schéma de *Sparus aurata* avec apparition des critères d'identifications au cours du suivis temporel (a) : stade post-larvaire à C0 ; (b) : stade post-larvaire à C+5 jours ; (c) : stade post-larvaire à C+15 jours (Garsi L.H.).

Les photographies réalisées nous permettent d'observer en détail la longueur totale et la forme générale ainsi que les caractéristiques pigmentaires de l'individu, et de compter les rayons durs des nageoires dorsales et anales. Nous regardons également la forme de la bouche (prognathe ou non), le nombre et la forme des nageoires, la couleur et la longueur du tube digestif, la position, la taille et la forme des yeux. Les séries d'images d'un même individu sont numérotées en fonction de la date d'arrivée dans les bassins et nous permettent de mieux visualiser l'apparition des caractéristiques morphologiques des PL, car généralement la taille de capture est d'environ un cm.

I.B. Evaluation de l'efficacité de la méthode APLIM

Etant donné que la méthode d'identification APLIM comporte différentes phases (capture, élevage, suivi photographique, identification), les résultats et l'efficacité du procédé pour chacune des phases de l'étude sont présentés ici.

I.B.a. Efficacité de la Capture des post-larves par pêche au CARE en Méditerranée

Le CARE est un dispositif innovant créé par une société privée française (Ecocean SAS, Montpellier, France), d'abord développé dans un contexte de capture à visée commerciale de PL de poissons récifaux d'ornementation (Lecaillon, 2004). La méthode de capture par CARE est innovante, car elle n'engendre pas de forte mortalité (PCC ; Lecaillon et Lourié, 2007b). Ce système a déjà été testé dans l'Océan Indien, afin de collecter des PL vivantes de poissons pour une production commerciale, mais également pour la recherche scientifique. Dans ce contexte, les PL sont capturées et maintenues en vie pour l'aquariophilie et l'aquaculture. L'efficacité de la pêche au CARE s'évalue au travers des résultats obtenus sur l'abondance et la diversité des PL capturées, en fonction des périodes, mais également des sites de captures. La méthode a été utilisée pour notre étude durant deux années consécutives pour tester son efficacité en Méditerranée et afin de pouvoir comparer nos résultats avec les études réalisées en zone tropicale.

Abondance - Au cours des deux années de collecte (juillet 2012 à octobre 2014), 4 477 prélèvements ont permis de capturer 16 422 PL, avec en moyenne $2,9 \pm 8,8$ PL/CARE/nuit, pour l'ensemble des sites. Tous sites confondus, nous avons capturé 3 264 PL en 2012, 11 150 PL en 2013 et 2 017 PL en 2014. Par site, toutes années confondues, 470 PL ont été pêchées à Agde, 2 047 PL à Bastia, 5 208 PL à Bonifacio, 3 166 PL à Leucate, 338 PL à Port-Vendres, 1 404 PL à Port-Cros et 3 798 PL à Saint-Florent. Cependant, malgré un protocole de capture commun à tous les sites de pêches, nous observons des disparités de CPUE (Capture Par Unité d'Effort de pêche). A ce propos, deux pics d'abondance exceptionnels ont dû être supprimés des données de capture (Bonifacio 900,4 PL/CARE/nuit, Saint-Florent 303,6 PL/CARE/nuit, en juin 2013), car la visualisation des autres données de capture était trop atténuée.

La comparaison des CPUE, entre les sites de pêches, montre des différences de capture significatives ($P = 0,011$). En effet, en fonction des sites de prélèvements, les captures sont plus faibles sur les sites prioritaires (Bastia et Leucate) par rapport aux sites secondaires (Agde, Bonifacio, Port-Cros, Port-Vendres et Saint-Florent), en dépit d'un effort de pêche plus élevé et maintenu tout au long de l'année alors qu'il est seulement de quatre mois pour les sites secondaires ([Figure 16](#)Figure 16). Les CPUE les plus basses sont retrouvées à Bastia ($1,2 \pm 2,5$ PL/CARE/nuit en moyenne), Port-Vendres ($1,7 \pm 3,3$ PL/CARE/nuit en moyenne), Agde ($1,9 \pm 1,9$ PL/CARE/nuit en moyenne), moyennes à Leucate ($2,1 \pm 3,4$ PL/CARE/nuit en moyenne),

Bonifacio ($4,2 \pm 11,7$ PL/CARE/nuit en moyenne), Port-Cros ($6,5 \pm 12,5$ PL/CARE/nuit en moyenne), et les plus élevées à Saint-Florent ($10,8 \pm 24,6$ PL/CARE/nuit en moyenne).

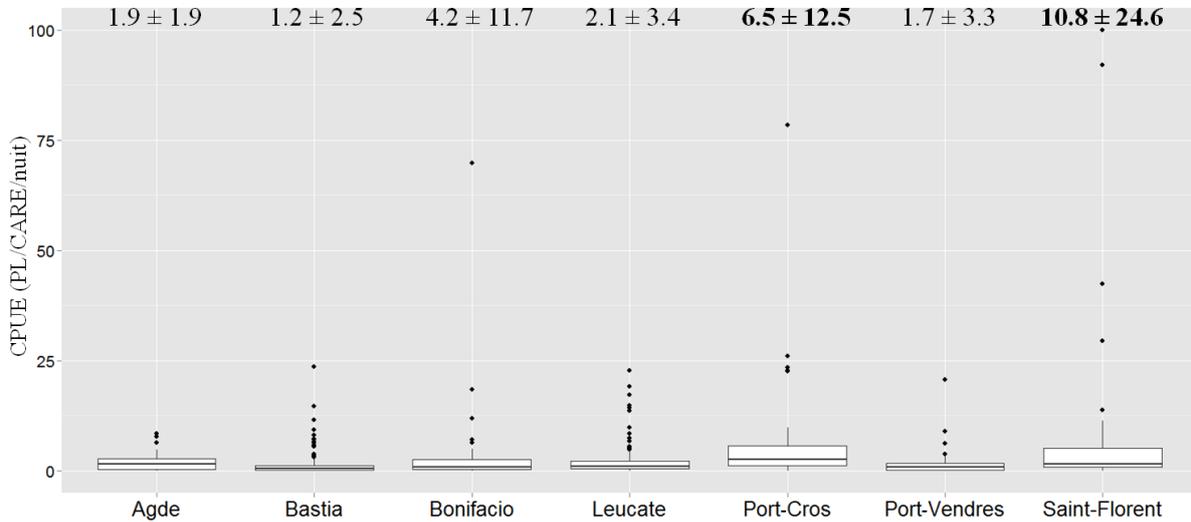


Figure 16 : CPUE moyennes (PL/CARE/nuit) obtenues par site pour les deux années consécutives.

La CPUE calculée par mois ([Figure 17](#)) montre des différences significatives selon les mois de prélèvement ($P = 0,001$), mais pas de différence entre les années ($P = 0,414$). Une forte quantité de PL capturées par CARE a été réalisée durant l'été avec une grande disparité entre les nuits et les engins de pêche. Le maximum de PL capturées par CARE est en juin 2013 ($11,7 \pm 26,3$ PL/CARE/nuit) et le minimum en avril 2014 avec moins d'une PL/CARE/nuit ($0,4 \pm 0,4$ PL/CARE/nuit).

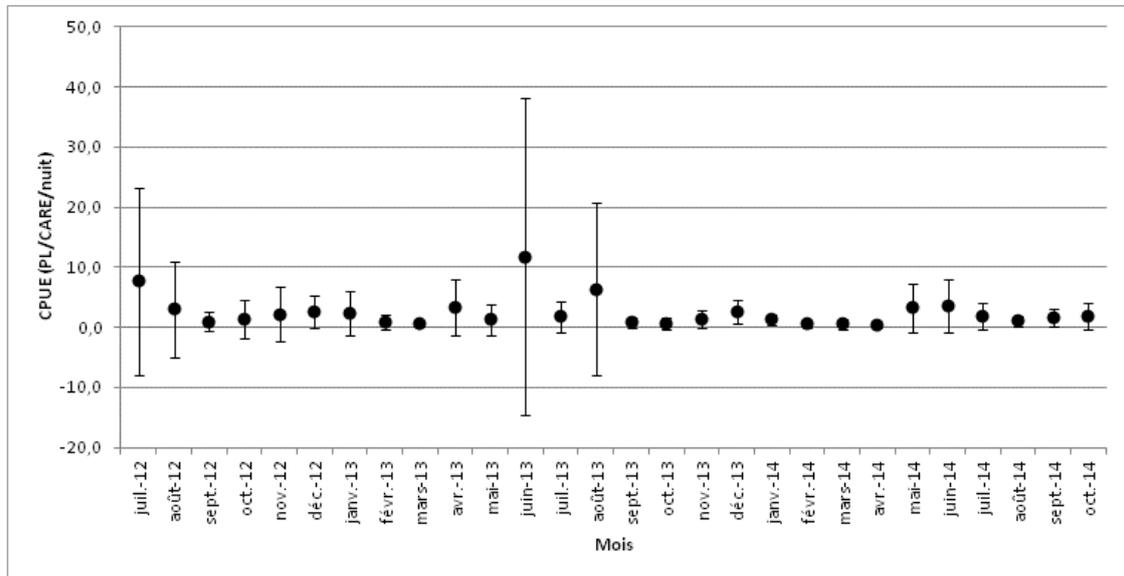


Figure 17 : CPUE moyennes (PL/CARE/nuite) obtenues par mois, tous sites confondus sur les deux années consécutives.

Le calcul des CPUE par saison (Figure 18) nous indique des différences significatives entre les saisons ($P = 0,002$). On constate que les valeurs de capture moyenne les plus élevées sont observées en été 2012 ($5,4 \pm 12,6$ PL/CARE/nuite) et 2013 ($6,1 \pm 16,7$ PL/CARE/nuite), avec une grande disparité entre les nuits et les engins de pêche. La valeur moyenne la plus basse a été observée en automne 2013 ($0,8$ PL/CARE/nuite).

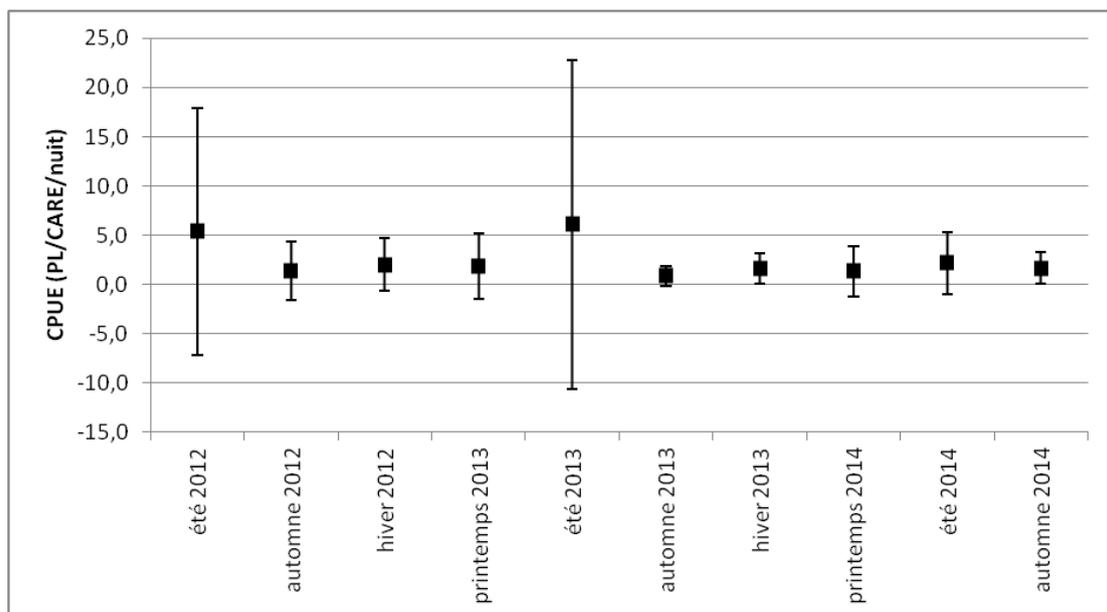


Figure 18 : CPUE moyennes (PL/CARE/nuite) obtenues par saison, tous sites confondus sur les deux années de suivis.

Phase de la lune – D’après les travaux existants sur l’étude de l’influence de la phase lunaire sur les captures de PL en Méditerranée (Lecaillon *et al.*, 2012 ; Félix-Hackradt *et al.*, 2013 ; Catalan *et al.*, 2014), l’arrivée des plus fortes abondances de PL sur les côtes littorales est observée autour de la nouvelle lune. Au sein de notre étude, nous avons remarqué que ce ne fut pas tout le temps le cas. En effet, si nous mettons en relation les abondances avec les cycles lunaires, nous remarquons des différences selon les mois étudiés qui ne sont pas forcément reproductibles sur les années ([Tableau I](#)~~Tableau I~~).

Tableau I : Corrélations entre les fortes abondances et les phases lunaires. Mois en jaune : été, marron : automne, bleu : hiver, vert : printemps ; NP : Période Non Pêchée ; valeurs en gras : valeurs significatives (supérieur à 0,5) ; valeurs en rouge : valeurs significatives que pour la période de nouvelle lune ; valeurs en vert : valeurs significatives que pour la période de pleine lune.

Mois	Autour de la nouvelle lune	Autour de la pleine lune
Jul-12	0,52	0,77
Aut-12	0,36	0,97
Sep-12	0,53	0,74
Oct-12	0,26	0,21
Nov-12	0,88	0,52
Dec-12	0,31	0,13
Jan-13	0,70	0,04
Fev-13	0,60	0,40
Mar-13	0,00	0,74
Avr-13	0,01	0,94
Mai-13	0,18	0,48
Jun-13	0,28	NP
Jul-13	0,30	0,82
Aut-13	0,71	0,88
Sep-13	0,42	0,24
Oct-13	0,27	0,50
Nov-13	0,68	0,31
Dec-13	0,07	NP
Jan-14	0,78	NP
Fev-14	1,00	0,38
Mar-14	0,83	NP
Avr-14	0,38	0,24
May-14	0,64	0,17
Jun-14	0,40	0,21
Jul-14	0,65	0,54
Aut-14	0,57	0,19
Sep-14	0,42	0,53

Sur les 27 mois d'étude, de fortes corrélations ont été trouvées entre la période de la nouvelle lune et de fortes abondances pour 13 mois (juillet, septembre et novembre 2012 ; janvier, février, août et novembre 2013 ; janvier, février, mars, mai, juillet et août 2014), et entre la période de pleine lune et de fortes abondances pour 11 mois (juillet, août, septembre et novembre 2012 ; mars, avril, juillet, août et octobre 2013 ; juillet et septembre 2014). Certaines fortes abondances sont retrouvées sur les deux phases lunaires en juillet 2012 et 2014, ainsi qu'en septembre et novembre 2012 et août 2013, et inversement aucune forte abondance n'est corrélée sur les deux phases pour six mois (octobre et décembre 2012, mai et septembre 2013,

avril et juin 2014). Même si nous pouvons observer que sur la période hivernale les fortes abondances sont essentiellement corrélées avec la période de la nouvelle lune sur les deux années consécutives (janvier et février 2013 et 2014), il est difficile de conclure que celle-ci influence sur la saison étant donné qu'il nous manque des données de pêche pour janvier 2014 pour la pleine lune. En mars et avril 2013, les plus fortes abondances ont été pêchées autour de la pleine lune. Ces résultats doivent donc être confirmés par des études supplémentaires.

Diversité - Les indices de diversité ont été calculés et comparés entre les sites et les années de pêche ([Tableau II](#) ~~Tableau H~~).

Tableau II : Indices de diversité pour chaque site, par année. Nombre total d'espèces et abondance totale : valeurs en gras les plus importantes ; indices : valeurs en gras les plus importantes, en bleu : valeurs fortes, en orange : valeurs faibles.

Année	Site	S (nb total d'espèces)	N (abondance totale)	Margalef (richesse spécifique)	Shannon (diversité spécifique)	Pielou (équitabilité)	Simpson (diversité alpha)
2012	Bastia	22	355	3,58	1,87	0,60	0,74
	Leucate	31	1206	4,23	1,95	0,57	0,76
	Agde	17	100	3,47	1,89	0,67	0,74
	Bonifacio	9	238	1,46	1,40	0,64	0,69
	Port-Cros	17	995	2,32	1,08	0,38	0,51
	Port-Vendres	15	212	2,61	1,36	0,50	0,55
	Saint-Florent	16	824	2,23	1,05	0,38	0,53
2013	Bastia	30	1128	4,13	2,22	0,65	0,80
	Leucate	38	1250	5,19	2,71	0,74	0,91
	Agde	15	138	2,84	2,03	0,75	0,81
	Bonifacio	12	4925	1,29	0,10	0,04	0,03
	Port-Cros	26	1775	3,34	1,39	0,43	0,63
	Port-Vendres	15	85	3,15	2,24	0,83	0,88
	Saint-Florent	20	2842	2,39	0,47	0,16	0,17
2014	Bastia	22	563	3,32	1,71	0,55	0,66
	Leucate	28	710	4,11	2,19	0,66	0,78
	Agde	20	232	3,49	1,67	0,56	0,70
	Bonifacio	7	45	1,58	1,22	0,63	0,57
	Port-Cros	23	294	3,87	1,99	0,63	0,80
	Port-Vendres	9	40	2,17	1,39	0,63	0,60
	Saint-Florent	18	132	3,48	2,33	0,81	0,87

Il en ressort une variabilité en richesse entre les sites, mais aussi entre les années. Sur les deux années consécutives (juillet 2012 à septembre 2014), Leucate est le site présentant la plus grande richesse spécifique (Margalef ; 4,23, 5,19 et 4,11) et Bonifacio la plus faible (Margalef ; 1,46, 1,29 et 1,58).

Pour les sites prioritaires, Leucate présente une plus grande biodiversité que Bastia (Simpson, 0,76 et 0,74 respectivement), mais aussi une plus grande abondance. La richesse spécifique (Margalef) est également plus élevée à Leucate qu'à Bastia. Cependant, nous observons la

tendance inverse avec l'indice de Pielou en 2012, Bastia (0,60) présente une meilleure équirépartition en espèces qu'à Leucate (0,57).

Les sites secondaires montrent des différences en fonction des années. En 2012, c'est le site d'Agde qui est le plus diversifié en espèces avec l'abondance la plus faible, alors que Port-Cros et Saint-Florent présentent les plus fortes quantités capturées mais faiblement diversifiées. En 2013, Port-Vendres est le site le plus diversifié alors que l'abondance totale est la plus faible, à l'inverse les deux sites qui ont le mieux pêché (Bonifacio et Saint-Florent) sont eux très faibles en biodiversité. On remarque cependant la dominance d'une espèce à Bonifacio et Saint-Florent car les indices de Pielou, Shannon et Simpson sont très faibles. En 2014, Saint-Florent est le plus diversifié des sites, malgré une abondance totale capturée faible.

Efficacité de la technique de capture - Tous les systèmes de pêche de PL existants ne permettent pas de capturer un grand pourcentage d'individus vivants, voilà pourquoi nous avons choisi d'utiliser les CARE pour notre étude. Cette technique largement utilisée en milieu tropical, a seulement été testée récemment en Méditerranée. Le [Tableau III](#) ~~Tableau III~~ répertorie les différents travaux effectués à l'aide de CARE dans le monde et nous permet de pouvoir comparer les différents résultats obtenus pour chaque étude.

Si on compare les CPUE des différentes études en milieu tropical avec celles en milieu tempéré, nous avons des différences significatives ($P = 0,004$; [Tableau III](#) ~~Tableau III~~). En milieu tropical, un petit effort d'échantillonnage peut permettre de capturer une grande quantité de PL. C'est le cas par exemple aux Philippines (320,93 PL/CARE/nuit), à Mayotte (319,04 PL/CARE/nuit), ou à Madagascar (161,96 PL/CARE/nuit).

Tableau III : Synthèse des captures de PL par CARE. (NL: Autour de la nouvelle lune)

Année	Auteurs	Localisation	Nb PL	CPUE	Période de pêche	Etude invasive (-) ou non (+)
2007a	Lecaillon & Lourié	Mayotte	8 614	319,04	NL	+
2008	Carassou <i>et al.</i>	Nouvelle Calédonie	14 217	104,54	NL	-
2008	Heenan <i>et al.</i>	Philippines	326	4,18	NL	+
2008	Malpot <i>et al.</i>	Polynésie Française	17 545	23,02	Mois	+
2009	Vermond <i>et al.</i>	La Réunion	20 674	35,46	NL	+
2009	Mahafina <i>et al.</i>	Madagascar	4 049	161,96	NL	+
2010	Ellis	Pohnpei, Océan Indien	8 368	48,94	NL	+
2010	Heenan (Thèse)	Philippines	14 763	320,93	NL	+
2012	Carassou <i>et al.</i>	Nouvelle Calédonie	2 359	26,81	NL	-
2012	Lecaillon <i>et al.</i>	Méditerranée	217	0,37	NL	+
2013	Félix-Hackradt <i>et al.</i>	Méditerranée	11 181	25,64	Entre 1er et 3eme quartier	-
2014	Catalan <i>et al.</i>)	Méditerranée	68	11,33	NL	-
2015	Faillietaz (Thèse)	Méditerranée	2 527	3,35	Mois	-
2017	Garsi (Thèse)	Méditerranée	16 422	3,67	NL	+

A l'inverse, en milieu tempéré, même avec un grand effort d'échantillonnage (comme cela est le cas pour notre étude), nous obtenons environ 3,67 PL/CARE/nuit, voire moins d'une PL (0,37 PL/CARE/nuit) dans l'étude de Lecaillon *et al.* en 2012. On remarque néanmoins que les CPUE en zone Sud-est (Espagne) sont plus élevées (25,64 PL/CARE/nuit et 11,33 PL/CARE/nuit).

I.B.b. Efficacité de l'élevage des post-larves

L'élevage et le maintien en vie des PL en aquarium est une phase délicate, en raison de la fragilité de ce stade, mais aussi des besoins spécifiques de chaque espèce en terme de nourriture, d'aménagement, de compatibilité inter- et intra-spécifique. Cependant, c'est une phase essentielle pour la détermination des espèces avec la méthode APLIM. Les résultats ne concernent que les deux sites prioritaires de Bastia et de Leucate qui permettent l'élevage des PL dans les aquariums. 3 500 PL ont été capturées vivantes à Bastia, correspondant à 18 familles, 36 espèces différentes, et 2 418 à Leucate, correspondant à 16 familles, 46 espèces

différentes. Ces PL ont été capturées et placées en élevage suivant le même protocole pour les deux sites pendant deux ans, de juillet 2012 à septembre 2014. Les taux de survie obtenus présentés dans le [Tableau IV](#) sont différents en fonction des familles. Chaque espèce a des besoins spécifiques et ne peut pas toujours coexister avec les autres (Crec'hriou *et al.*, 2015). Nous arrivons à élever plus de la moitié des familles (52,94 % à Bastia, 56,25 % à Leucate) avec des taux de survie supérieur à 60 %, et des résultats pouvant atteindre un taux de survie de 100 % pour trois familles. Bien que pour certaines familles, le taux de survie reste faible (inférieur à 60 % : 11,76 % à Bastia, 37,5 % à Leucate), voire nul (35,29 % à Bastia, 6,25 % à Leucate), quelques individus sont cependant suffisants pour confirmer les identifications. Les mortalités observées ont des origines diverses : individus fragiles, prédation, maladie, mauvaise adaptation, fuite, concurrence, déformation anatomique, territorialité, stress.

Tableau IV : Taux de survies et de mortalités des familles de PL élevées en bassins. Taux de survie : valeurs en gras supérieures à 70% ; taux de mortalité : valeurs en gras supérieures à 90%.

Site	Bastia			Leucate		
Famille	Taux de survie	Taux de mortalité	Quantité PL capturées	Taux de survie	Taux de mortalité	Quantité PL capturées
Ammodytidae	0,00	100,00	22	0,00	100,00	2
Anguillidae			0	69,47	30,53	43
Apogonidae	71,40	28,60	7	100,00	0,00	2
Atherinidae	0,00	100,00	69	4,15	95,85	13
Blenniidae	40,58	59,42	128	78,78	21,22	253
Carangidae	72,00	28,00	30	70,85	29,15	189
Congridae	75,61	24,39	12	76,90	23,10	14
Gadidae	47,06	52,94	16	20,20	79,80	67
Labridae	0,00	100,00	4			0
Mugilidae	73,16	26,84	204	63,10	36,90	345
Mullidae	89,74	10,26	128	52,84	47,16	447
Ophichthidae	0,00	100,00	1			0
Pomacentridae	94,95	5,05	199	25,00	75,00	5
Scorpaenidae	0,00	100,00	4	20,38	79,63	24
Serranidae	66,67	33,33	3	75,00	25,00	5
Sparidae	67,47	32,53	2 671	50,20	49,80	971
Syngnathidae	0,00	100,00	1	92,55	7,45	37
Trachinidae			0	100,00	0,00	1
Triglidae	100,00	0,00	1			0
Total général			3 500			2 418

L'ensemble des résultats obtenus sur l'élevage, nous ont permis de pouvoir identifier certains types de comportements et de préconisations spécifiques à appliquer sur quelques familles pour augmenter leur taux de survies. Sont présentés ici quelques exemples de remarques et recommandations d'élevage pour les familles ayant posé le plus de problèmes pour le maintien en bassins.

Les Ammodytidae ont besoin de sable pour s'enfouir ; malgré cela ils sont impossibles à maintenir en vie (taux de survie de 0 % dans les deux sites d'élevage) car ils peuvent s'échapper des aquariums et leur régime alimentaire est indéterminé. Il est préconisé un élevage en aquarium fermé.

Les Anguillidae doivent être conservés dans un aquarium fermé car ils peuvent s'échapper (30,53 % de mortalité à Leucate). En grandissant ils deviennent cannibales, et doivent donc être séparés dès qu'un individu devient plus grand que les autres. Ils se nourrissent d'artémias, de proies vivantes et d'aliments congelés.

Les Apogonidae bien que faciles à élever (71,40 % et 100 % de taux de survie respectivement à Bastia et Leucate) sont territoriaux et s'attaquent aux autres. Ils ne se laissent pas domestiquer, exigent des cavités obscures ou grandes (tubes PVC) pour se cacher. Se nourrissent d'artémias et d'aliments congelés.

Les Atherinidae sont très difficiles à élever, les individus sont sensibles à la manipulation et extrêmement fragiles (100 % et 95,85 % de taux de mortalité respectivement à Bastia et Leucate). Se nourrissent préférentiellement d'artémias et de granulés.

Les Blenniidae qui sont faciles à élever et à manipuler (78,78 % de taux de survie à Leucate), s'acclimatent bien dans les bassins d'élevage (observation de ponte sur les parois) avec un régime alimentaire facile (mangent de tout), mais deviennent cependant agressifs et présentent des taux de croissance différents selon les espèces, bien que leur croissance soit rapide. En effet, l'agressivité apparaît dès la première semaine d'élevage : ils attaquent les nageoires d'autres congénères et ne doivent donc pas être mélangés avec d'autres espèces. Les mortalités sont essentiellement dues à la compétition (59,42 % de taux de mortalité à Bastia).

Les Carangidae qui acceptent tous les types d'aliments, ont une activité de nage très active et doivent ainsi être placés dans de grands bassins permettant un meilleur élevage. Peu de mortalité observée (28 % et 29,15 % respectivement à Bastia et Leucate), dues au fait qu'ils sautent par-dessus les parois, ce qui nécessite donc la mise en place de protections grillagées sur la partie supérieure des bassins.

Les Congridae sont faciles à élever, mais si certaines précautions ne sont pas prises (crépines avec maille appropriée, niveau inférieur d'eau), ils peuvent s'échapper à travers les conduits d'évacuation d'eau ou la paroi des bassins. Ils ont besoin de cavités dans les bassins (tuyaux PVC), et n'ont pas de problèmes entre eux ou avec d'autres espèces. Les mortalités observées (24,39 % et 23,10 % respectivement à Bastia et Leucate) étaient essentiellement dues à des déformations anatomiques car ils ont tendance à se mettre à plusieurs dans un tube.

Les Gadidae ont des difficultés à s'acclimater dans les bassins (52,94 % et 79,80 % de taux de mortalité). Ce sont des individus très stressés lors des manipulations, ils nécessitent l'installation de tubes PVC pour se cacher, et sortent uniquement la nuit ou pour se nourrir. Nous avons pu noter une bonne cohabitation entre eux, mais ils ne peuvent pas être mélangés avec d'autres individus. Ils mangent des artémias et des aliments congelés.

Les Labridae sont agressifs envers les autres poissons et sont difficiles à manipuler. Ils mangent des artémias enrichies, mais aucun des individus capturés n'a survécu.

Les Mugilidae sont faciles à élever (73,16 % et 63,10 % de taux de survie), non agressifs mais très actifs, ils mangent de tout et nettoient les bassins. Très robustes, ils sont faciles à transférer.

Les mortalités sont dues au fait qu'ils sautent des bassins, des protections ont donc été placées sur le dessus des bassins.

Les Mullidae aiment particulièrement les vers de vase et les proies vivantes (mysis, petits crustacés récoltés dans le milieu naturel) ; cependant ils exigent une nourriture abondante tout au long de la journée. Ils sont très délicats à manipuler, en particulier à Leucate (taux de mortalité de 47,16 %) en raison de la grande quantité capturée. Ils doivent être triés une fois qu'un individu est plus grand que les autres, car la concurrence pour la nourriture s'installe rapidement. Ils changent leur comportement lorsque le sable est mis au fond des bassins.

Un seul individu a été capturé à Bastia pour la famille des Ophichthidae. Il n'a jamais été vu dans l'aquarium, même au moment de l'alimentation, car il était constamment enfoui dans le sable. Nous ne savons pas de quoi il se nourrit, et n'a pas survécu en bassin d'élevage.

Les Pomacentridae sont cardiaques, le stress des transferts a généré quelques mortalités à Bastia (taux de mortalité de 5,05 %), et des plus fortes à Leucate (75 %) à cause des manipulations et du fait qu'ils deviennent des proies pour les autres poissons. Ils mangent les artémias et les aliments congelés.

Les Scorpaenidae peuvent être élevés à plusieurs dans le même bassin à leur arrivée, mais doivent être séparés rapidement (un par aquarium) en raison de leur comportement de prédateur, ce qui est la cause majoritaire de mortalité au cours de l'élevage (100 % et 79,63 %). Ils ont une préférence marquée pour les artémias et les proies vivantes, certains individus mangent des aliments surgelés d'autres les refusent.

Les Serranidae sont craintifs, mais agressifs, très territoriaux, et s'attaquent aux autres poissons. Néanmoins, ils sont difficiles à manipuler ce qui provoque quelques mortalités (33,33 % et 25 %), mais s'acclimatent bien dans les bassins avec la présence de cavités où ils peuvent se cacher. Ils mangent de tout.

Les Sparidae ont des besoins et des comportements différents selon les espèces. Toutefois, l'alimentation est la même pour tous, ils acceptent tout. A Bastia les mortalités sont dues à des maladies ; en dépit de cela, ils ont un bon taux de survie (67,47 %). A Leucate, des problèmes de qualité de l'eau ont provoqué une forte mortalité (49,80 %). Les Dentis ont un comportement prédateur dès leur arrivée, ils doivent être immédiatement isolés et mangent des proies vivantes.

Les *Diplodus* s'attaquent entre eux dans de petits volumes, il est donc nécessaire de les transférer dans des grands bassins et de mettre de la nourriture en abondance. Les *Pagellus* prennent la nourriture normalement, mais sont fragiles et sensibles aux maladies. La densité dans le bassin doit être réduite ou alors ils doivent être mis dans des grands volumes. Les *Pagrus* sont très agressifs à l'arrivée, s'attaquent aux autres poissons, jusqu'à ce qu'ils les tuent puis les

mangent. Les Saupes sont faciles à élever une fois qu'elles sont acclimatées. Les Daurades sont très agressives entre elles, l'abondance de nourriture est nécessaire pour éviter les attaques. Les *Spicara* ont un élevage classique, elles mangent des artémias et des granulés. Les mortalités étaient importantes au début de l'élevage, à cause d'une forte densité dans les aquariums. Une fois le stade de PL dépassé, ils ont été placés dans de grands bassins.

Les Syngnathidae ont besoin d'un support pour s'accrocher, afin de réduire le stress dans les bassins. Leur régime alimentaire est difficile car ils ont une préférence pour les proies vivantes (artémias en abondance, mysis vivantes) et prennent du temps pour accepter les aliments congelés. Cette acceptation sera plus rapide s'ils observent leurs congénères mangeant la nourriture qui leur est offerte. Une fois l'action de l'alimentation assimilée, l'élevage est facile. A Bastia, un seul individu a été capturé mais il n'a pas survécu, contrairement à Leucate où plusieurs individus ont été capturés et donc le taux de survie atteint 92,55 %.

Les Triglidae et Trachinidae sont faciles à élever, mais du sable est nécessaire dans l'aquarium pour les calmer. Leurs états et leurs comportements s'améliorent nettement avec la présence de sable. Les taux de survie sont de 100 % pour ces deux familles. Ils mangent des proies vivantes (artémias et mysis), mais également de la nourriture congelée.

Au cours du suivi de l'élevage des individus capturés, nous avons pu mettre en évidence la compatibilité et/ou incompatibilité plus ou moins forte en fonction des taxons. Des tris et transferts ont été réalisés régulièrement pour éviter la surpopulation dans les bassins, mais également la prédation entre les individus. Le [Tableau V](#) résume les principales interactions qui sont possibles ou non.

Tableau V : Compatibilités inter- et intra-spécifiques pour les principaux taxons élevés (Crec'hriou *et al.*, 2015).

	<i>Anguilla anguilla</i>	<i>Apogon imberbis</i>	<i>Atherina spp</i>	Blenniidae	<i>Boops boops</i>	<i>Dicentrarchus labrax</i>	<i>Diplodus spp</i>	Gadidae	Mugilidae	<i>Mullus spp</i>	<i>Oblada melanura</i>	<i>Pagellus spp</i>	<i>Sarpa salpa</i>	<i>Scorpaena spp</i>	<i>Serranus spp</i>	<i>Sparus aurata</i>	Syngnathidae
<i>Anguilla anguilla</i>	++	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Apogon imberbis</i>		++	+	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	--	-	+
<i>Atherina spp</i>			++	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	--	-	-
Blenniidae				+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	--	-	-
<i>Boops boops</i>					++	+	++	-	+	-	+	+	+	-	--	++	-
<i>Dicentrarchus labrax</i>						++	++	-	++	+	++	++	+	-	--	++	-
<i>Diplodus spp</i>							++	+	++	+	++	++	+	-	--	++	-
Gadidae								++	-	+	-	-	-	-	--	+	-
Mugilidae									++	+	++	++	+	-	--	++	-
<i>Mullus spp</i>										++	+	-	-	-	--	+	+
<i>Oblada melanura</i>											++	+	-	-	--	+	-
<i>Pagellus spp</i>												++	+	-	--	++	-
<i>Sarpa salpa</i>													++	-	--	++	-
<i>Scorpaena spp</i>														++	--	-	-
<i>Serranus spp</i>															--	--	--
<i>Sparus aurata</i>																++	-
Syngnathidae																	++

Légende ++ Compatible + Cohabitation - Problématique -- Incompatible

De manière générale, toutes les espèces sont compatibles entre elles pour un élevage en cohabitation. On note que les Blenniidae et les Serranidae sont les plus incompatibles avec l'ensemble des autres taxons élevés. Les *Boops boops*, *Dicentrarchus labrax*, *Diplodus spp*, Mugilidae, *Mullus spp*, *Oblada melanura* et *Sarpa salpa* sont les taxons qui cohabitent le mieux avec les autres.

Apogon imberbis, *Atherina spp*, Blenniidae, Gadidae, *Scorpaena spp* et Syngnathidae ont des interactions problématiques avec les autres taxons. Une attention particulière leur est portée et ils sont souvent isolés.

I.B.c. Efficacité de l'identification visuelle par la méthode APLIM

La méthode APLIM nous a permis de suivre 46 espèces avec 80,43 % d'identification pour l'élevage continental de Leucate et 36 espèces avec 91,67 % d'identification pour l'élevage corse de Bastia (Tableau VI). Si on ne considère que les genres, les résultats sont de 96,30

% d'identification pour la Corse et 88,46 % pour le continent. Enfin, elle est de 100 % d'efficacité en ce qui concerne l'identification des familles pour les deux sites d'élevage.

Tableau VI : Pourcentages d'identification sur les individus vivants.

	Famille		Genre		Espèces	
	Continent	Corse	Continent	Corse	Continent	Corse
Nombre total	16	18	26	27	46	36
% identification	100	100	88,46	96,30	80,43	91,67

Les résultats obtenus montrent une différence d'efficacité des identifications en fonction des fermes d'élevage. Ces inégalités observées peuvent être dues à des mortalités survenues avant d'avoir pu identifier l'espèce, mais également, à cause des conditions d'élevage, notamment des problèmes de qualité de l'eau (Leucate). Ceci a pu avoir des répercussions sur le pourcentage d'identification, mais également un plus grand nombre d'espèces capturées à Leucate (46) par rapport à Bastia (36) creusent la différence.

Pour les individus morts, la confirmation de l'espèce n'a pas toujours été facile, car dans certains cas les échantillons congelés étaient trop endommagés. Pour les échantillons corses 81,25 % des espèces ont été identifiées et 75 % pour les échantillons continentaux ([Tableau VII](#)~~Tableau VII~~). Là aussi, le pourcentage d'efficacité augmente si on ne considère que le genre (89,29 % pour la Corse et 84,09 % pour le continent) ou la famille (100 % pour les deux).

Tableau VII : Pourcentages d'identification sur les individus morts.

	Famille		Genre		Espèce	
	Continent	Corse	Continent	Corse	Continent	Corse
Nombre total	28	18	44	28	64	48
% identification	100	100	84,09	89,29	75,00	81,25

Comme pour les individus vivants, le taux d'identification des individus morts est également plus faible pour les espèces de la zone continentale.

Environ 80 espèces de PL de poissons méditerranéens ont été décrites et identifiées tout au long de cette étude, grâce à la méthode APLIM. Le [Tableau VIII](#)~~Tableau VIII~~ liste toutes ces espèces. Pour certaines d'entre elles, le suivi temporel était incomplet, des contributions

photographiques ont été apportées par le réseau MEDPLANET. Six fiches espèces sont entièrement des contributions MEDPLANET et une fiche de contribution extérieure (contribution photographique Patrick Louisy, Etang de Thau).

Tableau VIII : Liste des espèces identifiées avec la méthode APLIM (fiches d'identifications disponibles dans l'atlas, Crec'hriou *et al.*, 2015).

Ammodytidae	<i>Gymnammodytes cicerehus</i> (Rafinesque, 1810)
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)
Apogonidae	<i>Apogon imberbis</i> (Linnaeus, 1758)
Atherinidae	<i>Atherina boyeri</i> (Risso, 1810)
	<i>Atherina hepsetus</i> (Linnaeus, 1758)
Belonidae	<i>Belone belone</i> (Linnaeus, 1751)
Blenniidae	<i>Aidablennius sphyinx</i> (Valenciennes, 1836)
	<i>Lipophrys trigloides</i> (Valenciennes, 1836)
	<i>Lipophrys pholis</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Parablennius gattorugine</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Parablennius incognitus</i> (Bath, 1968)
	<i>Parablennius pilicornis</i> (Cuvier, 1829)
	<i>Parablennius rouxi</i> (Cocco, 1833)
	<i>Parablennius tentacularis</i> (Brünnich, 1768)
	<i>Parablennius zvonimiri</i> (Kolombatovic, 1892)
	<i>Salaria pavo</i> (Risso, 1810)
Bothidae	<i>Arnoglossus laterna</i> (Walbaum, 1792)
	<i>Arnoglossus thori</i> (Kyle, 1913)
Carangidae	<i>Trachinotus ovatus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)
	<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Seriola dumerili</i> (Risso, 1810)
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)
Congridae	<i>Conger conger</i> (Linnaeus, 1758)
Exocoetidae	<i>Hirundichthys rondeletii</i> (Valenciennes, 1847)
Gadidae	<i>Gaidropsarus mediterraneus</i> (Linnaeus, 1758)
Gobiidae	<i>Gobius geniporus</i> (Linnaeus, 1758)
Labridae	<i>Coris Julis</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Thalassoma pavo</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Symphodus ocellatus</i> (Forsskal, 1775)
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i> (Linnaeus, 1758)
Mugilidae	<i>Chelon labrosus</i> (Risso, 1827), <i>Liza aurata</i> (Risso, 1810), <i>Liza ramada</i> (Risso, 1810), <i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758)
Mullidae	<i>Mullus barbatus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Mullus surmuletus</i> (Linnaeus, 1758)
Ophichthidae	<i>Apterichtus caecus</i> (Linnaeus, 1758)
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i> (Linnaeus, 1758)
Sciaenidae	<i>Sciaena umbra</i> (Linnaeus, 1758)
Scophthalmidae	<i>Scophthalmus maximus</i> (Linnaeus, 1758)
Scorpaenidae	<i>Scorpaena notata</i> (Rafinesque, 1810)
	<i>Scorpaena porcus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Scorpaena scrofa</i> (Linnaeus, 1758)
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Serranus scriba</i> (Linnaeus, 1758)
Sparidae	<i>Dentex dentex</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Diplodus annularis</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Diplodus puntazzo</i> (Walbaum, 1792)
	<i>Diplodus sargus</i> (Linnaeus, 1758)

	<i>Diplodus vulgaris</i> (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)
	<i>Oblada melanura</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1827)
	<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)
	<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Pagrus pagrus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Sarpa salpa</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Sparus aurata</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Spicara maena</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Spondylisoma cantharus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Lithognathus mormyrus</i> (Linnaeus, 1758)
Sphyraenidae	<i>Sphyraena sphyraena</i> (Linnaeus, 1758)
Syngnathidae	<i>Hippocampus hippocampus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Nerophis maculatus</i> (Rafinesque, 1810)
	<i>Nerophis ophidion</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Syngnathus abaster</i> (Risso, 1827)
	<i>Syngnathus cf. tenuirostris</i> (Rathke, 1837)
	<i>Syngnathus sp.</i>
Trachinidae	<i>Trachinus draco</i> (Linnaeus, 1758)
Triglidae	<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)
Uranoscopidae	<i>Uranoscopus scaber</i> (Linnaeus, 1758)
Contribution MEDPLANET	
Carangidae	<i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)
Congridae	<i>Ariosoma balearicum</i> (Delaroche, 1809)
Scorpaenidae	<i>Scorpaena maderensis</i> (Valenciennes, 1833)
Serranidae	<i>Epinephelus aeneus</i> (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)
	<i>Epinephelus marginatus</i> (Lowe, 1834)
Soleidae	<i>Pegusa impar</i> (Bennett, 1831)
Contribution extérieur	
Syngnathidae	<i>Hippocampus guttulatus</i> (Cuvier, 1829)

La méthode APLIM nous permet ainsi de fournir avec précision le temps d'identification de 27 espèces capturées ([Figure 19](#)) qui correspondent seulement aux espèces qui ont le mieux tenu dans nos bassins d'élevage. Les données bibliographiques de travaux antérieurs sur l'identification des PL obtenue avec une autre méthode que l'APLIM, nous donnent très peu d'informations sur ces temps d'identification pour les autres espèces (Lecaillon *et al.*, 2012).

Les délais d'identification sont variables en fonction des espèces. En effet, certaines ont été identifiées instantanément (un jour) c'est le cas pour *Serranus scriba*, *Serranus hepatus* et *Chelidonichthys lucerna*. Pour d'autres, un suivi sur plusieurs jours a été requis, ce fut le cas pour *Nerophis maculatus*, *Salaria pavo* et *Parablennius incognitus*. Ces résultats mettent en évidence des inégalités dans les temps nécessaires pour identifier les espèces entre les familles mais également au sein d'une même famille. Certaines n'ont nécessité que quelques jours pour être identifiées (moins de cinq jours), c'est le cas pour *Diplodus puntazzo*, *Syngnathus abaster* et *Syngnathus acus*, car à leur arrivée les PL sont déjà pigmentées ou alors se pigmentent rapidement. Pour d'autres, la durée d'identification est comprise entre cinq et 30 jours, période

nécessaire à l'apparition de la pigmentation qui permet la confirmation de l'espèce. Enfin, pour cinq d'entre elles les temps d'élevage ont été supérieurs à 30 jours. C'est le cas par exemple de *Pagellus bogaraveo* car sa pigmentation est très proche de celle de *Pagellus acarne* ; il faut donc plus de temps pour être en mesure de faire la différence entre les deux.

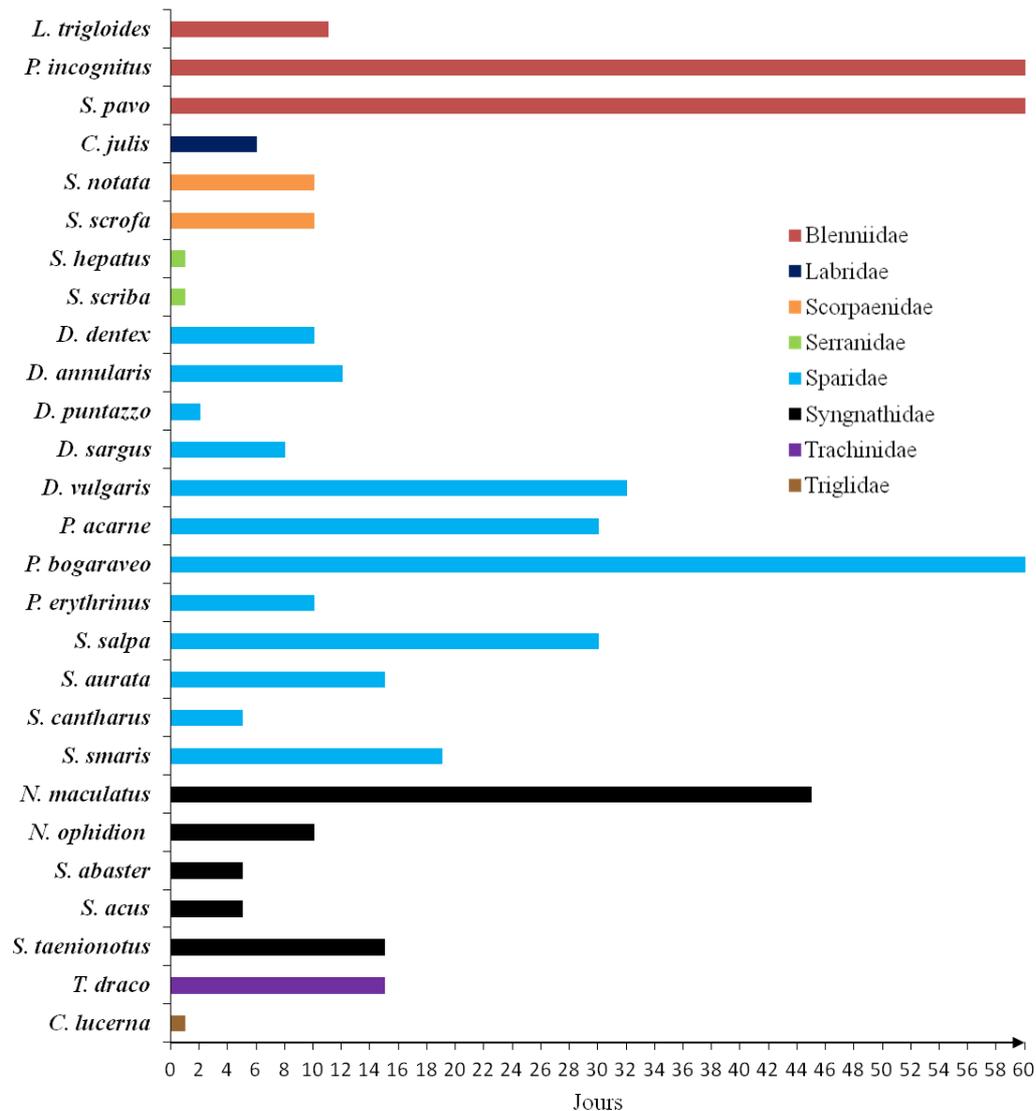


Figure 19 : Temps d'identification pour quelques espèces de PL identifiées avec la méthode APLIM.

Pour les Blenniidae il faut entre 11 jours (*Lipophrys trigloides*) et 30 jours (*Parablennius incognitus* et *Salaria pavo*) pour identifier une espèce. *Coris julis* est la seule espèce de la famille des Labridae suivie, six jours ont suffi pour l'identifier grâce à l'apparition rapide de la pigmentation. Les deux espèces de Scorpaenidae, *Scorpaena notata* et *Scorpaena scrofa* ont été suivies pendant 10 jours pour être identifiées. Pour les Serranidae *Serranus hepatus* et *Serranus*

scriba, un jour seulement a suffi pour identifier ces deux espèces. 12 espèces de Sparidae ont été suivies, avec au minimum deux jours (*Diplodus puntazzo*) et au maximum 60 jours (*Pagellus bogaraveo*) de temps d'identification, ce qui traduit une grande variabilité. *Spondyliosoma cantharus* (cinq jours) et *Diplodus sargus* (huit jours) ont développé assez rapidement leurs pigmentations, de même que *Pagellus erythrinus* (10 jours), *Dentex dentex* (10 jours) et *Diplodus annularis* (12 jours). Pour *Sparus aurata* (15 jours) et *Spicara smaris* (19 jours) il faut attendre un peu plus. En ce qui concerne *Sarpa salpa* et *Pagellus acarne*, tous deux capturés à la même période, il a fallu 30 jours pour que leurs schémas pigmentaires respectifs soient bien distincts. Enfin *Diplodus vulgaris* est identifiable formellement au bout de 32 jours. La famille des Syngnathidae regroupe les temps de suivis de cinq espèces, cinq jours pour *Syngnathus acus* et *Syngnathus abaster*, 10 jours pour *Nerophis ophidion* et 15 jours pour *Syngnathus taenionotus*, et un maximum de 45 jours pour *Nerophis maculatus*.

- Validation génétique de la méthode d'identification visuelle

Sur un total de 226 échantillons envoyés pour analyse génétique, seulement 176 ont été identifiés avec succès par la méthode ADN barcoding (84 %, Tableau IX). Au niveau de l'espèce nous arrivons à un taux de recouvrement et un taux d'identité supérieur à 98 %.

L'échec d'identification des 50 échantillons restants peut provenir de plusieurs paramètres :

- certains échantillons n'ont pas fourni un taux d'amplification suffisant des brins d'ADN pour permettre le séquençage (ci-après les échantillons identifiés morphologiquement comme : *Apogon imberbis* (4), *Argentina sphyraena* (1), *Atherina hepsetus* (1), *Chelidonichthys lucerna* (1), *Coris julis* (1), *Gymnammodytes cicereus* (4), *Mullus surmuletus* (1), *Pagellus acarne* (1), *Scorpaena porcus* (1), *Scorpaena scrofa* (1), *Spicara smaris* (4)). Ceci peut être expliqué par la conservation des échantillons dans l'éthanol (parfois plus de trois mois), qui pourraient dégrader l'ADN ;
- certaines identifications ont été rejetées, pour *Apogon imberbis* (6), car les résultats trouvés par les systèmes d'analyse de séquences (BLAST et BOLD) ne sont pas acceptables. En effet, les espèces identifiées par les logiciels ne sont pas trouvées en Méditerranée. De plus, tous les échantillons de la famille des Blenniidae ont été rejetés: *Lipophrys trigloides* (10), *Parablennius gattorugine* (3), *Parablennius pilicornis* (11), soit parce que les identifications ne sont pas déterminées jusqu'à l'espèce (seule la confirmation de la famille Blenniidae), soit les identifications d'espèces des logiciels ne sont pas méditerranéennes. Les échecs d'identification, en particulier pour les

Apogonidae et Blenniidae, peuvent être expliqués par le fait que les bases de données des barcodes BLAST et BOLDSYSTEMS sont incomplètes pour la région méditerranéenne pour ces deux familles et ensuite, la correspondance du séquençage pourrait ne pas être exacte.

Tableau IX : Résultats des identifications par ADN barcoding et comparaison avec les identifications morphologiques. Les cases en gris clair indiquent une famille identifiée par ADN différente de celle par identification visuelle ; les cases en gris foncé indiquent un changement d'espèce.

Identifications morphologiques		Identifications ADN barcoding		Nb
Famille	Espèce	Famille	Espèce	
Ammodytidae	<i>Gymnammodytes cicereus</i>	Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	1
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	1
Argentinidae	<i>Argentina shyraena</i>	Synodontidae	<i>Synodus saurus</i>	4
		Argentinidae	<i>Argentina shyraena</i>	1
Atherinidae	<i>Atherina hepsetus</i>	Atherinidae	<i>Atherina boyeri</i>	7
		Atherinidae	<i>Atherina hepsetus</i>	2
Carangidae	<i>Trachinotus ovatus</i>	Carangidae	<i>Trachinotus ovatus</i>	5
Clupeidae	<i>Sardinella aurita</i>	Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	2
		Scombridae	<i>Auxis rochei</i>	2
		Lotidae	<i>Gaidropsarus vulgaris</i>	1
		Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	1
Congridae	<i>Conger conger</i>	Congridae	<i>Ariosoma balearicum</i>	1
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	3
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	Mullidae	<i>Mullus barbatus</i>	29
Labridae	<i>Coris julis</i>	Labridae	<i>Coris julis</i>	3
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	10
Scorpaenidae	<i>Scorpaena porcus</i>	Scorpaenidae	<i>Scorpaena porcus</i>	2
		Sparidae	<i>Pagellus acarne</i>	1
	<i>Scorpaena scrofa</i>	Scorpaenidae	<i>Scorpaena notata</i>	5
Serranidae	<i>Epinephelus marginatus</i>	Serranidae	<i>Epinephelus marginatus</i>	14
	<i>Serranus cabrilla</i>	Serranidae	<i>Serranus scriba</i>	1
Sparidae	<i>Diplodus annularis</i>	Sparidae	<i>Diplodus annularis</i>	5
	<i>Diplodus puntazzo</i>	Sparidae	<i>Diplodus puntazzo</i>	2
	<i>Diplodus vulgaris</i>	Sparidae	<i>Diplodus puntazzo</i>	1
		Sparidae	<i>Sarpa salpa</i>	1
	<i>Lithognathus mormyrus</i>	Sparidae	<i>Pagellus erythrinus</i>	1
	<i>Oblada melanura</i>	Sparidae	<i>Oblada melanura</i>	15
	<i>Pagellus erythrinus</i>	Sparidae	<i>Pagellus erythrinus</i>	3
	<i>Pagellus acarne</i>	Sparidae	<i>Pagellus acarne</i>	3
		Sparidae	<i>Pagellus bogaraveo</i>	1
	<i>Sarpa salpa</i>	Sparidae	<i>Sarpa salpa</i>	20
	<i>Spicara smaris</i>	Sparidae	<i>Spicara smaris</i>	26
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	Sparidae	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	1	
Sphyraenidae	<i>Sphyraena sphyraena</i>	Sphyraenidae	<i>Sphyraena sphyraena</i>	1

A propos des 176 échantillons dont les identifications par analyse ADN ont réussi, 117 (67 %) correspondent à l'identification morphologique. En outre, sur les 59 échantillons dont le résultat diffère (33 %), il n'y en avait que neuf (5 %) dont la famille ne correspondait pas. Pour la famille la plus abondante (Sparidae), les identifications ont généralement été bien vérifiées. Sur 79 échantillons de Sparidae, seulement quatre échantillons (5 %) ont révélé un séquençage ADN différent. Deux individus ont le même genre mais l'espèce morphologiquement identifiée n'était pas la bonne, *Diplodus vulgaris* qui était en fait *Diplodus puntazzo* et *Pagellus acarne* qui se trouvait être *Pagellus bogaraveo*. Les deux autres se sont avérés être des genres différents *Diplodus vulgaris* identifié par ADN comme *Sarpa salpa*, et *Lithognathus mormyrus* identifié par ADN comme *Pagellus erythrinus*.

Pour les identifications non correspondantes, nous notons que tous les Mullidae morphologiquement identifiés comme *Mullus surmuletus*, ont tous été génétiquement identifiés comme étant *Mullus barbatus*. La majorité des différences d'identification morphologique (changement de familles) l'ont été pour les espèces pélagiques, très difficile à déterminer. Ainsi, des espèces qui n'ont pas été listées au cours de notre campagne d'échantillonnage, ont pu être déterminées telles que *Auxis rochei*, *Gaidropsarus vulgaris*, *Ariosoma balearicum*, *Sardina pilchardus* et *Synodus saurus*.

- Détermination à l'espèce des échantillons non identifiés

Sur les 178 échantillons analysés, 161 ont pu être identifiés avec un pourcentage significatif (supérieur à 80 % de couverture) jusqu'au rang d'espèce. Pour la plupart des échantillons, les familles identifiées au départ ont été validées (Blenniidae, Carangidae, Clupeidae, Mugilidae, Scorpaenidae et Sparidae). Certains des échantillons identifiés morphologiquement comme Carangidae, Clupeidae et Uranoscopidae se sont avérés être d'une autre famille, respectivement Pomatomidae, Engraulidae et Gobiidae (Tableau X).

En effet, pour trois individus identifiés comme « *Carangidae Sp* », les analyses ADN ont montré qu'il s'agissait en réalité de *Pomatomus saltatrix* ; pour 16 individus identifiés comme « *Clupeidae sp* », il s'agissait d'*Engraulis encrasicolus* ; et pour l'individu identifié comme « *Uranoscopidae sp* » il s'agissait de *Chromogobius zebratus*. Pour le groupe des non-identifiés, trois espèces différentes ont été révélées : *Atherina boyeri* (Atherinidae), *Sardina pilchardus* (Clupeidae) et *Thunnus thynnus* (Scombridae). Dans la famille des Carangidae, deux espèces communes ont été identifiées : *Trachurus trachurus* et *Trachurus mediterraneus* ; pour la famille des Clupeidae seule *Sardina pilchardus* a été identifiée ; pour la famille des Mugilidae

quatre espèces ont été identifiées : *Liza aurata*, *Liza ramada*, *Liza saliens* et *Mugil cephalus* ; enfin pour la famille des Sparidae, quatre espèces ont été identifiées : *Diplodus puntazzo*, *Pagellus acarne*, *Sarpa salpa* et *Spicara smaris*.

Tableau X : Résultats des identifications par ADN barcoding pour les individus non identifiés.

PL non identifiée	Famille identifiée par ADN barcoding	Espèce identifiée par ADN barcoding	% couverture	% identité	nombre de PL
Blenniidae sp.	Blenniidae	<i>Parablennius intermedius</i>	97	88,6	8
		<i>Parablennius pilicornis</i>	91	95	1
Carangidae sp.	Carangidae	<i>Trachinotus ovatus</i>	87	99	1
	Pomatomidae	<i>Pomatomus saltatrix</i>	96,3	98,3	3
Clupeidae sp.	Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	97,4	99,2	16
	Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	97,1	99,5	22
Mugilidae sp.	Mugilidae	<i>Liza aurata</i>	87,2	99,2	5
		<i>Liza ramada</i>	89,6	97,9	39
		<i>Liza saliens</i>	87	99,5	11
		<i>Mugil cephalus</i>	88,2	98,7	30
	Mullidae	<i>Mullus barbatus</i>	89	100	1
	Scombridae	<i>Thunnus thynnus</i>	97	99	1
<i>Scorpaena</i> sp.	Scorpaenidae	<i>Scorpaena notata</i>	100	100	1
Sparidae sp.	Sparidae	<i>Diplodus puntazzo</i>	80,6	99	5
		<i>Sarpa salpa</i>	98,8	99,2	9
		<i>Pagellus acarne</i>	97,1	97,6	10
		<i>Spicara smaris</i>	96	99	3
<i>Trachurus</i> sp.	Carangidae	<i>Trachurus mediterraneus</i>	97	99,7	3
		<i>Trachurus trachurus</i>	99	100	1
<i>Uranoscopidae</i> sp.	Gobiidae	<i>Chromogobius zebratus</i>	100	88	1

Le Tableau X présente la moyenne du pourcentage de couverture et du pourcentage d'identité par espèce identifiée. On remarque que pour chaque espèce, les valeurs sont au-dessus des 80 %, ce qui signifie qu'il y a un fort pourcentage de concordance entre les échantillons et la base de données, on peut donc conclure que les identifications sont confirmées.

Discussion

Les techniques usuelles d'identification des poissons adultes se sont avérées peu efficaces et non applicables aux jeunes stades que nous étudions (Louisy, 2005, 2015). En effet, au stade post-larvaire, les individus ne possèdent pas les caractéristiques morphométriques et pigmentaires des adultes (Lo Bianco *et al.*, 1931-1956 ; Lecaillon *et al.*, 2012).

En Méditerranée, peu de travaux ont été consacrés à l'identification post-larvaire (Lo Bianco *et al.*, 1931-1956 ; Lecaillon *et al.*, 2012 ; Félix-Hackradt *et al.*, 2013 ; Catalan *et al.*, 2014 ; Faillettaz, 2015 ; Lozano *et al.*, 2015). Lo Bianco *et al.* (1931-1956) ont décrit les étapes du développement (de la larve au juvénile) de certaines espèces de poissons méditerranéens. Ce travail a été réalisé sur des individus vivants et morts capturés en mer, ou près des côtes. La difficulté dans la détermination des PL de poissons provient de la grande variabilité dans le développement morphologique d'une espèce, car ils n'ont rien en commun avec les adultes qu'ils deviendront (Lo Bianco *et al.*, 1931-1956). En effet, au début du cycle de vie, les différentes étapes de l'évolution d'un individu peuvent être similaires d'une espèce à l'autre, voire au sein d'une même espèce (Lo Bianco *et al.*, 1931-1956). Ces descriptions sont incomplètes en particulier pour les espèces méditerranéennes. La faible quantité de travaux existants (Lo Bianco *et al.*, 1931-1956 ; Aboussouan, 1964 ; Lee, 1966) a poussé les scientifiques à initier des études récentes (Lecaillon *et al.*, 2012 ; Félix-Hackradt, 2012 ; Félix-Hackradt *et al.*, 2013 ; Catalan *et al.*, 2014), afin de décrire les étapes de développement et ainsi permettre d'identifier les espèces de PL de poissons côtiers du bassin Nord-ouest méditerranéen.

La mise en place de la PCC (Lecaillon and Lourié, 2007b) dans l'Océan Indien, a permis de valider une technique de pêche et d'élevage de jeune stade de poissons. Cette technique qui a été testée en Méditerranée (Lecaillon *et al.*, 2012), a été ensuite adaptée et améliorée, afin de créer un outil d'aide à l'identification des PL méditerranéennes. C'est en regroupant la capture des PL vivantes à l'aide de CARE, la mise en bassin d'élevage, le temps d'apparition de caractéristiques morphologiques, le suivi photographique et l'observation de leurs développements que nous avons créé une méthode d'identification innovante des jeunes stades de poissons : la méthode APLIM. Le guide d'identification de Lecaillon *et al.* (2012) énumère 42 espèces de poissons, mais certaines espèces n'ont pas été identifiées à partir de PL. Nous avons pu noter des erreurs et/ou défauts d'identification et nous apportons ici des clarifications à ces travaux, dans l'optique de l'enrichir et le compléter.

L'efficacité du procédé de la méthode d'identification APLIM résulte de la complémentarité de quatre phases : la capture, l'élevage, le suivi photographique et l'identification.

La phase de **capture** est déterminante pour la suite du procédé. En effet la méthode de pêche par CARE a été développée dans l'Océan Indien pour capturer des PL de poissons récifaux, où les pics de densités sont situés autour de la nouvelle lune (Lecaillon, 2004 ; Lecaillon and Lourie, 2007a, 2007b). Nous avons donc axé nos efforts sur cette première étape, afin de pouvoir collecter des PL en quantités suffisantes. Un total de 16 422 individus sur l'ensemble des six sites de pêches a été capturé, grâce à pas moins de 4 477 échantillons. La mise au point d'un protocole commun et les pêches réalisées en simultanée ont néanmoins donné lieu à des différences de résultats au niveau des CPUE. Il y a une variabilité des captures en fonction des années, des saisons et des sites, ce qui ne viendrait pas de la méthode de capture, mais plutôt de la variabilité et de l'instabilité de l'arrivée des PL sur les côtes.

Selon des études récentes réalisées en Méditerranée (Lecaillon *et al.*, 2012 ; Félix-Hackradt *et al.*, 2013 ; Catalan *et al.*, 2014), les arrivées des abondances majoritaires de PL sur les littoraux ont été observées les nuits où la lune était la moins visible (nouvelle lune). Cependant, au sein de notre étude, nous avons constaté que les captures pouvaient être importantes même en dehors de la nouvelle lune. Nous pouvons donc conclure ici que la nouvelle lune n'influence pas de manière systématique l'arrivée et l'abondance des PL sur les côtes méditerranéennes. C'est le cas au cours de la période printemps-été, où nous avons de fortes abondances sur de longues périodes, car une grande majorité des espèces de poissons méditerranéens se reproduisent entre avril et août (Tsikliras *et al.*, 2010).

En termes de diversité et richesse spécifique, on se rend compte que l'abondance n'est pas proportionnelle au nombre d'espèces capturées. Il résulte de nos travaux que le site de Leucate possède la richesse spécifique la plus élevée et Bonifacio la plus basse, alors que les quantités totales d'individus capturés sur ces sites sont à l'inverse. On observe aussi une variabilité temporelle de cette richesse, notamment les sites échantillonnés sur la période estivale, pour lesquels chaque année présente une composition en espèces différentes et donc pour chaque été un site différent : en 2012 Agde est le plus riche, en 2013 Port-Vendres et en 2014 Saint-Florent. Ces différences observées tout au long du suivi, mettent en évidence des schémas de recrutements différents en fonction des années. Les adultes, même s'ils ont des calendriers reconnus de reproduction (Tsikliras *et al.*, 2010), sembleraient s'adapter à leurs périodes de fraies en fonction des conditions du milieu, des ressources présentes mais également de la disponibilité des zones de nurseries qui se trouvent sur les littoraux.

Les systèmes de pêches de larves et PL ichtyques couramment utilisés, sont pour la plupart peu sélectifs et invasifs (Lecaillon and Lourié, 2007a), alors que le système du CARE permet de capturer des individus vivants sans engendrer de forte mortalité. Cette technique largement utilisée dans l'Océan Indien, a été testée récemment en Méditerranée. Lorsqu'on compare les CPUE obtenues avec d'autres études, les valeurs de capture sont bien inférieures aux captures réalisées sur les côtes espagnoles (Félix-Hackradt *et al.*, 2013 ; Catalan *et al.*, 2014) et beaucoup plus faibles que celles obtenues en milieu tropical (e.g. Carassou *et al.*, 2008). Cet écart est somme toute logique, étant donné que la saison de reproduction de la plupart des espèces est plus longue en milieu tropical qu'en milieu tempéré (Lo-Yat, 2002 ; Malpot *et al.*, 2008).

De manière globale, les résultats d'abondances et de diversités montrent des valeurs en-deçà de ce qui a pu être capturé en milieu tropical ou à l'ouest de la Méditerranée. Mis à part le pic de Picarels capturé en Corse en juin 2013, le reste des effectifs reste faible. Ceci traduit le constat alarmant qui a été fait par Coll *et al.* (2010) de diminution des stocks et de perte de biodiversité, due à la surexploitation et à la mauvaise gestion des ressources halieutiques en mer Méditerranée. C'est dans cette optique qu'a été initié le projet Life+ SUBLIMO, afin de mieux comprendre les mécanismes de pertes de biodiversité et ainsi pouvoir proposer des solutions de gestions restauratoires et durables de ces ressources.

Afin de pouvoir obtenir des prises plus efficaces, nous devons adapter le protocole de pêche et modifier les sites d'échantillonnage. En effet, concernant la localisation des points de prélèvements, nous nous sommes rendu compte que lorsqu'ils étaient positionnés sur fonds rocheux les captures étaient moins importantes que sur fonds sableux (observations personnelles), le fait de ne pas avoir de « zones refuges » sur sable semblerait inciter les individus à se réfugier dans les CARE. Concernant le protocole, des modifications techniques ont été apportées sur les pièges lumineux, afin d'optimiser leurs utilisations (eg: réduction de la distance entre la lumière et le filet), un nombre de nuits de pêches plus conséquent sur les périodes de fortes abondances serait à prévoir.

La phase **d'élevage** est une étape difficile et sensible, notamment pour les jeunes stades qui ont des besoins particuliers. Le maintien en vie des individus capturés vivants dans le milieu naturel était important au cours de notre étude, pour les suivis photographiques qui ont permis les identifications d'une part, et les relâchés en milieu naturel d'autre part. Il a donc fallu redoubler d'attention. Malgré les précautions prises, le suivi des protocoles d'élevages, la fragilité des PL n'en est pas diminuée. Des recommandations et des consignes d'élevages ont notamment été

détaillées dans l'atlas (Crec'hriou *et al.*, 2015), afin de donner un maximum d'informations sur les étapes critiques de l'élevage, les compatibilités entre les différentes espèces capturées. Nous avons pu obtenir des taux de survie suffisants et ainsi maintenir quelques individus en bassin pour réaliser les suivis et valider les identifications des espèces capturées. Des épisodes de mortalité ont tout de même été observés au cours des deux années d'élevages, essentiellement dus à la qualité de l'eau, à des maladies (exophtalmie) et des structures mal adaptées en fonction des besoins inhérents à chaque espèce. Les taux de survie de l'élevage des PL de poissons pourront être améliorés en tenant compte de nos résultats et recommandations préconisées au sein de ce chapitre. La capture d'un faible pourcentage d'individus au cours du stade PL aura un impact négligeable sur les stocks futurs (Bell *et al.*, 2009), compte tenu du taux de mortalité naturelle observée au cours de la phase d'installation (Doherty *et al.*, 2004).

L'**identification** visuelle des jeunes stades est limitée, car il existe peu d'ouvrages de références (Lo Bianco *et al.*, 1931-1956 ; Lecaillon *et al.*, 2012). Les **suivis photographiques** des individus vivants ont permis de confirmer les espèces en atteignant le stade juvénile et de fournir des temps d'identifications pour certaines d'entre elles. De plus, cette étape a pu mettre en évidence les caractères particuliers morphologiques pour chaque espèce permettant leur identification. En fonction du nombre d'espèces, les taux d'identification varient et nous avons constaté que plus la diversité est importante plus les taux diminuent (efficacité de la méthode visuelle). Ils sont d'autant plus faibles sur les individus récupérés morts que lorsqu'ils sont vivants, d'une part car ils n'ont plus la pigmentation nécessaire à l'identification et d'autre part car ils se dégradent rapidement, ce qui a été le cas notamment pour les échantillons des sites secondaires récupérés congelés après les périodes de pêches. Il n'en demeure pas moins que nous avons de bons taux d'identification sur les deux zones (pourcentages d'identification supérieurs à 70 %). Il résulte de cette méthode de suivis visuels de l'APLIM, la description et l'identification de 80 espèces de PL de poissons côtiers de Méditerranée, et le temps minimum nécessaires (en jour) pour valider 27 espèces. Le guide de Lecaillon *et al.* (2012) a permis d'identifier une part non négligeable d'individus capturés, puisqu'il nous a fourni initialement les fiches de 42 espèces. Les variabilités des temps d'identifications entre les espèces, mais également au sein d'une même famille (deux jours pour *Diplodus puntazzo* vs. 60 jours pour *Pagellus bogaraveo*), ou encore la capture d'une même espèce à des stades de développement plus ou moins avancés, mettent en exergue toute la difficulté et la subtilité d'une identification. Malgré un protocole et un suivi minutieux des individus vivants, la méthode visuelle possède ses limites. Nous avons pu le constater à plusieurs reprises, notamment lorsque même à l'âge

adulte les espèces ne sont pas différenciables visuellement. C'est le cas, par exemple, des espèces constituant la famille des Mugilidae. C'est alors qu'intervient la nécessité de pouvoir compléter et valider les identifications à l'aide de la génétique, du fait essentiellement de la limitation des caractères distinctifs aux premiers stades de vie. Sur l'ensemble des échantillons testés pour la vérification des identifications, un peu plus de la moitié (67 %) ont été validés par les analyses ADN. Les identifications qui ne correspondaient pas sont pour la majorité vérifiées jusqu'au genre, il y a donc eu erreur sur la reconnaissance de l'espèce (e.g. *Diplodus* et/ou *Pagellus*). Pour celles dont la famille est différente il en ressort principalement des espèces de poissons pélagiques, qui sont moins rencontrées au cours des prélèvements côtiers, et pour lesquels il serait intéressant d'appliquer et adapter la méthode APLIM afin de créer une base de données pour ces espèces non côtières. On notera également, que comme pour les Mugilidae, la famille des Mullidae présentent des individus physiquement difficiles à différencier. Tous les échantillons déterminés comme *Mullus surmuletus* se sont avérés être génétiquement *Mullus barbatus*, résultats confirmés par des tests réalisés sur des individus collectés en Sardaigne (Manuel Muntoni, Università di Cagliari, comm.pers.).

Des échantillons d'individus non identifiés par la méthode visuelle, ont subi des tests génétiques afin de déterminer les espèces. En effet, comme nous avons pu le dire plus haut, la méthode d'identification visuelle possède ses limites, dans le cas présent les PL n'ont pu être identifiées qu'au niveau de la famille. La plupart des familles identifiées au départ ont été validées par les analyses ADN (Blenniidae, Carangidae, Clupeidae, Mugilidae, Scorpaenidae et Sparidae). Pour certaines familles, les résultats obtenus montrent des identifications visuelles erronées, c'est le cas par exemple des *Clupeidae sp.* qui s'avèrent être des PL d'*Engraulis encrasicolus* (Engraulidae). Les similitudes morphologiques que l'on retrouve d'une famille à l'autre au stade PL, se confirment une fois de plus ici et il est donc nécessaire de pouvoir compléter les identifications visuelles grâce aux analyses génétiques.

Conclusion

Nos travaux ont permis de développer une nouvelle méthode d'identification permettant d'aller jusqu'aux espèces pour les jeunes stades de poissons, ce qui n'existait pas pour les espèces méditerranéennes. Cette méthode regroupe différents outils (collecte de PL vivante, élevage, suivis photographiques, définition de caractères).

La méthode APLIM a été testée sur 22 familles, 37 genres et 64 espèces suivies et a confirmé l'identification de 92 % des espèces de PL capturées vivantes, contre 30 familles et 77 espèces identifiées sur les individus morts avec 72,73 % des taux d'identification.

Cette méthode visuelle a malgré tout ses limites, pour certaines espèces l'identification est relativement aisée, pour d'autres des analyses génétiques s'avèrent nécessaires pour confirmer les espèces car même avec un suivi il est impossible de les différencier (e.g. Mugilidae).

Le projet Life+ SUBLIMO a permis la mise en place de la méthode APLIM (*Alive Post-Larval Identification Method*), la réalisation d'un premier inventaire non exhaustif des espèces capturées au stade post-larvaire, et l'adaptation la méthode de capture (PCC, *Post-larval Capture and Culture*) pour la recherche scientifique en Méditerranée. En effet, le CARE est un outil innovant qui permet la capture vivante des jeunes stades de poissons, avec un faible taux de mortalité.

La méthode APLIM apporte en plus aux travaux d'identification déjà réalisés, 80 espèces identifiées au stade post-larvaire, mais aussi la publication d'un atlas regroupant les fiches des espèces capturées dans le projet Life+ SUBLIMO et des contributions partenaires, avec pour chaque espèce :

- le détail des caractères méristiques permettant leur identification,
- l'information sur l'abondance, la taille moyenne et la température moyenne de capture,
- des recommandations sur les conditions de d'élevage en bassin aquacole.

Cet atlas d'identification des PL de Méditerranée Nord-occidentale, est destiné à la fois aux scientifiques, aux professionnels de la mer (Pêcheurs, aquaculteurs), mais également aux gestionnaires de l'environnement (AMP, Réserve Naturelle). Ce guide vise à être un outil pour une meilleure gestion des stocks de poissons futurs. Pour plus de détails se référer au chapitre IV.

Chapitre II - Diversité et variations spatio-temporelles des post-larves de poissons du bassin Nord-ouest de la Méditerranée

La plupart des poissons marins démersaux présentent un cycle de vie comportant une phase larvaire pélagique (ichthyoplancton) de dispersion (Kiørboe, 1997), ce qui suggère une biodiversité marine importante au stade larvaire. La fin de la phase larvaire pélagique est une étape importante, elle correspond au stade PL qui joue un rôle crucial dans la constitution des stocks futurs. En effet, c'est à ce moment précis que les individus sont à la recherche d'un habitat pour s'installer. Or, entre la phase larvaire et juvénile on observe près de 99 % de mortalité (Vigliola, 1998), et plus de 95 % de mortalité a lieu au cours de la semaine suivant l'installation (Doherty *et al.*, 2004). D'où l'intérêt pour les scientifiques de se focaliser sur les PL afin de pouvoir développer des technologies permettant d'intervenir sur ces stades pour soutenir le maintien des populations de poissons. A ce jour, la biodiversité post-larvaire des poissons méditerranéens est encore mal connue.

Très peu de travaux ont été consacrés aux PL et la plupart sont des approches descriptives de certaines espèces à certains stades de développement (Gasiūnaitė and Olenina, 1998), sur des individus morts pour la majorité. La faible quantité de connaissances sur ce compartiment et sa biodiversité a incité les scientifiques à initier des études récentes (Lecaillon *et al.*, 2012 ; Félix-Hackradt *et al.*, 2013 ; Catalan *et al.*, 2014 ; Faillettaz, 2015), afin de dresser un premier bilan (non exhaustif) de cette biodiversité post-larvaire.

Les résultats présentés ici permettent de dresser un premier bilan de la biodiversité post-larvaire en Méditerranée Nord-occidentale, d'établir un calendrier d'arrivée des PL sur les côtes (variabilité temporelle), ainsi que d'estimer la variabilité spatiale (différents sites d'étude) et de caractériser les différents habitats préférentiels pour le recrutement des PL. Un suivi concernant l'étude de la dynamique de ces populations, l'étude de la saisonnalité et des variations intersites, ainsi que les caractéristiques environnementales (e.g. température, salinité) a été effectué au cours de deux années consécutives (juillet 2012 à septembre 2014) sur différents sites de Méditerranée Nord-occidentale.

II.A. Effort de pêche

Au total, 4 649 CARE ont été déployés au cours des deux années de suivis, sur l'ensemble des 10 sites de pêches répartis le long des côtes continentales et corses du bassin Nord-ouest de la Méditerranée. Le détail du nombre de pêches par site et par année est présenté au sein du Tableau XI. Nous pouvons observer une disparité de l'effort de pêche en fonction du type de site étudié. En effet, sur les sites prioritaires (Leucate et Bastia) où les pêches sont effectuées toute l'année l'effort est nettement supérieur à celui observé pour les sites secondaires (Agde, Port-Cros, Port-Vendres, Bonifacio et Saint-Florent) et complémentaires (Calvi, Lucciana et Santa-Severa) où les pêches sont effectuées seulement sur une partie de l'année.

Tableau XI : Effort de pêche pour les deux années consécutives de suivis, pour chaque site de prélèvement. En gras : sites prioritaires (pêches toute l'année) ; + : sites secondaires (pêches en été) ; * : sites complémentaires (pêches en été) ; chiffres en gras : effort de pêches des sites prioritaires.

	2012 (juillet à décembre)	2013 (janvier à décembre)	2014 (janvier à octobre)	Totaux
Sites continentaux	609	972	710	2 291
Agde ⁺	80	99	80	259
Leucate	372	693	486	1 551
Port-Cros ⁺	80	80	64	224
Port-Vendres ⁺	77	100	80	257
Sites corses	539	997	822	2 358
Bastia	414	756	636	1 806
Bonifacio ⁺	65	40	60	165
Calvi*		42	23	65
Lucciana*		39	3	42
Saint-Florent ⁺	60	75	80	215
Santa-Severa*		45	20	65
Totaux	1 148	1 969	1 532	4 649

Pour chaque type de site (prioritaire, secondaire ou complémentaire) l'effort de pêche est à peu près équivalent que ce soit pour les côtes continentales ou corses, excepté pour le site secondaire de Bonifacio qui présente des résultats plus faibles (165) que ceux obtenus sur les autres sites secondaires (259 pour Agde, 224 pour Port-Cros, 257 pour Port-Vendres, 215 pour Saint-Florent). Cette disparité est essentiellement due aux conditions météorologiques particulières dans les bouches de Bonifacio, site qui présente une zone à fort courant toute l'année. De plus, il est à noter que même si les missions terrain ont été programmées pour effectuer l'effort de pêche en simultané sur tous les sites, la réalité du terrain est beaucoup moins évidente.

II.B. Biodiversité spécifique et assemblages d'espèces

Diversité spécifique - L'intérêt d'étudier la biodiversité post-larvaire réside dans le fait de dresser un état des lieux de cette biodiversité en Méditerranée Nord-occidentale et de définir les compositions en espèces, ce qui va nous permettre de caractériser les différents sites d'études. Le [Tableau XII](#) ci-dessous fait la synthèse de l'ensemble des espèces capturées (tous sites confondus) ainsi que leurs abondances correspondantes sur les deux années consécutives.

Tableau XII : Liste des espèces capturées sur l'ensemble des sites échantillonnés et abondances totales correspondantes. En gras : espèce composant la majorité de l'effectif des familles les plus abondantes.

Famille	Genre	Espèce	Abd	Famille	Genre	Espèce	Abd
Ammodytidae	<i>Gymnammodytes</i>	<i>cicrelus</i>	38				
		<i>sp.</i>	1	Scorpaenidae	<i>Scorpaena</i>	<i>sp.</i>	2
Anguillidae	<i>Anguilla</i>	<i>anguilla</i>	45			<i>notata</i>	23
Apogonidae	<i>Apogon</i>	<i>imberbis</i>	25			<i>porcus</i>	22
Argentinidae	<i>Argentina</i>	<i>sphyraena</i>	11			<i>scrofa</i>	8
Atherinidae	<i>Atherina</i>	<i>boyeri</i>	7			<i>sp.</i>	2
		<i>hepsetus</i>	393	Serranidae	<i>Epinephelus</i>	<i>marginatus</i>	24
		<i>sp.</i>	23		<i>Serranus</i>	<i>cabrilla</i>	9
Belonidae	<i>Belone</i>	<i>belone</i>	3			<i>hepatus</i>	2
Blenniidae	<i>Aidablennius</i>	<i>sphinx</i>	12			<i>scriba</i>	2
	<i>Blenniidae</i>	<i>sp.</i>	49			<i>sp.</i>	2
	<i>Lipophrys</i>	<i>pholis</i>	9	Soleidae	<i>Soleidae</i>	<i>sp.</i>	1
		<i>trigloides</i>	25	Sparidae	<i>Dentex</i>	<i>dentex</i>	1
	<i>Parablennius</i>	<i>gattorugine</i>	123		<i>Diplodus</i>	<i>annularis</i>	97
		<i>pilicornis</i>	876			<i>puntazzo</i>	18
		<i>rouxi</i>	6			<i>sargus</i>	4
		<i>sanguinolentus</i>	17			<i>sp.</i>	1
		<i>sp.</i>	42			<i>vulgaris</i>	12
		<i>zvonimiri</i>	8		<i>Lithognathus</i>	<i>mormyrus</i>	26
Bothidae	<i>Arnoglossus</i>	<i>laterna</i>	3		<i>Oblada</i>	<i>melanura</i>	345
		<i>sp.</i>	1		<i>Pagellus</i>	<i>acarne</i>	422
		<i>thori</i>	5			<i>bogaraveo</i>	374
	<i>Bothus</i>	<i>podas</i>	1			<i>erythrinus</i>	65
Carangidae	<i>Carangidae</i>	<i>sp.</i>	3			<i>sp.</i>	15
	<i>Seriola</i>	<i>dumerili</i>	5		<i>Pagrus</i>	<i>pagrus</i>	17
	<i>Trachinotus</i>	<i>ovatus</i>	14		<i>Sarpa</i>	<i>salpa</i>	524
	<i>Trachurus</i>	<i>mediterraneus</i>	33		<i>Sparidae</i>	<i>sp.</i>	42
		<i>sp.</i>	306		<i>Sparus</i>	<i>aurata</i>	15
		<i>trachurus</i>	16		<i>Spicara</i>	<i>smaris</i>	8229
		<i>sp.</i>	41			<i>sp.</i>	59
Clupeidae	<i>Clupeidae</i>	<i>sp.</i>	41		<i>Spondylisoma</i>	<i>cantharus</i>	87
	<i>Sardina</i>	<i>pilchardus</i>	233	Sphyracidae	<i>Sphyracna</i>	<i>sphyracna</i>	1
	<i>Sardinella</i>	<i>aurita</i>	15	Syngnathidae	<i>Hippocampus</i>	<i>guttulatus</i>	2
Congridae	<i>Conger</i>	<i>conger</i>	43			<i>hippocampus</i>	19
Engraulidae	<i>Engraulis</i>	<i>encrasicolus</i>	65		<i>Nerophis</i>	<i>maculatus</i>	4
Gadidae	<i>Gaidropsarus</i>	<i>mediterraneus</i>	93			<i>ophidion</i>	3
Gobiidae	<i>Gobiidae</i>	<i>sp.</i>	36			<i>sp.</i>	1
Labridae	<i>Coris</i>	<i>julis</i>	9		<i>Syngnathus</i>	<i>abaster</i>	1
	<i>Thalassoma</i>	<i>pavo</i>	2			<i>acus</i>	1
Mugilidae	<i>Mugilidae</i>	<i>sp.</i>	937			<i>phlegon</i>	1
Mullidae	<i>Mullus</i>	<i>barbatus</i>	23			<i>sp.</i>	16
		<i>sp.</i>	2			<i>taenionotus</i>	10
		<i>surmuletus</i>	2073			<i>typhle</i>	1
Myctophidae	<i>Myctophidae</i>	<i>sp.</i>	3	Torpedinidae	<i>Torpedo</i>	<i>marmorata</i>	1
Ophichthidae	<i>Apterichtus</i>	<i>caecus</i>	1	Trachinidae	<i>Trachinus</i>	<i>draco</i>	1
Ophidiidae	<i>Ophidion</i>	<i>barbatum</i>	1	Triglidae	<i>Chelidonichthys</i>	<i>lucerna</i>	2
Pomacentridae	<i>Chromis</i>	<i>chromis</i>	1651	Uranoscopidae	<i>Uranoscopus</i>	<i>scaber</i>	1

Scombridae	<i>Auxis</i>	<i>rochei</i>	5	NI	NI	NI	115
	<i>Scomber</i>	<i>scombrus</i>	1	34	59	95	17964

17 964 individus ont été capturés, représentant 32 familles et 57 genres. Au total, sur 95 espèces prélevées, 72 ont pu être formellement identifiées et 23 restent seulement identifiées jusqu'au genre (signalées dans le [Tableau XII](#) par « *sp.* »). La plupart des individus « *sp.* » viennent des échantillons congelés (trop abimés pour être identifiés) ou sont issus de mortalité survenue avant la fin du suivi photographique. Les individus classés Non Identifiés (NI) étaient également trop abimés pour pouvoir être déterminés.

Les familles les plus abondantes (captures massives, supérieures à 1 % de l'effectif total) sont les **Sparidae** (57,63 %), avec *Spicara smaris* qui compose la majorité de l'effectif ; les **Mullidae** (11,68 %), avec *Mullus surmuletus* comme espèce majoritaire ; les **Pomacentridae** (9,19 %) ; les **Blenniidae** (6,50 %) avec *Parablennius pilicornis* espèce majoritairement capturée ; les **Mugilidae** (5,22 %) ; les **Atherinidae** (2,35 %) avec *Atherina hepsetus* capturée en majorité ; **Carangidae** (2,10 %) dont le taxon *Trachurus sp.* est en majorité dans les échantillons ; et les **Clupeidae** (1,61 %), dont *Sardina pilchardus* est la plus abondante. Les Sparidae représentent à eux seuls plus de la moitié de l'effectif total collecté (57,63 %).

Les 24 familles restantes sont les moins présentes (captures ponctuelles, inférieures à 1 % de l'effectif total), elles constituent seulement 3,72 % de l'effectif global. Le pic d'abondance de picarels (*Spicara smaris*) représente la majorité de l'effectif des Sparidae (79,48 %). Au sein d'une même famille voire d'un même genre les abondances peuvent être très différentes suivant les espèces.

Assemblages d'espèces - Les analyses simpex montrent que 36 taxons sur les 95 prélevés sont contributifs des principaux assemblages des 10 sites échantillonnés (Tableau XIII). Port-Cros est le site avec la similitude moyenne entre groupes la plus haute (53,82 %) et Santa Severa la plus basse (20,33 %).

14 taxons sont représentatifs de l'assemblage du site de **Port-Cros**. Les plus contributifs sont *Mullus surmuletus* (19,57 %), *Chromis chromis* (16,81 %), *Trachurus sp.* (11,22 %), *Parablennius pilicornis* (8,63 %), *Engraulis encrasicolus* (7,42 %), *Atherina boyeri* (6,42 %) et *Atherina hepsetus* (5,88 % ; pourcentage de contributions supérieures à 5 %). Le pourcentage de contributions cumulées des 14 taxons pour cet assemblage est de 91,14 %. Le rouget-barbet de roche (*Mullus surmuletus*) et les chinchards (*Trachurus sp.*, regroupant *Trachurus trachurus* et *Trachurus mediterraneus*), sont des espèces commercialement intéressantes, dont la contribution est élevée au niveau du groupe avec respectivement 19,57 et 11,22 %.

Pour l'assemblage de **Bonifacio**, seulement cinq taxons sont caractéristiques pour ce groupe, dont les espèces les plus contributives sont *Mullus surmuletus* (23,49 %) et *Parablennius pilicornis* (21,47 %).

Le pourcentage de contributions cumulées des cinq taxons pour cet assemblage est de 92,01 %. *Mullus surmuletus* (14,27 %), *Atherina hepsetus* (14,19 %), *Chromis chromis* (12,59 %), *Parablennius pilicornis* (12,29 %), *Diplodus annularis* (8,22 %) et *Mugilidae sp.* (7,47 %) sont les taxons les plus représentatifs de l'assemblage (contributions supérieures à 5 %) pour le site de **Saint-Florent**.

Le pourcentage de contributions cumulées des 13 taxons pour cet assemblage est de 90,65 %. *Mullus surmuletus* (21,57 %) est une fois de plus l'espèce la plus contributive de l'assemblage pour le site **d'Agde**, suivis par *Parablennius pilicornis* (21,1 %), *Engraulis encrasicolus* (14,72 %), *Sardina pilchardus* (10,85 %) et *Hippocampus hippocampus* (10,31 % ; contributions supérieures à 5 %). On note la présence dans cet assemblage d'une espèce d'intérêt écologique et patrimonial : l'hippocampe à museau court (*Hippocampus hippocampus*). Le pourcentage de contributions cumulées des huit taxons pour cet assemblage est de 90,73 %.

L'assemblage de **Calvi** est dominé par *Chromis chromis* (20,22 %), *Parablennius pilicornis* (17,79 %) et *Mullus surmuletus* (14,96 %). Le pourcentage de contributions cumulées des six taxons pour cet assemblage est de 90,44 %.

La famille des **Mugilidae**, d'intérêt économique et écologique, est la plus contributive de l'assemblage d'espèces pour le site de **Leucate** (19,79 %). Cette famille regroupe quatre espèces qui sont communément présentes en Méditerranée : *Chelon labrosus*, *Liza aurata*, *Liza ramada* et *Mugil cephalus*. Les autres taxons ont des contributions faibles (inférieures à 10 %). Il s'agit notamment de *Sardina pilchardus* (9,83 %), *Pagellus acarne* (7,68 %), *Atherina sp.* (7,15 %), *Sarpa salpa* (6,35 %), et *Anguilla anguilla* (5,7 %). Le pourcentage de contributions cumulées des 16 taxons pour cet assemblage est de 90,21 %.

A **Bastia**, on retrouve les **Mugilidae** comme famille la plus contributive avec 18,98 %, suivis de *Pagellus acarne* (13,51 %), *Atherina hepsetus* (11,48 %), *Parablennius pilicornis* (10,66 %), *Sarpa salpa* (7,68 %) et *Trachurus sp.* (6,78 %) (contributions supérieures à 5 %). Le pourcentage de contributions cumulées des 12 taxons pour cet assemblage est de 91,29 %.

Port-Vendres est caractérisé par *Parablennius pilicornis* dont la contribution est de 40,14 %, ce qui en fait l'espèce la plus importante de cet assemblage, suivis par *Chromis chromis* (9,63 %), *Pagellus acarne* (8,78 %), *Engraulis encrasicolus* (8,1 %) et *Mullus surmuletus* (6,94 %) dont les contributions sont faibles (inférieures à 10 %). Le pourcentage de contributions cumulées des huit taxons pour cet assemblage est de 93,73 %.

A **Santa Severa**, deux espèces constituent l'assemblage: *Mullus surmuletus* (54,32 %) et *Chromis chromis* (45,68 %). A **Lucciana**, une seule espèce est contributive : *Mullus surmuletus*, donc pas d'assemblage d'espèces pour ce site.

Tableau XIII : Pourcentage de contribution des taxons dominants des 10 sites échantillonnés, déterminé en routine par l'analyse du pourcentage de similarité (simper) à 90 % de contributions. PC : Port-Cros, BO : Bonifacio, SF : Saint-Florent, AGD : Agde, CAL : Calvi, LEU : Leucate, BIA : Bastia, PV : Port-Vendres, LUC : Lucciana et SS : Santa-Severa.

Sites	PC	BO	SF	AGD	CAL	LEU	BIA	PV	LUC	SS
Similarité moyenne par site :	53,82	49,64	44,69	43,84	42,55	34,59	33,36	31,51	24,34	20,33
<i>Mullus surmuletus</i>	19,57	23,49	14,27	21,57	14,96	2,42	3,52	6,94	100	54,32
<i>Chromis chromis</i>	16,81	12,65	12,59		20,22		3,28	9,63		45,68
<i>Trachurus sp.</i>	11,22			4,86		5,43	6,78			
<i>Parablennius pilicornis</i>	8,63	21,47	12,29	21,1	17,79	5,02	10,66	40,14		
<i>Engraulis encrasicolus</i>	7,42			14,72				8,1		
<i>Atherina boyeri</i>	6,42									
<i>Atherina hepsetus</i>	5,88	18,85	14,19		12,58		11,48			
<i>Parablennius gattorugine</i>	2,59			3,63		2,97		6,81		
<i>Blenniidae sp.</i>	2,54					2,24		6,67		
<i>Spicara sp.</i>	2,21									
<i>Auxis rochei</i>	2,06									
<i>Mugilidae sp.</i>	1,93	15,55	7,47	3,69		19,79	18,98	6,67		
<i>Myctophidae sp.</i>	1,93									
<i>Scorpaena porcus</i>	1,93					2,85				
<i>Diplodus annularis</i>			8,22							
<i>Apogon imberbis</i>			3,53							
<i>Oblada melanura</i>			3,53		13,52					
<i>Parablennius sanguinolentus</i>			3,1							
<i>Trachinotus ovatus</i>			3,1							
<i>Lipophrys trigloides</i>			2,8							
<i>Parablennius sp.</i>			2,78							
<i>Serranus cabrilla</i>			2,78							
<i>Sardina pilchardus</i>				10,85		9,83				
<i>Hippocampus hippocampus</i>				10,31		1,74				
<i>Coris julis</i>					11,37					
<i>Pagellus acarne</i>						7,68	13,51	8,78		
<i>Atherina sp.</i>						7,15				
<i>Sarpa salpa</i>						6,35	7,68			
<i>Anguilla anguilla</i>						5,7				
<i>Gaidropsarus mediterraneus</i>						5,31	3,17			
<i>Pagellus bogaraveo</i>						2,78				
<i>Pagellus erythrinus</i>						2,2				
<i>Spicara smaris</i>							4,61			
<i>Sardinella aurita</i>							4,52			
<i>Gymnamodytes cicereus</i>							3,1			

De plus, nous pouvons observer que seule l'espèce *Mullus surmuletus* est commune à tous les assemblages, alors que d'autres espèces ne sont observées que dans les assemblages de certains sites : *Atherina boyeri*, *Spicara sp.*, *Auxis rochei* et *Myctophidae sp.* pour le site de Port-Cros ; *Diplodus annularis*, *Apogon imberbis*, *Parablennius sanguinolentus*, *Trachinotus ovatus*,

Lipophrys trigloides, *Parablennius sp.* et *Serranus cabrilla* pour le site de Saint-Florent ; *Coris julis* pour le site de Calvi ; *Atherina sp.*, *Anguilla anguilla*, *Pagellus bogaraveo* et *Pagellus erythrinus* pour le site de Leucate ; *Spicara smaris*, *Sardinella aurita* et *Gymnammodytes cicereus* pour le site de Bastia.

Suite à ces résultats, il est fort probable que les assemblages d'espèces soient dépendants des différents types d'habitats, que rencontrent les individus au cours de l'installation (cf. Lenfant *et al.*, 2015).

II.C. Calendriers d'arrivées

Variabilité temporelle.

Le [Tableau XIV](#) ci-dessous présente les abondances et le nombre d'espèces capturées au total par saisons sur les deux années consécutives (juillet 2012 à septembre 2014). Il va nous permettre de mettre en évidence la variabilité temporelle du recrutement des PL sur les différentes côtes échantillonnées (Continent/Corse) et de pouvoir définir leurs calendriers d'arrivées en fonction des espèces rencontrées.

Tableau XIV : Synthèse des abondances et nombre d'espèces capturées par zone géographique et par saison sur la période d'étude de juillet 2012 à septembre 2014.

Année	Saison	Abondances			Nombres d'espèces		
		Continent	Corse	Total	Continent	Corse	Total
2012	Eté	1 225	1 169	2 394	43	24	54
	Automne	540	60	600	21	11	27
	Hiver	263	269	532	8	9	13
	Printemps	472	205	677	16	12	21
2013	Eté	1 338	9 769	11 107	43	33	60
	Automne	185	68	253	19	11	23
	Hiver	183	299	482	10	10	16
2014	Printemps	101	355	456	11	10	19
	Eté	1 073	390	1 463	41	28	55

La comparaison des résultats obtenus au cours des différentes années est difficile, compte tenu du fait que cela ne concerne pas le même nombre de mois d'étude en fonction des années ([Tableau XIV](#)). La difficulté provient essentiellement des raisons invoquées plus haut, notamment par rapport à notre échantillonnage, nous ne pouvons comparer que les saisons d'une année sur l'autre.

Nos résultats montrent une variabilité **saisonnière** des abondances en fonction des années mais également au sein d'une même année. Ainsi, nous pouvons observer que sur les périodes estivales les abondances sont les plus fortes, avec toutefois une forte variabilité selon les années (2 394 PL en 2012, 11 107 PL en 2013 et 1 463 PL en 2014) essentiellement due aux résultats obtenus sur la Corse. En effet, les données du Continent restent plutôt stables d'une année sur l'autre sur cette période (1 225 PL en 2012, 1 338 PL en 2013 et 1 073 PL en 2014 ; $P = 0,001$), alors que sur la Corse elles sont beaucoup plus variables ($P = 0,36$), en particulier pour 2013 où l'abondance explose jusqu'à neuf fois (9 769 PL) et pour 2014 où elle diminue jusqu'à trois fois (390 PL). Pour 2013, cette variabilité pourrait s'expliquer par une plus grande quantité de PL capturées en Corse (9 769 PL) sur le site de Bonifacio. Pour 2014, les conditions climatiques ainsi que des soucis logistiques, n'ont pas permis la réalisation des pêches comme prévu.

Concernant les plus faibles abondances, elles sont observées durant l'hiver pour le Continent sur les deux années consécutives de 2012 et 2013 avec une forte variabilité d'une année sur l'autre (263 PL et 183 PL respectivement), et en automne pour la Corse avec des données à peu près équivalentes sur les deux années (60 PL et 68 PL respectivement). Les données de printemps sont intermédiaires et très variables d'une année sur l'autre (677 PL en 2013 et 456 PL en 2014) et d'une zone géographique à l'autre (472 PL pour le Continent contre 205 PL pour la Corse en 2013, 101 PL pour le Continent contre 355 PL pour la Corse en 2014).

De même, pour la diversité des espèces rencontrées, les résultats suivent le même schéma que celui des abondances. Ainsi, la biodiversité observée est plus forte en été sur les trois années (67, 76, 69 respectivement pour 2012, 2013 et 2014) et plus faible en hiver (17 en 2012 et 20 en 2013), avec des valeurs intermédiaires pour l'automne (32 en 2012 et 30 en 2013) et le printemps (28 en 2013 et 21 en 2014). Cependant, la diversité reste globalement plus importante sur les sites du Continent par rapport à la Corse, les données pouvant aller du simple au double sur certaines saisons (étés 2012 et 2014, et automne 2012).

Pour aller plus loin dans l'analyse, nous avons regardé plus précisément quelles sont les arrivées en termes d'espèces, et nos résultats montrent que les espèces capturées ne sont pas les mêmes en fonction des saisons. Le [Tableau XV](#) représente la présence/absence des 32 familles répertoriées dans le cadre de notre étude en fonction des **mois**. Ces résultats permettent d'établir un chronogramme de recrutement des espèces de poissons côtiers dominants sur les sites échantillonnés. Les cases grisées indiquent les périodes pour lesquelles les PL ont été pêchées et les cases plus foncées indiquent les mois les plus favorables (quantités maximales capturées).

De manière générale, la majorité des familles (26 familles) ont été capturées en période estivale avec un maximum d'arrivées durant les mois de juillet et août, suivie de la période automnale avec 23 familles répertoriées et un maximum d'arrivées durant les mois de septembre et octobre. Ce qui confirme les résultats présentés dans le [Tableau XIV](#)~~Tableau XIV~~. Inversement, c'est en hiver (14 familles) et au printemps (13 familles) que le minimum de PL capturées est observé. Les Clupeidae, Mugilidae et Sparidae sont les trois familles de PL à être capturées tout au long de l'année. Sur l'ensemble de la période de capture, les familles qui sont présentes plus de six mois sont les Anguillidae, Atherinidae, Blenniidae, Carangidae, Engraulidae, Gadidae, Scorpaenidae et Syngnathidae avec des quantités de captures maximum sur deux mois.

Tableau XV : Calendrier d'arrivées annuelles des PL regroupées par famille. Les cases grisées correspondent aux périodes de captures des PL et les cases noires aux périodes durant lesquelles les quantités maximales ont été capturées.

Famille	Printemps			Été			Automne			Hiver		
	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev
Ammodytidae												
Anguillidae												
Apogonidae												
Argentinidae												
Atherinidae												
Belonidae												
Blenniidae												
Bothidae												
Carangidae												
Clupeidae												
Congridae												
Engraulidae												
Gadidae												
Gobiidae												
Labridae												
Mugilidae												
Mullidae												
Myctophidae												
Ophichthidae												
Ophididae												
Pomacentridae												
Scombridae												
Scorpaenidae												
Serranidae												
Soleidae												
Sparidae												
Sphyraenidae												
Syngnathidae												
Torpedinidae												
Trachinidae												
Triglidae												
Uranoscopidae												

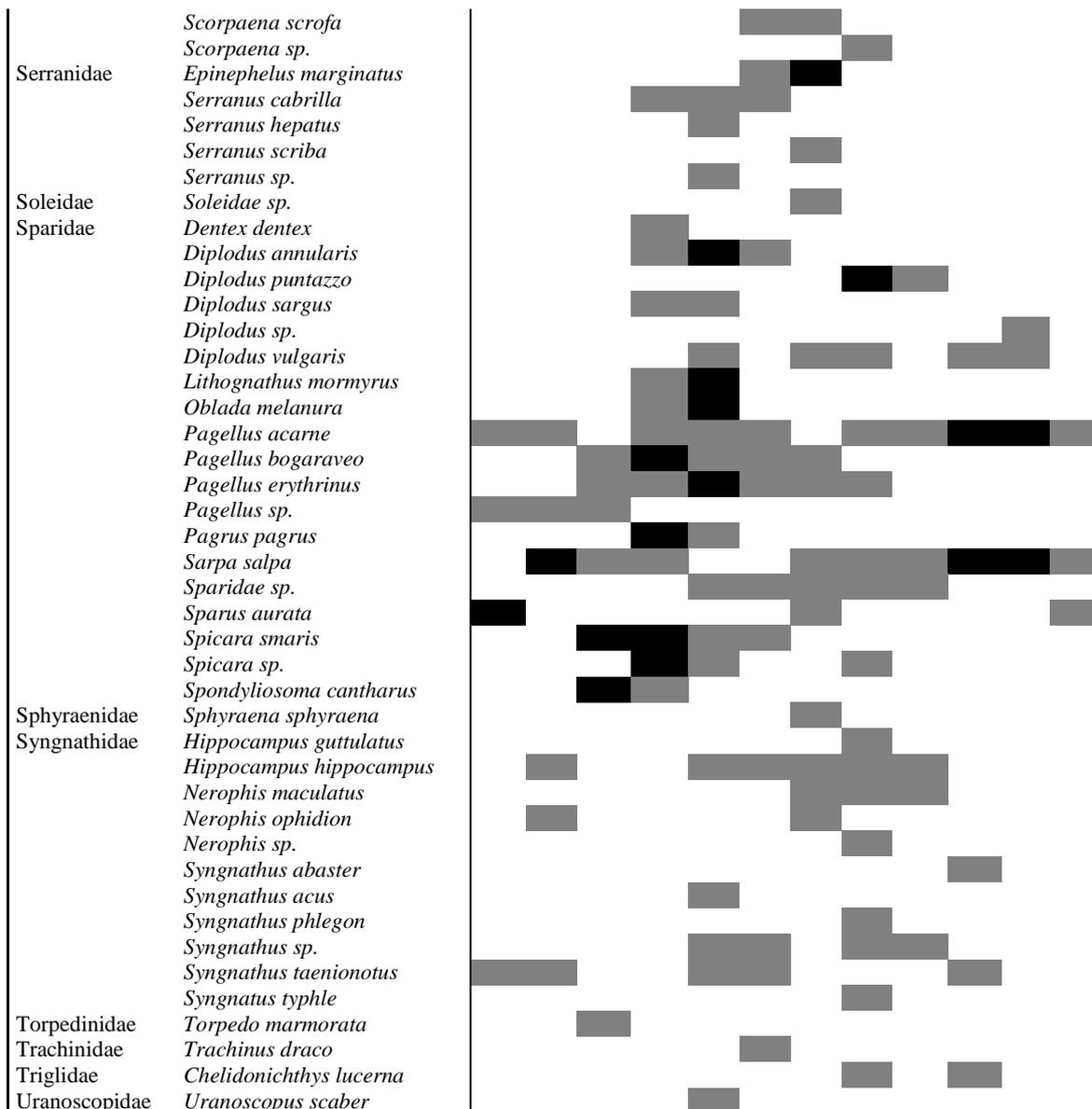
Les Apogonidae, Argentinidae, Belonidae, Bothidae, Congridae, Gobiidae, Labridae, Mullidae, Pomacentridae, Scombridae, Serranidae et Triglidae sont présents sur les côtes entre deux et cinq mois, en faible quantité. Nous pouvons observer que certaines familles ne sont présentes que sur une seule saison : Apogonidae (automne), Labridae (été), Myctophidae (été), Ophichthidae (été), Ophididae (automne), Soleidae (automne), Trachinidae (été) et Uranoscopidae (été). Certaines présentent plusieurs pics dans l'année (Sparidae) alors que d'autres non (Clupeidae, Serranidae), voire pas du tout (Argentinidae, Labridae). Pour certaines d'entre elles, la fenêtre temporelle de capture est très courte (un mois), c'est le cas pour les Myctophidae (août), Ophichthidae (juillet), Ophididae (octobre), Soleidae (septembre), Sphyraenidae (septembre), Torpedinidae (mai), Trachinidae (août) et Uranoscopidae (juillet).

Le [Tableau XVI](#) présente les périodes de capture des PL en fonction des saisons. En raison de l'importance de présence de Sparidae dans les échantillons, mais également de

l'intérêt économique que représente cette famille, nous détaillerons plus particulièrement les espèces qui la composent. Les Sparidae apparaissent en fonction de leur saison de reproduction.

Tableau XVI : Calendrier d'arrivées annuelles des PL par espèce. Les cases grisées représentent la présence des PL et les noires les quantités maximales capturées.

Famille	Nom	Printemps			Été			Automne			Hiver		
		Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb
Ammodytidae	<i>Gymnammodytes cicereus</i>												
	<i>Gymnammodytes sp.</i>												
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>												
Apogonidae	<i>Apogon imberbis</i>												
Argentinidae	<i>Argentina sphyraena</i>												
Atherinidae	<i>Atherina boyeri</i>												
	<i>Atherina hepsetus</i>												
	<i>Atherina sp.</i>												
Belonidae	<i>Belone belone</i>												
Blenniidae	<i>Aidablennius sphynx</i>												
	<i>Blenniidae sp.</i>												
	<i>Lipophrys pholis</i>												
	<i>Lipophrys trigloides</i>												
	<i>Parablennius gattorugine</i>												
	<i>Parablennius pilicornis</i>												
	<i>Parablennius rouxi</i>												
	<i>Parablennius sanguinolentus</i>												
	<i>Parablennius sp.</i>												
	<i>Parablennius zvonimiri</i>												
Bothidae	<i>Arnoglossus laterna</i>												
	<i>Arnoglossus sp.</i>												
	<i>Arnoglossus thori</i>												
	<i>Bothus podas</i>												
Carangidae	<i>Carangidae sp.</i>												
	<i>Seriola dumerili</i>												
	<i>Trachinotus ovatus</i>												
	<i>Trachurus mediterraneus</i>												
	<i>Trachurus sp.</i>												
	<i>Trachurus trachurus</i>												
Clupeidae	<i>Clupeidae sp.</i>												
	<i>Sardina pilchardus</i>												
	<i>Sardinella aurita</i>												
Congridae	<i>Conger conger</i>												
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>												
Gadidae	<i>Gaidropsarus mediterraneus</i>												
Gobiidae	<i>Gobiidae sp.</i>												
Labridae	<i>Coris julis</i>												
	<i>Thalassoma pavo</i>												
Mugilidae	<i>Mugilidae sp.</i>												
Mullidae	<i>Mullus barbatus</i>												
	<i>Mullus sp.</i>												
	<i>Mullus surmuletus</i>												
Myctophidae	<i>Myctophidae sp.</i>												
Famille	Nom	Printemps			Été			Automne			Hiver		
		Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb
Ophichthidae	<i>Apterichtus caecus</i>												
Ophididae	<i>Ophidion barbatum</i>												
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>												
Scombridae	<i>Auxis rochei</i>												
	<i>Scomber scombrus</i>												
	<i>Scombridae sp.</i>												
Scorpaenidae	<i>Scorpaena notata</i>												
	<i>Scorpaena porcus</i>												



Les espèces à reproduction hivernale arrivent en hiver (*Sarpa salpa* et *Pagellus acarne*), et inversement les espèces à reproduction estivale arrivent en été (*Diplodus sargus* et *Oblada melanura*).

Certaines espèces ont une période d'arrivée de PL continue dans le temps, parfois sur toute l'année comme *Sardina pilchardus* et *Mugilidae sp.*, parfois sur plusieurs saisons, c'est le cas par exemple pour : *Anguilla anguilla*, *Atherina hepsetus*, *Lipophrys trigloides*, *Parablennius gattorugine*, *Trachinotus ovatus*, *Trachurus mediterraneus*, *Trachurus trachurus*, *Sardina pilchardus*, *Gaidropsarus mediterraneus*, *Mugilidae sp.*, *Mullus barbatus*, *Mullus surmuletus*, *Chromis chromis*, *Scorpaena notata*, *Serranus cabrilla*, *Diplodus annularis*, *Pagellus bogaraveo*, *Pagellus erythrinus*, *Spicara smaris*, *Nerophis maculatus*. D'autres ont des périodes

d'arrivées discontinues comme *Gymnammodytes cicereus*, *Argentina sphyraena*, *Atherina boyeri*, *Parablennius pilicornis*, *Seriola dumerili*, *Sardinella aurita*, *Conger conger*, *Engraulis encrasicolus*, *Scorpaena porcus*, *Diplodus vulgaris*, *Pagellus acarne*, *Sarpa salpa*, *Sparus aurata*, *Hippocampus hippocampus*, *Syngnathus taenionotus*. Enfin, certains autres taxons présentent des périodes d'arrivées ponctuelles avec une fenêtre temporelle très courte (un mois voire moins) et correspondent pour la plupart à des captures uniques (*Bothus podas*, *Apterichthys caecus*, *Ophidion barbatum*, *Scomber scombrus*, *Serranus hepatus*, *Serranus scriba*, *Dentex dentex*, *Sphyraena sphyraena*, *Hippocampus guttulatus*, *Syngnathus abaster*, *Syngnathus acus*, *Syngnathus phlegon*, *Syngnathus typhle*, *Torpedo marmorata*, *Trachinus draco*, *Uranoscopus scaber*).

Les individus dont le genre est reconnu mais l'espèce indéterminée (noté *sp.*) ont été regroupés dans un même taxons (e.g. *Atherina sp.*, *Parablennius sp.*, *Trachurus sp.*, *Mullus sp.*, *Pagellus sp.*, *Syngnathus sp.*), ce qui donne des périodes d'arrivées souvent longues et discontinues dans le temps. Si on compare avec les espèces identifiées capturées au même moment, on remarquera que plusieurs espèces sont potentiellement regroupées dans ces taxons. Si on prend l'exemple des *Trachurus sp.*, il y a une concordance pour les deux espèces communément capturées en Méditerranée (*Trachurus trachurus* et *Trachurus mediterraneus*). Cependant, on note également qu'il y a probablement une troisième espèce, vu qu'il y a eu des captures d'individus en-deçà des périodes des deux espèces citées. Pour les Mugilidae, le regroupement des quatre espèces présentes en Méditerranée, fait que les périodes d'arrivées se sont additionnées et couvrent donc l'ensemble de l'année.

Variabilité spatiale

La multitude de sites échantillonnés et répartis dans des zones stratégiques et d'intérêts multiples (Natura 2000, Cantonement de pêche, Réserve Naturelle, Parc Marin), va nous permettre de faire des comparaisons inter-sites et ainsi de mettre en évidence les différences entre la zone continentale et la zone insulaire. Nous avons pu décrire précédemment des variations temporelles, mais des variabilités spatiales sont également mises en évidence avec l'analyse multidimensionnelle pour chaque saison. Les résultats du test Permanova ([Tableau XVII](#)) montrent des différences significatives entre les sites, les mois et lorsqu'on croise les deux facteurs (site x mois = sixmo).

Les différences significatives d'abondances entre les sites et les mois, sur l'ensemble de la période de pêche, mettent en avant une saisonnalité et une différence inter-sites. Les ségrégations spatiale et temporelle sont bien présentes sur l'ensemble de nos données ([Figure 20](#)), les sites continentaux (en bleu sur le graphique) se distinguent nettement des sites corses (en rouge), la saison estivale se démarque des autres saisons (printemps, automne et hiver à gauche du graphique).

Tableau XVII : Résultats de l'analyse Permanova sur les facteurs site (si), mois (mo) et réplica appliquée à l'abondance d'espèces de PL. df : degrés de liberté, SS : somme des carrés, MS : moyenne des carrés, pseudo-F : F valeurs par permutations et P (perm) : P-valeur par permutations ; sixmo : site x mois.

Année	Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P (perm)	Unique perms
2012	si	6	86352	14 392	17,126	0,001	998
	mo	5	1,04E+05	20 768	24,713	0,001	998
	sixmo**	20	1,19E+05	5 972	7,1064	0,001	998
	Res	193	1,62E+05	840,36			
	Total	224	4,92E+05				
2013	si	9	81001	9 000,1	9,0561	0,001	998
	mo	11	1,78E+05	16 221	16,322	0,001	998
	sixmo**	36	2,46E+05	6 827,5	6,8699	0,001	996
	Res	370	3,68E+05	993,82			
	Total	426	9,35E+05				
2014	si	9	72672	8 074,6	10,207	0,001	998
	mo	9	1,13E+05	12 583	15,905	0,001	997
	sixmo**	26	1,55E+05	5 973	7,5503	0,001	997
	Res	240	1,90E+05	791,09			
	Total	284	5,55E+05				

Il existe donc des différences entre les PL de Corse et du continent, tant au niveau de la biodiversité que de l'abondance des espèces capturées. En fonction des saisons et des années, on observe les mêmes tendances, malgré des évènements remarquables (e.g. pics de capture de Picarels en été 2013).

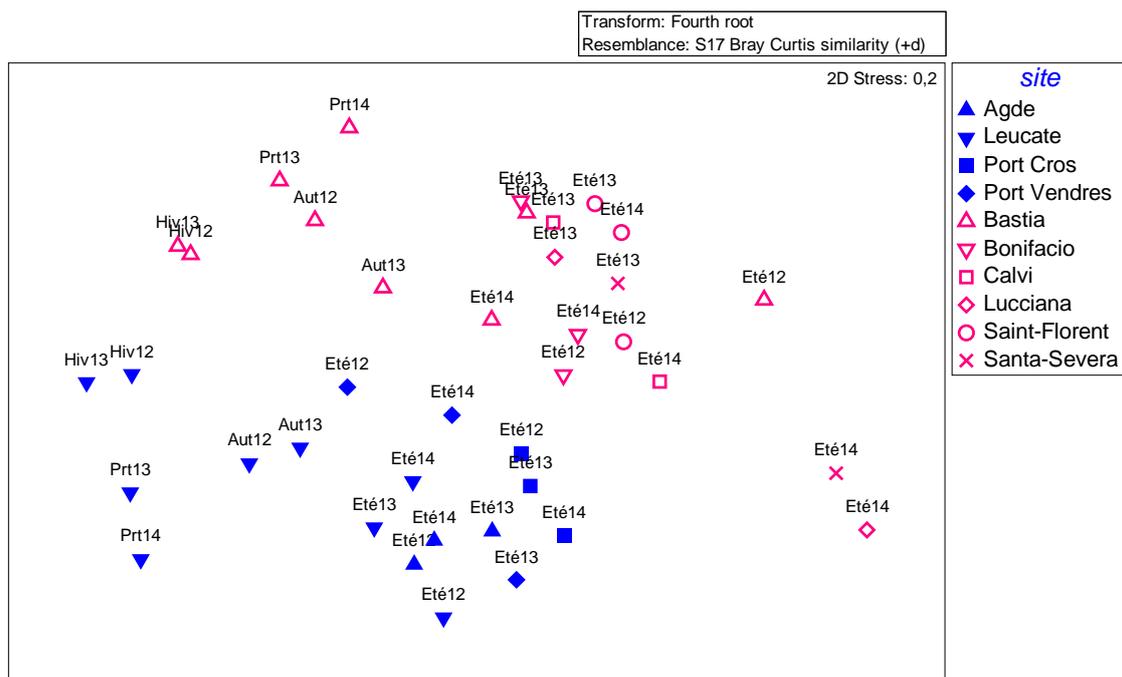


Figure 20 : Analyse multidimensionnelle (MDS) de l'abondance des espèces sur les différents sites en fonction des saisons (Prt : printemps, Eté : été, Aut : automne, Hiv : hiver).

En effet, si on se réfère au [Tableau XIV](#), en été 2012 le nombre de PL capturées en fonction des zones, est du même ordre de grandeur (Continent 1 225 PL, Corse 1 169 PL), mais le nombre ainsi que la diversité en espèces sont différents (Continent 43, Corse 24). Par exemple, dans les captures des sites continentaux on retrouve cinq espèces de Syngnathidae alors qu'en Corse une seule a été capturée. 642 *Mullus surmuletus* ont été capturés en zone continentale contre 44 en Corse, à l'inverse pour *Chromis chromis* respectivement 88 et 639 individus capturés. En été 2013, le nombre de captures a été très important en Corse (9 769 PL). La quantité totale d'individus capturés n'est pas en relation avec le nombre d'espèces, c'est le cas en Corse, où la majorité de l'effectif est constitué par une seule espèce (*Spicara smaris* en été 2013 à Bonifacio). Pour l'été 2014, ce sont les sites continentaux qui ont le mieux pêché (1 073 PL pour 41 espèces), alors qu'en Corse les quantités ont été très faibles (390 PL pour 28 espèces) comparativement aux deux années précédentes.

II.D. Caractérisation des habitats pour le recrutement

Les indices de diversité ([Tableau XVIII](#)), calculés pour les sites prioritaires, nous indiquent que Leucate a une meilleure répartition en espèces que Bastia pour toute la durée du suivi (Shannon). Si l'on regarde l'indice d'équitabilité de Piélou, la tendance s'inverse en 2012, Bastia à une meilleure équirépartition en espèce que Leucate. En 2013 et 2014 c'est à Leucate que la répartition en espèce est plus équitable. La richesse spécifique est plus importante à Leucate qu'à Bastia (Margalef). Leucate possède plus de biodiversité que Bastia (Simpson).

Tableau XVIII : Nombre d'espèces (S), abondance totale (N), indice de richesse spécifique (Margalef), indice de diversité spécifique (Shannon) et indice d'équitabilité (Piélou) pour l'ensemble des sites échantillonnés par année et par site.

Année	Site	S	N	Margalef (d)	Piélou (J')	Shannon (H')
2012	Bastia	22	355	3,576	0,604	1,866
	Leucate	31	1206	4,228	0,568	1,951
	Agde	17	100	3,474	0,666	1,888
	Bonifacio	9	238	1,462	0,639	1,404
	Port-Cros	17	329	2,76	0,496	1,405
	Port-Vendres	15	212	2,614	0,502	1,36
	Saint-Florent	16	824	2,234	0,379	1,052
2013	Bastia	30	1128	4,126	0,654	2,223
	Leucate	38	1250	5,189	0,744	2,705
	Agde	15	138	2,841	0,75	2,031
	Bonifacio	12	4925	1,294	0,041	0,102
	Port-Cros	26	780	3,754	0,508	1,656
	Port-Vendres	15	85	3,151	0,829	2,244
	Saint-Florent	20	2842	2,389	0,157	0,469
	Calvi	19	721	2,735	0,477	1,404
	Lucciana	8	23	2,233	0,952	1,979
Santa-Severa	14	712	1,979	0,264	0,696	
2014	Bastia	22	564	3,315	0,555	1,716
	Leucate	28	710	4,113	0,657	2,188
	Agde	20	232	3,488	0,558	1,672
	Bonifacio	7	45	1,576	0,627	1,22
	Port-Cros	23	294	3,871	0,634	1,988
	Port-Vendres	9	40	2,169	0,631	1,387
	Saint-Florent	18	132	3,482	0,806	2,329
	Calvi	11	63	2,414	0,802	1,923
	Lucciana	1	4	0	****	0
	Santa-Severa	2	6	0,558	0,918	0,637

Pour les sites secondaires : en 2012 c'est Agde qui se démarque (tous les indices) par rapport aux autres sites. En 2013 c'est Port-Vendres (tous les indices), mais on remarque la dominance d'une espèce (*Spicara smaris*) à Bonifacio et Saint-Florent (Piélou et Shannon). En 2014 c'est

Saint-Florent qui se démarque des autres sites (tous les indices), mais on note une richesse spécifique plus importante à Port-Cros (Margalef).

Pour les sites supplémentaires : en 2013 c'est à Calvi que la richesse spécifique est la plus marquée (Margalef), une bonne répartition d'espèces à Lucciana, avec la dominance d'une espèce à Calvi (*Oblada melanura*) et à Santa Severa (*Mullus surmuletus*) (Shannon et Piélou). La biodiversité est plus importante à Lucciana (Simpson). En 2014, Calvi est de nouveau le site où la richesse spécifique est la plus marquée, la biodiversité est importante, toutefois il y a une meilleure répartition en espèces à Santa-Severa. Pour Lucciana des soucis techniques nous ont contraints à arrêter les pêches sur le site, c'est pourquoi nous n'avons pas de données pour cette dernière année d'échantillonnage.

Compte tenu de nos résultats précédents sur la variabilité spatiale, en termes d'abondance et de diversité de PL étudiées, il était intéressant ici de voir l'influence de la diversité des habitats (directement liés aux zones de reproduction et de frayères de poissons) sur la présence/absence de nos espèces répertoriées au stade post-larvaire. Le [Tableau XIX](#) synthétise par site les familles et espèces capturées. Nous avons pu constater qu'il y avait des espèces communes pour l'ensemble des sites, c'est le cas par exemple de la blennie pilicorne (*Parablennius pilicornis*), des chinchards (*Trachurus sp.*), du rouget barbet de roche (*Mullus surmuletus*), ou encore des castagnoles (*Chromis chromis*). A l'inverse, certaines espèces n'ont été capturées que sur un site, c'est le cas par exemple de l'ophidie barbue (*Ophidion barbatum*) et du syngnathe épineux (*Syngnathus phlegon*) à Agde, du barracuda méditerranéen (*Sphyraena sphyraena*) et du syngnathe typhle (*Syngnathus typhles*) à Saint-Florent, ou bien de l'hippocampe moucheté (*Hippocampus guttulatus*) et de la girelle paon (*Thalassoma pavo*) à Port-Cros.

Tableau XIX : Synthèse des espèces capturées/présentes sur les sites d'échantillonnages (AGD : Agde, BIA : Bastia, BON : Bonifacio, CAL : Calvi, LEU : Leucate, LUC : Lucciana, PC : Port-Cros, PV : Port-Vendres, SF : Saint-Florent, SS : Santa Severa).

Famille	Nom	AGD	LEU	PC	PV	BIA	BON	CAL	LUC	SF	SS
Ammodytidae	<i>Gymnammodytes cicereus</i>		•	•		•					
	<i>Gymnammodytes sp.</i>				•						
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	•	•								
Apogonidae	<i>Apogon imberbis</i>	•	•	•		•		•		•	
Argentinidae	<i>Argentina sphyraena</i>					•		•			•
Atherinidae	<i>Atherina boyeri</i>			•							
	<i>Atherina hepsetus</i>	•		•		•	•	•		•	•
	<i>Atherina sp.</i>		•	•							
Belonidae	<i>Belone belone</i>	•	•								
Blenniidae	<i>Aidablennius sphynx</i>		•								
	<i>Blenniidae sp.</i>	•	•	•	•						
	<i>Lipophrys pholis</i>	•		•	•						
	<i>Lipophrys trigloides</i>					•	•	•		•	
	<i>Parablennius gattorugine</i>	•	•	•	•	•		•		•	
	<i>Parablennius pilicornis</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	<i>Parablennius rouxi</i>		•								
	<i>Parablennius sanguinolentus</i>			•		•				•	•
Bothidae	<i>Parablennius sp.</i>					•				•	
	<i>Parablennius zvonimiri</i>									•	
	<i>Arnoglossus laterna</i>	•			•						
	<i>Arnoglossus sp.</i>				•						
	<i>Arnoglossus thori</i>	•		•	•						
Carangidae	<i>Bothus podas</i>			•							
	<i>Carangidae sp.</i>									•	
	<i>Seriola dumerili</i>			•	•	•					
	<i>Trachinotus ovatus</i>					•				•	
	<i>Trachurus mediterraneus</i>	•	•	•	•						
	<i>Trachurus sp.</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Clupeidae	<i>Trachurus trachurus</i>	•	•	•							
	<i>Clupeidae sp.</i>					•		•			•
	<i>Sardina pilchardus</i>	•	•	•							
Congridae	<i>Sardinella aurita</i>		•			•					•
	<i>Conger conger</i>	•	•	•		•	•	•		•	
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	•	•	•	•			•			
Gadidae	<i>Gaidropsarus mediterraneus</i>	•	•		•	•					
Gobiidae	<i>Gobiidae sp.</i>	•				•	•			•	
Labridae	<i>Coris julis</i>							•		•	•
	<i>Thalassoma pavo</i>			•							
Mugilidae	<i>Mugilidae sp.</i>	•	•	•	•	•	•	•		•	•
Mullidae	<i>Mullus barbatus</i>		•	•		•				•	
	<i>Mullus sp.</i>	•	•								
	<i>Mullus surmuletus</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Myctophidae	<i>Myctophidae sp.</i>			•							
Ophichthidae	<i>Apterichtus caecus</i>									•	
Ophididae	<i>Ophidion barbatum</i>	•									
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Famille	Nom	AGD	LEU	PC	PV	BIA	BON	CAL	LUC	SF	SS
Scombridae	<i>Auxis rochei</i>			•							
	<i>Scomber scombrus</i>			•							
	<i>Scombridae sp.</i>	•				•					
Scorpaenidae	<i>Scorpaena notata</i>	•	•								
	<i>Scorpaena porcus</i>	•	•	•		•	•			•	
	<i>Scorpaena scrofa</i>		•							•	•
	<i>Scorpaena sp.</i>		•					•			
Serranidae	<i>Epinephelus marginatus</i>			•				•			
	<i>Serranus cabrilla</i>		•	•	•			•		•	
	<i>Serranus hepatus</i>		•								
	<i>Serranus scriba</i>		•								
	<i>Serranus sp.</i>		•								
Soleidae	<i>Soleidae sp.</i>	•									
Sparidae	<i>Dentex dentex</i>									•	
	<i>Diplodus annularis</i>		•			•		•		•	
	<i>Diplodus puntazzo</i>		•			•		•	•		
	<i>Diplodus sargus</i>		•			•	•				
	<i>Diplodus sp.</i>					•					
	<i>Diplodus vulgaris</i>					•	•				
	<i>Lithognathus mormyrus</i>	•		•	•	•					•
	<i>Oblada melanura</i>					•	•	•	•	•	•
	<i>Pagellus acarne</i>		•		•	•		•	•		
	<i>Pagellus bogaraveo</i>	•	•		•						
	<i>Pagellus erythrinus</i>	•	•	•		•	•	•		•	
	<i>Pagellus sp.</i>		•								
	<i>Pagrus pagrus</i>		•	•	•	•				•	
	<i>Sarpa salpa</i>	•	•		•	•					
	<i>Sparidae sp.</i>		•	•	•	•					
	<i>Sparus aurata</i>		•								
	<i>Spicara smaris</i>			•		•	•	•	•	•	
	<i>Spicara sp.</i>			•	•	•					
	<i>Spondyliosoma cantharus</i>		•				•	•			•
	Sphyraenidae	<i>Sphyraena sphyraena</i>									•
Syngnathidae	<i>Hippocampus guttulatus</i>			•							
	<i>Hippocampus hippocampus</i>	•	•								
	<i>Nerophis maculatus</i>		•								
	<i>Nerophis ophidion</i>		•								
	<i>Nerophis sp.</i>	•									
	<i>Syngnathus abaster</i>		•								
	<i>Syngnathus acus</i>		•								
	<i>Syngnathus phlegon</i>	•									
	<i>Syngnathus sp.</i>		•								
	<i>Syngnathus taenionotus</i>		•								
	<i>Syngnathus typhle</i>									•	
Torpedinidae	<i>Torpedo marmorata</i>		•								
Trachinidae	<i>Trachinus draco</i>		•								
Triglidae	<i>Chelidonichthys lucerna</i>				•	•					
Uranoscopidae	<i>Uranoscopus scaber</i>				•						

La ségrégation spatiale constatée sur la [Figure 20](#) entre les sites continentaux et corses, est mise en évidence dans le [Tableau XIX](#), avec la présence de certaines espèces, voire même de familles, uniquement dans une zone. Ainsi, les Anguillidae, Belonidae, Bothidae, Myctophidae, Ophididae, Soleidae, Torpedinidae, Trachinidae et Uranoscopidae ont été capturés sur les sites de la zone continentale. Pour les Argentinidae, Ophichthidae et Sphyraenidae les prises ont été réalisées uniquement en zone corse. Pour d'autres familles, certaines espèces qui les composent, ont été prélevées dans une zone et non dans l'autre, et inversement. C'est le cas par exemple chez les Blenniidae, *Lipophrys pholis* et *Parablennius rouxi* en zone continentale, *Lipophrys trigloides* et *Parablennius zvonimiri* en zone corse. Les familles comme celles des Carangidae, où la distinction entre les deux espèces présentes (*Trachurus trachurus* et *Trachurus mediterraneus*) est difficile au stade PL.

En effet, on pourrait penser qu'elles ont uniquement été pêchées en zone continentale, or on a pu se rendre compte grâce aux calendriers d'arrivées qu'il y avait bien ces deux espèces présentes dans les prélèvements en zone corse. Les Syngnathidae ont été capturés uniquement en zone continentale (Leucate et Agde) à l'exception d'une espèce (*Syngnathus typhle*) prise à Saint-Florent. Des espèces comme *Apogon imberbis*, *Atherina hepsetus*, *Parablennius gattorugine*, *Seriola dumerili*, *Sardinella aurita*, *Conger conger*, *Engraulis encrasicolus*, *Gaidropsarus mediterraneus*, *Mullus barbatus*, *Scorpaena porcus*, *Serranus cabrilla* et *Chelidonichthys lucerna* ont été capturées sur les deux zones. La famille des Sparidae est quant à elle largement représentée (tous les sites), mis à part *Pagellus bogaraveo* et *Sparus aurata* présents uniquement en zone continentale ; *Dentex dentex* et *Oblada melanura* présents uniquement en zone corse, les autres espèces sont retrouvées sur les deux zones. Fait marquant, des PL de Mérou brun (*Epinephelus marginatus*) ont été capturées sur un site dans chaque zone : à Port-Cros en zone continentale et à Calvi en zone corse.

Discussion

Dans ce travail nous avons tenté de dresser une première liste (non exhaustive) de la biodiversité de PL de poissons capturées dans le bassin Nord-ouest de la Méditerranée. Au travers des résultats obtenus, nous pouvons dire que plusieurs tendances se démarquent, notamment des différences spatiales et temporelles.

L'effort d'échantillonnage déployé, grâce auquel nous avons pu réaliser pas moins de 4 649 prélèvements répartis sur 10 sites le long des côtes continentales et corses, nous a permis de mettre en exergue des assemblages de biodiversités spécifiques et mais également des variabilités spatio-temporelles au travers de l'élaboration de calendriers d'arrivées, pour caractériser les habitats côtiers nécessaires aux recrutements des PL de poissons littoraux.

La quantité totale de PL capturées (17 964) a permis de récolter 95 taxons différents. Tous n'ont pu être identifiés, mais ceux qui ont pu l'être (72 sur 95) l'ont été grâce à la méthode APLIM décrite dans le chapitre I. La famille des Sparidae représente à elle seule plus de la moitié de l'effectif total de nos pêches, dont *Spicara smaris* est l'espèce la plus abondante. Néanmoins, la biodiversité spécifique rencontrée tout au long de l'étude nous a permis de dresser un premier bilan quant à la multitude d'espèces de PL qui viennent regagner les côtes méditerranéennes, dans le but de chercher un habitat préférentiel afin de pouvoir s'y installer durablement.

Les assemblages d'espèces diffèrent d'un site à l'autre, en fonction des types d'habitats présents aux points de prélèvements. Cependant nous avons pu noter la présence du rouget barbet de roche (*Mullus surmuletus*) de manière systématique. On le retrouve comme espèce contributive des assemblages de Port-Cros, Bonifacio, Saint-Florent, Agde, Santa-Severa et Lucciana. Il affectionne particulièrement les fonds sableux, de graviers et d'herbiers à Posidonie. Facile à confondre avec le rouget de vase (*Mullus barbatus*), qui est un poisson grégaire, vivant plus profond que son homologue. Les jeunes stades vivent en pleine eau et deviennent benthique au stade de jeunes adultes (Louisy, 2005). Leur biotope est retrouvé sur l'ensemble des sites (Pasqualini *et al.*, 1998 ; www.medtrix.com). Le rouget est une ressource très recherchée et exploitée par les pêcheurs, à fortes valeurs commerciale et patrimoniale. A Calvi ce sont les castagnoles (*Chromis chromis*) qui contribuent le plus dans l'assemblage d'espèces. Leur biotope est situé dans les 50 premiers mètres de profondeur, préférentiellement au-dessus de zones rocheuses ou d'herbiers à Posidonie, où ils vivent en banc (Louisy, 2005). Ces fonds se retrouvent en majorité dans la zone de pêche située dans la baie de Calvi (pointe de la Revellata ; Pasqualini *et al.* 1998). La famille des Mugilidae est celle qui contribue le plus aux fortes

abondances récoltées sur les sites de Bastia et Leucate. Elle regroupe quatre espèces *Chelon labrosus*, *Liza aurata*, *Liza ramada* et *Mugil cephalus*, qui vivent en banc à proximité de la surface en zone côtière, où les eaux ont tendance à être saumâtres (ports, estuaires, lagunes ; Louisy 2005, 2015). Les deux sites de pêche se trouvent à proximité de lagunes côtières, l'étang de Biguglia pour la zone de Bastia et celui de Leucate. Ces espèces affectionnent particulièrement ce genre d'écosystème, pour s'y reproduire mais également pour son rôle de nurserie (Cardona, 2000). L'espèce dominante à Port-Vendres est la blennie pilicorne (*Parablennius pilicornis*), elle vit sur les fonds rocheux, où elle trouvera des anfractuosités (Louisy, 2005 ; Faria *et al.*, 2006).

La biodiversité des assemblages d'espèces de PL récoltées reflète la relation qui existe entre le type d'habitat rencontré et les besoins nécessaires aux espèces pour se reproduire, se développer et s'installer.

Variabilité temporelle

La plupart des espèces/familles de PL rencontrées montrent une cohérence avec leur période de présence en Méditerranée (Tsikliras *et al.*, 2010). Le maximum d'abondance capturée a été observé au cours de deux saisons (été et hiver). Il est constitué en majorité par les Sparidae, mais les espèces capturées n'étaient pas les mêmes en fonction de la saison. En effet, en fonction de leur cycle biologique, les adultes ont des besoins différents au cours de la période de reproduction. Les espèces à affinité chaude arrivent en été (e.g. *Spicara smaris*, *Oblada melanura*), à l'inverse on retrouvera celle à affinité froide en hiver (e.g. *Pagellus acarne*, *Sarpa salpa*).

Le calendrier d'arrivée des espèces capturées nous a permis de voir que la majorité des familles/espèces ont leurs périodes d'arrivées centrées sur la saison estivale, avec des maxima d'abondances relevés en juin-juillet, toutes années confondues et correspondant aux périodes de reproduction des adultes d'une majorité d'espèces méditerranéennes (Tsikliras *et al.*, 2010). Les familles que l'on retrouve tout au long de l'année regroupent plusieurs espèces qui n'ont pu être identifiées, car même au stade adulte elles sont difficilement différenciables. C'est le cas par exemple de la famille des Mugilidae, pour laquelle il y a quatre espèces : *Chelon labrosus*, *Lisa aurata*, *Lisa ramada* et *Mugil Cephalus*. Les périodes de reproduction et d'installation sont différentes en fonction de chaque espèce, et le fait d'avoir regroupé tous les individus dans un même taxon (*Mugilidae sp.*) n'a pas permis de pouvoir les différencier. Pour la plupart des espèces rencontrées au cours de notre étude, la phase d'installation des PL se situe

entre un et deux mois en fonction de la durée de la phase larvaire (PLD, *Pelagic Larval Duration* ; Raventos and Macpherson, 2001).

Les différences d'abondances interannuelles peuvent être expliquées par différents facteurs environnementaux qui ont un impact direct ou indirect sur les cycles de vie des espèces, mais également par des variations naturelles au sein des populations de poissons adultes. Les variations de température, salinité, les changements de conditions climatiques (courant et vent) et la présence/absence de nourriture dans le milieu au moment où les PL en ont le plus besoin, sont autant de paramètres qui peuvent jouer sur la « qualité et quantité des PL récoltées » (cf. chapitre III).

Variabilité spatiale

Les résultats obtenus nous permettent de dresser un premier bilan de la variation spatiale des PL de poissons méditerranéens. En effet, les différences observées l'ont été tant au niveau des abondances qu'au niveau des compositions en espèces.

Ainsi, en 2012 et 2014 nous avons remarqué que l'abondance totale est plus importante en zone continentale qu'en zone insulaire et inversement en 2013. On observe donc une inversion de tendance entre les deux zones, ce qui suggère une variation spatiale d'occupation des niches écologiques en fonction de leur disponibilité. Les sites échantillonnés présentent des niveaux de protections différents, ce qui sous-entend un apport en biodiversité et en quantité d'individus variable. Or, nous avons pu constater que ce n'était pas toujours le cas, comme par exemple à Bonifacio où la biodiversité post-larvaire a été relativement faible en comparaison de ce que nous pouvions capturer. Ces résultats pourraient s'expliquer en partie par les caractéristiques particulières du site, qui est une zone de détroit exposée au vent et à un fort courant marin, ou encore à un transport des larves et PL par des phénomènes de dispersions en deçà des zones de reproductions (Gérigny & Koeck *et al.*, 2015).

Caractérisation des habitats

La variabilité des habitats essentiels au recrutement des jeunes individus de poissons réside dans la multitude de typologies de petits fonds côtiers disponibles, mais également dans les impacts anthropiques, les niveaux et types de protections. Le [Tableau XX](#) synthétise les différents types de pressions présents sur les zones de prélèvement, les niveaux de protection et la typologie des fonds, qui seraient susceptibles d'avoir une influence sur le recrutement des PL.

Tableau XX : Pressions, niveau de protection et type de fonds (d'après Pasqualini *et al.*, 1998 et www.medtrix.com) aux points de prélèvement et à la côte pour l'ensemble des sites échantillonnés.

Site	Pressions	Protections		Type de fonds au point de prélèvement
		Natura 2000	Autres	
Agde	Pollution et apport sédimentaire du fleuve Hérault, pression estivale soutenue	Posidonies du Cap d'Agde		Posidonies, sable, algues infralittorales
Bastia	Grande agglomération, trafic portuaire, canal de corse	Grand herbier de la côte orientale	Réserve Naturelle de l'étang de Biguglia	Posidonies, sable
Bonifacio	Détroit, trafic maritime, tourisme	Iles des Moines, îles Lavezzi, plateau du Pertusato, et îles Cerbicale	Parc Marin des Bouches de Bonifacio	Sable, Posidonies, roches
Calvi	Tourisme, navigation estivale	Capu Rossu, Scandola, Revellata, Calvi	Réserve de Scandola, cantonnement de pêche	Posidonies, roches
Leucate	Forte fréquentation touristique, activités de pêche	Prolongement en mer des caps et étang de Leucate	Parc Marin du Golf du Lion	Sable, roches, cymodocées
Lucciana	Zone marine de déchargement d'hydrocarbures	Grand herbier de la côte orientale		Posidonies
Port-Cros	Tourisme, fréquentation marine de plaisance	Rade d'Hyères	Parc National de Port-Cros	Posidonies, roches
Port-Vendres	Faible navigation	Posidonies de la côte des Albères	Réserve Naturelle Marine de Banyuls-Cerbères	Sable, roches, Posidonies
Saint-Florent	Tourisme, forte navigation estivale, ancienne mine d'amiante	Agriates et plateau du Cap Corse	Cantonement de pêche, Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate	Posidonies, roches, algues infralittorales
Santa Severa	Faible navigation	Plateau du Cap Corse	Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate	Posidonies

Les pressions anthropiques sont plus ou moins importantes en fonctions des zones et des saisons. La saison estivale voit la fréquentation maritime de loisirs augmenter de façon importante, ce qui peut engendrer des nuisances. Certains sites sont soumis à des pressions importantes, comme c'est le cas par exemple à Bastia où le trafic maritime est important (port de commerce, canal de Corse) ou à Agde, où les apports sédimentaires et polluants du fleuve sont importants. Plusieurs niveaux de protection sont présents sur chacun des sites échantillonnés. Chaque site de prélèvement est situé dans une zone Natura 2 000, trois d'entre eux ont en plus des réserves naturelles proches (Bastia, Calvi et Port-Vendres), trois autres des parcs marins (Bonifacio, Leucate et Port-Cros), et deux ont un cantonnement de pêche à

proximité (Calvi et Saint-Florent). L'ensemble des sites de prélèvements présente des types de fonds très variés, mais la majorité est composée d'herbiers de Posidonie et de roches sur les points de prélèvements, et de sable, roches et herbiers de Posidonie entre les points de prélèvements et la zone côtière.

Comme expliqué précédemment, nous avons obtenu des variations spatio-temporelles d'abondance et de diversité spécifiques. Malgré les niveaux de protections présents sur chaque site de pêche, on se rend bien compte que de nombreuses pressions anthropiques impactent les milieux et les zones de petits fonds côtiers. Les pollutions diverses (e.g. sonores, particules) dégradent les habitats réduisant ainsi leurs disponibilités. C'est pourquoi des mesures de restauration écologique ont été mises en place afin de diminuer les impacts négatifs sur les petits fonds côtiers (Lenfant *et al.*, 2015).

Conclusion

L'effort de pêche déployé de juillet 2012 à octobre 2014 sur l'ensemble des 10 sites de prélèvements sélectionnés dans le bassin Nord-occidental méditerranéen, a permis de récolter 4 649 échantillons.

La biodiversité des espèces de PL de poissons résultante nous indique 95 taxons différents pour une abondance totale de 17 964 individus. La méthode APLIM a permis l'identification de 72 espèces de manière formelle, les 23 taxons restants n'ayant été identifiés que jusqu'au genre.

Huit familles ont été capturées en abondances par rapport aux autres, il s'agit des Sparidae, Mullidae, Pomacentridae, Blenniidae, Mugilidae, Atherinidae, Carangidae et Clupeidae. On notera que la famille des Sparidae représente plus de la moitié de l'effectif global pêché (57,63 %), et qu'il est constitué à 79,48 % de *Spicara smaris*.

Les assemblages spécifiques ont déterminé les espèces les plus contributives de chaque site. Sur les 95 taxons prélevés, seulement 36 contribuent à la composition en espèces pour l'ensemble des 10 sites de pêche. Nous avons remarqué la présence ubiquiste du rouget barbet de roche (*Mullus surmuletus*) dans chacun des assemblages.

Des variations spatio-temporelles reflètent la différence entre le caractère continental et corse, mais également une saisonnalité marquée surtout en période estivale. L'élaboration des calendriers d'arrivées des PL sur les littoraux traduit ces variabilités, tant au niveau de la richesse spécifique que de l'abondance des individus capturés.

La définition des habitats d'installation préférentielle en zone côtière demeure un exercice difficile, tant le choix offert aux jeunes recrues a tendance à se détériorer à cause des aménagements côtiers en constante augmentation.

Chapitre III - Relations proies/prédateurs entre les communautés planctoniques et la biodiversité des post-larves de poissons dans le bassin Nord-ouest de la Méditerranée.

Plusieurs paramètres peuvent influencer sur l'état et la distribution des PL au cours de leur période critique de migration pour l'installation au niveau de l'habitat côtier : les facteurs abiotiques tels que la température, la qualité de l'eau ou la courantologie (Cowen, 2002 ; Wilson and Meekan, 2002 ; Paris *et al.*, 2007 ; Pineda *et al.*, 2010), mais aussi des facteurs biotiques tels que la présence de prédateurs ou la disponibilité alimentaire (Miller *et al.*, 1988 ; Doherty *et al.*, 2004).

L'évaluation de ces paramètres et donc la détermination des relations à différents niveaux de la chaîne alimentaire, entre les PL de poissons côtiers et la nourriture disponible dans le milieu, nous permettra d'améliorer les connaissances sur le fonctionnement du recrutement tout en traitant l'influence des facteurs environnementaux sur la biodiversité des PL et les relations trophiques. Ceci est envisagé afin de mieux comprendre les causes de la diminution de la biodiversité marine en Méditerranée, considérée comme une des plus inquiétantes à ce jour (Coll *et al.*, 2010).

III.A. Les communautés planctoniques

Nous décrivons ici les variations spatiales et temporelles des communautés phyto- et zooplanctoniques, échantillonnées sur le site d'étude de Bastia, au cours de deux années consécutives de suivis (de juillet 2012 à septembre 2014). Au total, nous avons prélevé et traité 36 échantillons de phyto- et zooplancton.

Caractérisation des espèces majoritaires

Quatre groupes majoritaires ont été identifiés pour le microphytoplancton : Diatomophyceae, Dinophyceae, Prymnesiophyceae, Cyanophyceae et autres non identifiés (Figure 21).

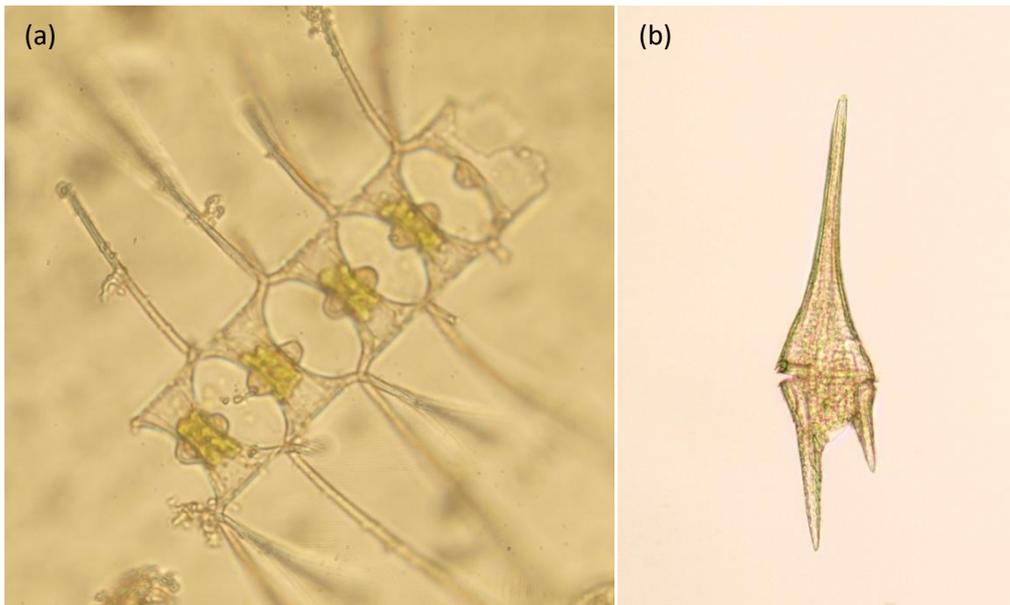


Figure 21 : Exemple de microphytoplancton, (a) : *Chaetoceros didymus* (Diatomophyceae) et (b) : *Ceratium furca* (Dinophyceae ; crédit photographique Garrido, M., Université de Corse).

Pour le zooplancton, plus de 18 groupes ont été répertoriés : appendiculaires, chaetognathes, cladocères, copépodes, larves de crustacés, nauplii de crustacés, œufs de crustacés, échinodermes, œufs de poissons, larves de poissons, échinodermes, méduses, siphonophores, salpes, ostracodes, ptéropodes, radiolaires et annélides (Figure 22).



Figure 22 : Exemple de zooplancton, (a) : copépode et (b) cladocère (crédit photographique Rossi, A., Université de Corse).

Les analyses des échantillons de microphytoplancton nous indiquent qu'ils sont composés en majorité de Diatomophyceae (67,60 %), puis de Dinophyceae (21,15 %), et enfin, dans une moindre mesure de Prymnesiophyceae (2,11 %) et de Cyanophyceae (0,43 % ; Figure 23).

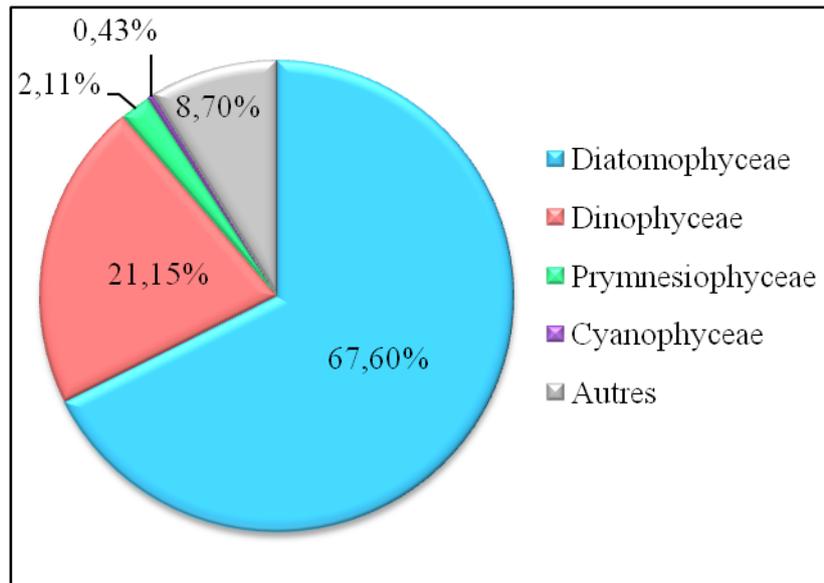


Figure 23 : Composition globale des échantillons de phytoplancton du site de Bastia.

L'analyse des données phytoplanctoniques montre un « bloom » de microphytoplancton en février 2013 (Figure 24), avec une valeur maximale de 153.10^3 cellules.ml⁻¹, ceci est en adéquation avec les mesures de Chlorophylle *a* données par la sonde multi-paramètres ($0,9 \mu\text{g.l}^{-1}$). Cependant en 2014, le « bloom » est nettement moins prononcé à la même période, en atteignant une valeur maximale de 43.10^3 cellules.ml⁻¹ seulement. La Chlorophylle *a* n'est guère plus élevée avec une valeur de $0,27 \mu\text{g.l}^{-1}$. Pour comparer ces résultats avec d'autres mesures, le site expérimental Prévimer (<http://www.previmer.org/>) a été consulté. Ce site met à disposition des photographies satellites prises de manière journalière permettant de voir l'évolution de la Chlorophylle *a* en Méditerranée sur des localisations choisies. Les valeurs référencées sur le point de prélèvement du phytoplancton ont été relevées sur la période de l'étude. Ces données sont évidemment moins précises que des mesures à niveau local mais on peut tout de même remarquer une augmentation importante de la Chlorophylle *a* le 12 et le 13 février 2014, atteignant des valeurs comprises entre $0,7$ et $0,8 \mu\text{g.l}^{-1}$ (Figure 24). Au niveau de la composition des prélèvements de phytoplancton, on remarque que la classe des Diatomophyceae est largement dominante. Elle constitue plus de 50 % en moyenne de l'abondance totale des échantillons et elle augmente fortement de décembre à mars où elle représente 90 % de l'abondance totale (Figure 25). Elle est suivie par la classe des Dinophyceae (en moyenne 30 % de l'abondance totale), puis dans une moindre mesure des Pymnesiophyceae et des Cyanophyceae (Figure 25).

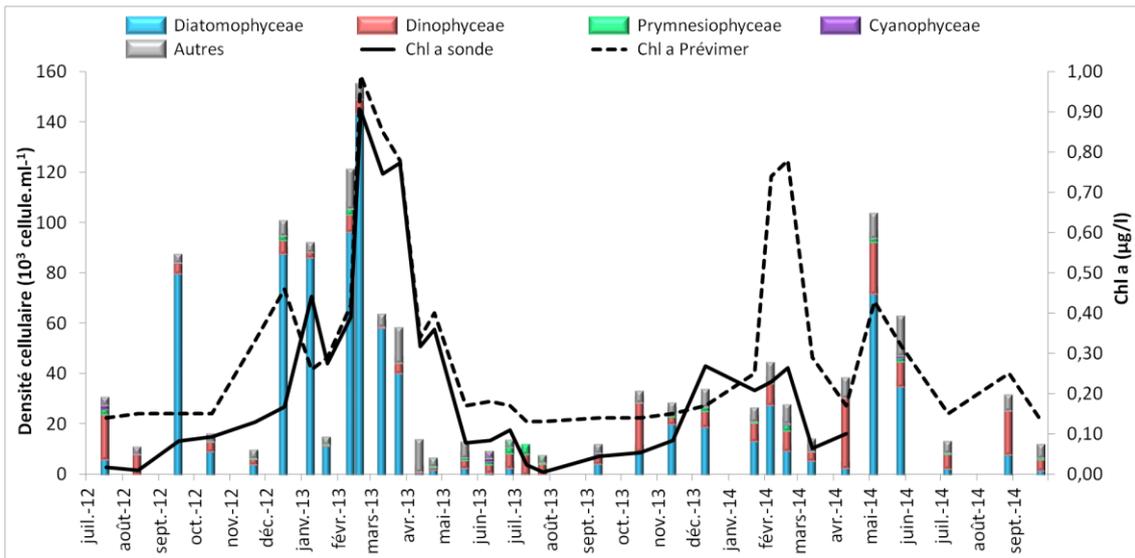


Figure 24 : Composition des échantillons de phytoplancton et variation de la quantité de Chlorophylle a sur le site de Bastia (mesurée avec une sonde CTD : Chl a sonde, valeurs récupérées sur le site Prévimer : Chl a Prévimer).

Le pic d'abondance maximale de février est principalement représenté par les Diatomophyceae (Figure 24). Le groupe des indéterminés représente des cellules de nano- et picoplanctons qui ne sont pas identifiables par microscopie photonique.

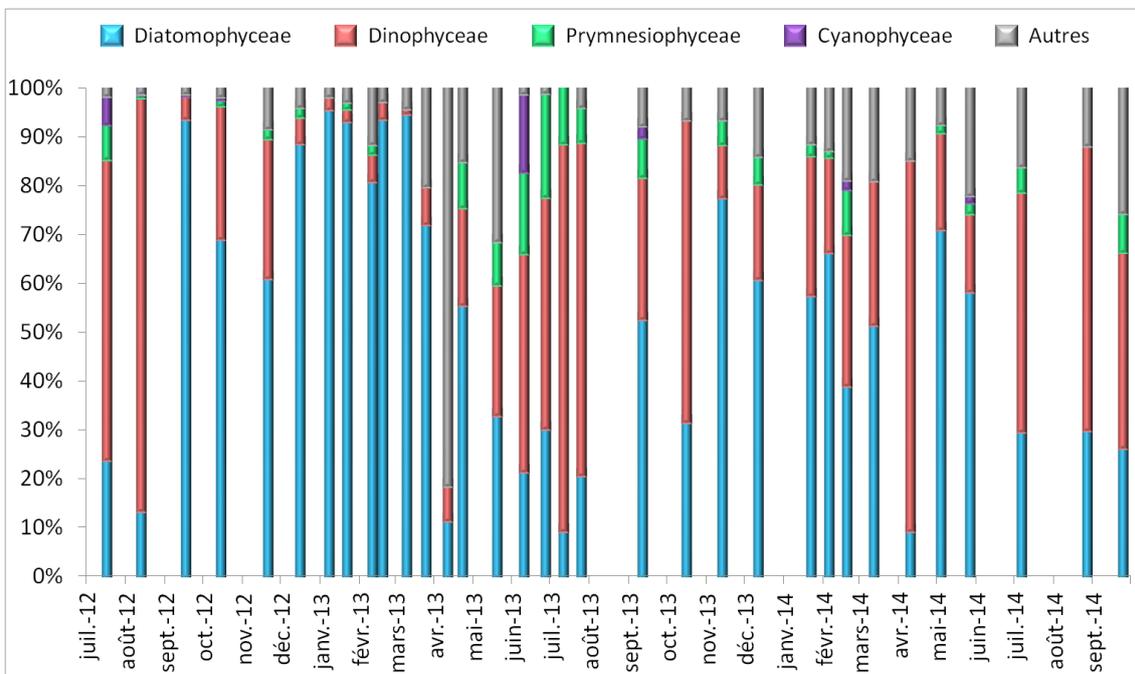


Figure 25 : Evolution temporelle des abondances relatives de la composition des échantillons de phytoplancton pour le site de Bastia.

Concernant le zooplancton, les analyses réalisées en routine avec la méthode Zooscan nous indiquent que les copépodes (95,13 %) et les cladocères (2,25 %) sont les deux groupes les plus abondants des prélèvements zooplanctoniques. Le reste des groupes identifiés représente 2,63 % de la composition totale des échantillons (Figure 26).

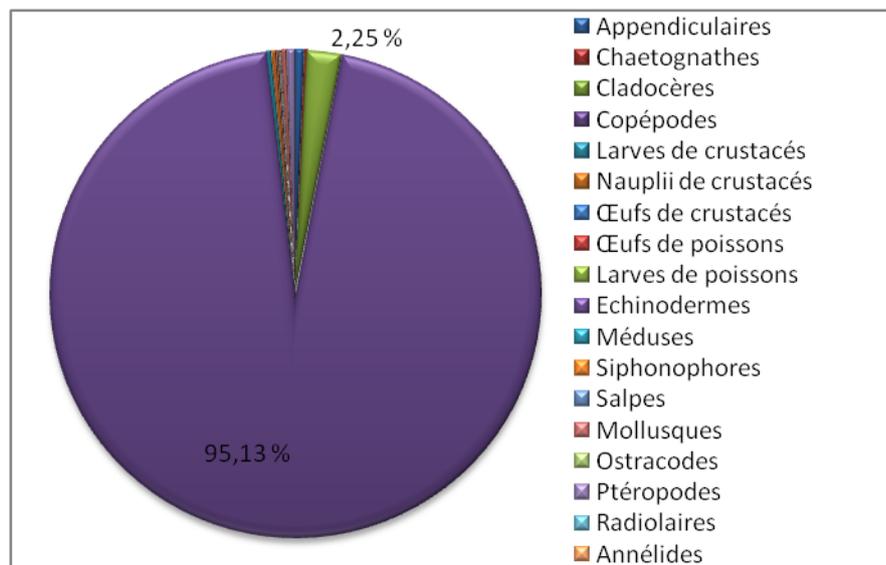


Figure 26 : Composition globale des échantillons de zooplancton du site de Bastia.

Les copépodes sont présents tout au long de l'année et composent la majorité des pics d'abondances printaniers (plus de 90 % de la concentration de l'échantillon total) qui ont été observés au cours des deux années, en avril 2013 ($0,605 \text{ ml.m}^{-3}$) et en mars 2014 ($0,713 \text{ ml.m}^{-3}$; Figure 27). Les cladocères sont majoritaires, surtout en période estivale, mais l'abondance totale est beaucoup plus faible comparativement aux copépodes sur le reste de l'année (Figure 27).

Au cours de l'automne et de l'hiver, les abondances en zooplancton sont faibles (biovolume inférieur à $0,3 \text{ ml.m}^{-3}$), ainsi que la composition des échantillons, alors qu'au printemps et en été, on observe de fortes abondances ainsi qu'une plus grande variabilité d'espèces (Figure 27). Les blooms printaniers sont les maxima observés au cours de l'année, mais on observe également des pics (de moindre intensité) en automne-hiver (octobre 2012, octobre et novembre 2013).

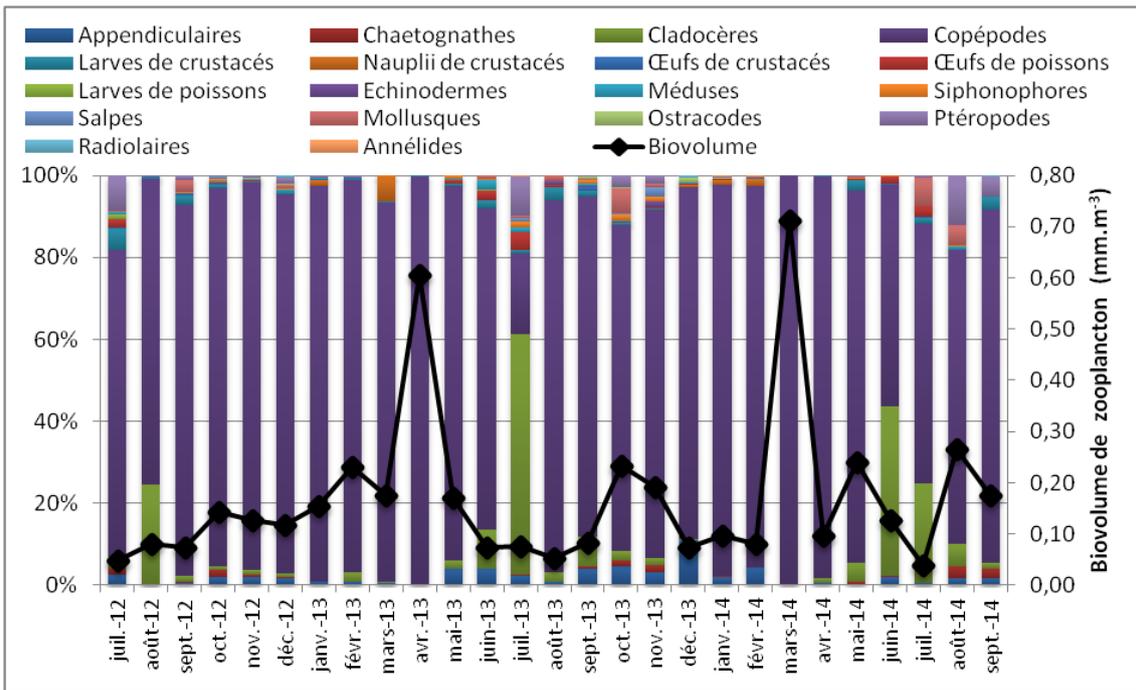


Figure 27 : Composition en pourcentage relatif des échantillons de zooplancton et évolution du biovolume pour le site de Bastia.

La comparaison des échantillons de zooplancton montre une forte ségrégation temporelle pour les blooms printaniers d'avril 2013 et mars 2014 (Figure 28), tant au niveau de la composition en espèce que de l'abondance. On note également une sous-ségrégation pour les mois d'hiver (décembre, janvier, février ; Figure 28).

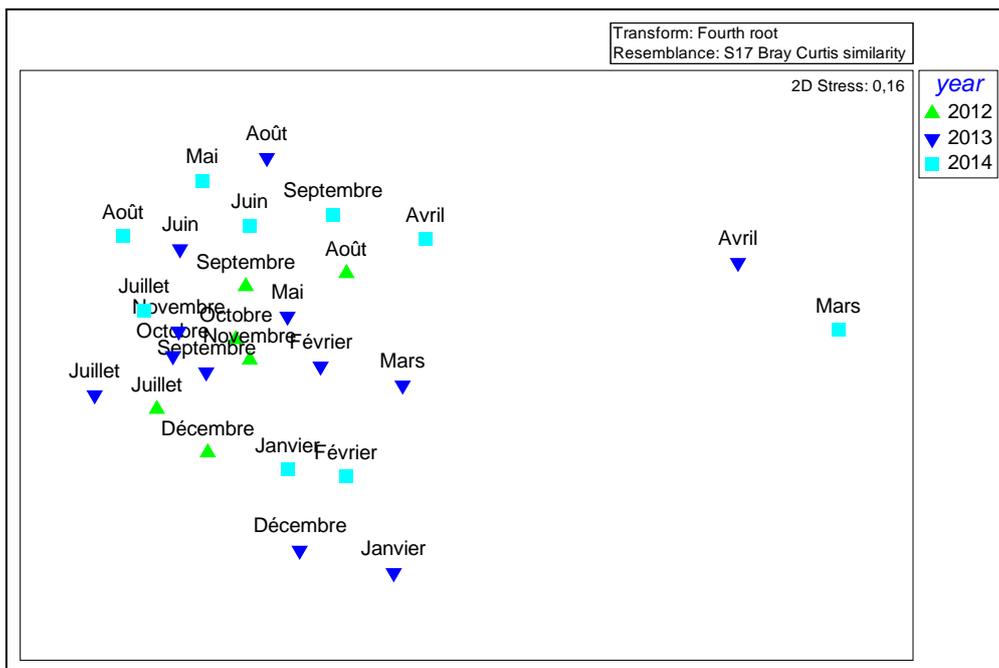


Figure 28 : MDS représentant les variations temporelles des échantillons de zooplancton pour le site de Bastia.

III.B. Les assemblages des post-larves

Sur le site de Bastia, un total de 2 049 PL de poissons a été capturé au cours de 202 nuits de pêche pendant toute la période d'échantillonnage, de juillet 2012 à septembre 2014, ce qui a permis de prélever un total de 17 familles, 25 genres (identifiés) et 30 espèces (identifiées).

Les familles de PL les plus abondantes capturées sont les Sparidae (67,44 %) et les trois espèces les plus abondantes étaient *Spicara smaris* (37,5 %), *Sarpa salpa* (14,3 %) et *Pagellus acarne* (7,4 % ; Figure 29 et Figure 30).



Figure 29 : Photographies de PL de (a) *Spicara smaris*, (b) *Sarpa salpa* et (c) *Pagellus acarne* (crédit photographique Garsi, L.H., Université de Corse).

Les Mugilidae contribuent également aux plus fortes abondances (11,35 %), toutes espèces confondues, les autres familles représentant moins de 5 % des abondances totales (Figure 30). Il convient de noter que seules 10 familles ont dépassé un seuil d'abondance de 10 individus pour toute la durée de l'étude (Figure 30).

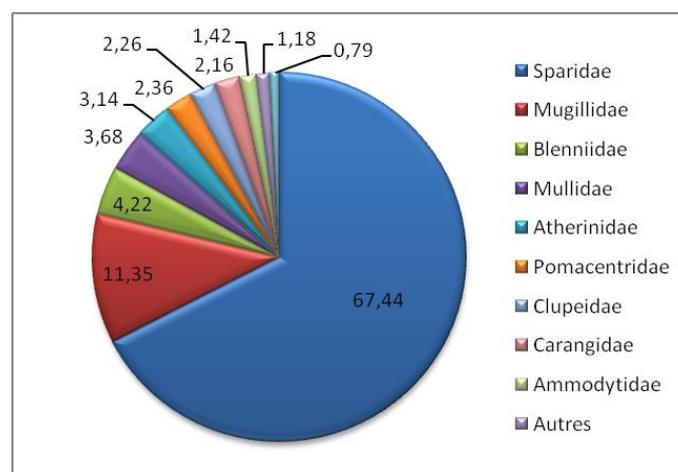


Figure 30 : Représentation graphique globale des principales familles de PL capturées sur le site de Bastia.

Le suivi temporel des PL de poissons a montré un pic d'abondance principal à la fin du printemps - début de l'été et un pic secondaire en début d'hiver (Figure 31). Le reste de l'année les abondances sont faibles. Le pic estival correspond à l'arrivée de *Spicara smaris* (97 % en 2013 et 96 % en 2014) et le pic hivernal correspond à l'arrivée de *Sarpa salpa* (79 % en 2012 et 59 % en 2013) et *Pagellus acarne* (19 % en 2012 et 38 % en 2013).

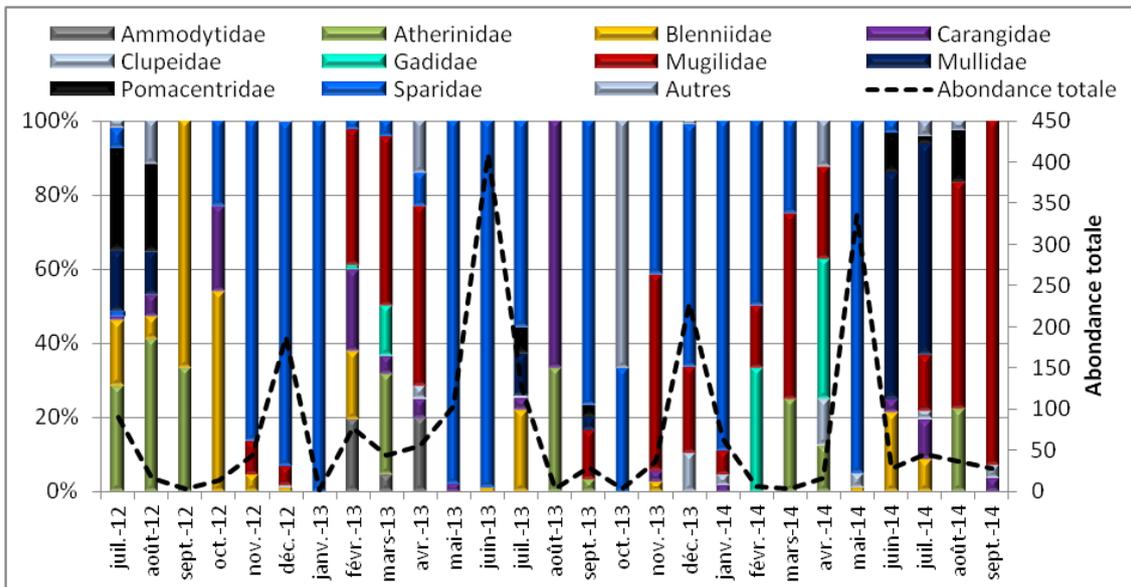


Figure 31 : Série temporelle des abondances relatives des familles de PL capturées ainsi que l'abondance totale sur le site de Bastia.

Nous avons pu mettre en évidence une variabilité temporelle de la composition et de l'abondance des espèces de PL capturées. En effet, il y a une ségrégation bien marquée des pics estivaux (juin 2013 et mai 2014) et des pics hivernaux (décembre 2012 et 2013 ; Figure 32).

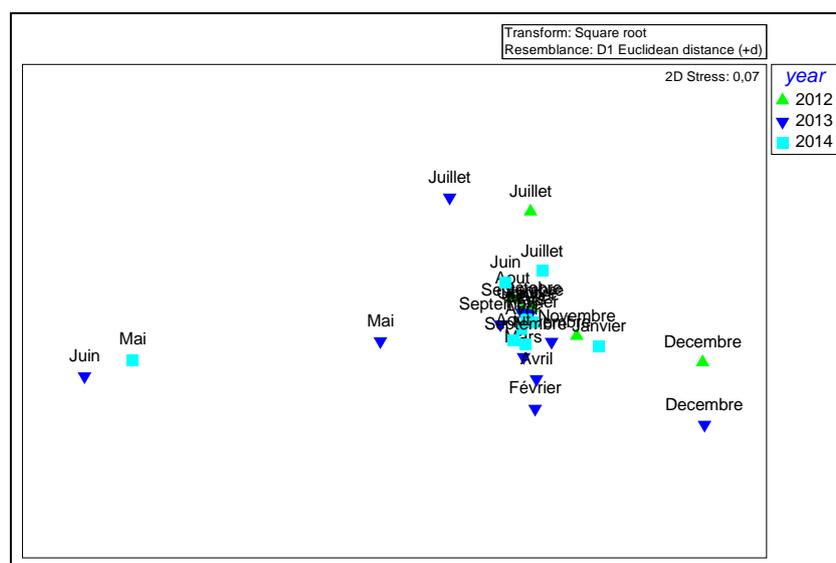


Figure 32 : MDS des biodiversités et abondances de PL capturées sur le site de Bastia.

III.C. Les paramètres environnementaux

Plusieurs paramètres environnementaux ont été mesurés pendant les nuits de pêches sur le site de Bastia : température, salinité, direction et intensité du vent et du courant *in situ* et hauteur des précipitations. Des matrices de corrélations ont été faites avec les données de Chlorophylle *a*, biovolumes de zooplancton et l'abondance totale des PL de poissons pour évaluer l'influence des paramètres environnementaux.

III.C.a. Analyse des variations temporelles

La salinité demeure constante tout au long du suivi, nous avons cependant pu observer une diminution en 2014 des valeurs moyennes (37,8 ‰ en mai 2014 ; Figure 33). La variation de la température de l'eau sur le site est cyclique. En effet on peut voir qu'en été les valeurs moyennes mesurées augmentent (valeurs moyennes supérieures à 24°C) et en hiver elles diminuent (valeurs moyennes inférieures à 15°C ; Figure 33).

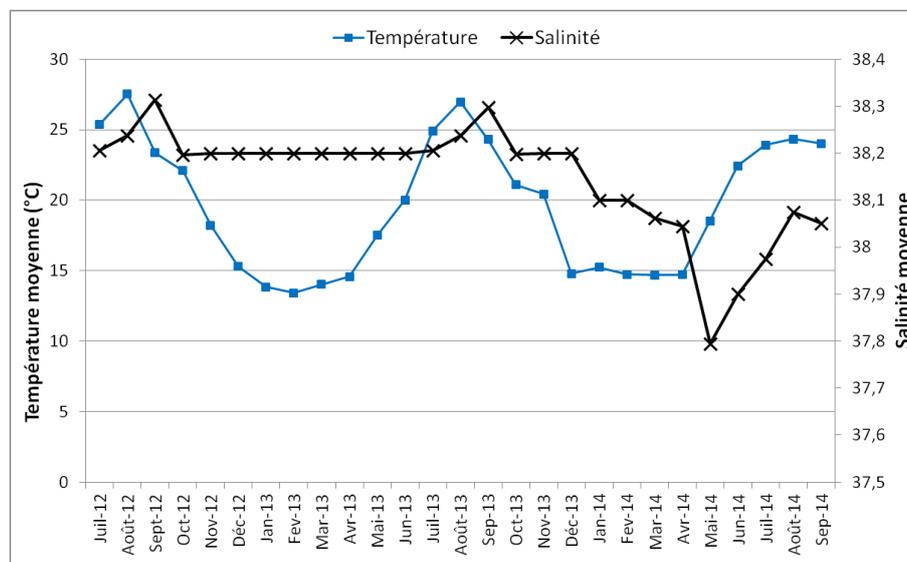


Figure 33 : Variations de la température et de la salinité sur le site de Bastia.

Lors des relevés des vents et courants *in situ*, nous avons pu noter, par exemple, qu'un vent de Nord n'engendrait pas obligatoirement un courant de Nord. Certaines fois, ils étaient même orientés à l'opposé, ce que l'on peut retrouver en novembre 2013 sur la Figure 34.

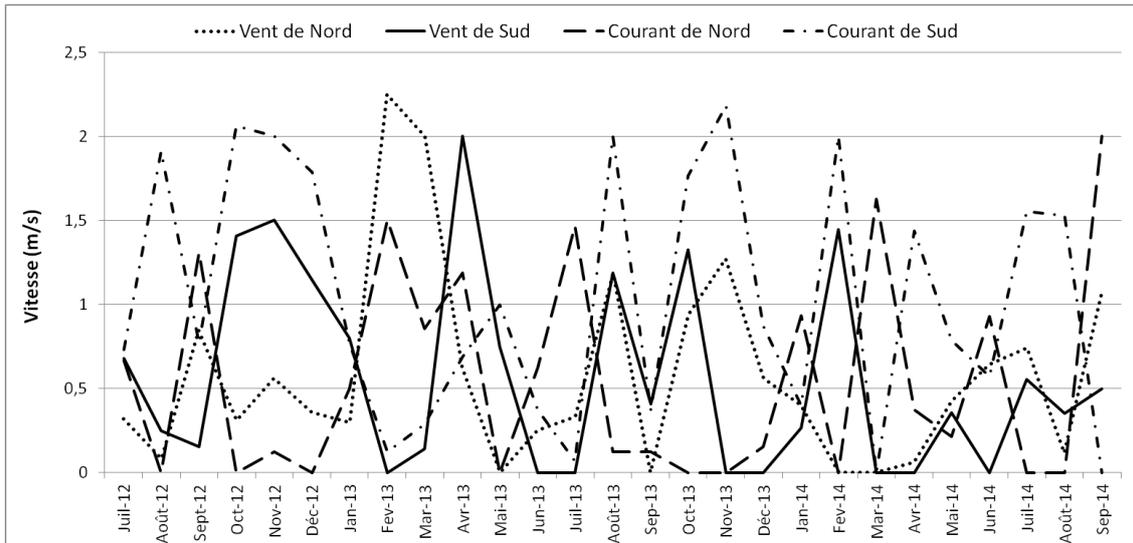


Figure 34 : Variations des principales composantes de vents et courants sur le site de Bastia.

Quatre épisodes de fortes pluies ont été observés au cours des deux années de suivis sur la zone de pêche en septembre et octobre 2012, puis en mars et novembre 2013 (respectivement 142,3 mm, 170,6 mm, 136,3 mm et 157,7 mm ; Figure 35). Les nuits de pêches initialement prévues, centrées autour de la nouvelle lune (0 % visibilité) ont dû être décalées en fonction des conditions météorologiques. Nous nous sommes donc retrouvés dans des phases de pleine lune (100 % visibilité) pendant les périodes de capture (Figure 35).

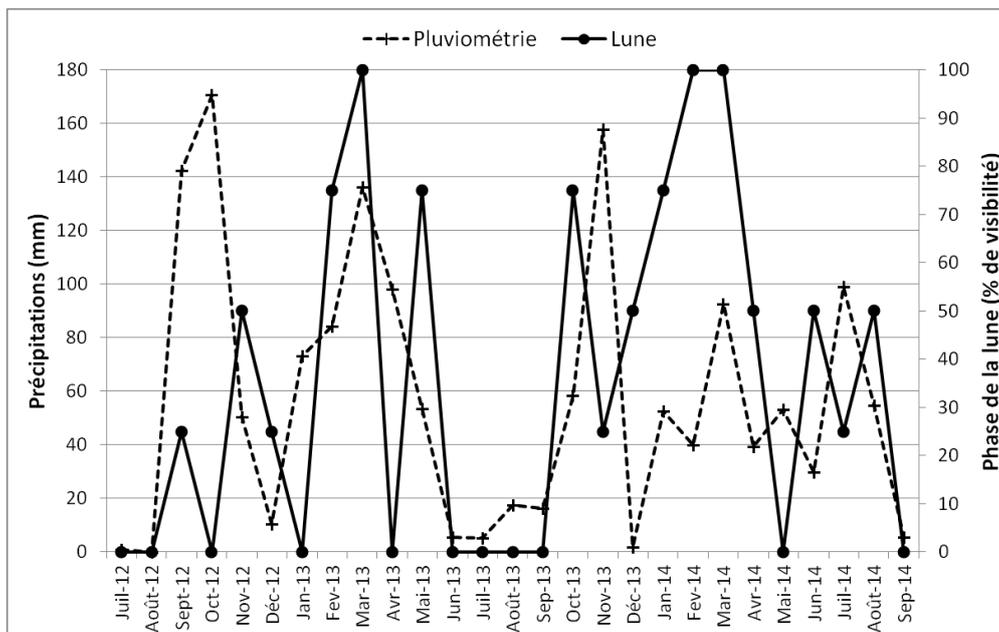


Figure 35 : Variations des hauteurs de précipitations et des pourcentages de visibilité de la lune pour le site de Bastia.

Nous avons vérifié s'il y avait des relations entre ces différents paramètres relevés au cours des nuits de capture et l'abondance des PL. Une seule corrélation significative a été trouvée entre la température et la Chlorophylle *a*, qui sont faiblement corrélées ($P < 0,001$; $R^2 = 0,624$).

III.C.b. Influence des paramètres sur les abondances de post-larves

Nous avons également exploré l'influence des paramètres environnementaux sur la composition et l'abondance des PL à travers une analyse canonique (Figure 36). Il apparaît des assemblages spécifiques bien définis, un type "printemps-été" (côté droit) avec deux espèces de Sparidae : *Spicara smaris* et *Spondyliosoma cantharus*. Cet assemblage semble être corrélé à de faibles intensités de vents côtiers et à des températures élevées ; et type "automne-hiver" (côté gauche) avec trois espèces de Sparidae : *Diplodus vulgaris*, *Pagellus acarne* et *Sarpa salpa*. Cet assemblage semble être influencé par des températures basses, de fort courant de Sud et des vents marins.

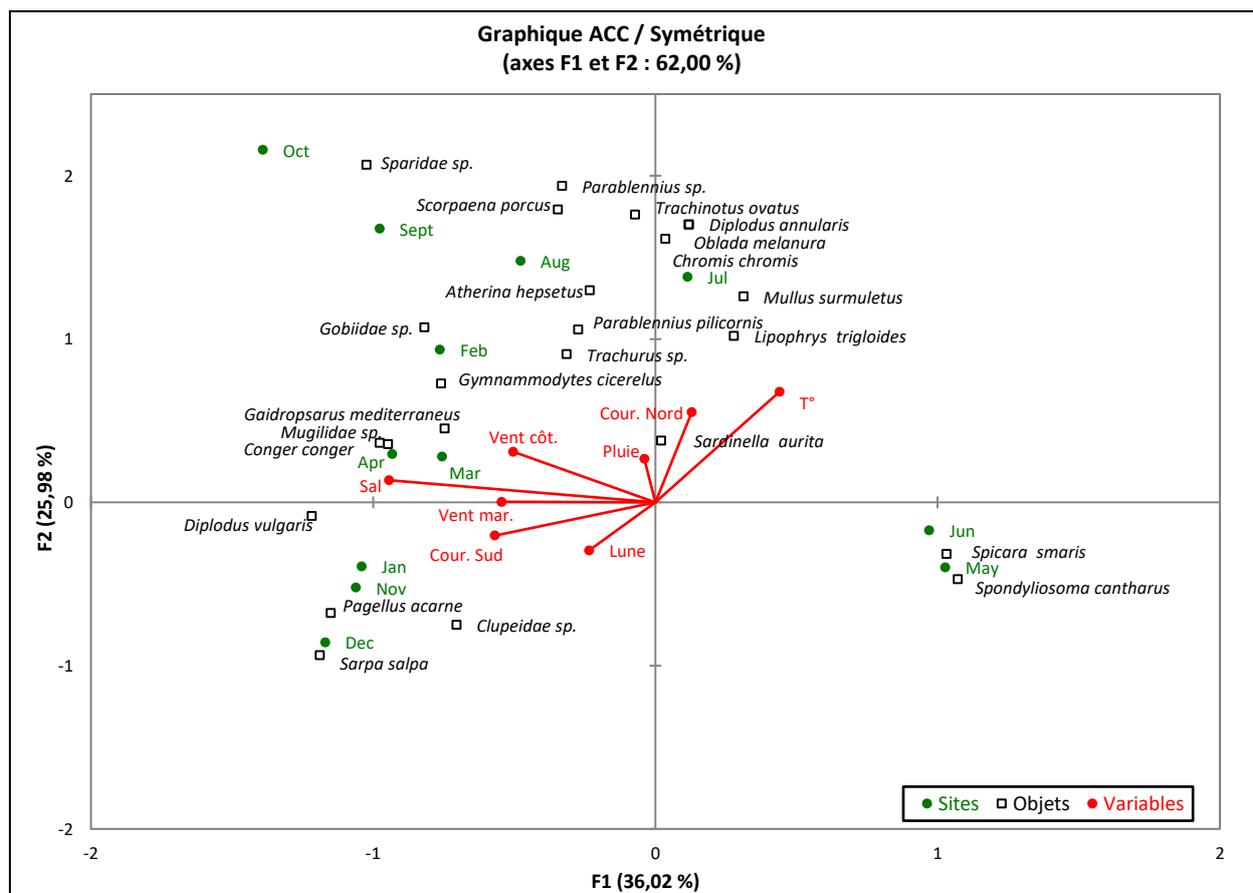


Figure 36 : Représentation de l'analyse canonique de l'influence des paramètres sur les assemblages post-larvaires du site de Bastia.

III.D. Les relations proies/prédateurs

L'analyse statistique des principaux composants des trois compartiments étudiés (microphytoplancton, zooplancton et PL) va nous permettre de mettre en évidence les relations proies/prédateurs. Une analyse génétique des contenus stomacaux, pour les principaux groupes de PL rencontrées, viendra compléter ces analyses.

III.D.a. Successions trophiques et interactions proies/prédateurs

La série temporelle de la Chlorophylle *a*, du biovolume de zooplancton et de l'abondance totale de PL (Figure 37) ont été soumis à une analyse de corrélation croisée, qui a montré une succession très significative : le pic principal de PL apparaît trois mois après celui de Chlorophylle *a* ($R^2 = 0,739$) et deux mois après celui de zooplancton ($R^2 = 0,873$) en 2013 et 2014. Les successions trophiques des trois compartiments ont été observées au cours des deux années consécutives du suivi. Cependant, nous avons pu noter qu'en 2014 les pics étaient apparus un mois plus tôt (février) par rapport à 2013 (mars).

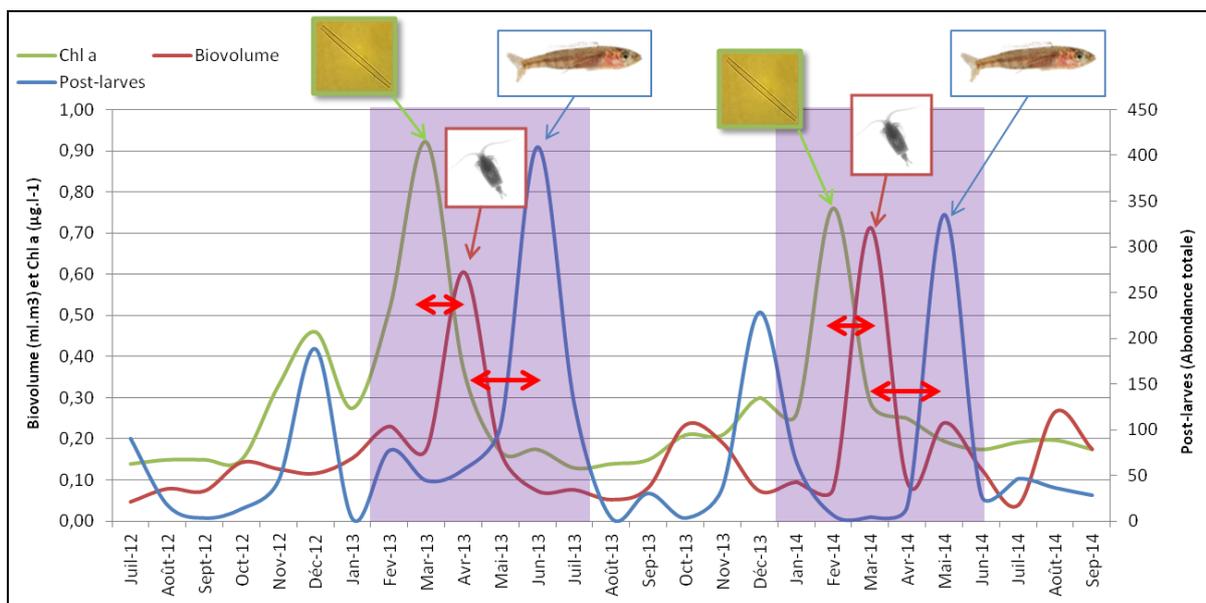


Figure 37 : Suivi temporel des trois compartiments (phytoplancton/zooplancton/PL) sur le site de Bastia (crédit photographique Garrido M., Rossi A. et Garsi L.H., Université de Corse).

Lorsque l'on regarde de manière plus précise les interactions entre chaque compartiment, il en ressort des interactions significatives entre le phytoplancton et le zooplancton, ainsi qu'entre le zooplancton et les PL.

Les tests réalisés sur les résultats obtenus d'abondance de taxons montrent en 2013 des corrélations positives Diatomophyceae/larves d'échinodermes ($R^2 = 0,665$), Dinophyceae/larves d'annélides ($R^2 = 0,811$). En 2014, nous trouvons des corrélations positives Diatomophyceae/cladocères ($R^2 = 0,994$), Diatomophyceae/larves de crustacés ($R^2 = 0,986$), Dinophyceae/cladocères ($R^2 = 0,997$), Dinophyceae/copépodes ($R^2 = 0,998$), Diatomophyceae/larves de crustacés ($R^2 = 0,996$).

Parmi les PL capturées au cours du suivi réalisé sur le site de Bastia, nous avons testé les interactions probables (proies/prédateurs) entre les familles de PL, qui ont un intérêt économique (pour les professionnels de la mer) et les différents groupes présents dans le zooplancton. De manière générale, les cinq familles testées (Carangidae, Sparidae, Gadidae, Mugilidae et Mullidae) se nourriraient en général de petits crustacés (e.g. copépodes, œufs et nauplii de crustacés, cladocères ; Figure 38).

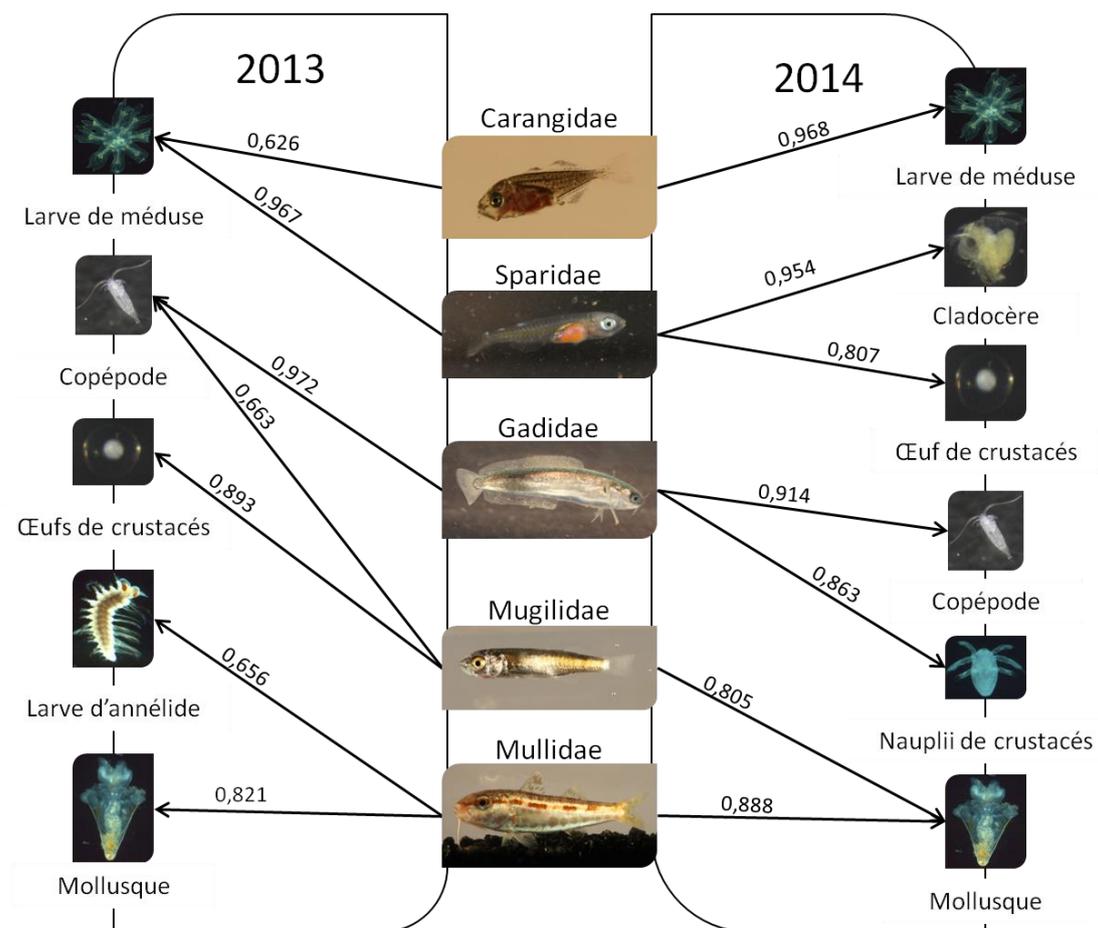


Figure 38 : Résultats des corrélations croisées entre les groupes du zooplancton et les familles de PL les plus fréquentes sur le site de Bastia (crédit photographique Garsi L.H., Université de Corse).

Les **Carangidae** auraient une préférence pour les larves de méduses (2013 : $R^2 = 0,626$; 2014 : $R^2 = 0,968$), les **Sparidae** varieraient en fonction de ce qu'ils trouvent dans le milieu (2013 : Larves de méduses, $R^2 = 0,967$, 2014 : Cladocères, $R^2 = 0,954$, Œufs de crustacés, $R^2 = 0,807$), les petits crustacés seraient appréciés majoritairement par les **Gadidae** (2013 : Copépodes, $R^2 = 0,972$; 2014 : Copépodes, $R^2 = 0,914$, Nauplii de crustacés, $R^2 = 0,863$), les **Mugilidae** s'adaptent en fonction de ce qu'ils trouvent (2013 : Copépodes, $R^2 = 0,663$, Œufs de crustacés, $R^2 = 0,893$; 2014 : Mollusques, $R^2 = 0,805$), et les **Mullidae** seraient plus attirés par les mollusques (2013 : $R^2 = 0,821$; 2014 : $R^2 = 0,888$).

III.D.b. Analyses génétique des contenus stomacaux

Des analyses génétiques ont été réalisées sur le contenu des tubes digestifs de cinq taxons : *Atherina hepsetus*, *Carangidae sp.*, *Pagellus acarne*, *Trachinotus ovatus* et *Mullus surmuletus*. Au total, six familles de proies ont été recherchées : annélides, cladocères, copépodes, larves de crustacés, larves de méduses et mollusques.

Les *Carangidae sp.* se nourrissent de cladocères (44,44 %), *Atherina hepsetus*, *Mullus surmuletus* et *Pagellus acarne* se nourrissent en grande majorité de mollusques (respectivement 57,93 %, 63,39 %, et 58,54 %). *Trachinotus ovatus* ont une préférence pour les larves de crustacés (52,38 % ; Figure 39).

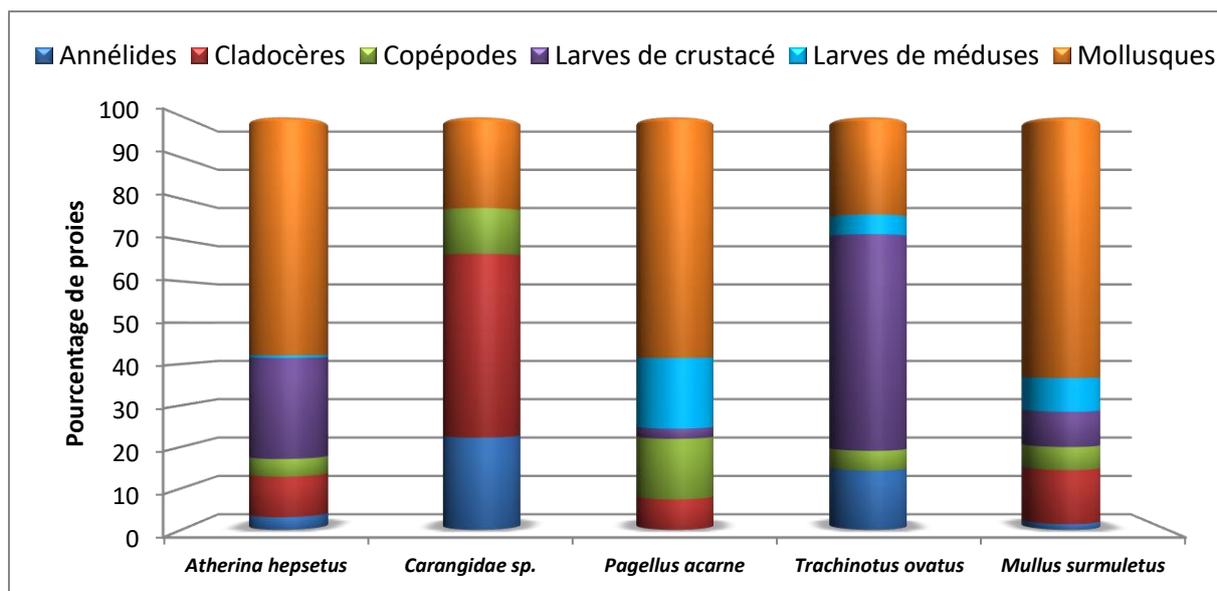


Figure 39 : Contenus stomacaux des cinq espèces de PL testées pour le site de Bastia.

Si nous comparons les résultats obtenus de manière statistique avec les analyses génétiques, nous pouvons constater que pour les Carangidae (*Carangidae sp.* et *Trachinotus ovatus*) il y a des différences de groupes (respectivement cladocères et larves de crustacés vs. larves de méduses), alors que pour les Mullidae l'hypothèse sur le régime alimentaire est confirmée (mollusques). Les Pageots se nourrissent préférentiellement de mollusques, ce qui ne correspond pas aux résultats obtenus statistiquement (larves de méduses, $R^2 = 0,967$, cladocères, $R^2 = 0,954$, œufs de crustacés, $R^2 = 0,807$).

Discussion

La mise en évidence des relations entre les différents compartiments étudiés n'est pas chose aisée. En effet, les relations proies/prédateurs du compartiment post-larvaire sont peu connues. Les travaux initiés au cours de cette étude nous ont permis de poser des bases de réflexions quant aux interactions possibles et/ou existantes entre les différents échelons du réseau trophique.

Au cours de notre suivi, la fréquence des prélèvements de phyto- et zooplancton a été réajustée, d'abord mensuelle de juillet à décembre 2012, puis bimensuelle de janvier 2013 à septembre 2014, afin d'affiner l'évolution temporelle de ces compartiments. Cependant les peuplements phytoplanctoniques, sont très réactifs aux variations de l'environnement, ainsi un « bloom » peut se produire sur un laps de temps très restreint. Malgré une fréquence de prélèvements bimensuelle, il est possible que le pic d'abondance maximale soit manqué (Garrido, 2012). En effet, les données de Chlorophylle *a* de Prévimer montrent bien un pic maximal de $0,8 \mu\text{g.l}^{-1}$ le 13 février 2014, alors que les prélèvements en mer ont été réalisés le 6 et le 20 février 2014. Nous pouvons donc conclure que le bloom de phytoplancton de 2014 a effectivement été manqué lors des prélèvements. Les Diatomophyceae composent la majorité des blooms phytoplanctoniques, comme le décrivent des études antérieures réalisées sur la même zone (Goffart *et al.*, 2000 ; Garrido, 2012).

En milieu marin, les organismes phytoplanctoniques occupent un rôle majeur. En effet ils effectuent près de la moitié de la production primaire nette de la planète, alors qu'ils ne représentent que 1 à 2% de la biomasse photosynthétique mondiale (Field, 1998). Le phytoplancton est le premier maillon du réseau trophique marin. En milieu côtier, la majeure partie de la production primaire est effectuée par le microphytoplancton et est composé

essentiellement de Diatomophyceae, puis dans une moindre mesure de Dinophyceae (Miller, 2004), ce que nous retrouvons dans nos échantillons. Les prélèvements planctoniques effectués au cours de notre étude montrent une succession trophique typique des climats tempérés (Garrido *et al.*, 2014). Les analyses et les résultats qui en découlent traduisent la réactivité des compartiments phytoplanctoniques et zooplanctoniques. En effet, dès que les conditions idéales sont réunies, la réponse phytoplanctonique est rapide (quelques jours) et la réponse zooplanctonique qui en résulte se fait dans les deux à quatre semaines qui suivent. L'absence de prédateurs en janvier-février explique en grande partie les blooms phytoplanctoniques au printemps. Mais une fois que les copépodes arrivent en quantité dans le milieu, ils régulent cette croissance (Kiørboe, 1997). L'apparition dans un laps de temps adapté (entre deux semaines et un mois), du bloom de phytoplancton puis l'apparition des copépodes dans le milieu (après leur migration annuelle), est primordiale pour leur développement mais aussi pour les échelons supérieurs qui dépendent directement ou indirectement des copépodes (Lalli and Parsons, 1997).

Les valeurs moyennes de température de l'eau que nous avons relevées présentent une variation annuelle cyclique, ce qui est caractéristique de la zone (Garrido *et al.*, 2014). La température, le brassage de colonne d'eau (vent, courant), la salinité, l'ensoleillement, sont autant de paramètres qui induisent la floraison du phytoplancton au cours du printemps en zone côtière, ce qui engendre par la suite l'augmentation de la biomasse des organismes zooplanctoniques et donc la présence dans le milieu de nourriture disponible pour les PL au cours de leurs installations. D'après nos analyses et relevés, nous avons décrit deux types d'assemblages d'espèces de PL qui arrivent en majorité sur le littoral de Bastia, tous deux composés d'espèces de Sparidae. L'assemblage d' « automne-hiver » est composé de *Dipodus vulgaris*, *Pagellus acarne* et *Sarpa salpa*, trois espèces fréquentant les zones littorales dont les jeunes recrues sont rencontrées dans les zones de petits fonds côtiers (Louisy, 2015) et pour lesquelles les saisons d'installations des PL ont été observées en automne et en hiver au moment où la température de l'eau est basse. L'assemblage de « printemps-été » est constitué de *Spicara smaris* et *Spondyllosoma cantharus*, espèces vivant à proximité des côtes. Les juvéniles sont rencontrés sur le littoral proche des herbiers et dans les petits fonds côtiers (Louisy, 2015), les PL viennent s'installer au printemps.

Les résultats obtenus montrent des interactions significatives entre les valeurs de Chlorophylle *a* et de biovolume de zooplancton. Des analyses de corrélations croisées ont permis de tester quelles pourraient être les relations entre les différents groupes planctoniques. Des observations

similaires ont été faites par Garrido *et al.* (2014), sur une zone d'étude géographiquement proche de nos points de prélèvements. Par ailleurs, il a été démontré que les abondances des communautés phyto- et zooplanctoniques sont fortement corrélées en milieu côtier, avec un temps de décalage compris entre deux semaines et un mois (Gasiūnaitė and Olenina, 1998).

Pour le compartiment post-larvaire, les analyses de corrélations croisées ont montré des interactions significatives avec les données de biovolume et de Chlorophylle *a*, ainsi qu'entre certaines familles de PL et des groupes zooplanctoniques. Le groupe des copépodes est prédominant, ce qui s'explique par ses fortes abondances, mais également parce qu'il constitue la source essentielle de nourriture pour les PL (Mousseau *et al.*, 1998). Les autres groupes tels que les cladocères, les larves et œufs de crustacés, et les mollusques se retrouvent dans les corrélations avec un temps de décalage acceptable (moins de trois mois). Ces groupes doivent participer dans une moindre mesure à la nutrition des PL.

Tout comme les compartiments planctoniques, les PL sont sensibles aux conditions environnementales et leur croissance est dépendante de la disponibilité des ressources alimentaires, constituées pour la majorité par les copépodes (Mousseau *et al.*, 1998). Or, pour compléter nos résultats quant à la détermination du régime alimentaire des PL, nous avons fait réaliser des tests génétiques sur les contenus stomacaux des taxons les plus fréquemment rencontrés. Il s'avère en outre qu'en fonction des familles, les préférences de nourritures diffèrent, et ne sont pas constituées que par les copépodes. Les analyses génétiques, malgré les informations apportées, font cependant ressortir les limites de cette méthode. En effet, les mollusques ressortent comme composants majoritaires du régime alimentaire des taxons de PL analysés, car c'est un groupe qui présente une grande quantité de données dans les bases génétiques. Le choix des groupes choisis à l'origine pour les comparaisons aux bases de données de séquences ADN existantes devrait être plus précis dans les analyses futures, avec la précision des espèces à rechercher plus tôt que la famille qui englobe un plus large panel de résultat.

Les conditions environnementales représentent un facteur essentiel du développement planctonique et post-larvaire, toutefois la qualité et la quantité des ressources alimentaires sont indispensables aux « winter-spring blooms » (Zohary *et al.*, 1994), c'est-à-dire à la succession observée entre les compartiments planctoniques et post-larvaires durant la période de février à juin. D'autres facteurs écologiques peuvent s'ajouter au manque de nourriture (contraintes physico-chimiques, pollutions, prédation) et faire chuter de manière significative l'abondance post-larvaire (Turner *et al.*, 1985).

Conclusion

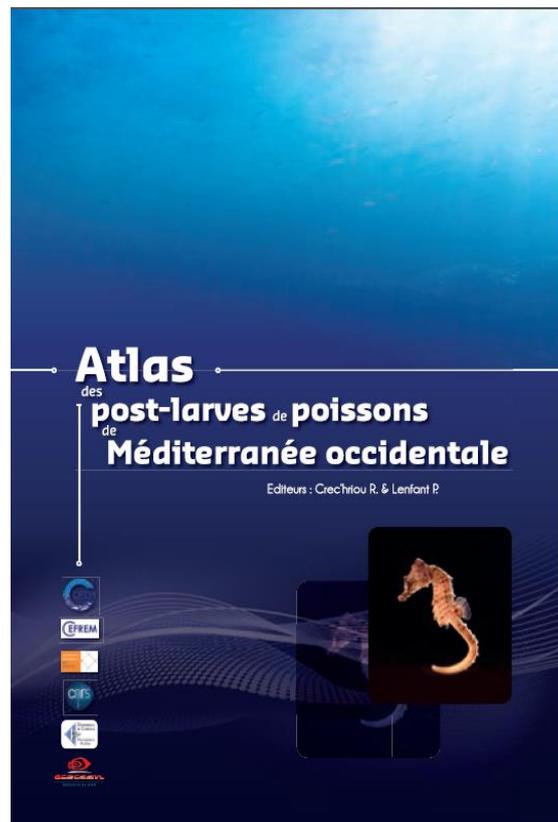
Les prélèvements mensuels (juillet à décembre 2012), puis bimensuels (janvier 2013 à septembre 2014) ont permis de caractériser les espèces planctoniques présentes sur le site de Bastia. Pour le microphytoplancton, on retrouve majoritairement des Diatomophyceae. Pour le zooplancton, les groupes qui constituent la majorité des abondances sont les copépodes et les cladocères. Les pêches de PL ont permis de récolter 2 049 individus, correspondant à 30 espèces identifiées, dont les familles principalement capturées sont les Sparidae et Mugilidae.

Les variations spatio-temporelles des communautés planctoniques ont montré des pics de biomasses au printemps pour le phytoplancton et en début d'été pour le zooplancton. Des abondances, de moindre intensité, ont également été observées en période automne-hiver. Les pics d'abondances des PL ont été relevés en été, mais également en automne hiver.

Les paramètres environnementaux qui semblent influencer le plus les arrivées des PL sur les côtes corses sont la température, les vents et les courants côtiers.

Nous avons pu observer une succession trophique des trois compartiments décrits (phytoplancton, zooplancton et PL) pour la première fois dans la littérature. Par la suite, nous avons testé les interactions entre ces différents compartiments et déterminé les relations proies/prédateurs possibles entre les groupes caractérisés. Les analyses par ADN barcoding des contenus stomacaux des familles principalement rencontrées ont permis de déterminer les différents régimes alimentaires des PL de poissons côtiers.

Chapitre IV - Mise en place d'un outil de gestion des ressources halieutiques: Atlas des post-larves de poissons de Méditerranée occidentale.



Ce chapitre fait l'objet d'un ouvrage publié sous la forme :

Crec'hriou R, Garsi L-H, Lèbre L, Lozano L, Pastor J, Lecaillon G, Durieux E, Simon G, Ternengo S, Braconi J, Briot L, Verdoit-Jarraya M, Saragoni G, Pristchepa S, Bastien R, Agostini S, Lenfant P, 2015. Atlas des post-larves de poissons de Méditerranée occidentale. Editeurs: Crec'hriou R. & Lenfant P., Programme Life + " SUBLIMO ", 192p

Chapitre IV - Mise en place d'un outil de gestion des ressources halieutiques : Atlas des post-larves de poissons de Méditerranée occidentale.

A partir des travaux réalisés dans le cadre du programme européen Life + SUBLIMO, il nous est apparu important de développer un outil qui puisse être transférable aux professionnels de la mer (e.g. gestionnaires, pêcheurs, aquaculteurs), afin de pouvoir les aider dans leurs gestions quotidiennes des ressources halieutiques (e.g. maintien de la biodiversité, exploitation raisonnée des stocks dédiés, recherche de nouvelles espèces d'exploitation). Ainsi, les acteurs intéressés trouveront, au sein d'un même ouvrage, différentes techniques et méthodes innovantes à appliquer selon l'objectif visé. En effet, nos travaux proposent des solutions adaptées aux jeunes stades de poissons méditerranéens en ce qui concerne la capture, le tri, l'identification, l'élevage, de la PL jusqu'au juvénile, et le relâché en milieu naturel des stades juvéniles pour la restauration écologique de zones dégradées (e.g. perte de biodiversité, espèce en voie d'extinction, surpêche). Cet outil présente également un intérêt pour les scientifiques, en termes d'amélioration des connaissances sur les jeunes stades de poissons, pouvant apporter des retombées pour la recherche sur le milieu marin et le domaine de la restauration écologique littorale.

Les professionnels de la pêche ont participé très activement au programme, aussi bien pour les prélèvements des PL à l'aide des CARE, que pour les tests et l'amélioration des méthodes de capture. La plus grosse lacune ici réside dans l'identification de ces jeunes stades, qui est un travail purement de recherche que nous avons effectué, et l'atlas est un outil pour aider à transférer la technique d'identification aux différents acteurs de la mer.

Les travaux, regroupés au sein d'un atlas réalisé en fin de projet, se présentent sous la forme de 80 fiches espèces de poissons côtiers de Méditerranée Nord-occidentale étudiées, sur lesquelles sont indiquées toutes les informations essentielles permettant de connaître les calendriers d'arrivées des PL pour leur capture, les clefs d'identification et recommandations d'élevage et de relâchés à appliquer sur les jeunes stades de développement.

Ce chapitre présentera succinctement l'atlas réalisé avec nos partenaires et plus particulièrement la contribution de mes travaux de thèse sur 36 espèces répertoriées et identifiées au stade post-larvaire, ainsi que son avantage pour les professionnels sur les espèces d'intérêt économique et patrimonial pour la Corse.

IV.A. Atlas des post-larves de Méditerranée occidentale

Cet ouvrage en couleurs de 192 pages, intitulé « Atlas des PL de poissons de Méditerranée occidentale » a été rédigé en collaboration avec l'Université de Perpignan (laboratoire CEFREM-CREM) et la société Ecocean dans le cadre du programme européen Life+ SUBLIMO (Life10/NAT/FR/00200). Il regroupe les résultats de sept sites de pêche répartis dans le bassin Nord-ouest, le long des côtes françaises et corses : Agde, Bastia, Bonifacio, Leucate, Port-Cros, Port-Vendres et Saint-Florent.

Le document présente les objectifs du programme ainsi que ses actions concrètes pour le maintien de la biodiversité marine à partir des jeunes stades de poissons, à savoir :

- la **capture** des PL vivantes à l'aide des CARE, effectuée les nuits centrées autour de la nouvelle lune sur les sept sites de pêches de manière simultanée ;
- leur **pré-grossissement** pendant une période d'environ trois mois en bassins d'élevages au sein des structures aquacoles du CREM (Port-Barcarès) et de STELLA MARE (Bastia) ;
- le **relâcher** des individus au stade juvénile sur des micro-habitats préalablement installés dans le milieu naturel.

Puis, une présentation détaillée des coûts de revient ainsi qu'une analyse de rentabilité des différentes techniques sont également présentées aux lecteurs. En effet, il était intéressant d'avoir une vision économique de ces travaux, ainsi que des marchés pouvant être concernés. Toute analyse économique d'un procédé implique une étude des coûts de production de chacune de ses étapes.

L'atlas présente au lecteur les différentes étapes et méthodes qu'il devra réaliser en fonction de l'objectif poursuivi (pêches de PL, identification de jeunes stades de poissons, élevage de PL jusqu'au stade de juvéniles ou restauration écologique). Ainsi, l'ouvrage décrit les activités et protocoles:

- de capture, avec une description du piège lumineux utilisé tout au long de notre étude, ainsi que sa mise en œuvre en mer par les professionnels (pêcheurs, gestionnaires) ;
- de tri des individus pêchés, réalisé manuellement dès l'arrivée des individus en laboratoire ;
- d'identification des familles, genres et espèces suivant 80 fiches détaillées pour les espèces étudiées au sein du programme ;

- d'élevage en bassins sur quelques mois, soit dans un objectif d'amélioration des connaissances sur les espèces ou pour enrichir l'atlas avec de nouvelles espèces étudiées ; soit dans un objectif de relâcher vers le milieu qui permettra de suivre l'évolution des PL jusqu'à atteindre une « taille refuge » pour laquelle le juvénile obtiendra de meilleures chances de survie lors de son retour en milieu naturel ;
- de non-domestication des espèces maintenues en bassins avant leur réintroduction *in situ*, afin de réadapter les jeunes poissons à une vie en milieu naturel avec prédateurs ;
- de relâcher de juvéniles *in situ* sur des structures adaptées à leurs tailles.

Outre la description de façon pédagogique et simple des différentes méthodes, l'ouvrage présente pas moins de 80 fiches espèces étudiées et photographiées à différents stades de développement, rendant plus aisée la compréhension des clefs d'identification pour chaque espèce.

Notre contribution à la présente étude concerne 36 espèces sur 80 au total, dont 12 fiches espèces sont uniquement constituées par nos suivis photographiques ([Tableau XXI](#) [Tableau XXI](#)).

Tableau XXI : Contributions photographiques en fonction des sites.

Famille	Noms	Contribution Bastia	Contribution Leucate
Ammodytidae	<i>Gymnammodytes cicereus</i> (Rafinesque, 1810)	x	x
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
Apogonidae	<i>Apogon imberbis</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
Atherinidae	<i>Atherina boyeri</i> (Risso, 1810)	x	x
	<i>Atherina hepsetus</i> (Linnaeus, 1758)		x
Belonidae	<i>Belone belone</i> (Linnaeus, 1751)		x
Blenniidae	<i>Aidablennius sphynx</i> (Valenciennes, 1836)	x	x
	<i>Lipophrys trigloides</i> (Valenciennes, 1836)	x*	
	<i>Lipophrys pholis</i> (Linnaeus, 1758)		x
	<i>Parablennius gattorugine</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
	<i>Parablennius incognitus</i> (Bath, 1968)		x
	<i>Parablennius pilicornis</i> (Cuvier, 1829)	x	x
	<i>Parablennius rouxi</i> (Cocco, 1833)		x
	<i>Parablennius tentacularis</i> (Brünnich, 1768)		x
	<i>Parablennius zvonimiri</i> (Kolombatovic, 1892)		x
	<i>Salaria pavo</i> (Risso, 1810)	x*	
Bothidae	<i>Arnoglossus laterna</i> (Walbaum, 1792)		x
	<i>Arnoglossus thori</i> (Kyle, 1913)		x
Carangidae	<i>Trachinotus ovatus</i> (Linnaeus, 1758)		x
	<i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	x	x
	<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
	<i>Seriola dumerili</i> (Risso, 1810)		x
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)		x
Congridae	<i>Conger conger</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
Exocoetidae	<i>Hirundichthys rondeletii</i> (Valenciennes, 1847)	x*	
Gadidae	<i>Gaidropsarus mediterraneus</i> (Linnaeus, 1758)	x	x

Gobiidae	<i>Gobius geniporus</i> (Linnaeus, 1758)		x
Famille	Noms	Contribution Bastia	Contribution Leucate
Labridae	<i>Coris Julis</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
	<i>Thalassoma pavo</i> (Linnaeus, 1758)		x
	<i>Symphodus ocellatus</i> (Forsskal, 1775)		x
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i> (Linnaeus, 1758)		x
Mugilidae	<i>Chelon labrosus</i> , <i>Liza aurata</i> , <i>Liza ramada</i> , <i>Mugil cephalus</i>	x	x
Mullidae	<i>Mullus barbatus</i> (Linnaeus, 1758)		x
	<i>Mullus surmuletus</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
Ophichthidae	<i>Aptерichтus caecus</i> (Linnaeus, 1758)	x*	
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
Sciaenidae	<i>Sciaena umbra</i> (Linnaeus, 1758)		x
Scophthalmidae	<i>Scophthalmus maximus</i> (Linnaeus, 1758)		x
Scorpaenidae	<i>Scorpaena notata</i> (Rafinesque, 1810)		x
	<i>Scorpaena porcus</i> (Linnaeus, 1758)		x
	<i>Scorpaena scrofa</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)		x
	<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)		x
	<i>Serranus scriba</i> (Linnaeus, 1758)		x
Sparidae	<i>Dentex dentex</i> (Linnaeus, 1758)	x*	
	<i>Diplodus annularis</i> (Linnaeus, 1758)	x*	
	<i>Diplodus puntazzo</i> (Walbaum, 1792)	x	x
	<i>Diplodus sargus</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
	<i>Diplodus vulgaris</i> (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)	x	x
	<i>Oblada melanura</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
	<i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1827)	x*	
	<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)		x
	<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
	<i>Pagrus pagrus</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
	<i>Sarpa salpa</i> (Linnaeus, 1758)	x*	
	<i>Sparus aurata</i> (Linnaeus, 1758)	x*	
	<i>Spicara maena</i> (Linnaeus, 1758)		x
	<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)	x*	
	<i>Spondylisoma cantharus</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
	<i>Lithognathus mormyrus</i> (Linnaeus, 1758)		x
Sphyraenidae	<i>Sphyraena sphyraena</i> (Linnaeus, 1758)	x*	
Syngnathidae	<i>Hippocampus hippocampus</i> (Linnaeus, 1758)		x
	<i>Nerophis maculatus</i> (Rafinesque, 1810)		x
	<i>Nerophis ophidion</i> (Linnaeus, 1758)		x
	<i>Syngnathus abaster</i> (Risso, 1827)		x
	<i>Syngnathus cf. tenuirostris</i> (Rathke, 1837)		x
	<i>Syngnathus sp.</i>		x
Trachinidae	<i>Trachinus draco</i> (Linnaeus, 1758)		x
Triglidae	<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)	x*	
Uranoscopidae	<i>Uranoscopus scaber</i> (Linnaeus, 1758)		x

* : Fiches espèces uniquement constituées de nos photographies.

Une description de l'utilisation du guide ([Figure 40](#)) est disponible afin de faciliter la compréhension par le lecteur des fiches présentant un nombre important d'informations relatives aux espèces décrites et concernant leur biologie, leur morphologie, leur distribution (adulte et post-larvaire sur les sites échantillonnés) et leur habitat. On y trouvera également : des explications sur les descriptions et photographies des différents stades de développement des PL à certains moments clefs de leur passage de la larve (souvent translucide) au stade

Mis en fo
Ne pas vé

IV.B. Outil de gestion pour les espèces d'intérêt pour la Corse

Ce guide se veut être un outil de gestion indispensable à toute personne désireuse d'en connaître davantage sur le stade post-larvaire, déterminant dans le cycle de vie des poissons. Les intérêts de cet ouvrage sont pluridisciplinaires et multiples.

Tout d'abord **pour les gestionnaires**, les fiches peuvent contenir des espèces patrimoniales, ce qui permet une meilleure compréhension de :

- leurs cycle/biologie/écologie des stades post-larvaire et juvénile,
- l'identification des zones potentielles de nurseries en vue de mieux estimer les taux de renouvellement des populations sur zones protégées ou non,
- la mise en place de mesures restauratoires pour des espèces en danger d'extinction.

L'amélioration des connaissances en matière de restauration écologique pourra permettre une gestion optimale des AMP, en définissant des zones de protection prioritaire en particulier pour la reproduction. Les Figure 41 et Figure 42 ci-dessous présentent les fiches de deux espèces de poissons qui sont sujettes à protection car menacées : le corb (*Sciaena umbra*) et le mérrou brun (*Epinephelus marginatus*). Il est aisé de remarquer que les individus au stade post-larvaire n'ont rien en commun avec les adultes. Ce qui est à noter toutefois, c'est le fait de les avoir capturés dans les CARE sur notre zone d'étude, ce qui signifie probablement que les adultes s'y reproduisent.

Sciaena umbra

Linnaeus, 1758

Corb (FR), Corvella (ES),
Corvina (IT), Brown meagre (UK)

Caractères méristiques

Nageoire dorsale : XI + 23-25
Nageoire anale : II + 7-8

Type de ponte Pélagique*
PLD 22-23
Reproduction Avril-Juin
Saison d'installation Printemps

Distribution

Mer Méditerranée et mer Noire, présent sur la côte est Atlantique de l'Angleterre à la Mauritanie.

Ecologie

De l'adulte au juvénile - Pas de données.

Adulte - Habite les eaux côtières peu profondes où il vit le plus souvent en petits groupes sédentaires. Se rencontre sur des fonds rocheux, sableux, dans les herbiers de posidonies et parfois dans les estuaires. Les grilles et crevasses sont ses abris privilégiés pendant la journée.



Sites de capture



Scianidae

Intérêts -

Description des post-larves

De 15 à 20 mm - La PL est de couleur marron-jaune, avec des mélanophores* disposés en 'nid d'abeille' sur le corps. Les nageoires pectorales et dorsales sont pigmentées, les autres non.

Description des juvéniles

De 20 à 30 mm - Au fur et à mesure, les juvéniles se pigmentent de plus en plus. Ce qui est frappant à ce stade, c'est l'important développement de la première dorsale et des pectorales qui semblent disproportionnées pour l'individu.

Plus de 30 mm - Cet hyper-développement est accentué chez le juvénile qui présente des nageoires aussi grandes que la largeur du corps. De couleur brun-cuiré, il présente sur le corps de petites taches légèrement plus sombres.

Élevage des post-larves

Élevage : Délicat
Intro-spécifique : ND
Inter-spécifique : ND
Alimentation : Facile
Stress : Manipulation
Croissance : Moyenne
Particularité : Quand les individus grandissent, ils ont besoin de beaucoup d'espace et de peu de congénères au sein du bac. Deux arêtes réglementent sa pêche en Méditerranée française jusqu'en décembre 2018.
Taille de prise 20,0 mm ± 0,0 mm (n=5)
Température de capture
Min. NA
Max. NA Moyenne : NA
Référence 53, 33, 19, 40



J+0 - Castellammare - 20 mm



J+15 - Castellammare - 22 mm



J+45 - Castellammare - 28 mm



J+19 - Castellammare - 22 mm



J+0 - Leucate - 80 mm

SCIANIDAE
Sciaena umbra

Epinephelus marginatus

(Lowe, 1834)

Mérou brun (FR), Mero moreno (ES),
Cernio bruno (IT), Dusky grouper (UK)

Caractères méristiques

Nageoire dorsale : XI + 14-16
Nageoire anale : III + 8

Type de ponte Pélagique*
PLD 22-30
Reproduction Juillet-Août
Saison d'installation Été

Distribution

Mer Méditerranée, présent sur la côte est Atlantique du golfe de Gascogne aux côtes africaines.

Ecologie

De l'adulte au juvénile - Les juvéniles se trouvent souvent près du rivage rocheux et restent cryptiques (très peu d'observations in situ).

Adulte - Solitaire et territorial, il fréquente les habitats rocheux côtiers riche en cavités et abris.



Sites de capture



Serranidae

Intérêts -

Description des post-larves

De 25 à 35 mm - La PL se distingue à l'arrivée par ses premiers rayons de nageoires dorsales et pectorales qui sont pointés et dentelés. Ils sont légèrement colorés. La PL a une coloration brun clair qui apparaît le long de son corps. Des chromatophores* de couleur rouge-orangée sont regroupés à la base de la nageoire caudale. La PL porte une grosse épine pré-operculaire, à l'angle de cassure et elle-même épineuse.

Description des juvéniles

De 25 à 35 mm - Après 2 jours, 5 bandes brunes marquent le corps du juvénile. Les rayons épineux dorsaux et pectoraux se sont réduits mais restent colorés de brun, leurs caractères épineux ont disparu. La tache présente sur le pédoncule caudal a migré en position dorsale et s'est assombrie.

Plus de 35 mm - Après deux mois, le juvénile a tous les aspects d'un adulte avec sa couleur caractéristique, les taches blanches ponctuant le corps et la dorsale avec des rayons durs séparés et épais.

Élevage des post-larves

Élevage : Délicat
Intro-spécifique : Dominance
Inter-spécifique : Prédateur
Alimentation : Facile
Stress : Manipulation
Croissance : Rapide
Particularité : Son élevage nécessite une ou plusieurs petites cavités afin qu'il s'y cache. Deux arêtes réglementent sa pêche en Méditerranée française jusqu'en décembre 2023.
Taille de prise 26,2 ± 2,6 mm (n=9)
Température de capture
Min. 26,1°C
Max. 27,3°C Moyenne : 27,0 ± 0,4°C
Référence 22, 33, 19



J+0 - Cagliari - 35 mm



J+2 - Embiez - 26 mm



J+60 - Embiez - 60 mm

SERRANIDAE
Epinephelus marginatus

Figure 42 : Fiche espèce du mérou brun (*Epinephelus marginatus*).

Il existe également un intérêt **pour la pêche**, de part la description complète d'espèces à fort intérêt économique, comme par exemple le denti (Figure 43) ou le chapon (Figure 44). Les professionnels de la pêche ont été volontairement impliqués au sein du SUBLIMO afin qu'ils puissent s'approprier un mode de gestion et d'évaluation durable des stocks futurs à exploiter. Les stocks des populations cibles à exploiter pourront être évalués en amont grâce aux quantités de PL pêchées ponctuellement sur l'année. L'atlas permettra une amélioration des connaissances du stade post-larvaire, mais également une meilleure compréhension de l'importance de cette phase dans le cycle d'un poisson. Ainsi, la gestion des ressources exploitées, combinée à une pêche durable, permettra sans doute de favoriser l'augmentation des densités pour le maintien des activités de pêche sur les zones où la technique sera utilisée.

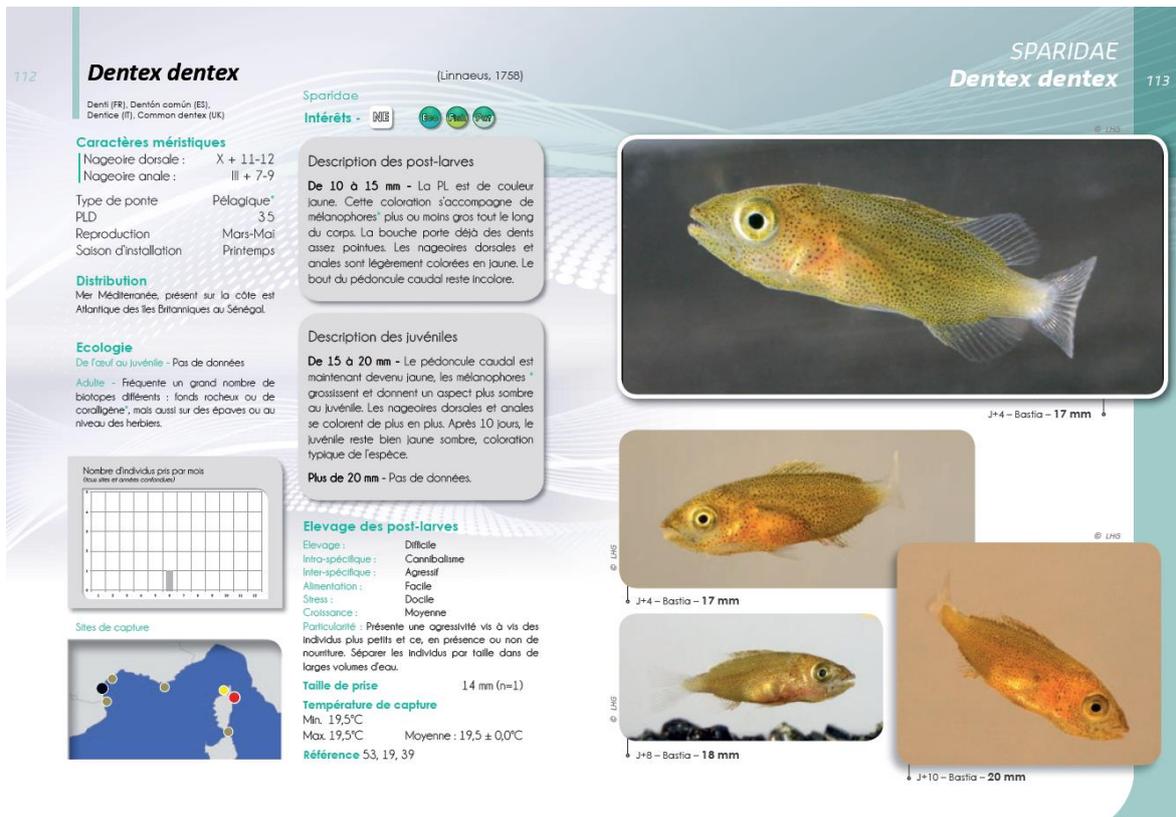


Figure 43 : Fiche espèce du denti (*Dentex dentex*).



Figure 44 : Fiche espèce du chapon (*Scorpaena scrofa*).

Pour l'aquaculture, l'ouvrage présente des espèces qui pourraient être envisagées pour la diversification en aquaculture durable avec l'élevage de nouvelles espèces locales. L'outil propose une description complète des besoins en élevage de chaque espèce d'intérêt, mais également les espèces facilement exploitables et rentables au niveau économique. Des espèces de grands pélagiques, comme par exemple le chinchard méditerranéen (Figure 45) ou encore les mulets (Figure 46) sont des espèces robustes et faciles à élever dans de grands volumes comme c'est le cas des structures d'élevage en pleine mer (cage aquacole). Le mullet, et en particulier l'espèce *Mugil cephalus* est très recherché notamment pour la confection de la boutargue.

CARANGIDAE
Trachurus mediterraneus 71

70 **Trachurus mediterraneus** (Steindachner, 1868)

Chinchard méditerranéen (FR), Auret mediterráneo (ES), Sugarello maggiore (IT), Mediterranean horse mackerel (UK)

Caractères méristiques
 Nageoire dorsale: D1.VIII D2:14-29-35
 Nageoire anale: II + I + 26-39
 Type de ponte Pélagique*
 PLD NA
 Reproduction Mai-Août
 Saison d'installation Été-Automne

Distribution
 Mer Méditerranée, présent sur la côte est Atlantique du golfe de Gascogne à la Mauritanie.

Ecologie
 De l'adulte au juvénile - Les PL accompagnent souvent les objets flottants et les méduses.
 Adulte - Se trouve principalement sur des fonds sableux de la bande côtière. Pélagiques, ils forment de larges bancs en période migratoire.

Nombre d'individus pris par mois (pour sites et années consécutives)

Sites de capture

Carangidae
Intérêts - [IC] [LC] [E] [S] [M]

Description des post-larves
De 13 à 20 mm - La PL est translucide. Elle présente une forme de corps en losange caractéristique des Carangidae. Elle se pigmente très rapidement de mélanophores plus ou moins gros. Son TD devient argenté, avec une couleur de corps vert clair et argent. Les bordures des nageoires dorsales et anales présentent des mélanophores.

Description des juvéniles
De 20 à 40 mm - Les individus présentent une belle ligne latérale en "S", bordée de petites écailles différentes du corps (soutelles). Elles sont caractéristiques du genre Trachurus. Ici, elles sont petites pour l'espèce, ou du moins plus petites que celles de T. trachurus.
Plus de 40 mm - Les juvéniles plus âgés arborent une coloration grise argentée. La ligne latérale accessoire (au dessus de la ligne latérale proche de la base de la nageoire dorsale) se distingue mieux. Elle s'arrête entre les deux nageoires dorsales pour cette espèce.

Elevage des post-larves
 Elevage : Délicat
 Intra-spécifique : Cohabitation
 Inter-spécifique : Cohabitation
 Alimentation : Facile
 Stress : Manipulation
 Croissance : Rapide
 Particularité : Poisson pélagique* à la nage très active, il peut occasionnellement être pris à portée par les autres espèces. Un couvercle est nécessaire en aquarium. La différenciation entre les deux espèces est difficile. Seule une site en élevage permet une mise en évidence des tailles de soutelles* et de l'apparition de la seconde ligne latérale.

Taille de prise 31,11 ± 15,93 mm (n=135)
Température de capture
 Min. 14,03°C
 Max. 27,61°C
 Moyenne : 21,39 ± 3,02°C
Référence 53, 19

Figure 45 : Fiche espèce du chinchard méditerranéen (*Trachurus mediterraneus*).

MUGILIDAE
Chelon labrosus, Liza aurata, Liza ramada, Mugil cephalus 87

86 **Chelon labrosus, Liza aurata, Liza ramada, Mugil cephalus**

Muge (FR), Mujales o Lizas (ES), Cefalo o Mugiline (IT), Mullet (UK)

Caractères méristiques
 Nageoire dorsale: NA
 Nageoire anale: NA
 Type de ponte Pélagique*
 PLD NA
 Reproduction Sept-Déc (LA, LR, MC) & Avril-Mai (CL)
 Saison d'installation Automne (LA, LR, MC) & Printemps (CL)

Distribution
 Mer Méditerranée, largement répandue en Atlantique est de la Norvège (CL) à la Mauritanie (MC).

Ecologie
 De l'adulte au juvénile - Pas de données.
 Adulte - Vit en général près de la surface en formant de larges bancs. Ils peuvent pénétrer les lagunes saumâtres ainsi que les estuaires.

Nombre d'individus pris par mois (pour sites et années consécutives)

Sites de capture

Mugilidae
Intérêts - [LC] [E] [S] [M]

Description des post-larves
De 15 à 20 mm - Les PL ont une teinte argentée avec une coloration dorsale variable allant du brun-noir au vert. Quelques fois, la pigmentation s'étend sur les flancs de l'individu. Ils sont en bancs toujours très actifs (et difficiles à photographier).

Description des juvéniles
Plus de 20 mm - Peu de temps après leur arrivée, ils perdent leur caractère argenté pour prendre une coloration se rapprochant de l'adulte (jaune-or pour *Liza aurata* par exemple).

Elevage des post-larves
 Elevage : Facile
 Intra-spécifique : Cohabitation
 Inter-spécifique : Cohabitation
 Alimentation : Très facile
 Stress : Douce
 Croissance : Rapide
 Particularité : PL robustes. Non agressives, elles se nourrissent facilement de tout ce qui leur est proposé. Elles participent d'ailleurs au nettoyage des bassins. La différenciation des espèces est très difficile, même en les laissant grandir. C'est pour cela qu'elles sont regroupées sous un même taxa.

Taille de prise 19,0 ± 6,9 mm (218)
Température de capture
 Min. 10,8°C
 Max. 26,9°C
 Moyenne : 16,6 ± 3,8°C
Référence 53, 19

Figure 46 : Fiche espèce des mullets (*Chelon labrosus, Liza aurata, Liza ramada* et *Mugil cephalus*).

Enfin, pour **la recherche scientifique**, l'atlas constitue un apport important de connaissances pour la compréhension du développement, mais également pour la biologie et l'écologie des cycles des poissons côtiers de Méditerranée et la surveillance du développement et colonisation par les espèces invasives (Figure 47). L'outil sera utile pour les scientifiques travaillant sur cette nouvelle thématique des jeunes stades de développement qui peut concerner les poissons, les crustacés et les mollusques (Figure 48), en particulier pour le réseau MEDPLANET créé dans le cadre du programme SUBLIMO et qui regroupe différents pays du pourtour méditerranéen. L'aide à l'identification et les informations concernant les 80 espèces étudiées, serviront de base et permettront une amélioration dans la compréhension des mécanismes de dispersion des PL et donc du renouvellement des populations, aussi bien au niveau local que global.

Sphyraena sphyraena (Linnaeus, 1758)

Bécune européenne (FR), Espetón (ES),
Luccio di mare (IT), European barracuda (UK)

Sphyraenidae
Intérêts -   

Caractères méristiques

Nageoire dorsale : D1: V D2: I + 9
Nageoire anale : II + 8

Type de ponte Pélagique*
PLD NA
Reproduction Avril-Juillet
Saison d'installation Eté

Distribution
Mer Méditerranée et mer Noire occidentale, présent sur les côtes est Atlantique du golfe de Cascoigne à l'Angola.

Ecologie
De l'œuf au juvénile - Les juvéniles fréquentent sur les petits fond rocheux côtiers (entre 0 et 1,5 m de profondeur), en petits bancs.
Adulte - Fréquente aussi bien les eaux côtières que celles du large.

Référence 53, 20

 J+0 - Embiez - 55 mm

 J+0 - Embiez - 55 mm

 J+0 - Bastia - 70 mm

 J+0 - Cagliari (museau abimé)

Figure 47 : Fiche d'une espèce invasive, la bécune européenne (*Sphyraena sphyraena*).

178		INVERTEBRÉS		179	
Homarus gammarus (Linnaeus, 1758) Nephropidae Intérêts - LC Référence 46		Loligo vulgaris (Lamarck, 1798) Loliginidae Intérêts - RLB Référence 37		Octopus vulgaris (Cuvier, 1797) Octopodidae Intérêts - RLB Référence 2	
<p>Distribution - Mer Méditerranée et mer Noire, présent sur les côtes est Atlantique de la Norvège au Maroc.</p> <p>Ecologie - Fréquente les fonds rocheux. De jour, il vit caché dans son abri, (falles, trous, épaves). De nuit, il se balade sur les roches à la recherche de sa nourriture.</p> <p>J+0 - Leucate - 19 mm</p>	<p>Distribution - Mer Méditerranée et mer Noire, présent en Atlantique jusqu'au nord ouest, mais aussi en Manche et en Mer du Nord.</p> <p>Ecologie - Fréquente les espaces mésopélagiques* et infopélagiques* (50 à 400 m). Difficilement observables, sauf en période de ponte où ils regagnent les eaux côtières.</p> <p>J+0 - Leucate - 45 mm</p>	<p>Distribution - Mer Méditerranée et mer Noire, présent dans les eaux tempérées et tropicales du monde entier.</p> <p>Ecologie - Fréquente les substrats rocheux, des rivages jusqu'à la limite supérieure du plateau continental. Le coralligène*, les amas rocheux, les fonds sableux ou vaseux et les herbiers sont très fréquentés en fonction des régions.</p> <p>J+0 - Leucate - 20 mm</p>	<p>Distribution - Mer Méditerranée et mer Noire, présent sur les côtes est Atlantique de la Norvège au Maroc.</p> <p>Ecologie - Fréquente les grottes, falles et le dessous des dolles rocheuses isolées dans les posidonies. Se trouve souvent acrochée sous les surplombs et le plafond des cavités où elle se confond avec la couleur du substrat. Sort plus volontiers la nuit.</p> <p>J+0 - Castellammare</p>		

Figure 48 : Fiches espèces d'invertébrés capturés avec les CARE.

IV.C. Transfert de technologies et de savoir-faire

Cet atlas a été édité en 1 000 exemplaires (500 en version française et 500 en version anglaise), afin de pouvoir transférer les techniques et savoir-faire au plus grand nombre d'intéressés au niveau local, national et international. Sa distribution se fait lors des différents congrès, réunions ou visites auxquels nous participons, ainsi qu'en envoi par courrier postal aux personnes à l'étranger qui en ont fait la demande ou avec lesquelles nous collaborons. Il constitue un support de base pour les formations, la transmission et la diffusion du concept de maintien de la biodiversité marine intégrée par des techniques innovantes. A ce jour, 320 exemplaires en français et 150 exemplaires en anglais ont été distribués (Figure 49).

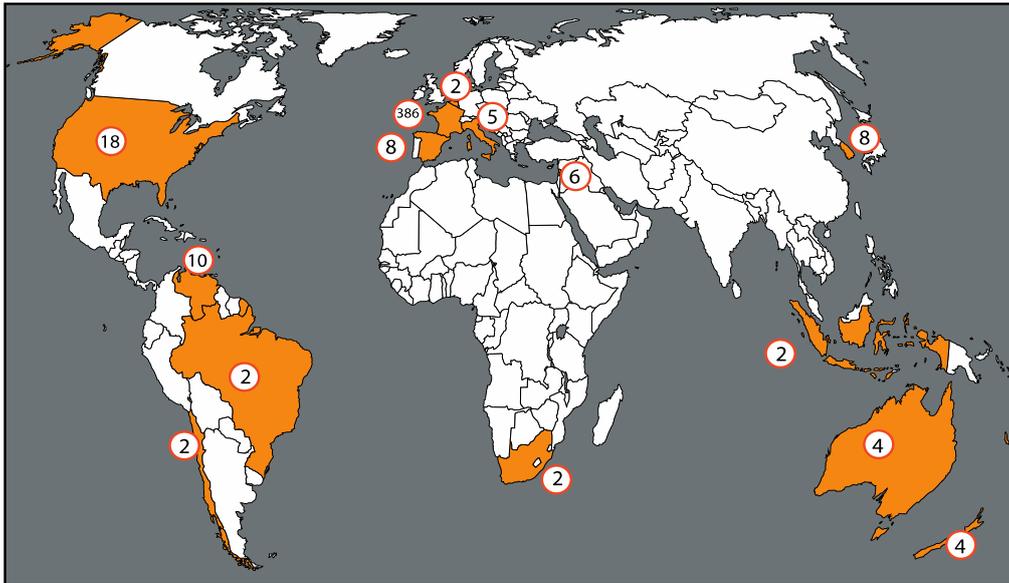


Figure 49 : Carte de distribution des atlas (Rapport final Life+ SUBLIMO).

Le transfert de connaissances a été réalisé de différentes façons suivant la thématique visée.

- Gestion des ressources (professionnels, gestionnaires, scientifiques)

Le fort partenariat avec le Comité Régional des Pêches Maritimes et Elevages Marins de Corse (CRPMEM) nous a permis de pouvoir intégrer directement certains professionnels de la pêche au sein du programme SUBLIMO. Ainsi, nous avons pu former dans ce cadre quelques pêcheurs de la Prud'homie de Bastia-Cap Corse, qui ont participé activement aux pêches par CARE et aux améliorations de la méthode de capture. Au cours d'une réunion organisée avec la Prud'homie Bonifacio (Corse-du-Sud) le 6 octobre 2015, nous avons présenté, devant une vingtaine de professionnels, les avancées du projet SUBLIMO, avec distribution de l'atlas à l'ensemble des participants. Ce dernier a également été présenté à l'ensemble des pêcheurs corses au cours d'un séminaire « Restauration écologique littorale », qui s'est déroulé à STELLA MARE le 8 décembre 2015 (Figure 50).



Figure 50 : Séminaire Repeuplement SUBLIMO avec le Président du CNPMM (Gérard Romiti) et les pêcheurs de Corse au sein des locaux de STELLA MARE (crédit photographique Agostini S., Université de Corse).

Au cours d'une réunion SUBLIMO-NAPPEX pour les pêcheurs professionnels sur le site de Barcarès organisée le 2 février 2015, les résultats des deux projets ont été présentés (Figure 51).



Figure 51 : Réunion SUBLIMO-NAPPEX pour les professionnels de la pêche sur le site du CREM (crédit photographique Lenfant P., Université de Perpignan).

Les gestionnaires d'AMP (Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio, Parc Marin International des Bouches de Bonifacio ; Office de l'Environnement de la Corse) ont également été impliqués dans le programme SUBLIMO pour les sensibiliser à l'importance de pouvoir identifier la biodiversité post-larvaire, pour le maintien de cette dernière, mais également de pouvoir juger de l'efficacité d'une zone de réserve de par son potentiel de reproduction. Certains gestionnaires de l'environnement impliqués ont ainsi été formés aux pêches par CARE durant

toute la durée du programme. Un séminaire eCATE/SUBLIMO organisé par l'équipe du CEFREM-CREM avec les gestionnaires et les pêcheurs de Port-Cros, a permis de leur présenter les résultats de nos travaux, en janvier 2016 (Figure 52).



Figure 52 : Réunion eCATE/SUBLIMO à Port-Cros (crédit photographique CREM, Université de Perpignan).

- Apports de connaissances (scientifiques, chercheurs)

La divulgation des principaux résultats et la distribution de l'atlas vers la communauté scientifique ont été effectuées grâce au réseau MEDPLANET, mais également lors de conférences, de séminaires et colloques internationaux :

- Workshop DRIVER/SUBLIMO pour les gestionnaires et scientifiques, au cours duquel plusieurs thèmes ont été abordés, dont la restauration écologique (avril 2015) ;
- Meeting annuel du Réseau MEDPLANET organisé en avril 2015 ;
- Séminaires d'échanges SUBLIMO/RETI avec l'Italie (Alghero, juin 2013) avec l'active collaboration de l'Université de Corse et de l'Université de Sassari ;
- *6th World Conference on Ecological Restoration* à Manchester aux Royaume Unis (Août 2015) organisée par la SER (*Society for Ecological Restoration*) ;
- *BIT's 3th Annual World Congress of Aquaculture and Fisheries* à Dalian (Chine), en Octobre 2014 ([Figure 53](#));
- *Multi-regional Program "Coastal and Marine Resources Management"* organisé par l'*United States Department of State* lors de l'*International Visitor Leadership Program*, 2015

June 6-27, Washington D.C., Boston, Pensacola, New-Orleans, California, USA.



Figure 53 : Présentation du SUBLIMO au 3th Annual World Congress of Aquaculture and Fisheries (credit photographique BIT's Congress).

Une base de données d'inventaires des espèces étudiées dans le cadre du SUBLIMO a été créée et est disponible pour les acteurs scientifiques en consultation libre (<https://www.wd2go.com>). Elle contient tous les clichés couleurs des suivis des espèces, mais également les données environnementales relevées au cours des pêches (Figure 54).

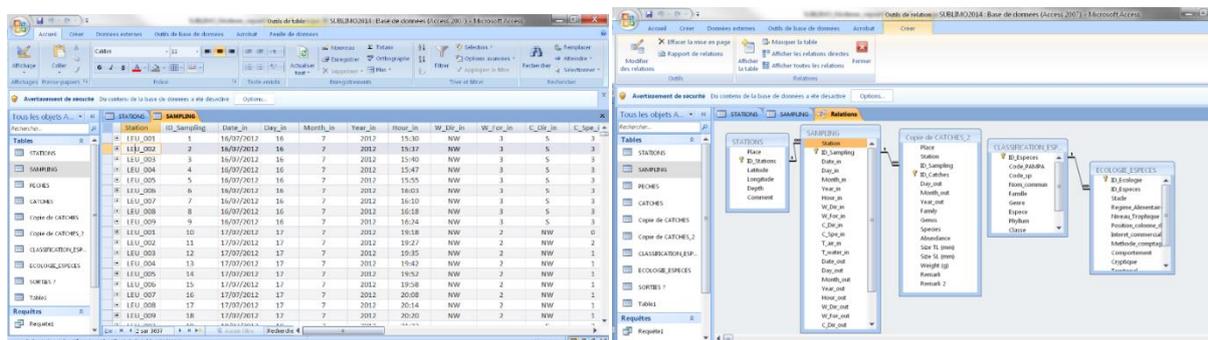


Figure 54 : Structure de la base de données access du Life+ SUBLIMO.

Plusieurs publications scientifiques internationales sont en cours de rédaction sur la méthode d'identification mise au point APLIM et les protocoles d'élevage des différentes espèces jusqu'au stade juvénile - *Innovative method for Fish Early Stages Identification in the Mediterranean Sea: APLIM (Alive Post-Larvae Identification Method)* ; sur l'élaboration des calendriers d'arrivées des PL sur l'ensemble des côtes du bassin Nord-occidental de la Méditerranée - *Spatial and temporal variability of fishes post-larvae from north-western Mediterranean Sea* ; enfin, sur l'impact de la nourriture disponible dans le milieu pour pouvoir estimer les relations proies-prédateurs - *Food web: evaluate the relationship between post-larval biodiversity and plankton communities (phyto- and zooplankton), in Northwest Mediterranean sea.*

- Sensibilisation du grand public

De nombreuses actions de communication et de diffusion ont été menées au cours du SUBLIMO, afin de faire connaître la notion de restauration écologique en milieu marin au grand public, mais également de sensibiliser au plus tôt les générations futures (scolaires). Les événements annuels comme la fête de la science, la mer en fête, sont des journées dédiées à la vulgarisation de l'information scientifique, mais aussi et surtout à l'échange avec le public. Une part importante est transmise par les associations qui luttent pour l'environnement et sa préservation, notamment en organisant des journées de sensibilisation auprès des scolaires. Il était donc important de pouvoir leur transférer nos connaissances au travers de différents supports (film documentaire SUBLIMO, atlas, rapport de vulgarisation, kakémonos). Nous avons travaillé en particulier avec l'association « U Marinu » spécialisée sur le milieu marin, labellisée CPIE Bastia-Golo-Méditerranée et l'Unesco pour le Développement durable (Figure 55) pour l'animation des ateliers et visites.



Figure 55 : Stand SUBLIMO pour les journées de sensibilisations des scolaires et du grand public au cours de la mer en fête et de la fête de la science (crédit photographique Garsi L.H. et Agostini S, Université de Corse).

La distribution et la diffusion de l’atlas et d’un rapport de vulgarisation ont été réalisées au niveau national et international (cf. Figure 49) car ils ont été édités en français et en anglais. Des lettres d’informations trimestrielles (Newsletter SUBLIMO) ont été envoyées par email à une liste de diffusion contenant environ 700 adresses (personnes physiques ou institutions). Au total, sur la durée du programme, nous avons édité 12 newsletters (en anglais et en français) dont la n°12 qui présente l’atlas (Figure 56).



Figure 56 : Lettre d’informations trimestrielle n°12.

La création d'un site internet (<http://www.life-sublino.fr/>, Figure 57) et de blogs (Twitter, <https://twitter.com/SublinoLife>, Figure 58 ; Facebook, <https://www.facebook.com/Sublino-Life-142639395918156/>, Figure 59), afin d'avoir une visibilité étendue sur les réseaux sociaux.

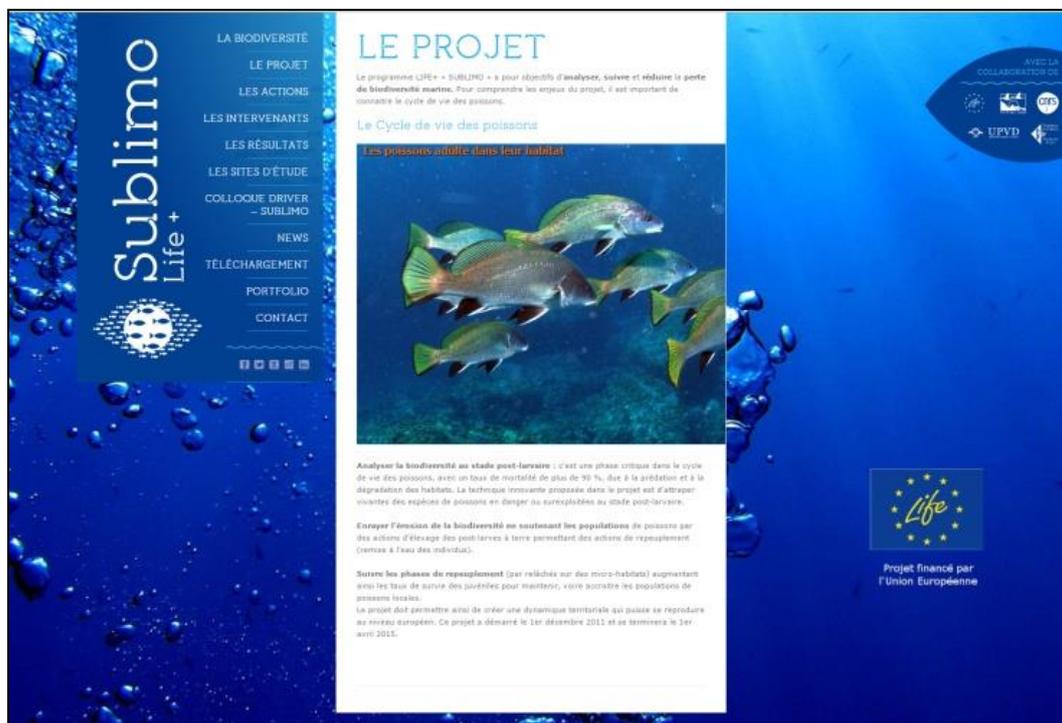


Figure 57 : Site internet Life+ SUBLIMO.



Figure 58 : Compte Twitter Life+ SUBLIMO.

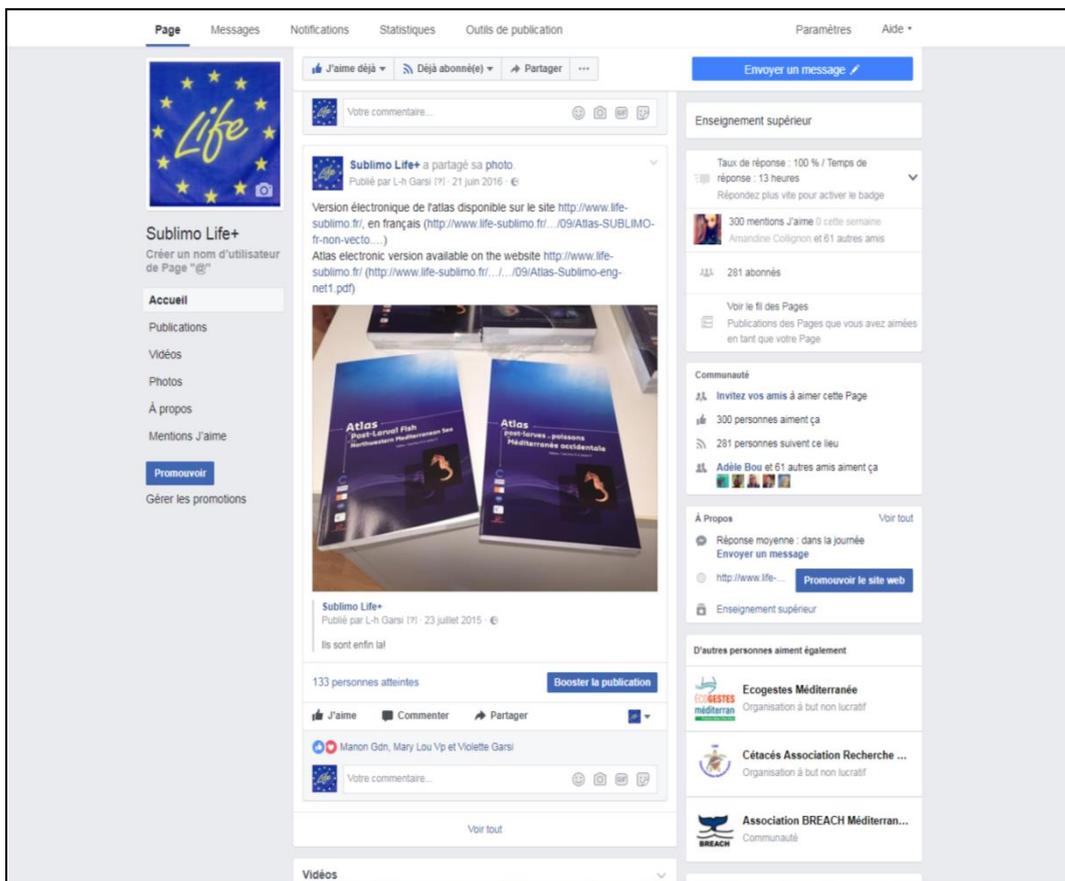


Figure 59 : Page Facebook Life+ SUBLIMO.

Conclusion

Au terme de quatre années de travaux de recherche et de suivi sur la biodiversité post-larvaire ichtyque, réalisés dans le cadre du programme Life+ SUBLIMO (2011-2015), nous avons pu mettre au point un outil pédagogique ciblant les différents acteurs de la mer Méditerranée : l'atlas des PL de poissons de Méditerranée occidentale.

Cet atlas, facile d'utilisation, présente 80 fiches espèces de poissons côtiers de Méditerranée, identifiées à partir du stade post-larvaire jusqu'au stade juvénile. Il permet ainsi d'apporter de nouvelles connaissances essentiellement au niveau des techniques de pêche, d'identification mais également d'élevage en bassin utiles aux professionnels de la mer (pêcheurs, aquaculteurs, gestionnaires) pour la gestion durable des ressources halieutiques et le maintien de la biodiversité marine.

L'outil se veut être une référence de base pour la recherche scientifique sur :

- les méthodes innovantes de captures de PL vivantes,
- le suivi et l'identification des PL de poissons,
- les besoins en élevage aquacole (besoins alimentaires, les habitats nécessaires dans les bassins, manipulations possibles en fonction du niveau de stress et densités nécessaires en bassin pour des conditions de développement optimales),
- la connaissance des calendriers d'arrivées par cohortes des jeunes stades sur les zones côtières du bassin Nord-occidental,
- les techniques de restauration écologique à partir de relâcher en milieu naturel de juvéniles pré-grossis en bassins.

Toutes ces informations sont disponibles avec description des actions concrètes du programme, des différentes techniques utilisées et illustrées par 380 photographies couleurs, avec au début du document un guide de lecture permettant une meilleure compréhension des fiches.

Mon travail de thèse intégré complètement au sein du programme SUBLIMO, a largement contribué à la rédaction de l'atlas, de par :

- les connaissances apportées sur les quatre années de travaux au sein de la plateforme STELLA MARE (3 500 PL pêchées vivantes et mises en élevage, 36 espèces identifiées, 16 espèces relâchées),
- l'apport d'illustrations pour la réalisation de 36 fiches espèces sur 80 au total,
- la participation en tant que co-auteur à la rédaction du manuscrit.

Les applications et les avancées de ces travaux pourraient permettre de déboucher sur des propositions de mesures de gestion et la description de nouveaux indicateurs de l'état du milieu au niveau national dans le cadre de la DCSMM.

Les résultats obtenus ont pu être largement diffusés vers les autres régions de Méditerranée (470 atlas diffusés au total), où la méthode pourra être reproduite, ce qui permettra une vision et des actions plus larges à l'ensemble du bassin.

La mise en réseau grâce au MEDPLANET, la divulgation des informations et résultats au cours de différentes manifestations (conférences, colloques, séminaires, visites), et ce tout au long du programme SUBLIMO, nous a permis de sensibiliser le plus grand nombre (grand public, scolaires, scientifiques) à la restauration écologique en milieu littoral qui est une science nouvelle amenée à se développer. L'effort de sensibilisation post-SUBLIMO devra donc se maintenir afin de rallier le maximum d'acteurs autour de cette problématique, de pallier aux pertes de biodiversité, mais également de favoriser une gestion durable des futurs stocks halieutiques.

4. SYNTHÈSE GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Au cours de ce travail de thèse, nous avons pu acquérir une grande quantité d'informations et de connaissances, concernant un compartiment très peu connu du cycle de vie des poissons côtiers de Méditerranée : le stade post-larvaire. L'implication collaborative de deux structures de recherche (Université de Perpignan et Université de Corse) au sein du programme européen Life+ SUBLIMO (SUivi de la Biodiversité post-Larvaire Ichtyque de Méditerranée Nord-occidentale), a permis de regrouper des informations par le biais de données de pêches récupérées de manière synchrone sur sept sites de prélèvements (quatre sur les côtes françaises et trois sur les côtes corses) et d'élevage en bassin sur deux sites (Bastia et Leucate). Les données complémentaires de captures et de suivis de ces individus en phase d'installation sur les côtes de Corse (six sites au total), nous permettent ainsi de fournir ici des données d'abondances, de biodiversités, d'assemblages spécifiques, de variations spatio-temporelles et d'influences des paramètres environnementaux. De plus, l'étude de cette biodiversité mal connue nous a confrontés à des lacunes au niveau de différentes techniques (e.g. identification des espèces, élevage en bassin, nourrissage) qui nous ont permis de mettre au point de nouveaux outils pour une aide à la gestion de ces jeunes stades de vie (e.g. méthode d'identification APLIM, Atlas des post-larves, protocoles et préconisation d'élevage).

4.1. Acquisition de données et apport de connaissances nouvelles

Tout au long du suivi et du travail de terrain et d'élevage effectués, de juillet 2012 à septembre 2014, nous avons pu acquérir une multitude de données et d'informations concernant la capture, le pré-grossissement et l'identification de plusieurs espèces méditerranéennes au stade post-larvaire. Les données photographiques sur les descriptions morphologiques et pigmentaires à ce stade concernant plusieurs espèces de poissons côtiers de Méditerranée Nord-occidentale, ont permis la réalisation d'un atlas d'identification (Crec'hriou *et al.*, 2015) destiné aux différents acteurs de la mer (pêcheurs, aquaculteurs et gestionnaires de l'environnement marin). Ces descriptions n'auraient pu être possibles sans la mise en pré-grossissement des individus capturés vivants dans le milieu naturel, le long des zones côtières du Golfe du Lion et de la Corse. La méthode de capture d'origine de Lecaillon (2004), destinée à l'aquariologie, a été ajustée ici et adaptée pour la recherche scientifique. En plus des données descriptives acquises, nous avons pu mettre en place une nouvelle méthode complète et efficace pour la détermination des espèces (APLIM, *Alive Post-Larvae Identification Method*), en nous basant sur des méthodes existantes ayant fait leurs preuves en milieu tropical (PCC, *Postlarval Capture and*

Culture ; Lecaillon and Lourié, 2007b), et testées récemment en Méditerranée (Lecaillon *et al.*, 2012). En fonction des espèces suivies, les échelles de temps qui ont été nécessaires pour valider leurs identifications, sont comprises entre un jour et deux mois. Cette méthode décrit les différentes étapes du processus d'identification, de la pêche des individus aux recommandations quant à l'utilisation optimale du matériel, en passant par les soins et attentions apportés au cours de la période de pré-grossissement des espèces en bassin. La combinaison de plusieurs méthodes a permis le suivi et le maintien en vie des post-larves pêchées vivantes dans le milieu naturel.

L'ensemble des connaissances obtenues constituent une masse de données nouvelles pour la zone Nord-ouest de la Méditerranée, ce qui nous a incité à constituer une base de données regroupant la totalité des connaissances de pêches, de mise en élevage, de paramètres relevés *in situ* et des photographies de chaque individu suivi. Cette banque de données, disponible sur internet (<http://www.life-sublimo.fr/>), pourrait faire l'objet d'un élargissement et être agrémentée par des contributions extérieures à notre programme, comme cela a été le cas lors de la réalisation de certaines fiches descriptives d'espèces de l'atlas (Crec'hriou *et al.*, 2015 ; Chapitre I) par le réseau MEDPLANET créé au sein du programme Life+ SUBLIMO.

En parallèle des résultats de pêches obtenus, nous fournissons également des informations sur la variabilité spatio-temporelle de la biodiversité spécifique rencontrée sur l'ensemble des sites échantillonnés. Au travers des données récoltées sur dix sites du bassin Nord-ouest méditerranéen (quatre le long des côtes françaises et six autour de la Corse), il nous est clairement apparu des diversités spatiales, avec la mise en avant de caractéristiques continentales et corses qui se traduisent au sein des assemblages d'espèces déterminées. Ces résultats ont déjà été mis en évidence par une étude préliminaire, réalisée par nos confrères de l'Université de Perpignan (Lozano *et al.*, 2015), sur les données récoltées pendant le programme SUBLIMO au sein du Parc National de Port-Cros. La variabilité temporelle est traduite par une saisonnalité de l'arrivée des post-larves sur les littoraux. En effet, deux saisons se distinguent très nettement (l'été et l'hiver), que ce soit au niveau des quantités d'individus qui arrivent sur les côtes mais également des groupements d'espèces. Ceci en fonction des affinités aux conditions environnementales (e.g. température) et des périodes de reproductions des adultes, ce qui coïncide avec les données de la littérature (Tsikliras *et al.*, 2010). L'ensemble des données de captures, réparties sur les dix sites échantillonnés, a permis l'élaboration des calendriers d'arrivées pour chaque famille et espèce de post-larves récoltées, en fonction des saisons et des sites. Les jeunes recrues qui s'installent en zone côtière méditerranéenne,

choisissent un type d'habitat en fonction de leurs besoins et de leurs modes de vie. Les disparités des résultats et assemblages spécifiques obtenus en fonction des sites de pêches, laissent à penser que les impacts anthropiques auraient une influence non négligeable sur les processus de recherche de biotope préférentiel (Chapitre II).

Nous avons également initié des explorations quant aux mécanismes qui régiraient les relations proies/prédateurs de trois compartiments étudiés au cours de cette thèse : phytoplancton – zooplancton – post-larves. L'observation de successions trophiques le long de la côte orientale de la Corse, suggère que les individus de post-larves capturées se nourriraient préférentiellement de zooplancton. Les hypothèses des régimes alimentaires, des familles de post-larves les plus fréquemment rencontrées, ont pu être avancées et vérifiées par des analyses génétiques des contenus stomacaux. La plupart des individus testés se nourrissent de mollusques et de larves de méduses, qui sont présents dans le zooplancton. La température est le paramètre abiotique qui influence le plus la distribution et l'abondance des post-larves des zones littorales. Dans une moindre mesure on retrouve les vents et courants marins qui ont également un impact favorable non négligeable sur ces répartitions (Chapitre III).

4.2. Lien entre le scientifique, le professionnel et le public

La création d'un outil pédagogique de transfert de connaissances est le trait d'union qui permettra de garder le lien déjà créé avec les professionnels de la mer, aux travers des pêches réalisées au cours du Life+ SUBLIMO, mais également avec le public aux travers des journées et actions de sensibilisations/communications sur la biodiversité marine. Les professionnels de la mer sont les premiers impactés par la diminution de la biodiversité et des stocks halieutiques, ils ont été les premiers à tirer la sonnette d'alarme et à faire la démarche pour demander de l'aide aux chercheurs/scientifiques afin de trouver et mettre en place des solutions pour le maintien de leurs activités.

L'atlas des post-larves de poissons de Méditerranée Nord occidentale (Crec'hriou *et al.*, 2015) est un outil de gestion des ressources mais également un support important de transfert de connaissances et de technologies vers les professionnels, les gestionnaires de l'environnement marin, et les scientifiques, sans oublier le grand public, afin de sensibiliser le plus grand nombre à la perte de biodiversité que subit la Méditerranée. En effet, il devient de plus en plus urgent que tout un chacun prenne conscience de l'urgence de la situation (Chapitre IV).

Quelle serait la solution la plus efficace pour réduire la perte de biodiversité marine ? Quelles mesures prendre pour le maintien et la gestion des stocks halieutiques ? TelLe genre de questionnements qui apparaît pour les acteurs de la mer, s'ils sont soucieux de leur environnement et s'ils sont désireux de s'impliquer pour apporter leur pierre à l'édifice. Le concept de « sciences participatives » pourrait être pris en considération afin d'enclencher une réelle prise de conscience avec un outil adapté et ludique.

Qu'est qu'une science participative ? D'après Houllier (2016) le terme désigne « des formes de production de connaissances scientifiques auxquelles des acteurs non-scientifiques-professionnels – qu'il s'agisse d'individus ou de groupes – participent de façon active et délibérée ». On parle aussi parfois de sciences citoyennes, de recherches participatives, d'inventaires, une multitude de termes qui ne facilitent pas la compréhension du phénomène par le grand public, dont seule une minorité en connaît l'expression.

C'est dans le domaine des sciences naturelles que ce type de démarche s'est surtout développée, étant donné qu'une grande partie du travail se fait sur le terrain ce qui exempt les moyens coûteux de traitement réalisés en laboratoire et qui permet à des non-scientifiques de contribuer aux apports de connaissances et d'inventaires. Les sciences participatives permettent d'obtenir des données sur de grandes échelles de temps et d'espaces, ce qui est particulièrement important dans les domaines comme l'écologie ou la biologie des populations. Les citoyens représentent une part de travail et de compétences non négligeables, ils peuvent ainsi contribuer au développement de la recherche et enrichir les connaissances scientifiques. Le fait d'impliquer le grand public dans l'enrichissement de la science est probablement le meilleur moyen de le sensibiliser aux méthodes et outils de recherches, mais également à la démarche scientifique. Le résultat du concept de sciences participatives irait donc au-delà d'une simple diffusion des connaissances, il rendrait la science plus concrète, mieux comprise et plus proche de la vie quotidienne.

4.3. Changements climatiques

Dans ce contexte de diminution de biodiversité, on peut se poser la question de l'impact que pourrait avoir les modifications du climat sur les cycles biologiques de ces jeunes stades. La compréhension de la façon dont les espèces et les écosystèmes réagissent aux changements climatiques est devenue un élément central de l'écologie et de la biologie de la conservation (Halpern *et al.*, 2008).

Les écosystèmes marins sont d'une importance capitale pour la biologie de la planète. Une compréhension globale de la façon dont le changement climatique les affecte, est nécessaire pour tenter de pallier les impacts néfastes qu'ils subissent. Les changements climatiques mondiaux d'origine anthropique ont de profondes implications sur les écosystèmes marins, ainsi que sur les systèmes économiques et sociaux qui en dépendent.

Les effets synergiques entre le climat et les variables anthropiques, en particulier la pression de la pêche, exacerberont probablement les changements induits par le climat. C'est le cas par exemple de la circulation océanique, moteur du transport larvaire, qui va être modifiée, ce qui va entraîner des conséquences importantes sur la dynamique des populations (Harley *et al.*, 2006). De plus en plus d'études tentent de comprendre et/ou d'estimer ces impacts. Une étude récente indique que l'augmentation rapide des concentrations de gaz à effet de serre entraînerait les systèmes océaniques vers des conditions que l'on n'a pas vues depuis des millions d'années, avec un risque associé de transformation écologique fondamentale et irréversible (Doney *et al.*, 2012). D'après Hoegh-Guldberg & Bruno (2010), les effets des changements climatiques comprennent la baisse de la productivité des océans, la modification de la dynamique du réseau trophique, la diminution de l'abondance des espèces qui forment l'habitat, les changements dans la répartition des espèces. Bien qu'il y ait une grande incertitude quant aux détails spatiaux et temporels, le changement climatique modifie clairement et fondamentalement les écosystèmes océaniques (Hoegh-Guldberg and Bruno 2010). D'après l'analyse d'Halpern *et al.* (2008), aucune zone ne serait à l'abri de l'influence humaine et une grande partie (41 %) est fortement touchée par de multiples facteurs. Cependant, il reste de vastes zones pour lesquelles l'impact humain est relativement peu important, en particulier près des pôles (Halpern *et al.*, 2008).

L'acidification des océans, la baisse du pH de l'eau de mer associée à l'enrichissement continu des eaux marines en dioxyde de carbone provenant de la combustion des combustibles fossiles, peut gravement nuire aux organismes marins calcifiants (e.g. phytoplancton ; Lohbeck *et al.*, 2012). Les résultats obtenus suggèrent que ces modifications de la chimie des océans auront des conséquences importantes sur les taxons marins (Guinotte and Fabry, 2008). Tous les niveaux de la chaîne trophique alimentaire seront impactés, ce qui aura également des effets sur la survie des post-larves, puisque les organismes phytoplanctoniques constituent les premiers maillons de cette chaîne.

La Méditerranée est un haut lieu de biodiversité, malheureusement trop peuplée et très sensible aux changements climatiques de par son statut de mer semi-fermée. En 2006, Giorgi a conçu un indice comparatif pour identifier les régions les plus sensibles aux changements climatiques

(points chauds). Les résultats qu'il a obtenus montrent que les régions méditerranéennes, ainsi que celles du Nord-est de l'Europe, apparaissent comme les points chauds les plus sensibles aux changements climatiques. L'intensité et la robustesse des signaux du changement climatique produites par une série de modèles climatiques mondiaux et régionaux suggèrent que la Méditerranée pourrait être une région particulièrement vulnérable au changement planétaire (Giorgi and Lionello, 2008).

Cette vulnérabilité provient de plusieurs facteurs, comme par exemple des taux d'évaporation élevés, un faible écoulement des eaux de ruissellement de peu de rivières et des pluies saisonnières, ce qui se traduit par un déséquilibre hydrologique (Turley, 1999). D'après Calvo *et al.* (2011) le réchauffement climatique se traduit au niveau régional par une élévation du niveau de la mer, une augmentation de la température de surface d'environ 1,1°C, une salinisation progressive des eaux intermédiaires et profondes et un renforcement de la stratification. Un scénario probable de ce à quoi on peut s'attendre en Méditerranée est une diminution considérable des précipitations et des vents, des eaux de surface plus chaudes et une période de stratification prolongée (Calvo *et al.*, 2011). Les données recueillies sur les côtes ont montré que la température de la mer augmente régulièrement, que les phénomènes climatiques extrêmes deviennent plus fréquents, que les faunes se déplacent et que les espèces envahissantes se propagent (Lejeusne *et al.*, 2010) ce que nous avons pu remarquer en capturant des juvéniles de Bécune européenne (*Sphyraena sphyraena*).

L'écosystème méditerranéen est menacé à tous les niveaux et dans son ensemble. Les espèces marines, déjà fragilisées par les modifications du climat, ne vont cesser d'être touchées et à terme beaucoup vont disparaître. Elles sont touchées à tous les niveaux de leur cycle biologique ce qui a des répercussions directes sur la constitution des futurs stocks. Une prise de conscience globale, ainsi que des mesures de conservation et de restauration sont à mettre en place rapidement, pour le maintien de cette biodiversité qu'elle soit méditerranéenne ou mondiale. Le fait de pouvoir maîtriser l'élevage en bassin aquacole des espèces de post-larves prélevées *in situ* dans le milieu naturel serait un atout majeur pour le futur.

4.4. Contexte générale et perspectives

La Méditerranée est non seulement très peuplée mais est aussi une des plus grandes destinations touristiques du monde, ces deux aspects étant susceptibles de connaître une forte croissance à l'avenir (Turley, 1999). Dans ce contexte global, il apparaît évident que la zone méditerranéenne est fragilisée. La Corse se trouve au centre du bassin occidental, son économie est basée en grande partie sur le tourisme, mais aussi sur la pêche (professionnelle et de loisir). L'insularité et le fait que ce soit un territoire à petite échelle, relativement bien préservé, pourrait être un atout pour des actions pionnières en termes de gestion et protection des ressources. C'est le cas par exemple avec le projet CREANURS (CREation de NURSeries côtières spécifiques), dont l'intérêt est la mise en place dans une même zone expérimentale, de plusieurs types de micro-habitats (frayères, nurseries) permettant de tester l'attractivité spécifique en captage naturel de différentes espèces halieutiques (crustacés, échinodermes, mollusques, poissons).

Dans cette situation, la recherche joue un rôle fondamental pour la prise de décision et l'aide à la gestion des ressources halieutiques. Des études ont été menées en Corse, comme par exemple à l'extrême Sud au sein de la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio, sur la pêche récréative et l'impact qu'elle peut avoir sur les stocks (Marengo *et al.*, 2015) et sur la dispersion larvaire au sein du Parc Marin International (Gerigny & Koeck *et al.*, 2015). C'est aussi le cas au sein du laboratoire de recherche STELLA MARE, ayant accueilli ces travaux de thèse, qui ont permis de réaliser ces recherches. Ceci, afin de mieux comprendre les mécanismes qui régissent les cycles de vie des poissons côtiers, notamment par la compréhension du fonctionnement des premiers stades de leur vie. Différentes études vont permettre de compléter ces travaux de thèse. Parmi les divers programmes portés par la plateforme STELLA MARE, un travail complémentaire concernant les capacités physiques et comportementales de plusieurs espèces de PL, a été initié afin de compléter les premiers résultats que nous avons obtenus ici (e.g. calendriers d'arrivées, identifications). En effet, l'étude des otolithes va permettre de déterminer l'âge auquel les individus PL arrivent sur les côtes, ce qui pourra compléter les calendriers d'arrivées. Des expérimentations *in situ* sur les capacités d'orientation des individus prélevés dans le milieu naturel, mais également des tests en laboratoires sur les capacités de nage des post-larves PL, ont été réalisés afin d'évaluer l'impact de cette compétence physique sur l'installation des recrues en zones côtières. De plus, des études sur l'environnement acoustique seront menées en parallèle des études *in situ*, afin d'évaluer les influences des différences sonores en fonction des zones côtières de recrutement (types de fonds). Ces deux volets de recherches constituent les travaux de thèse d'Amélie Rossi qui sont en cours de réalisation.

La détermination de zones d'importances (e.g. frayères, nurseries) grâce à des travaux de modélisation de la dispersion post-larvaire.

Ces recherches fourniront les premiers résultats du genre pour la Corse, en complément de ce travail de thèse, pour proposer des solutions adaptées pour une meilleure~~une aide à la~~ gestion des du milieu et des ressources~~et à la protection des ressources~~ halieutiques.

5. BIBLIOGRAPHIE

- Aboussouan A., 1964. Contribution à l'étude des œufs et larves pélagiques des poissons téléostéens dans le golfe de Marseille. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume* 32 (48): 87-161.
- AFNOR, 2006. Norme guide pour le dénombrement du phytoplancton par microscopie inversée. Méthode Utermöhl. NF EN 15204: 39 p.
- Ahlstrom E.H. & Moser H.G., 1980. Characters useful in identification of pelagic marine fish eggs. . *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations*: 21 p.
- Armani A., Guardone L., Castigliero L., D'Amico P., Messina A., Malandra R., Gianfaldoni D., and Guidi A., 2015. DNA and Mini-DNA barcoding for the identification of Porgies species (family Sparidae) of commercial interest on the international market. *Food Control*: 50 p.
- Bell J.D., Clua E., Hair C.A., Galzin R., and Doherty P.J., 2009. The capture and culture of postlarval fish and invertebrates for the marine ornamental trade. *Reviews in Fisheries Sciences* 17 (2): 223-240.
- Bellizia L., Pan J., Venerus L.A., and Ehrlich M.D., 2000. Abundancia y distribución de huevos y larvas de la merluza argentina (*Merluccius hubbsi* Marini, 1933) en un área de desove intensivo en el litoral norpatagónico. Seminario Curso de Oceanografía Biológica (INIDEP, Mar del Plata). Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales: 33 p.
- Bergenius M.A.J., McCormick M.I., Meekan M. G., and Robertson D.R., 2005. Environmental influences on larval duration, growth and magnitude of settlement of a coral reef fish. *Marine Biology* 147: 291-300.
- Betti P., 2005. Desarrollo larval de merluza (*Merluccius hubbsi*) considerando aspectos ecomorfológicos. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Mar del Plata, Argentina: 71 p.
- Bianchi C.N. & Morri C., 2000. Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: Situation, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin* 40 (5): 367-376.
- Bouchereau J.-L., Body P. and Chauvet C., 1999. Growth of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Linnaeus, 1758) (Teleostei, Serranidae), in the Natural Marine Reserve of Lavezzi Islands, Corsica, France. *Scientia Marina* 63 (1): 71-77.
- Brooks T.M., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., Da Fonseca G.A. B., Rylands A.B., Konstant W.R., Flick P., Pilgrim J., Oldfield S., Magin G. and Hilton-Taylor C., 2002. Habitat

- loss and extinction in the hotspots of biodiversity. *Conservation Biology* 16 (4): 909-923.
- Calvo E., Simó R., Coma R., Ribes M., Pascual J., Sabatés A., Gili J.M. and Pelejero C., 2011. Effects of climate change on Mediterranean marine ecosystems: the case of the Catalan Sea. *Climate Research* 50 (1): 1-29.
- Carassou L., Ponton D., Mellin C. and Galzin R., 2008. Predicting the structure of larval fish assemblages by a hierarchical classification of meteorological and water column forcing factors. *Coral Reefs* 27: 867-880.
- Carassou L., Wantiez L., Ponton D. and Kulbicki M., 2012. Can differences in the structure of larval, juvenile and adult coral-reef fish assemblages be detected at the family level? *Austral Ecology* 37: 374-382.
- Cardona L., 2000. Effects of salinity on the habitat selection and growth performance of Mediterranean flathead grey mullet *Mugil cephalus* (Osteichthyes, Mugilidae). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 50 (5): 727-737.
- Catalan I.A., Dunand A., Alvarez I., Alos J., Colinas N. and Nash R.D.M., 2014. An evaluation of sampling methodology for assessing settlement of temperate fish in seagrass meadows. *Mediterranean Marine Science* 15 (2): 338-349.
- Coll M., Piroddi C., Steenbeek J., Kaschner K., Ben Rais Lasram F., Aguzzi J., Ballesteros E., Bianchi C.N., Corbera J., Dailianis T., Danovaro R., Estrada M., Froglià C., Galil B. S., Gasol J.M., Gertwagen R., Gil J., Gulhaumon F., Kesner-Reyes K., Kitsos M. S., Koukouras A., Lampadariou N., Laxamana E., Lopez-Fé de la Cuadra C.M., Lotze H. H., Martin D., Mouillot D., Oro D., Raicevich S., Rius-Barile J., Saiz-Salinas J.I., San Vicente C., Somot S., Templado J., Turon X., Vafidis D., Villanueva R. and Voultsiadou E., 2010. The biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, Patterns, and Threats. *Plos One* 5 (8): 1-36.
- COM/2006/216, 2006. Enrayer la diminution de la biodiversité à l'horizon 2010 et au-delà. Préserver les services écosystémiques pour le bien-être humain. Communication de la commission des communautés européennes. Bruxelles.
- Cowen R.K., 2002. Oceanographic influences on larval dispersal and retention and their consequences for population connectivity. *Coral Reef Fishes: Dynamics and Diversity in a Complex Ecosystem*: 149-170.
- Crec'hriou R., Garsi L.H., Lèbre L., Lozano L., Pastor J., Lecaillon G., Durieux E.D.H., Simon G., Ternengo S., Bracconi J., Briot L., Verdoit-Jarraya M., Saragoni G., Pristchepa S., Bastien R., Agostini S. and Lenfant P., 2015. Atlas des post-larves de poissons de

- Méditerranée occidentale. Editeurs: Crec'hriou R. & Lenfant P., Programme Life+ SUBLIMO, 192 p.
- Cushing D.H., 1990. Plankton production and year-class strength in fish populations: an update of the match/mismatch hypothesis. *Advances in Marine Biology* 26: 249-293.
- D'Alessandro E., Sponaugle S. and Lee T., 2007. Patterns and processes of larval fish supply to the coral reefs of the upper Florida Keys. *Marine Ecology Progress Series* 331: 85-100.
- D'Elbée J., Castège I., Hémerly G., Lalanne Y., Mouchès C., Pautrizel F. and D'Amico F., 2009. Variation and temporal patterns in the composition of the surface ichthyoplankton in the southern Bay of Biscay (W. Atlantic). *Continental Shelf Research* 29 (8): 1136-1144.
- Doherty P.J., Dufour V., Galzin R., Hixon M.A., Meekan M.G. and Planes S., 2004. High mortality during settlement is a population bottleneck for a tropical surgeonfish. *Ecology* 85 (9): 2422-2428.
- Doney S.C., Ruckelshaus M., Duffy J.E., Barry J.P., Chan F., English C.A., Galindo H.M., Grebmeier J.M., Hollowed A.B., Knowlton N., Polovina J., Rabalais N.N., Sydeman W.J. and Talley L.D., 2012. Climate Change Impacts on Marine Ecosystems. *Annual Review of Marine Science* 4: 11-37.
- Ehrlich M.D., Sánchez R.P., De Ciechowski J.D. and Pájaro M., 1999. Ichthyoplankton composition, distribution and abundance on the southern patagonian shelf and adjacent waters. Mar del Plata: Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, 3.INIDEP. Documento Científico. 5: 37-65.
- Ellis S., 2010. Development of Post-larval Capture and Culture (PCC) in Pohnpei for the ornamental fish market. COMPONENT 3C - Project 3C4 Support to PCC development for the ornamental fish trade in FSM. Technical report: 14 p.
- Faillietaz R., 2015. Estimation des capacités comportementales des larves de poissons et leurs implications pour la phase larvaire : un cas d'étude d'espèces démersales de Méditerranée Nord-Occidentale. Biodiversité et Ecologie. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI (Thèse de doctorat): 227 p.
- Faria C., Gil F. and Almada V.C., 2006. Ontogenetic development of *Parablennius pilicornis* (Pisces: Blenniidae) in controlled conditions. *Scientia Marina* 70 (4): 667-671.
- Félix-Hackradt F.C., 2012. Ecology of Mediterranean reef fish early life history stages, population connectivity and implications for marine protected areas design. Universidad de Murcia. Facultad de Biología. Departamento de Ecología e Hidrología (Thèse de doctorat): 210 p.

- Félix-Hackradt F.C., Hackradt C.W., Treviño-Otón J., Segovia-Viadero M., Pérez-Ruzafa A. and García-Charton J.A., 2013. Environmental determinants on fish post-larval distribution in coastal areas of south-western Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 129 (0): 59-72.
- Field C.B., 1998. Primary Production of the Biosphere: Integrating Terrestrial and Oceanic Components. *Science* 281 (5374): 237-240.
- Garrido M., 2012. Structure et fonction des communautés phytoplanctoniques en milieux côtiers marin et lagunaire (Méditerranée–Corse) dans une optique de gestion. Université de Corsica - Pasquale Paoli (Thèse de Doctorat): 205 p.
- Garrido M., Koeck B., Goffart A., Collignon A., Hecq J.H., Agostini S., Marchand B., Lejeune P. and Pasqualini V., 2014. Contrasting patterns of phytoplankton assemblages in two coastal ecosystems in relation to environmental factors (Corsica, NW Mediterranean Sea). *Diversity* 6: 296-322.
- Gasiūnaitė Z.R. and Olenina I., 1998. Zooplankton-phytoplankton interactions: a possible explanation of the seasonal succession in the Kuršiu Marios lagoon. *Eutrophication in Planktonic Ecosystems: Food Web Dynamics and Elemental Cycling. Springer*: 333-339.
- Gérigny O., 2012. Etude hydrodynamique dans la zone de Bastia à partir de données de courants issues de la littérature et d'enregistrements d'ADCP mobile du Téthys II (INSU). Rapport scientifique. 58 p.
- Gérigny O. & Koeck B., Durieux E.D.H., Coudray S., Garsi L.H., Bisgambiglia P.A., Galgani F. and Agostini S., 2015. Connectivity patterns of coastal fishes following different dispersal scenarios across a transboundary marine protected area (Bonifacio strait, NW Mediterranean). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 154: 234-247.
- Giorgi F., 2006. Climate change hot-spots. *Geophysical Research Letters* 33 (8): 1-4.
- Giorgi F. and Lionello P., 2008. Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change* 63: 90-104.
- Goffart A., 1992. Influence des contraintes hydrodynamiques sur la structure des communautés phytoplanctoniques du bassin Liguro-Provençal (secteur Corse). Université de Liège (Thèse de Doctorat): 163 p.
- Goffart A., Catalano G. and Hecq J.H., 2000. Factors controlling the distribution of diatoms and Phaeocystis in the Ross Sea. *Journal of Marine Systems* 27 (1-3): 161-175.
- Goffart A., Hecq J.H. and Prieur L., 1995. Contrôle du phytoplancton du Bassin Ligure par le Front Liguro-Provençal (secteur corse). *Oceanologica Acta* 18: 329-342.

- Gorsky G., Ohman M.D., Picheral M., Gasparini S., Stemmann L., Romagnan J.B., Cawood A., Pesant S., García-Comas C. and Prejger F., 2010. Digital zooplankton image analysis using the ZooScan integrated system. *Journal of Plankton Research* 32 (3): 285-303.
- Grosjean P., Picheral M., Warembourg C. and Gorsky G., 2004. Enumeration, measurement, and identification of net zooplankton samples using the ZOOSCAN digital imaging system. *ICES Journal of Marine Science* 61 (4): 518-525.
- Guinotte J.M. and Fabry V.J., 2008. Ocean acidification and its potential effects on marine ecosystems. *The year in Ecology and Conservation Biology* 1134: 320-342.
- Halpern B.S., Walbridge S., Selkoe K.A., Kappel C.V., Micheli F., D'Agrosa C., Bruno J.F., Casey K.S., Ebert C., Fox H.E., Fujita R., Heinemann D., Lenihan H.S., Madin E.M.P., Perry M.T., Selig E.R., Spalding M., Steneck R. and Watson R., 2008. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 319 (5868): 948-952.
- Handy S.M., Deeds J.R., Ivanova N.V., Hebert P.D., Hanner R.H., Ormos A., Weigt L.A., Moore M.M. and Yancy H.F., 2011. A single-laboratory validated method for the generation of DNA barcodes for the identification of fish for regulatory compliance. *Journal of AOAC International* 94 (1): 1-10.
- Harmelin J.G., Robert P., Cantou M., Harmelin-Vivien J.G., 2007. Long term changes in the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) population from a NW Mediterranean marine protected area, the national park of Port-Cros (France). *Second symposium on Mediterranean groupers, Francour P., Gratiot J. editors., Nice University publication, Nice: 87-89.*
- Harley C.D.G., Hughes A.R., Hultgren K.M., Miner B.G., Sorte C.J.B., Thornber C.S., Rodriguez L.F., Tomanek L. and Williams S.L., 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters* 9: 228-241.
- Hebert P.D.N., Cywinska A., Ball S.L. and deWaard J.R., 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *The Royal Society* 270: 313-321.
- Hecq J.H., 2003. Modélisation conceptuelle et numérique de l'écosystème planctonique océanique. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège* 72: 93-302.
- Hecq J.H., Bouquegneau J.M., Djenidi S., Frankignoulle M., Goffart A. and Licot M., 1986. Some aspect of the Liguro-provençal frontal ecohydrodynamics. *In J.C.J. Nihoul (Ed): Marine Interfaces Ecohydrodynamics. Elsevier Oceanography Series, Amsterdam 42: 257-271.*
- Heenan A., 2010. The behaviour of settling coral reef shes and supplementary management tools. University of Edinburgh (Thèse de doctorat): 166 p.

- Heenan A., Simpson S. D. and Braithwaite V.A., 2008. Testing the generality of acoustic cue use at settlement in larval coral reef fish. *Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium*, Fort Lauderdale, Florida, 7-11 July 2008: 554-558.
- Hoegh-Guldberg O. and Bruno J.F., 2010. The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science* 328 (5985): 1523-1528.
- Houde E.D., 2008. Emerging from Hjort's Shadow. *Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science* 41: 53-70.
- Houllier F., 2016. Les sciences participatives en France. Etat des lieux, bonnes pratiques et recommandations: 63 p.
- Ivanova N.V., Zemlak T.S., Hanner R.H. and Hebert P.D.N., 2007. Universal primer cocktails for fish DNA barcoding. *Molecular Ecology Notes* 7: 544-548.
- Kjørboe T., 1997. Population regulation and role of mesozooplankton in shaping marine pelagic food webs. *Hydrobiologia* 363 (1-3): 13-27.
- Lalli C.M. and Parsons T. R., 1997. Biological Oceanography: An introduction. 2nd edn. Butterworth-Heinemann, Oxford: 314 p.
- Lara M., Schull J., Jones D. and Allman R., 2009. Early life history stages of goliath grouper *Epinephelus itajara* (Pisces: Epinephelidae) from Ten Thousand Islands, Florida. *Endangered Species Research* 7 (3): 221-228.
- Lecaillon G., 2004. The "C.A.R.E." (Collect by Artificial Reef Eco-friendly) system as a method of producing farmed marine animals for the aquarium market: An alternative solution to collection in the wild. *SPC Live Reef Fish Information Bulletin* 12: 17-20.
- Lecaillon G. and Lourié S.M., 2007a. Current status of marine post-larval collection: Existing tools, initial results, market opportunities and prospects. *SPC Live Reef Fish Information Bulletin* 17: 3-10.
- Lecaillon G. and Lourié S.M., 2007b. La PCC, un outil pour la conservation et la valorisation de la biodiversité. Moana Initiative. 76 p.
- Lecaillon G., Murenu M., Félix-Hackradt F.C. and Lenfant P., 2012. Guide d'identification des post-larves de Méditerranée. Edité par Ecocean pour la Fondation pour la recherche sur la biodiversité. 66 p.
- Lee J.Y., 1966. Œufs et larves planctoniques de poissons. *Éléments de planctologie appliquée, Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes* 30 (2/3): 171-208.
- Leis J.M., 1991. The pelagic stage of reef fishes: The larval biology of coral reef fishes. The ecology of fishes on coral reefs. *San Diego: Academic Press Inc*: 183-227.

- Leis J.M., 2007. Behavior as input for modeling dispersal of fish larvae: behavior, biogeography, hydrodynamics, ontogeny, physiology and phylogeny meet hydrography. *Marine Ecology Progress Series* 347: 185-193.
- Leis J.M. and Carson-Ewart B.M., 2004. The larvae of Indo-Pacific coastal fishes: An identification guide to marine fish larvae. Leiden; Boston: Brill. Fauna Malesiana handbooks 2. Second edition, edited by Leis J.M. & Carson-Ewart B.M.: 850 p.
- Lejeune C., Chevaldonne P., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F. and Pérez T., 2010. Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. *Trends in Ecology & Evolution* 25 (4): 250-260.
- Lenfant P., Gudefin A., Fonbonne S., Lecaillon G., Aronson J., Blin E., Lourié S.M., Boissery P., Loeuillard J.L., Palmaro A., Herrouin G. and Person J., 2015. Restauration écologique des nurseries des petits fonds côtiers de Méditerranée. Orientations et principes. 96 p.
- Llopiz J.K., 2013. Latitudinal and taxonomic patterns in the feeding ecologies of fish larvae: A literature synthesis. *Journal of Marine Systems* 109-110 : 69–77.
- Lo-Yat A., 2002. Variabilité temporelle de la colonisation par les larves de poissons de l'atoll Rangiroa (Tumotu, Polynésie Française) et l'utilisation de l'outil « otolithe » de ces larves. Université Polynésie Française et Ecole Pratique des Hautes Etudes (Thèse de doctorat). 256 p.
- Lo Bianco S., Bertolini F., d'Ancona U., Montalenti G., Padoa E., Ransi S., Sanzo L., Spartà A., Tortonese E. and Vialli M., 1931-1956. Uova, larve e stadi giovanili di Teleostei. In: *Fauna e Flora del Golfo di Napoli*. Editeur: Stazione Zoologica di Napoli: 1064 p.
- Lohbeck K.T., Riebesell U. et Reusch T.B.H., 2012. Adaptive evolution of a key phytoplankton species to ocean acidification. *Nature Geoscience* 5: 346-351.
- Louisy P., 2005. Guide d'identification des poissons marins, Europe et Méditerranée. Edition Ulmer: 430 p.
- Louisy P., 2015. Guide d'identification des poissons marins, Europe et Méditerranée. (Nouvelle éditions revue et augmentée), édition Ulmer: 512p.
- Lozano L., Crec'hriou R., Garsi L.H., Agostini S. and Lenfant P., 2015. Caractérisation de la diversité des post-larves de poissons en Méditerranée Nord-occidentale et la variabilité de leur recrutement. *Scientific Reports of Port-Cros National Park* 29: 135-165.
- Maamaatuaiahutapu M., Remoissenet G. and Galzin R., 2006. Guide d'identification des larves de poissons récifaux de Polynésie française. Éditions Téthys: 104 p.

- Mahafina J., Lecaillon G., Chabanet P., Ralijaona C., Ranaivomanana L., Bosc P. and Ferraris J., 2009. Capture & Culture of Post-larval fish: A possible alternative to overexploitation of artisanal fisheries in Toliara (Madagascar) ? Poster.
- Malpot E., Galzin R. and Remoissenet G., 2008. Using coral reef fish larvae: Synopsis of work conducted in French Polynesia. *SPC Live Reef Fish Information Bulletin* 18: 29-38.
- Marengo M., Culioli J.-M., Santoni M.-C., Marchand B. and Durieux E.D.H., 2015. Comparative analysis of artisanal and recreational fisheries for *Dentex dentex* in a Marine Protected Area. *Fisheries Management and Ecology* 22 (3): 249-260.
- Margalef D.R., 1958. Information theory in ecology. *Genetics and Systematics* 3: 36-71.
- Marinaro J., 1991. Eggs and larvae in some species of the genus *Solea* (Pisces, Soleidae) of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean. *Bolletino di zoologia* 58 (2): 163-169.
- Milicich M.J., Meekan M.G. and Doherty P.J., 1992. Larval supply: a good predictor of recruitment of three of species of reef fish (Pomacentridae). *Marine Ecology Progress Series* 86: 153-166.
- Millenium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and human well-being: Biodiversity Synthesis. Island Press, Washington D.C.: 137 p.
- Miller C.B., 2004. Biological Oceanography. Blackwell Publishing, Oxford: 402 p.
- Miller, T.J., Crowder, L.B., Rice, J.A., Marschall, E.A., 1988. Larval size and recruitment mechanisms in fishes: toward a conceptual framework. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45: 1657-1670.
- Millot C., 1999. Circulation in the Western Mediterranean Sea. *Journal of Marine Systems* 20: 423-442.
- Mora C., Tittensor D.P., Adl S., Simpson A.G.B. and Worm B., 2011. How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? *PLoS Biology* 9 (8): e1001127.
- Mousseau L., Fortier L. and Legendre L., 1998. Annual production of fish larvae and their prey in relation to size-fractionated primary production (Scotian Shelf, NW Atlantic). *ICES Journal of Marine Science* 55 (1): 44-57.
- Muntoni M., 2015. A multidisciplinary approach for puzzling over fish connectivity in the Mediterranean Sea: The role of early life history stages of red mullet (*Mullus barbatus*). Université de Cagliari (Thèse de doctorat). 162 p.
- Paris C.B., Chérubin L.M. and Cowen R.K., 2007. Surfing, spinning, or diving from reef to reef: effects on population connectivity. *Marine Ecology Progress Series* 347: 285-300.

- Pasqualini V., Pergent-Martini C., Clabaut P. and Pergent G., 1998. Mapping of *Posidonia oceanica* using Aerial Photographs and Side Scan Sonar: Application off the Island of Corsica (France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (47): 359-367.
- Pastor J., 2008. Rôle des enrochements côtiers artificiels dans la connectivité des populations, cas du sar commun (*Diplodus sargus*, Linné, 1758) en Méditerranée nord-occidentale. Sciences du Vivant [q-bio]. Université de Perpignan; Ecole pratique des hautes études - EPHE PARIS (Thèse de doctorat). 198 p.
- Peck M.A., Ewest B., Herrmann J.-P., Al-Misned F.A., Mortuza M.G., Stäcker S., Temming A., 2015. Relationships between feeding, growth and swimming activity of European sprat (*Sprattus sprattus* L.) post-larvae in the laboratory. *Environmental Biology of Fishes* (98) : 1117–1127.
- Piélou E.C., 1966. Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. *The American Naturalist* 100 (914): 463-465.
- Pineda J., Porri F., Starczak V., Blythe J., 2010. Causes of decoupling between larval supply and settlement and consequences for understanding recruitment and population connectivity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 392: 9-21.
- Planes S. and Lecaillon G., 2001. Caging experiment, to examine mortality, during metamorphosis of coral reef fish larvae. *Coral Reefs* 20 (3): 211-218.
- Planes S., Lecaillon G., Lenfant P. and Meekan M., 2002. Genetic and demographic variation in new recruits of *Naso unicornis*. *Journal of Fish Biology* 61: 1033-1049.
- Privileggi N., Ota D. and Ferrero E.A., 1997. Embryonic and larval development of the grass goby *Zosterisessor ophiocephalus* (Teleostei, Gobiidae). *Italian Journal of Zoology* 64 (3): 201-207.
- Petereit C., Clemmensen C., Kraus G. and Schnack D., 2004. High resolution temperature influences on egg and early larval development of Baltic cod (*Gadus morhua*). *Proceeding of International Council for the Exploration of the Sea. Theme Session on the Life History, Dynamics and Exploitation of Living Marine Resources: Advances in Knowledge and Methodology*.
- Quignard J.P., 1967a. L'œuf et la larve du labridé *Symphodus (Crénilabrus) melops* (Linné, 1758). Influence de différents facteurs physicochimiques sur la durée du développement embryonnaire. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes* 31 (4): 355-358.
- Quignard J.P., 1967b. Le nid, l'œuf et la larve du labridé *Symphodus (Crénilabrus) mediterraneus* (Linné, 1758). *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes* 31 (4): 359-362.

- Quignard J.P., 1968. Nouvelles données sur le problème racial chez *Symphodus (Crénilabrus) cinereus* (Bonnaterre, 1788). Fécondation artificielle et élevage expérimental de ce Labridé. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle* 2ème série, tome 40, n°2: 265-274.
- Quignard J.P., 1971. L'œuf et la larve du labridé *Symphodus (Crénilabrus) doderleini* (Jordan, 1891). *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes* 35 (1): 77-78.
- Quignard J.P. and Tomasini J.A., 2000. Mediterranean fish biodiversity. *Biologia Marina Mediterranea* 7 (1): 66 p.
- Raventos N. and Macpherson E., 2001. Planktonic larval duration and settlement marks on the otoliths of Mediterranean littoral fishes. *Marine Biology* 138: 1115-1120.
- Ré P. and Meneses I., 2009. Early stages of marine fishes occurring in the Iberian Peninsula. IPIMAR/IMAR, Lisboa: 282 p.
- Reñones O., Goñi R., Pozo M., Deudero S. and Moranta J., 1999. Effects of protection on the demographic structure and abundance of *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). Evidence from Cabrera Archipelago National Park (West-central Mediterranean). *Marine Life* 9 (2): 45-53.
- Richards W.J., 2006. Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for the western central North Atlantic. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton: 2591 p.
- Russell F.S., 1976. The eggs and planktonic stages of British marine fishes. London, England, Academic Press Ltd: 524 p.
- Sabatés A. and Saiz E., 2000. Intra- and interspecific variability in prey size and niche breadth of myctophiform fish larvae. *Marine Ecology Progress Series* 201: 261-271.
- Sedletskaia, V. A. 1999. Manuel d'identification des œufs et des larves des espèces les plus abondantes de poissons habitant au large des côtes de l'Afrique du Nord-Ouest. Document Technique CNROP/AtlantNIRO: 26 p.
- Shannon C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27: 379-423.
- Simpson E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.
- Sournia A., Brylinski J.M., Dallot S., Le Corre P., Leveau M., Prieur L. and Froget C., 1990. Fronts hydrologiques au large des côtes françaises: Les sites-ateliers du programme Frontal. *Oceanologica Acta* 13: 413-438.
- Spartà A., 1930. Contributo alla conoscenza di uova e larve nei Labridi. 1. Uovo e larve di *Crenilabrus quinquemaculatus* (Risso). *Memorie Reale Comitato Talassografico Italiano, Venezia, Italia. Premiate officine grafiche C. Ferrari* 176: 8 p.

- Spartà A., 1931. Contributo alla conoscenza di uova e larve nei Labridi. 2. Uova e larve di *Crenilabrus ocellatus* (Forsk). *Memorie Reale Comitato Talassografico Italiano, Venezia, Italy* 182: 6 p.
- Spartà A., 1932. Contributo alla conoscenza di uova e larve nei Labridi. 3. Uova e larve di *Crenilabrus massa* (Risso), ottenute da fecondazione artificiale. *Memorie Reale Comitato Talassografico Italiano, Venezia, Italy. Premiate officine grafiche C. Ferrari* 191: 10 p.
- Spartà A., 1933. Contributo alla conoscenza di uova e larve nei Labridi. 4. Uova e larve di *Julis giofredi* (Risso) e *Julis pavo* ottenute da fecondazione artificiale, e stadi post-embryonali raccolti nel plancton. *Memorie Reale Comitato Talassografico Italiano, Venezia, Italia. Premiate officine grafiche C. Ferrari* 203: 16 p.
- Spartà A., 1936. Contributo alla conoscenza di uova e larve nei Labridi. 5. Uova e larve di *Crenilabrus pavo* (Cuv.) ottenute da fecondazione artificiale. *Memorie Reale Comitato Talassografico Italiano, Venezia, Italia. Premiate officine grafiche C. Ferrari* 234: 7 p.
- Spartà A., 1948. Contributo alla conoscenza di uova e larve nei Labridi. 7. Uova e larve di *Crenilabrus coeruleus* (Risso), ottenute da fecondazione artificiale (Con cenni sul dispositivo dei forami e canali mucosi nell'adulto). *Archives in Oceanography and Limnology* 314: 71-75.
- Ter Braak C.J.F., 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67 (5): 1167-1179.
- Tsikliras A., Antonopoulou E. and Stergiou K., 2010. Spawning period of Mediterranean marine fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 20 (4): 499-538.
- Turley C.M., 1999. The changing Mediterranean Sea — a sensitive ecosystem? *Progress in Oceanography* 44: 387-400.
- Turner J.T., Tester P.A. and Hettler W.F., 1985. Zooplankton feeding ecology. *Marine Biology* 90 (1): 1-8.
- Utermöhl H., 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplanktonmethodik. *Mitteilungen der internationalen Vereinigung für Theoretische and Angewandte Limnologie* 9: 1-38.
- Vermond S., Fabre J.-N., Lecaillon G., Bosc P. and Chabanet P., 2009. Post-larval Capture and Culture (PCC) technology: a sustainable alternative for the marine aquarium trade and the conservation of biodiversity at Reunion island (SW Indian Ocean). Poster.

- Vigliola L., 1998. Contrôle et régulation du recrutement des Sparidae (Poissons, Téléostéens) en Méditerranée: importance des processus pré- et post-installation benthique. Université d'Aix-Marseille (Thèse de doctorat): 268 p.
- Wellington G.M. and Victor B.C., 1992. Regional differences in duration of the planktonic larval stage of reef fishes in the eastern Pacific Ocean. *Marine Biology* 113: 491-498.
- Wilson D.T. and Meekan M.G., 2001. Environmental influences on patterns of larval replenishment of coral reef fishes. *Marine Ecology Progress Series* 222: 197-207.
- Wilson D.T. and Meekan M.G., 2002. Growth-related advantages for survival to the point of replenishment in the coral reef fish *Stegastes partitus* (Pomacentridae). *Marine Ecology Progress Series* 231: 247-260.
- Worm B., Barbier E.B., Beaumont N., Duffy J.E., Folke C., Halpern B.S., Jackson J.B.C., Lotze H.K., Micheli F., Palumbi S.R., Sala E., Selkoe K.A, Stachowicz J.J. and Watson R.. 2006. Impacts of biodiversity loss on Ocean ecosystem services. *Science* 314: 787-790.
- Worm B., Sandow M., Oschlies A., Lotze H.K. and Myers R.A., 2005. Global patterns of predator diversity in the open Oceans. *Science* 309: 1365-1369.
- Zabala M., Louisy P., Garcia-Rubies A. and Gracia V., 1997. Socio-behavioural context of reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Scientia Marina* 61 (1): 79-89.
- Zohary T., Erez J., Gophen M., Berman-Frank I. and Stiller M., 1994. Seasonality of stable carbon isotopes within the pelagic food web of Lake Kinneret. *Limnology and Oceanography* 39 (5): 1030-1043.

Sites internet:

<http://www.previmer.org>, consulté en octobre 2014.

<http://www.htseq.org/>, consulté en mai 2016.

<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>, consulté en mai 2016.

<http://www.boldsystems.org/>, consulté en mai 2016.

biotechservices.univ-tln.fr, consulté en mai 2016.

<http://www.fishbol.org>, consulté en mai 2016.

<http://www.beckmancoulter.fr>, consulté en mai 2016.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST>, consulté en mai 2016.

<http://www.boldsystems.org/>, consulté en mai 2016.

<http://www.medtrix.com>, consulté en avril 2017.

<http://www.iucnredlist.org>, consulté en septembre 2017.

<http://www.life-sublimo.fr/>, consulté en septembre 2017.

<https://twitter.com/SublimoLife>, consulté en septembre 2017.

<https://www.facebook.com/Sublimo-Life-142639395918156/>, consulté en septembre 2017.