



**UNIVERSITE SORBONNE UNIVERSITE**

*Paris, France*

**Thèse de  
Master  
Année 2020-  
2021**

**Master Sciences de la Mer**

**Les habitats nurseries de Téléostéens des  
petits fonds hétérogènes côtiers  
méditerranéens : disponibilité, distribution  
spatiale et gestion de ces habitats essentiels**

**Nassim SATOR**



Réalisé sous la responsabilité de [Adrien Cheminée](#)

Septentrion Environnement

## SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	8
1.1. Concept de nurserie global .....	9
1.2. Principaux habitats nurseries en Méditerranée .....	9
1.3. Gestion des habitats nurserie de Téléostéens méditerranéens.....	10
1.4. Contexte du présent mémoire : le projet MedHab :.....	11
1.5. Objectifs du stage .....	12
<b>2. MATERIEL ET METHODES</b> .....	13
2.1. Recherches bibliographiques.....	13
2.2. Aires d'étude .....	14
2.3. Méthode d'échantillonnage .....	15
2.4. Designs expérimentaux et traitement de données.....	16
2.4.1. Descripteurs des assemblages de juvéniles.....	16
2.4.2. Designs d'analyses statistiques.....	17
2.4.2.1. Design 1: Effet de l'année ainsi que l'interaction croisé de l'année x l'aire et de l'année x site sur les patrons de distribution des juvéniles des petits fonds hétérogènes	
2.4.2.2. Design 2 : Effet de l'aire et du site sur les juvéniles échantillonnées en 2020 .....	17
2.4.2.3. Design 3 : de l'interaction de l'aire et du niveau de protection .....	18
<b>3. RESULTATS</b> .....	20
3.1. Cartographie des habitats PFH ainsi que des sites de comptage.....	20
3.2. Design 1: Effet de l'année ainsi que l'interaction croisé de l'année x l'aire et de l'année x site sur les patrons de distribution des juvéniles des petits fonds hétérogènes.....	21
3.2.1. Au niveau de l'assemblage.....	21
3.2.2. A l'échelle du taxon.....	23
3.3. Design 2 : Effet de l'aire géographique et du site sur les patrons de distribution des juvéniles des petits fonds hétérogènes de l'année 2020.....	25
3.3.1. A l'échelle de l'assemblage .....	25
3.3.2. Au niveau du taxon .....	29
3.4. Design 3 : Effet du niveau de protection ainsi que l'interaction du niveau de protection avec l'aire d'étude sur les patrons de distribution des juvéniles des petits fonds hétérogènes de l'année 2020.....	30
<b>4. DISCUSSION</b> .....	31
4.1. Variabilité spatio-temporelle des patrons de distribution des assemblages de juvéniles de téléostéens des petits fonds hétérogènes en Méditerranée .....	31
4.2. Variabilité spatiale des patrons de distribution des assemblages de juvéniles de téléostéens des petits fonds hétérogènes en Méditerranée de l'année 2020.....	33
4.3. Effet du niveau de protection sur l'assemblage de juvéniles des petits fonds méditerranéens.....	34
4.4. Perspective et limites du projet MedHab .....	34
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	35

## **REMERCIEMENTS :**

Je tiens tout d'abord à remercier l'association Septentrion Environnement et notamment son directeur, Olivier Bianchimani, pour m'avoir accepté et accueillis dans cette structure, cette grande famille de passionné.

Je remercie tout particulièrement mon tuteur de stage, Adrien Cheminée, pour le temps que tu m'as accordé à transmettre tes savoirs, ta passion. Merci pour ta gentillesse inébranlable, ton écoute et ta bienveillance. Merci également pour ta correction pointilleuse.

J'aimerais également remercier toutes les personnes m'ayant apporté leur aide au cours de ce stage, Justine Richaume et Tristan Estaque qui m'ont aidé lors de la relecture de mon rapport, Lucie Nunez qui m'a beaucoup épaulé pour des questions de statistiques et de méthode d'échantillonnage ainsi que Tiffany Monfort pour m'avoir guidé sur le logiciel Primer. Je vous remercie aussi pour les rires qu'on a partagés ensemble.

Enfin, je remercie toute l'équipe de Septentrion Environnement : Adrien, Justine, Olivier, Solène, Laura, Carole, Giulia, Vincent , Tristan, Tiffany et Lucie; de m'avoir accueillie dans leur équipe avec beaucoup de bienveillance.

## Liste des figures et tableaux :

Chapitre	Figure ou tableau	Titre	Page
Introduction	Figure 1	Schéma représentant les différents habitats occupés Durant le cycle de vie de <i>Diplodus</i> spp. durant son cycle de vie	8
Introduction	Figure 1	Schéma représentant les différents habitats occupés Durant le cycle de vie de <i>Diplodus</i> spp. durant son cycle de vie	10
Matériel et méthodes	Figure 3	Carte des sites échantillonnés pour l'étude des assemblages de juvéniles.	14
Résultats	Figure 4		20
Résultats	Figure 5	Fréquence d'occurrence (%) des juvéniles de chaque espèce sur l'ensemble des aires et sites d'étude dans l'année 2019 et 2020.	21
Résultats	Figure 6	Analyse en Coordonnées Principales (PCoA) de la composition relative des assemblages de juvéniles au sein des petits fonds hétérogènes en fonction de l'aire et année d'étude	22
Résultats	Figure 7	Densité totale de juvéniles pour 100 m <sup>2</sup> (moyennes et erreur standard (SE)) : par aire et année d'étude (a) et richesse spécifique par aire et année d'étude (b).	23
Résultats	Figure 8	Densité par aire et par année pour <i>Thalassoma pavo</i> (a) <i>Diplodus sargus</i> (b) et <i>Diplodus puntazzo</i> (c).	24
Résultats	Figure 9	Pourcentage de juvéniles par classe de taille toute espèce confondue en fonction de l'aire et de l'année.	25
Résultats	Figure 10	Densité des juvéniles de chaque espèce en fonction de l'aire d'étude dans l'année 2020.	26
Résultats	Figure 11	Analyse en Coordonnées Principales (PCoA) de la composition relative des assemblages de juvéniles au sein des petits fonds hétérogènes en fonction de l'aire d'étude en 2020.	27
Résultats	Figure 12	Densité totale de juvéniles pour 100 m <sup>2</sup> (moyennes et erreur standard (SE)) : par aire d'étude (a) et richesse spécifique d'étude (b).	28
Résultats	Figure 13	Densité totale des juvéniles pour 100m <sup>2</sup> en fonction des sites pour l'année 2020	28
Résultats	Figure 14	Densité totale de juvéniles de <i>Diplodus sargus</i> pour 100 m <sup>2</sup> (moyennes et erreur standard (SE)) : par aire d'étude.	29
Résultats	Figure 15	Densité de juvéniles de <i>Diplodus sargus</i> par classe de taille en fonction de l'aire d'étude.	30
Résultats	Figure 16	Richesse spécifique en fonction du niveau de protection pour l'année 2020.	31
Matériel et méthodes	Tableau I	Liste des espèces susceptibles d'utiliser l'habitat PFH comme nurserie et étudiées respectivement lors des campagnes 2019 et 2020	15

**Liste des symboles et abréviations :**

**PFH** : Petits fonds hétérogènes

**PNCaI** : Parc national des Calanques

**ZPF** : Zone de Protection Forte

**HZPF** : Hors Zone de Protection Forte

**XS** : Juvéniles de très petite taille (Extra Small)

**S** : Juvéniles de petite taille (Small)

**M** : Juvéniles de taille moyenne (Middle)

**L** : Juvéniles de grande taille (Large)

**XL** : Juvéniles de très grande taille (Extra Large)

## Résumé

La diversité des paysages côtiers méditerranéens contient une multitude d'habitats qui offrent aux juvéniles de poissons les conditions favorables aux premiers stades de leur cycle de vie. Ces habitats sont connus pour leur fonction de «nurserie». Les petits fonds hétérogènes assurent ce rôle pour de nombreuses espèces de juvéniles de téléostéens en Méditerranée. Cet habitat est néanmoins, peu ou pas pris en compte par les mesures de gestion de la biodiversité. Ce rapport décrit l'assemblage de juvéniles de téléostéens des petits fonds hétérogènes en Méditerranée sous l'effet de : (1) l'année en prenant en compte les assemblages de 2019 et 2020 ; (2) L'aire géographique en prenant 4 aires différentes : deux sur le Golfe du Lion et deux en Corse ; (3) Le niveau de protection en considérant deux niveaux distincts. Nous constatons que les densités de juvéniles de poissons étaient plus importantes en 2019 qu'en 2020. Ce résultat laisse penser qu'une reproduction (et donc une installation) a eu lieu plus tôt en 2020 à cause de températures plus élevées. Les densités étaient généralement plus élevées sur les aires du Golfe du Lion comparé à deux de la Corse. Ce résultat est principalement expliqué par une courantologie de surface différente. Cependant, certaines espèces thermophiles, telle que la *Thalassoma pavo*, étaient plus abondantes en Corse que sur le continent. Enfin nous avons constaté que la richesse spécifique était plus élevée dans les zones hors de protection forte. Ce résultat reste toutefois à confirmer.

**Mots-clés :** juvéniles, téléostéens, nurserie, petits fonds hétérogènes, Méditerranée.

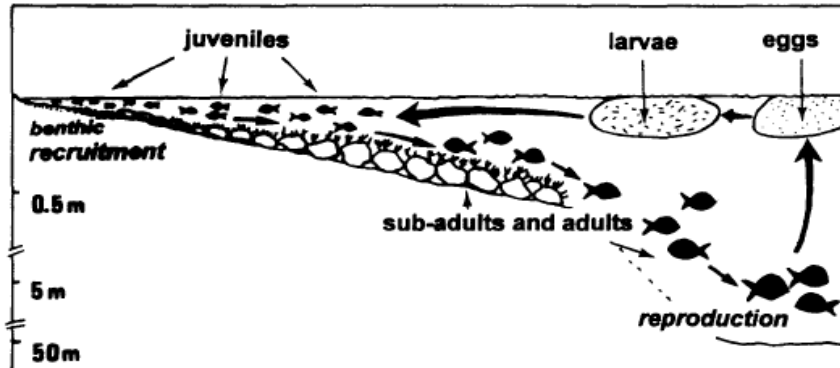
## Abstract:

The diversity of Mediterranean coastal landscapes contains a multitude of habitats that provide juvenile fish with favorable conditions in the early stages of their life cycle. These habitats are known for their "nursery" function. Mixed heterogeneous bottoms of pebbles, boulders and rocks play this role for many species of teleost juveniles in the Mediterranean. This habitat is always, little or not taken into account by biodiversity management measures. This report describes the assemblage of teleost juveniles from Mixed heterogeneous bottoms of pebbles, boulders and rocks in the Mediterranean under the effect of: (1) the year taking into account the assemblages of 2019 and 2020; (2) The geographical area by taking 4 different areas: two in the Gulf of Lion and two in Corsica; (3) The level of protection considering two distinct levels. We believe that the densities of juvenile fish were higher in 2019 than in 2020. This result suggests that reproduction (and therefore the settlement) took place earlier in 2020 because of higher temperatures. Densities were generally higher in the areas of the Gulf of Lion compared to two in Corsica. This result is mainly explained by a difference in currentology. However, some thermophilic species, such as *Thalassoma pavo*, were more abundant in Corsica than on the mainland. Finally, we found that the specific richness was higher in the areas without strong protection. This result remains to be confirmed, however.

**Keywords:** juveniles, teleosts, nursery, mixed heterogeneous bottoms, Mediterranean Sea.

## 1. Introduction

La plupart des poissons côtiers sont caractérisés par un cycle de vie présentant une phase larvaire planctonique et une phase adulte benthique et sédentaire (Harmelin-Vivien et *al.*, 1995). La transition du stade larvaire au stade juvénile est ainsi marquée par une métamorphose des larves en juvéniles et leur arrivée dans le milieu benthique : c'est la phase d'installation (Harmelin-Vivien et *al.*, 1995). Généralement les différentes fonctions du cycle de vie des poissons benthiques et démersaux (alimentation, refuge et reproduction) ne peuvent être réalisées par un seul habitat (Cheminée et *al.*, 2014, Harmelin-Vivien et *al.*, 1995) (Figure 1). Les processus qui affectent les poissons benthiques à partir du moment où ils s'installent jusqu'au recrutement des juvéniles dans la population adulte sont d'une grande importance pour déterminer la structure et la dynamique de la population (Macpherson, 1998).



**Figure 1** : Schéma représentant les différents habitats occupés durant le cycle de vie de *Diplodus* spp. durant son cycle de vie (larves et œufs pélagiques ; installation benthique en eau peu profonde ; vie adulte sous un large écart de profondeur et reproduction en eaux profondes). (figure extraite de Harmelin-Vivien et *al.*, 1995)

La diversité des paysages côtiers méditerranéens contient une multitude d'habitats qui offrent aux juvéniles de poissons les conditions favorables aux premiers stades de leur cycle de vie, c'est-à-dire de la phase d'installation au recrutement.

### 1.1 Concept de nurserie

Parmi les habitats fréquentés par les juvéniles, un habitat est considéré comme « nurserie » pour une espèce particulière quand, en moyenne, il produit plus de juvéniles qui contribueront à la population adulte, par unité de surface, par rapport aux autres habitats hébergeant les juvéniles (Beck et *al.*, 2001). Quatre facteurs de « valeur de nurserie » (*sensu* Beck et *al.*, 2001) de chaque habitat sont généralement considérés : (1) La densité initiale de juvéniles de poisson ; (2) La croissance des juvéniles au sein de l'habitat ; (3) La mortalité des individus au sein de l'habitat ; (4) La connectivité aux habitats adultes (Beck et *al.*, 2001).

Au cours des dernières décennies, de nombreuses études ont porté sur la compréhension du fonctionnement des habitats de nurseries, notamment en ce qui concerne le renouvellement des stocks de poissons exploités par l'Homme (Díaz-Gil, 2017).

### 1.2 Principaux habitats nurseries en Méditerranée

En mer Méditerranée, plusieurs habitats sont connus pour jouer un tel rôle de nurseries pour les Téléostéens. Les herbiers de phanérogames remplissent cette fonction essentiellement pour des Sparidés et Labridés (Bussotti et Guidetti, 2010; García-Rubies et Macpherson, 1995). Parmi ces phanérogames, l'herbier à *Posidonia oceanica* (Linnaeus *Delile*, 1813) est largement le plus étudié en Méditerranée de par l'importante surface qu'il occupe et son rôle écologique essentiel notamment en procurant un abri face à l'hydrodynamisme et une zone de frayère pour différentes espèces. Il est par exemple un habitat de nurserie pour des espèces de Sparidés telles que *Diplodus annularis* (Linnaeus, 1758), *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758), *Spondyliosoma cantharus* (Linnaeus, 1758), *Oblada melanura* (Linnaeus, 1758), *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758), et plus ponctuellement des pageots du genre *Pagellus* sp. . (Bonhomme et *al.*, 2015; Francour, 2000; Francour et Le Direac'h, 1994; Le Direac'h et *al.*, 2015). Les forêts de *Cystoseira* spp. forment des forêts sous-marines qui offrent un abri et des conditions favorables pour l'installation de juvéniles, notamment de Labridés (Cheminée et *al.*, 2013; Cuadros 2018 ; Thiriet et *al.*, 2016). Les lagunes ou les fonds côtiers sableux remplissent également la fonction nurserie et l'on y trouve principalement des espèces de la famille des poissons plats et certains Sparidés comme *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) (daurade royale) (Verdiell-Cubedo et *al.*, 2013). Enfin, les petits fonds hétérogènes (PFH) sont également des habitats essentiels pour les



juvéniles de poissons, mais restent à ce jour moins étudiés et moins considérés en écologie de la conservation car leur rôle n'est apparu que plus tardivement (Vigliola, 1998 ; Harmelin-Vivien et *al.* 1995). Quatre principales caractéristiques (figure 2) conditionnent la fonction nurserie des PFHs (Harmelin-Vivien et *al.* 1995 ; Garcia-Rubies et Macpherson, 1995) ; (Cheminée et *al.* 2011): (1) Leur faible profondeur (< 2m) ; (2) Une pente douce (< 30%) ; (3) Un substrat hétérogène (gravier, galets, blocs) ; (4) Un faible hydrodynamisme (criques, baies).

Les PFH abritent principalement des juvéniles de Sparidés, on y retrouve par exemple *Diplodus sargus* (Linnaeus, 1758) (Sar commun), *D. puntazzo* (Walbaum, 1792) (Sar à museau pointu), *D. cervinus* (Lowe, 1838) (Sar tambour) et *Sarpa salpa* (Saupe). On y retrouve plus rarement des Labridés du genre *Symphodus* (Crénilabres) ainsi que *Coris julis* (Linnaeus, 1758) (Girelle commune) et *Thalassoma pavo* (Linnaeus, 1758) (Girelle paon). D'autres espèces y sont retrouvées de manière ponctuelle : *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Mérrou brun) et *Chromis chromis* (Linnaeus, 1758) (Castagnole noire).



**Figure 2** : Photographie représentant un habitat de petits fonds hétérogènes et les juvéniles de téléostéens (crédit photo Cuadros . A)

### **1.3 Gestion des habitats nurserie de Téléostéens méditerranéens**

En ce qui concerne la gestion de ces habitats, seuls certains herbiers à phanérogames sont réglementairement pris en compte dans les mesures de gestion et de protection. En effet les

herbiers à *Posidonia oceanica* bénéficient en France d'un statut de protection au niveau national, et sont notamment pris en compte dans les zones Natura 2000 : le mouillage est interdit où l'espèce est présente. Cette phanérogame est également classée comme espèce **en danger** dans la liste rouge de la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur. Certaines espèces de *Cystoseira* sont **protégées** par l'annexe II de la convention de Barcelone : *Cystoseira amentacea* ((C. Agardh) Bory de Saint-Vincent, 1832) et *Cystoseira brachycarpa* (J. Agardh, 1896). L'espèce *Cystoseira mediterranea* (Sauvageau, 1912) est quant à elle inscrite dans l'annexe I de la convention de Berne. Les petits fonds hétérogènes ne connaissent pas de mesures de gestion particulières de par la reconnaissance tardive de leur intérêt écologique, et donc du manque de leur prise en considération dans les cartographies des biocénoses marines.

Afin d'évaluer la valeur de nurserie d'un habitat, différentes méthodes existent et sont basées sur tout ou partie des 4 critères évoqués par Beck et al. (2001) qui conditionnent l'habitat nurserie. Par exemple, Cheminée et al. (2013) utilisent des méthodes d'observation en plongée sous-marine (recensements visuels sous-marins) d'abord décrites par Harmelin-Vivien et al. (1985) adaptés à l'observation de juvéniles (Francour, 2000) afin de dénombrer les juvéniles de poissons qui passent dans 1m<sup>2</sup> de macroalgues. (Amara et al., 2007) pêche les poissons plats à l'aide d'un filet tracté afin de déterminer la densité de poisson dans les lagons méditerranéens. Ils rajoutent des indices de facteurs environnementaux afin d'évaluer la survie et la croissance des juvéniles dans cet habitat essentiel.

#### **1.4 Contexte du présent mémoire : le projet MedHab :**

Le présent travail s'inscrit dans le cadre du projet MedHab piloté par Septentrion Environnement en réponse à un appel à projets lancé par la DIRM (Direction Interrégionale de la mer Méditerranée). Il s'inscrit dans le cadre du plan d'action pour le milieu marin (PAMM), déclinaison française de la directive européenne "stratégie pour le milieu marin" (DCSMM) visant à obtenir un bon état écologique des eaux marines. Le projet MedHab (2019-2021) s'intéresse particulièrement aux PFHs et s'est d'abord focalisé sur la cartographie de cet habitat sur toute la côte méditerranéenne française (Corse comprise). Ensuite, des recensements visuels de juvéniles de poissons ont été réalisés sur différentes aires géographiques : Baie de Calvi (Corse), Réserve naturelle de Scandola (Corse), Parc

marin de la Côte Bleue et dans le Parc national des Calanques (Marseille). Ces comptages permettent également d'entrevoir les variabilités spatiales et temporelles concernant l'installation et le recrutement des différentes espèces de poissons dans cet habitat. En plus des caractéristiques écologiques de cet habitat essentiel, le projet s'intéresse également aux différentes pressions anthropiques qui mettent en péril sa fonction.

En effet le bassin semi fermé que représente la Méditerranée et le temps de résidence relativement court de ses eaux la rendent particulièrement plus sensible au réchauffement et acidification des eaux ainsi qu'aux pressions anthropiques. De plus, le bassin méditerranéen subit un processus d'urbanisation avec plus des deux tiers de ses côtes qui sont déjà artificialisées (Benoit et Comeau, 2005). Des conséquences néfastes résultent de cette urbanisation telles que la pollution de l'eau et un changement concernant le trait de côte. Etant localisé au niveau de la frange littoral, le caractère nurserie de l'habitat PFHs risque d'être altéré par des pressions anthropiques (Ballesteros, 2009). En se basant sur les 4 critères généraux des habitats nurseries ainsi que sur les caractères définissant les PFHs comme un habitat essentiel, cinq principales pressions sont identifiées comme nuisibles au bon fonctionnement du caractère nurserie des PFH : l'érosion et l'aménagement côtier affectent la structure 3D de l'habitat et donc son attractivité pour les juvéniles, c'est-à-dire leur densité initiale, tandis que les rejets urbains artificiels, les hydrocarbures et les eaux chaudes sont plus susceptibles d'altérer la croissance des juvéniles et augmenter le taux de mortalité (Vigliola, 1998).

Hormis les impacts sur le métabolisme, les pollutions chimiques peuvent perturber d'autres fonctions comme la capacité des juvéniles à identifier les habitats nurseries par le biais de signature chimique (Dixson et *al.*, 2008; Havel et Fuiman, 2016). Il est donc primordial de localiser ses habitats et de décrire leurs assemblages de juvéniles afin de suivre dans le temps et l'espace l'efficacité de cet habitat essentiel dans la fonction de nurserie.

### **1.5 Objectifs du stage**

L'objectif de mon stage était d'analyser les données de recensement de juvéniles de poissons réalisés lors de deux campagnes de comptages réalisées en été 2019 et 2020. Cette analyse avait pour but de déterminer la réponse de l'assemblage de juvéniles de poissons à différents facteurs : la localisation géographique, le niveau de protection et l'année d'observation. Nous avons émis les hypothèses suivantes : il était attendu d'observer (1)

une variabilité inter-annuelle (été 2019 *vs* été 2020) concernant les caractéristiques de l'assemblage de juvéniles de poissons ; (2) des caractéristiques de l'assemblage de juvéniles de poissons variant d'une aire à une autre (plusieurs aires espacées de > 100 km en Méditerranée NO) et (3) d'un niveau de protection à l'autre (zone de protection forte *versus* hors zone de protection forte) ; ceci avec de possibles interactions entre ces facteurs explicatifs.

Pour atteindre cet objectif général, les actions réalisées durant mon stage incluaient en amont un travail de mise en forme et de correction d'erreurs dans la base cartographique des habitats PFH et des transects de comptage (actions précédentes du projet) me permettant en deuxième temps un second travail de mise en forme de la base de données des recensements 2019 et 2020, avant le travail d'analyses de ces données proprement dit. Cette mise en forme des données cartographiques et d'inventaires visait par ailleurs à permettre leur transfert et leur partage avec d'autres acteurs du projet (laboratoires et gestionnaires). Enfin, ma contribution au projet a été complétée par une participation en Juillet et Août 2021 aux campagnes de terrain visant le recensement visuel des juvéniles *in situ*, selon le même protocole utilisé lors des recensements que j'ai analysés.

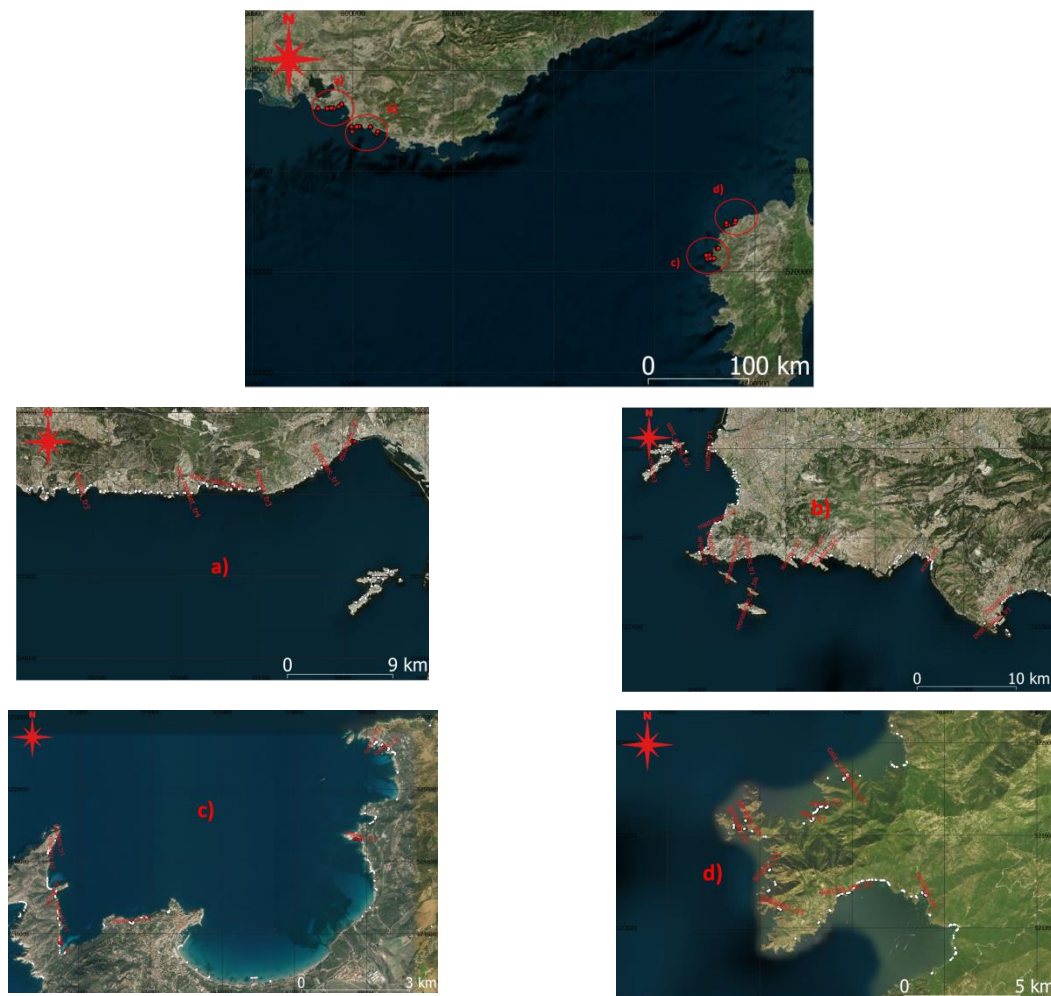
## **2. Matériels et méthodes**

### **2.1 Recherche bibliographique**

En premier lieu, ma lecture bibliographique s'est basée sur les documents présents à Septentrion Environnement : Rapports techniques et scientifiques, articles et thèses. Ce travail m'a permis d'élargir mes connaissances dans le sujet des habitats nurseries de Méditerranée, de connaître les différentes méthodes d'étude (notamment concernant la mesure de la productivité d'un habitat) et de caractériser le besoin de travailler sur les PFHs. Ensuite j'ai compléter cette bibliothèque en recherchant sur Google Scholar des publications scientifiques portant sur les larves de poissons, la survie des juvéniles et l'impact des pressions anthropiques sur les juvéniles de poissons méditerranéens.

## 2.2. Aires d'étude

Les données analysées dans le cadre de cette étude sont issues de deux campagnes de recensement des juvéniles réalisées en juillet-août 2019 et 2020. Lors de ces campagnes trois aires d'étude ont fait l'objet de recensements de juvéniles dans les petits fonds hétérogènes (préalablement identifiées via images satellite dans une autre partie du projet MedHab) : le Parc national des Calanques (PNCaI), le Parc Marin de la Côte Bleue et la Corse. (Figure 3).



**Figure 3** : Cartes des sites prospectés pour le recensement des juvéniles. a) Côte Bleue ; b) PNCaI ; c) Calvi ; d) Scandola

### 2.3 Méthodes d'échantillonnage:

Dans chaque aire d'étude, des sites nurseries potentiels ont été, préalablement à mon stage, sélectionnés parmi ceux identifiés lors de la cartographie réalisée *via* image satellite. Au sein de chaque site, le long du linéaire côtier, les juvéniles des espèces cibles (Tableau I) ont été recensées par comptages visuels in situ réalisés en palme masque tuba (Harmelin-Vivien et al., 1995, Cheminée et al., 2014, Cuadros et al., 2018). La liste des espèces recensées en 2020 (et 2021) a été complétée par d'autres taxons non recensés en 2019 en prévision d'une future analyse (non présentée dans ce rapport) visant à comparer les assemblages de juvéniles entre l'habitat PFH et d'autres habitats. Dans le cadre de mon stage j'ai participé à l'inventaire de terrain de Juillet - Août 2021, mais l'analyse de données s'est concentrée sur 2019 - 2020. Les transects, au nombre de 3 en moyenne par site (min :1 ; max : 5) étaient d'une longueur de 60m et de 1 m de large. Les abondances de juvéniles étaient ensuite rapportées en nombre d'individus par 100 m<sup>2</sup>.

**Tableau I : Liste des espèces susceptibles d'utiliser l'habitat PFH comme nurserie** (Garcia-Rubies et al., 1995 ; Harmelin-Vivien et al., 1995) et étudiées respectivement lors des campagnes 2019 et 2020 (en gras les espèces observées au moins une fois sur le terrain)

Famille	Espèce	2019	2020
Labridés	<b><i>Coris julis</i></b>		X
	<b><i>Thalassoma pavo</i></b>	X	X
	<b><i>Symphodus spp.</i></b>		X
Sparidés	<b><i>Dentex dentex</i> (Linnaeus, 1758)</b>	X	X
	<i>Diplodus cervinus</i>	X	X
	<b><i>Diplodus puntazzo</i></b>	X	X
	<b><i>Diplodus sargus</i></b>	X	X
	<i>Pagrus pagrus</i> (Linnaeus, 1758)	X	X
	<b><i>Sarpa salpa</i></b>	X	X
	<b><i>Sparus aurata</i></b>	X	x
Moronidés	<b><i>Dicentrarchus labrax</i></b>	X	X

Serranidés	<i>Epinephelus costae</i> (Steindachner, 1878)	X	X
	<b><i>Epinephelus marginatus</i></b>	X	X
	<i>Epinephelus aeneus</i> (Geoffroy, Saint-Hillaire, 1817)		X
	<i>Epinephelus caninus</i> (Valenciennes, 1843)		X
	<i>Mycteroperca rubra</i> (Bloch, 1793)		X
	<i>Serranus</i> spp.		X
Sphyraenidés	<b><i>Sphyraena viridensis</i></b> (Cuvier, 1829)	X	X
Mullidés	<b><i>Mullus surmelutus</i></b> (Linnaeus, 1758)		X
Sciaenidés	<i>Sciaena umbra</i> (Linnaeus, 1758)		X
Syngnathidés	<i>Syngnathidés</i>		X

## 2.4. Designs expérimentaux et traitement des données

Notre analyse, basée sur les données de recensement de juvéniles, s'est organisée à travers trois designs d'analyses permettant d'étudier la réponse des assemblages de juvéniles de poissons (plusieurs descripteurs) aux variables explicatives.

**2.4.1 Descripteurs des assemblages de juvéniles :** Les descripteurs de l'assemblage de juvéniles de poissons (variables réponses pour chaque unité d'échantillonnage) de cette étude étaient : (1) La richesse spécifique c'est-à-dire le nombre de taxons présents par unité d'échantillonnage (réplicats). (2) La densité totale en nombre d'individus pour 100 m<sup>2</sup> toutes espèces confondues. (3) La composition relative par espèce (l'assemblage multivarié de densité par espèce par transect). De plus, nous avons également utilisé (4) des descripteurs par taxon qui étaient : (a) Densité totale d'un taxon (nombre d'individus pour 100 m<sup>2</sup>) et (b) Composition relative par classe de taille (XS, S, M, L et XL).

Les classes de taille ont été définies à partir des connaissances biologiques disponibles pour chaque espèce. Lorsque l'information était manquante, la taille maximale d'un juvénile (limite supérieure de la classe XL) correspondait à 1/3 de sa taille adulte (Cheminée, 2012; Cuadros, 2015). Une fois la taille maximale obtenue, il suffisait de la diviser en 5 afin d'avoir 5 classes de taille homogènes.

## **2.4.2. Designs d'analyses statistiques**

Le but des analyses statistiques était de tester l'effet de nos variables explicatives (année, aire géographique, site, niveau de protection et leur interaction éventuelle) sur la structure des assemblages de juvéniles de poissons des PFHs. Pour ce faire, nous avons utilisé trois designs statistiques complémentaires. Le premier design avait pour but d'étudier la variabilité à la fois temporelle (interannuelle) et spatiale (entre aires et sites) de l'assemblage de juvéniles en prenant en considération les espèces et les sites en commun sur les deux années. Le second design nous a permis d'explorer plus en détails la variabilité spatiale des assemblages de juvéniles de poissons des PFH en se basant sur le nombre de sites plus élevé (effort d'échantillonnage plus important) uniquement de l'année 2020. Enfin le troisième design testait l'effet croisé du niveau de protection et de l'aire géographique. Pour ce design, une aire géographique a été supprimée et deux autres aires géographiques ont été fusionnées car l'effort d'échantillonnage était déséquilibré.

### **2.4.2.1 : Design 1: Effet de l'année ainsi que l'interaction croisé de l'année x l'aire et de l'année x site sur les patrons de distribution des juvéniles des petits fonds hétérogènes :**

Ce design avait pour objectifs de mettre en évidence la variation des paramètres de l'assemblage de juvéniles de poisson en fonction de l'année d'étude. Il contenait trois variables explicatives : (1) L'année était un facteur fixé à deux modalités : 2019 et 2020. (2) L'aire d'étude était un facteur fixé à trois modalités : Parc National des Calanques, Côte Bleue et Calvi). (3) Le site était un facteur aléatoire niché dans l'aire qui comptait 16 modalités pour le PNCal, 5 modalités pour la Côte Bleue et enfin 7 modalités pour Calvi.

À l'échelle de l'assemblage, les descripteurs testés (variables réponses dans chaque réplicat) étaient : (1) composition relative de chaque espèce par unité d'échantillonnage (multivariée) ; (2) densité totale d'individus (univariée) et (3) la richesse spécifique (univariée).

À l'échelle du taxon, les variables réponses testées étaient : (1) densité totale (toutes classes de tailles confondues) de chaque espèce (univariée) et (2) la composition relative en classe de taille par unité d'échantillonnage pour chaque espèce (multivariée). Pour cette variable



réponse, seuls les taxons ayant une fréquence d'observation supérieure à 3% (voir résultats) ont été considérés.

Premièrement, pour tester l'influence des variables « Année » « Aire géographique » et « site » sur la composition relative de chaque espèce par unité d'échantillonnage ainsi que de par classe de taille, une analyse multivariée de la variance par permutation (PERMANOVA) a été réalisée sur la table contenant pour chaque unité d'échantillonnage (transect) les données (densités) de chaque espèce (Anderson, 2001). Toute espèce étant absente dans une ou plusieurs unités d'échantillonnage s'est vu attribuer la valeur 0 afin de prendre en compte cette absence dans l'analyse de la structure de l'assemblage. La mesure de dissimilarité utilisée était la distance « Modified Gower » (Anderson et al., 2008). Les influences et interactions significatives ont ensuite été analysées via les tests pair-wise et un test de contribution (SIMPER) des espèces à la dissimilarité inter-échantillons a également été effectué (Clarke et Gorley *al.*, 2006). Pour représenter les dissimilarités entre assemblages de juvéniles, nous avons réalisé une Analyse en Coordonnées Principale (PCoA), alternative non paramétrique à l'Analyse en Composantes Principales (ACP), combinant les facteurs aire d'étude et transects (Anderson et *al.*, 2008). Nous avons superposé des flèches au biplot pour représenter les corrélations de Spearman entre les axes du biplot et les densités taxa spécifiques (Clarke et Gorley, 2006). Deuxièmement, deux analyses univariées de la variance par permutation ont été réalisées en utilisant la distance euclidienne comme mesure de ressemblance. La première a été réalisée sur la table contenant la densité d'individus totale et la deuxième sur la table contenant la richesse spécifique par échantillon. Les influences et interactions significatives ont ensuite été analysées via les tests pair-wise. Troisièmement, une analyse multi variée de la variance par permutation (PERMANOVA) a été réalisée sur la table contenant pour chaque unité d'échantillonnage (transects) les densités par classe de taille pour chacune des espèces dépassant le seuil de 3% pour la fréquence d'observation (Anderson, 2001).

Enfin une analyse univariée de la variance par permutation a été réalisée en utilisant la distance euclidienne comme mesure de ressemblance sur la table contenant la densité d'individus totale pour une espèce donnée (toutes classes de tailles confondues) par transect pour les taxons fréquemment observés. Les influences et interactions significatives ont ensuite été analysées via les tests pair-wise. Pour l'ensemble des analyses, le seuil de

significativité a été fixé à 0.1 afin de tenir compte de la variabilité intrinsèque de ce genre de données (Anderson et Millar, 2004).

#### **2.4.2.2 : Design 2 : Effet de l'aire et du site sur les juvéniles échantillonnés en 2020 :**

L'effort d'échantillonnage était plus important en 2020, ainsi il était intéressant d'étudier l'effet de l'aire géographique et du site sur l'assemblage de juvéniles de poissons de 2020 uniquement. Ce modèle contenait deux variables explicatives : (1) L'aire d'étude était un facteur fixé à quatre modalités : Parc National des Calanques, Côte Bleue, Scandola et Calvi). (2) Le site était un facteur aléatoire niché dans avec respectivement 7, 17, 13 et 6 modalités dans chacune des trois aires d'étude.

À l'échelle de l'assemblage, les descripteurs testés (variables réponses) étaient : 1) composition relative de chaque espèce par unité d'échantillonnage (multivariée) ; 2) densité totale d'individus (univariée) et 3) la richesse spécifique (univariée).

À l'échelle du taxon, les variables réponse testées étaient : 1) densité totale (toutes classes de tailles confondues) moyenne de chaque espèce (univariée) et 2) composition relative en classe de taille par unité d'échantillonnage pour chaque espèce (multivariée). Pour cette échelle, seuls les taxons ayant une fréquence d'observation supérieure à 3% (voir résultats) ont été considérés.

Les analyses ont été réalisées selon les mêmes modalités que précédemment expliquées dans le premier modèle.

#### **2.4.2.3 : Design 3 : de l'interaction de l'aire et du niveau de protection :**

Le troisième design avait pour objectif de s'intéresser à l'interaction entre aire et niveau de protection. Le niveau de protection « Zone de protection forte (ZPF) » correspond aux sites disposant d'outils de gestion réglementaires, notamment les cœurs de parc, les réserves et les zones de protection spéciale dans lesquels la forte réglementation rend presque impossibles les activités destructives, autres que les travaux scientifiques. Inversement, tout site n'étant pas concerné par l'un de ces outils s'est vu attribuer le niveau de protection « Hors Zone de Protection Forte » (HZPF). Pour ce design, un sous échantillon de nos données a été utilisé afin d'obtenir un design équilibré : les données collectées de Calvi et de Scandola (Corse) ont été fusionnées afin de créer une nouvelle aire « Corse » et ce car Calvi ne contenant que des sites HZPF. De plus, l'aire géographique Côte Bleue a été supprimée du design car elle ne contient qu'un seul site ZPF.

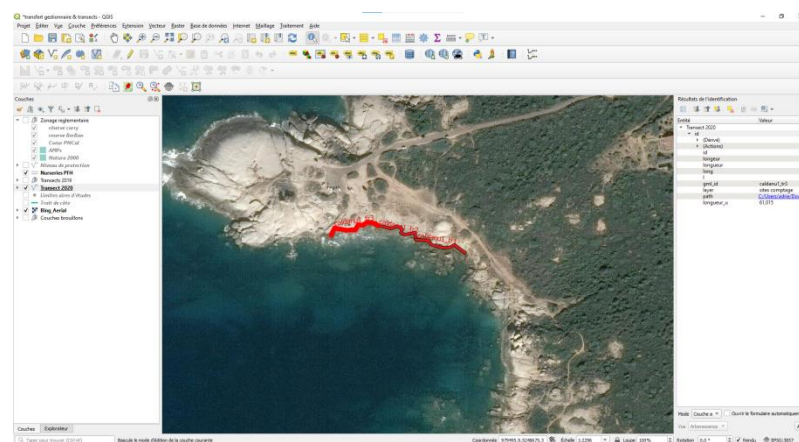
Les facteurs explicatifs pris en compte pour ce modèle étaient donc l'aire d'étude, facteur fixé à deux modalités (Corse et le Parc National des Calanques), le site d'étude, facteur aléatoire niché dans aire, avec respectivement 17 et 19 site dans chacune des aires d'étude et enfin le niveau de protection facteur fixe avec deux modalités (ZPF, HZPF). Pour ce design, une l'effet de ce design sur les mêmes variables réponses que précédemment a été testé en utilisant des PERMANOVA selon les mêmes modalités que précédemment.

L'approche exploratoire de l'ensemble de ces analyses a été réalisée sur le logiciel R 3.6.1 sous l'interface Rstudio (R CoreTeam, 2019). Cette approche a permis d'illustrer les résultats significatifs en réalisant des bar plots représentant les moyennes par site, par aire, par année ainsi que leur interaction pour un descripteur donné et son erreur standard. L'approche inférentielle a quant à elle été effectuée sur le logiciel Primer 7 (Anderson et *a/*. 2008; Clarke et Gorley 2006).

### 3. Résultats :

#### 3.1 Cartographie des habitats PFH ainsi que les sites de comptage :

Le premier travail de vérification des données entrées (format Excel et tables attributaires QGIS) a permis de mettre en forme une cartographie des petits fonds hétérogènes sur la côte méditerranéenne française Corse comprise en mettant en évidence les sites prospectés en 2019 et 2020 avec la longueur des transects. Cette base de donnée de cartographie (Figure 4) est disponible au près du coordinateur à la demande.

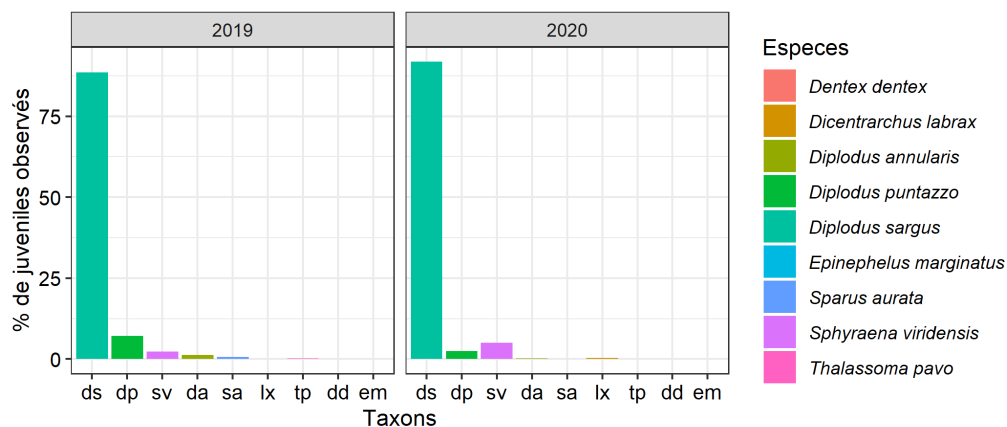


**Figure 4 :** Vue sur trois transects de comptage résultant du travail de correction de la cartographie déjà existante

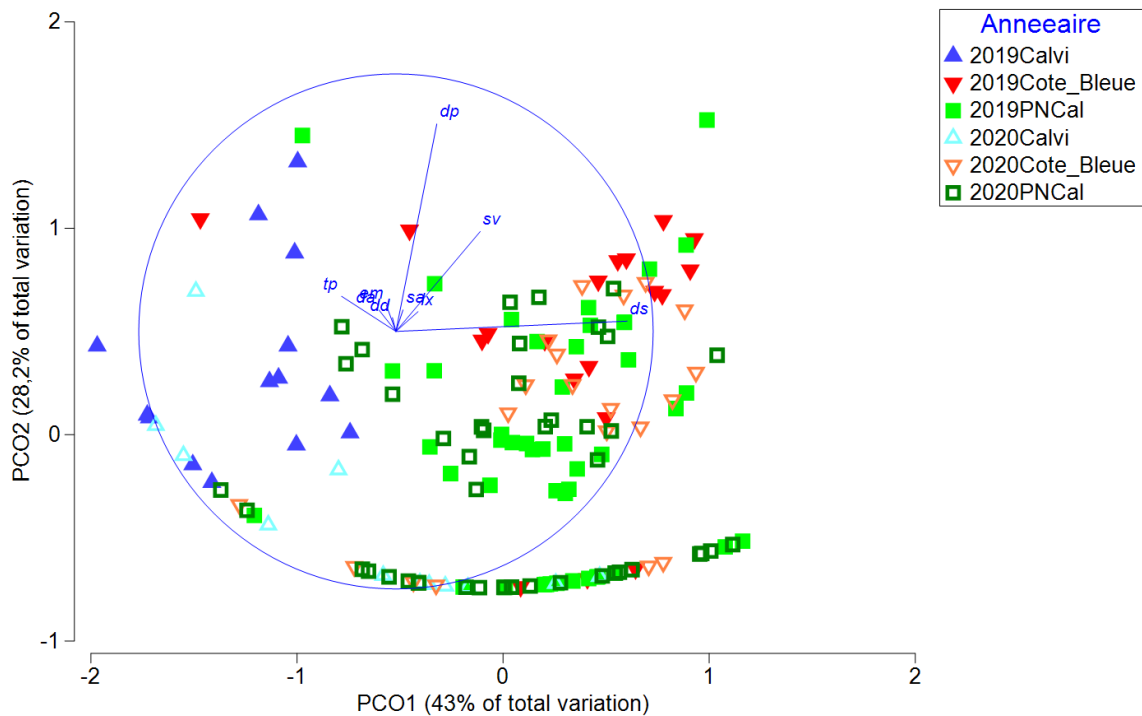
### 3.2 : Design 1: Effet de l'année ainsi que l'interaction croisé de l'année x l'aire et de l'année x site sur les patrons de distribution des juvéniles des petits fonds hétérogènes :

#### 3.2.1 Au niveau de l'assemblage :

La structure de l'assemblage variait significativement en fonction de l'année (FIGURE 5) (PERMANOVA,  $p=0.003$ ), de l'aire géographique (PERMANOVA,  $p=0.001$ ), et de l'interaction année avec l'aire géographique (PERMANOVA,  $p=0.022$ ). Le site, facteur aléatoire niché dans la variable aire, avait également un effet significatif sur la composition relative en juvéniles des petits fonds hétérogènes (PERMANOVA,  $p=0.001$ ) ainsi que l'interaction année x site (PERMANOVA,  $p=0.001$ ). Cette variable explicative étant de type aléatoire, aucun test Pair-wise n'a été réalisé. Calvi était la seule aire d'étude à avoir une composition relative strictement différente des deux autres aires, et ceci pour les deux années (PNCal et Côte Bleue) (Pair-wise tests,  $p<0.05$ ). En effet la composition relative de l'assemblage de juvéniles du PNCal et de la Côte Bleue ne différait pas significativement (Pairwise test,  $p=0.675$ ). Concernant la différence de composition relative d'une même aire sur différentes années, Calvi et le Parc National des Calanques trouvait leur composition relative influencés par l'année (PERMANOVA,  $p=0.001$  ; PERMANOVA,  $p=0.075$ ). *Diplodus sargus* était la principale espèce impliquée avec toujours plus de 50% de dissimilarité expliquée, suivi de *Diplodus puntazzo* qui expliquait à elle seule entre 20 et 30 % de dissimilarité



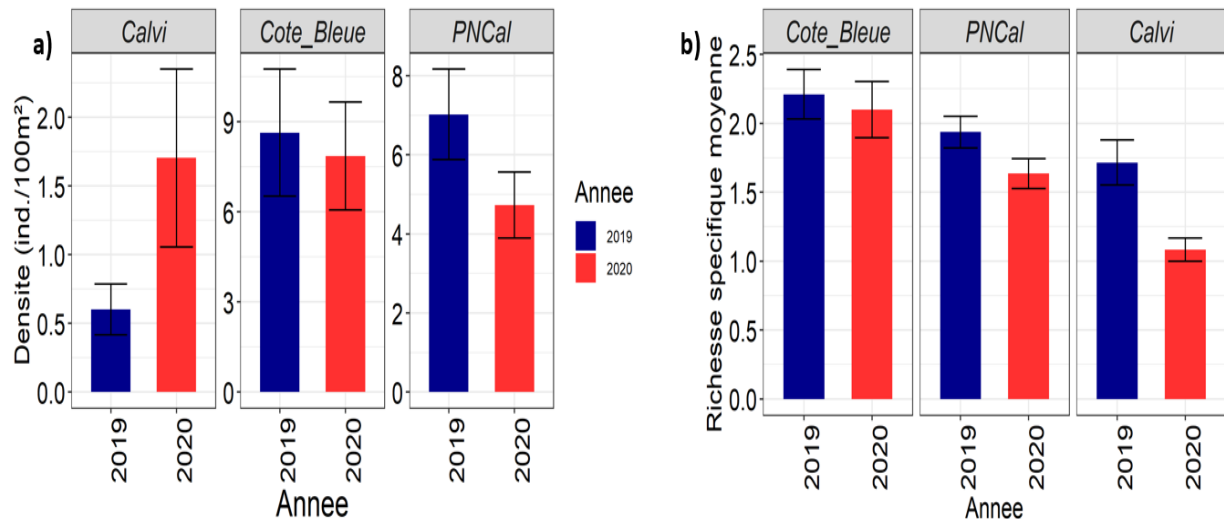
**Figure 5: Fréquence d'occurrence (%) des juvéniles de chaque espèce sur l'ensemble des aires et sites d'étude dans l'année 2019 et 2020.** La hauteur de la barre correspond au pourcentage de juvéniles observés d'une espèce par rapport au total. Les couleurs correspondent aux 9 espèces observées et présentes sur au moins un des transect de l'étude.



**Figure 6 : Analyse en Coordonnées Principales (PCoA) de la composition relative des assemblages de juvéniles au sein des petits fonds hétérogènes en fonction de l’aire et année d’étude.** Les triangles bleus correspondent aux transects de Calvi (plein 2019, vide 2020), les triangles rouges ceux de la Côte Bleue (plein 2019, vide 2020) et les carrés verts ceux du Parc National des Calanques (plein 2019, vide 2020). Taxons: lx = *Dicentrarchus labrax* ; ds = *Diplodus sargus* ; sv = *Sphyrna viridensis* ; dp = *Diplodus puntazzo* ; tp = *Thalassoma pavo* ; da = *Diplodus annularis* ; sa = *Sparus aurata* ; dd = *Dentex dentex* ; em = *Epinephelus marginatus*.

La densité totale moyenne par transect (toutes espèces confondues) de juvéniles ne variait pas significativement en fonction de l’année (PERMANOVA,  $p=0.791$ ), ni en fonction de l’interaction année x aire (PERMANOVA,  $p=0.183$ ). Elle variait significativement uniquement en fonction de aire d’étude (Figure 7-a) (PERMANOVA,  $p=0.001$ ) et par site (PERMANOVA,  $p=0.001$ ). La différence de densité par aire est expliquée par Calvi qui est moins élevée comparé aux deux autres aires (Pair wise test,  $p=0.001$ ,  $p=0.001$ ). En plus de la différence inter aire, la densité variait dans une même aire d’une année à une autre. C’est le cas pour le Parc National des Calanques (Pair wise test,  $p=0.075$ ) où la densité totale était plus élevée l’année 2019 par rapport à l’année 2020 et pour Calvi (Pair wise test,  $p=0.0031$ ) où la densité était trois fois plus élevée en 2020 qu’en 2019. Finalement, la richesse spécifique au sein des petits fonds hétérogènes variait significativement elle aussi uniquement selon l’aire d’étude (PERMANOVA,  $p=0.001$ ) (FIGURE 7-b) et le site (PERMANOVA,  $p=0.004$ ). L’influence de l’aire géographique sur ce descripteur était différente que celle sur la densité totale de juvéniles. Les différences significatives étaient entre Calvi et PNCal (PERMANOVA, 0.021)

ainsi que Calvi et Côte Bleue (PERMANOVA,  $p=0.006$ ) ainsi que PNCal et Cote Bleue (PERMANOVA,  $p=0.012$ ). Calvi était l'aire avec le moins de richesse spécifique suivi du PNCal puis de la Côte Bleue.

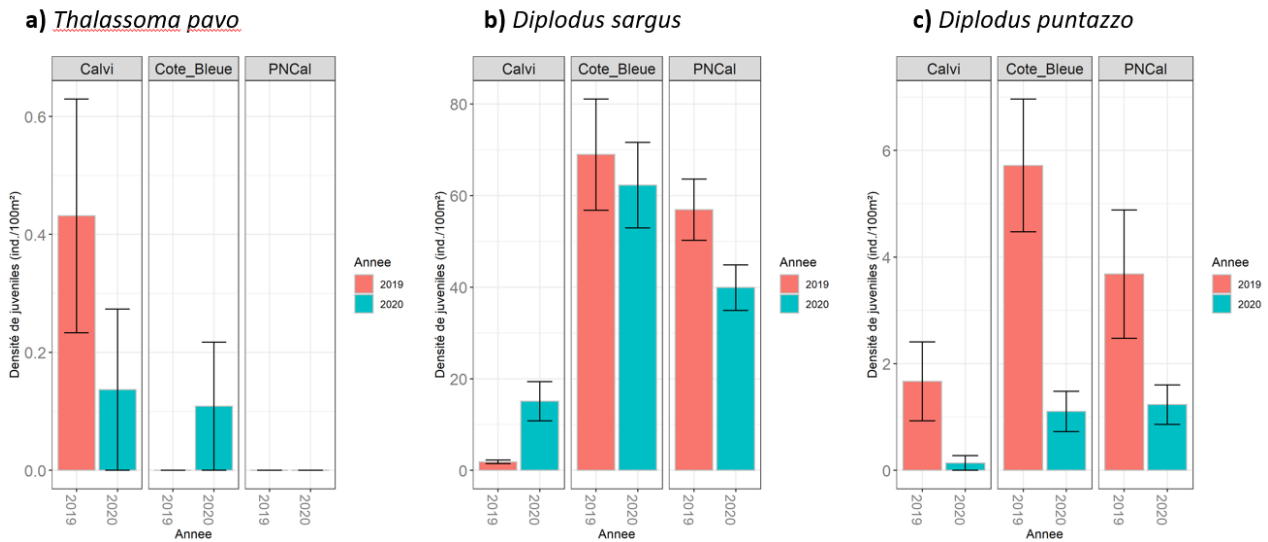


**Figure 7 : Densité totale de juvéniles pour 100 m<sup>2</sup> (moyennes et erreur standard (SE)) : par aire et année d'étude (a) et richesse spécifique par aire et année d'étude (b).** A gauche, la hauteur de la barre représente la densité totale moyenne d'individus tous transects et tous sites confondus pour chacune des trois aires d'études en fonction des années. A droite, la hauteur de la barre représente la richesse spécifique par aire et année d'étude. Les barres d'erreur noires représentent l'erreur standard.

### 3.2.2 A l'échelle du taxon :

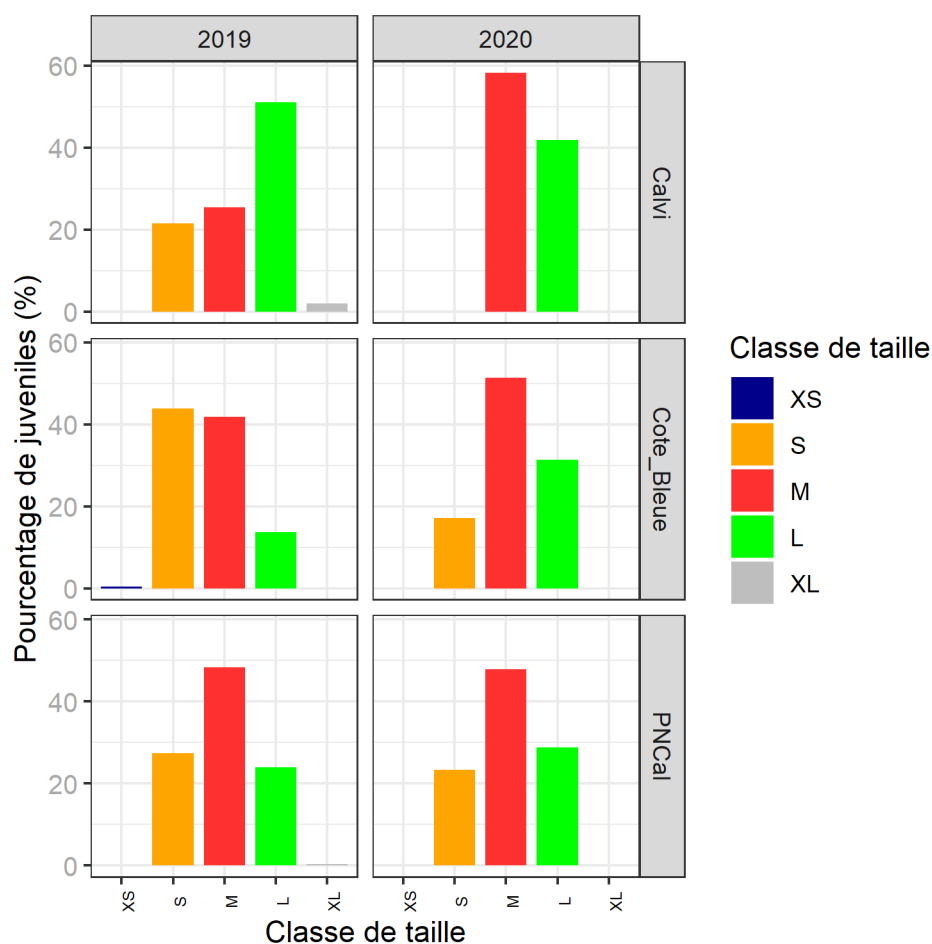
La densité de quatre taxons les plus fréquemment observés a été étudiée : *Diplodus sargus*, *Diplodus annularis*, *Sphyræna viridensis* et *Thalassoma pavo*. Aucun effet significatif (aire, site, année) n'a été observé concernant *Sphyræna viridensis*. Pour la densité de *Thalassoma pavo*, seul le site et l'aire géographique avait un effet significatif (PERMANOVA,  $p=0.045$ ), cette différence de densité était expliquée par la présence de l'espèce à Calvi son absence au Parc National des Calanques (Figure 8 a) (Pair wise test,  $p=0.017$ ). Concernant la densité de *Diplodus sargus*, les différences étaient observées entre les aires géographiques (PERMANOVA,  $p=0.001$ ) ainsi que l'interaction année et site. L'effet de l'aire géographique sur la densité de *Diplodus sargus* est expliqué par la différence entre Calvi et Côte Bleue (pair wise test,  $p=0.004$ ) ainsi que Calvi et le Parc National des Calanques (pair wise test,  $p=0.001$ ). Les aires du Golfe du Lion avaient une densité de presque trois fois plus grande qu'en Corse

(Figure 8 b). Les patrons de distribution de *Diplodus puntazzo* étaient différents des autres : L'année était le seul facteur qui avait un effet significatif (PERMANOVA,  $p=0.026$ ). En effet les densités de l'année 2019 étaient 5 fois plus grande que ceux de 2020 (Figure 8 c).



**Figure 8 – Densité par aire et par année pour *Thalassoma pavo* (a) *Diplodus sargus* (b) et *Diplodus puntazzo* (c).** La hauteur de la barre représente la densité totale pour 100m<sup>2</sup>. Les barres d'erreur noires représentent l'erreur standard.

Concernant l'analyse des classes de tailles, nous avons choisi de les représenter en prenant en compte toutes les espèces. En effet les classes de taille ne diffèrent pas en fonction de l'année (PERMANOVA,  $p=0.273$ ) mais diffèrent en fonction de l'aire (PERMANOVA,  $p=0.001$ ), du site (PERMANOVA,  $p=0.003$ ) et en fonction de l'interaction année aire (PERMANOVA,  $p=0.066$ ). (Figure 9).



**Figure 9: Pourcentage de juvéniles par classe de taille toute espèce confondue en fonction de l’aire et de l’année.** La hauteur de la barre représente la fréquence d’individus par classe de taille tous transects confondus et tous sites confondus.

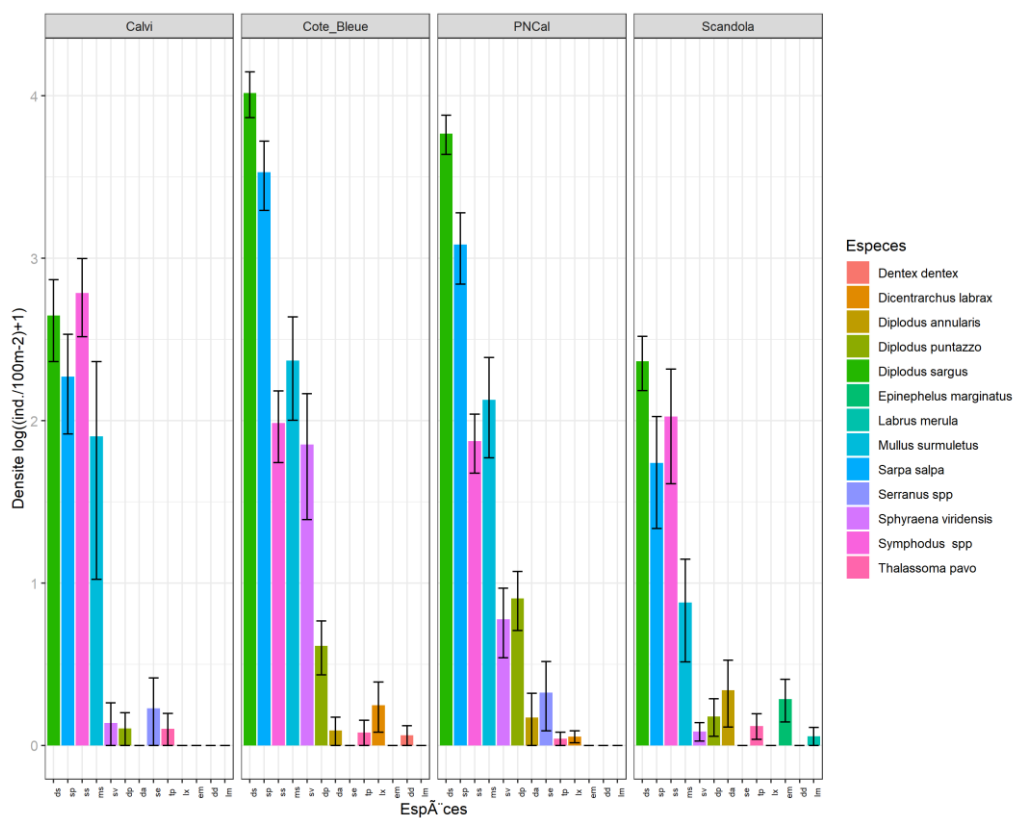
### 3.3 Design 2 : Effet de l’aire géographique et du site sur les patrons de distribution des juvéniles des petits fonds hétérogènes de l’année 2020:

#### 3.3.1. A l’échelle de l’assemblage :

La structure de l’assemblage variait significativement entre aires géographiques (PERMANOVA,  $p=0.001$ ). Le site, facteur aléatoire niché dans la variable aire, avait également un effet significatif sur la composition relative en juvéniles des petits fonds hétérogènes en 2020 (PERMANOVA,  $p=0.001$ ). Cette variable ayant toutefois un caractère aléatoire, aucun test Pair-wise n’a été réalisé. Calvi et Scandola étaient les seules aires d’étude à avoir une composition relative strictement différente des trois autres zones (Pair-wise tests,  $p > 0.05$ ). En effet la composition relative du PNCal et de la Côte Bleue ne différait pas significativement (Pairwise test,  $p=0.696$ ). Les taxons qui cumulaient à elles seules plus

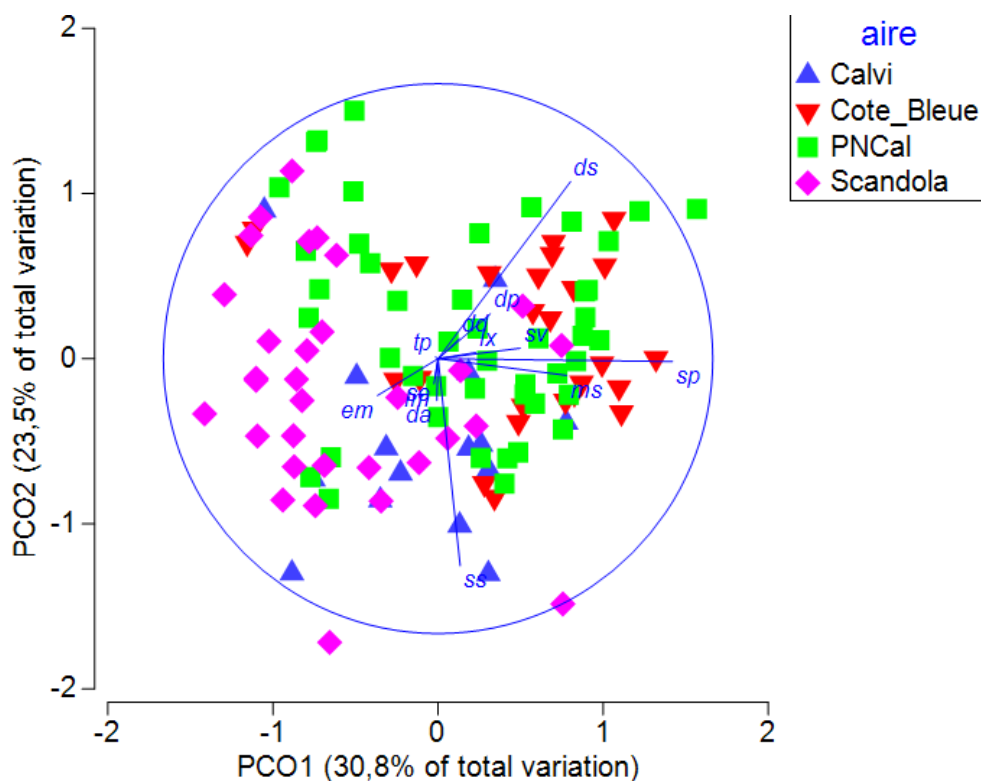


de 70% de la contribution à la dissimilarité entre Calvi avec Côte Bleue et PNCal étaient (test SIMPER) en premier lieu *Diplodus sargus* avec 28% de dissimilarité expliquée; *Sarpa salpa* avec entre 21 et 25% de contribution pour la dissimilarité, et *Symphodus* spp. avec entre 18 et 22% de contribution pour la dissimilarité. Le même schéma est retrouvé avec la différence entre Scandola avec PNCal et Côte Bleue. Quant à la différence entre Scandola et Calvi, elle est expliquée à 29% par *Symphodus* spp., 23% par *Diplodus sargus* et 23% par *Sarpa salpa* (SIMPER test). La densité totale moyenne (toutes espèces confondues et tous transects confondus) de juvéniles variait significativement selon l'aire d'étude (Figure 10) (PERMANOVA,  $p=0.001$ ).



**Figure 10: Densité des juvéniles de chaque espèce en fonction de l'aire d'étude dans l'année 2020.**

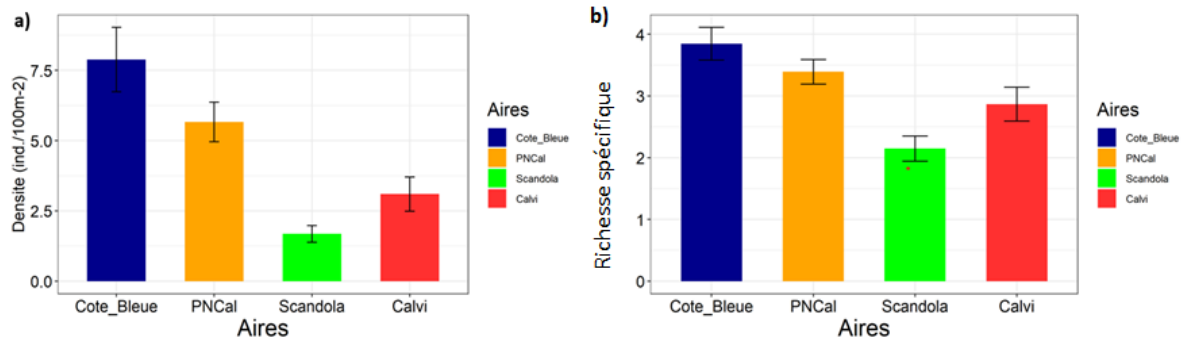
La hauteur de la barre correspond au pourcentage de juvéniles observés d'une espèce par rapport aux autres. Les couleurs correspondent aux 9 espèces observées et présentes sur au moins un des transects de l'étude.



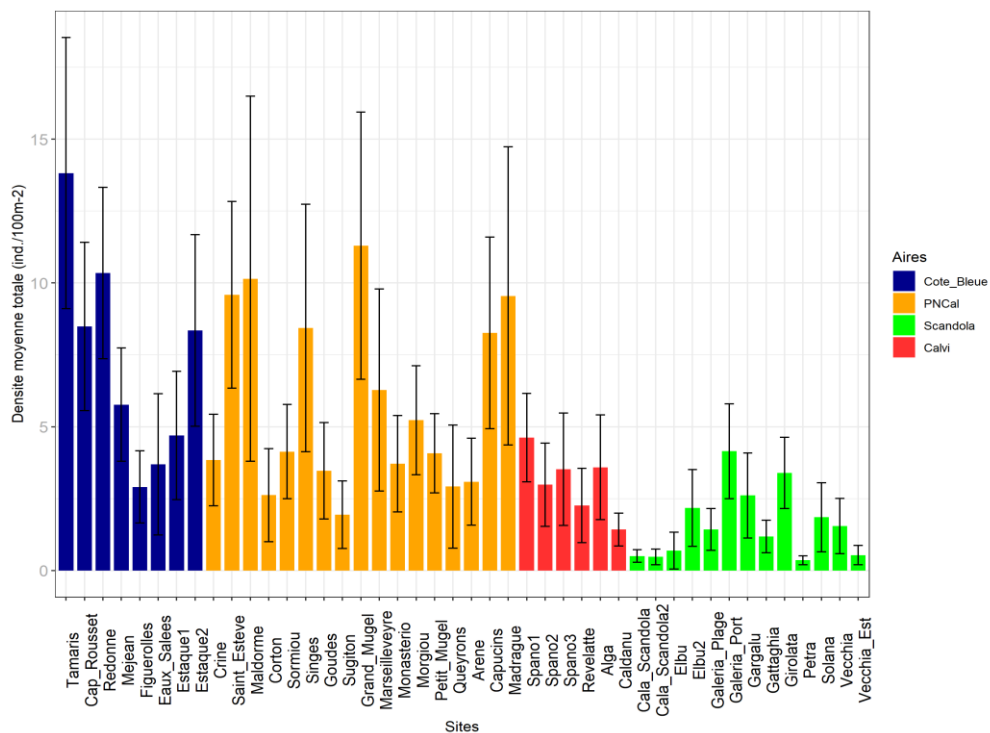
**Figure 11 : Analyse en Coordonnées Principales (PCoA) de la composition relative des assemblages de juvéniles au sein des petits fonds hétérogènes en fonction de l’aire d’étude en 2020.** Les triangles bleus correspondent aux transects de Calvi, les triangles rouges ceux de la Côte Bleue, les carrés verts ceux du Parc National des Calanques et les losanges rose ceux de Scandola. Taxons: lx = *Dicentrarchus labrax* ; ds = *Diplodus sargus* ; sv = *Sphyræna viridensis* ; dp = *Diplodus puntazzo* ; tp = *Thalassoma pavo*; da = *Diplodus annularis* ; sa = *Sparus aurata* ; ms = *Mullus surmuletus*; em = *Epinephelus marginatus* ; ss = *Symphodus* spp. ; sp=*Sarpa salpa* ; dd=*Dentex dentex*

De même que pour la composition relative, cette différence était significative pour la densité totale toute espèce confondue de Scandola qui était plus faible que toutes les autres aires d’études (Pair-wise tests,  $p < 0.05$ ) suivi de Calvi avait une densité plus faible que les aires du Golfe du Lion (Pair-wise tests,  $p < 0.05$ ) et plus importante que celle de Scandola (Pair-wise test,  $P = 0.001$ ). Les densités totales de juvéniles de la Côte Bleue et du PNCaI n’étaient quant à elles pas significativement différentes (Pair-wise test,  $p = 0.316$ ). Finalement, la richesse spécifique par site au sein des petits fonds hétérogènes variait elle aussi selon l’aire d’étude (FIGURE 12) (PERMANOVA,  $p\text{-value} = 0.001$ ) ainsi que selon le site d’étude (PERMANOVA,  $p = 0.001$ ). L’influence de l’aire géographique sur ce descripteur était retrouvée uniquement

entre Scandola et Côte Bleue (Pair-wise test,  $p=0.01$ ) ainsi que Scandola et PNCal (Pair-wise test,  $p=0.01$ ) car Scandola avait une faible richesse spécifique.



**Figure 12 : Densité totale de juvéniles pour 100 m<sup>2</sup> (moyennes et erreur standard (SE)) : par aire d'étude (a) et richesse spécifique d'étude (b).** A gauche (a), la hauteur de la barre représente la densité totale moyenne par transect tout site confondu pour chacune des quatre aires d'études. A droite (b), la hauteur de la barre représente la richesse spécifique par transect moyenne par aire et année d'étude. Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

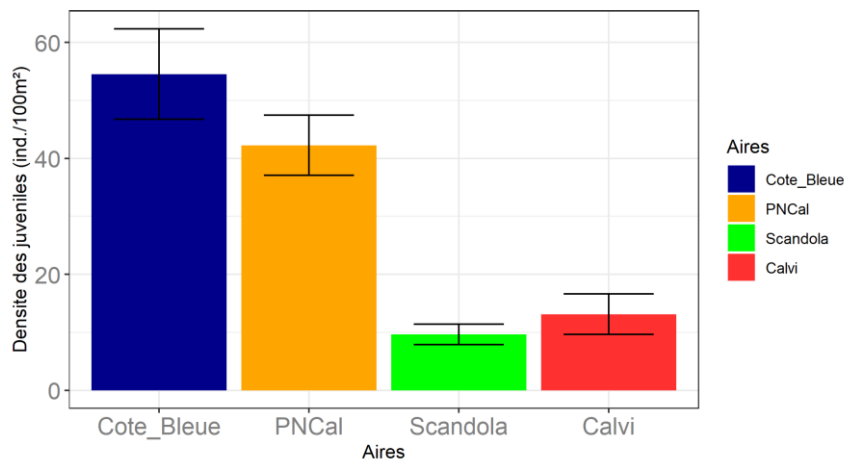


**Figure 13 : Densité totale des juvéniles pour 100m<sup>2</sup> en fonction des sites pour l'année 2020 :** La hauteur de la barre représente la densité toute espèce confondue tout transect confondu. Les barres d'erreur noires correspondent à l'erreur standard.

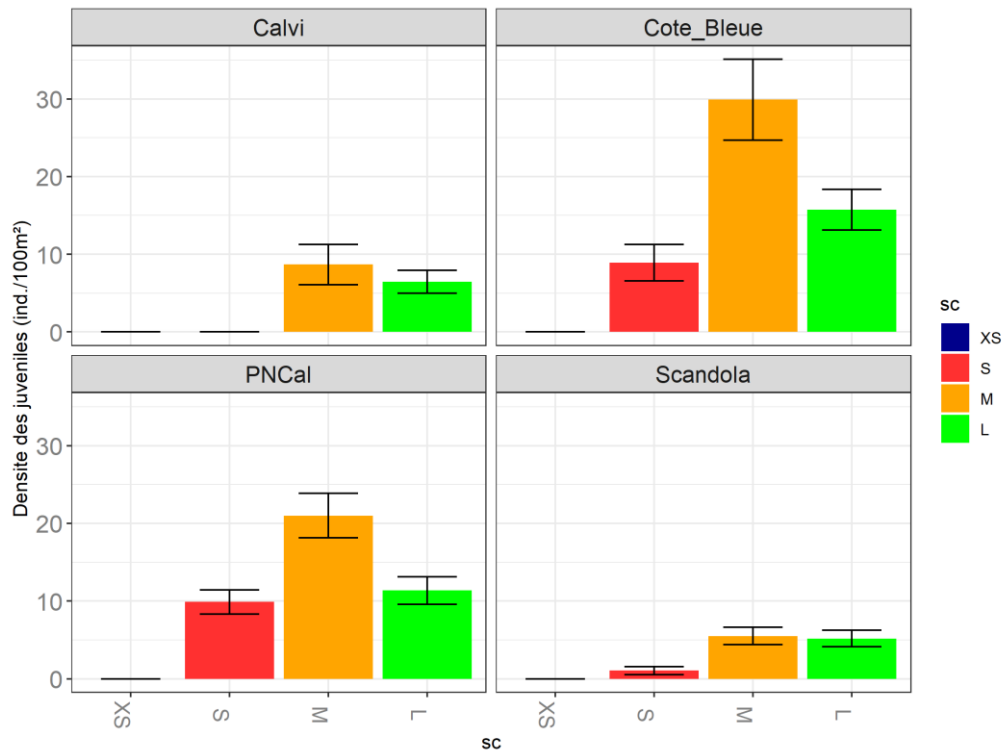
### 3.3.2 : Au niveau du taxon :

Les taxons avec plus de 5% d'occurrence ont été analysés à savoir *Diplodus sargus*, *Sarpa salpa*, *Symphodus* spp. et *Mullus surmeletus*. Le seul taxon ayant vu sa densité influencée par l'aire d'étude était *Diplodus sargus* (PERMANOVA,  $p=0.002$ ). Calvi avait des densités moins abondantes comparé au PNCal et Côte Bleue (Pair-wise test,  $p=0.012$ ,  $p=0.02$ ) et Scandola avait elle aussi des densités moins importante comparé à ceux de PNCal et Côte Bleue (Pair-wise test,  $p=0.001$ ,  $p=0.002$ ) (Figure 14).

Concernant les classes de tailles, *Diplodus sargus* était la seule espèce étudiée car les autres espèces n'étaient pas assez abondantes. Elles étaient influencées par l'aire d'étude (PERMANOVA,  $p=0.002$ ) et cette différence est encore une fois expliquée par la singularité de Calvi et de Scandola (Figure 15). En effet Calvi était différente de PNCal et Côte Bleue (Pair-wise test,  $p=0.001$ ,  $p=0.003$ ) et Scandola était elle aussi différente de PNCal et Côte Bleue (Pair-wise test,  $p=0.001$ ,  $p=0.004$ ).



**Figure 14 : Densité totale de juvéniles de *Diplodus sargus* pour 100 m<sup>2</sup> (moyennes et erreur standard (SE)) : par aire d'étude.** la hauteur de la barre représente la densité totale de juvéniles de *Diplodus sargus* par transects moyennée pour chacune des quatre aires d'études.



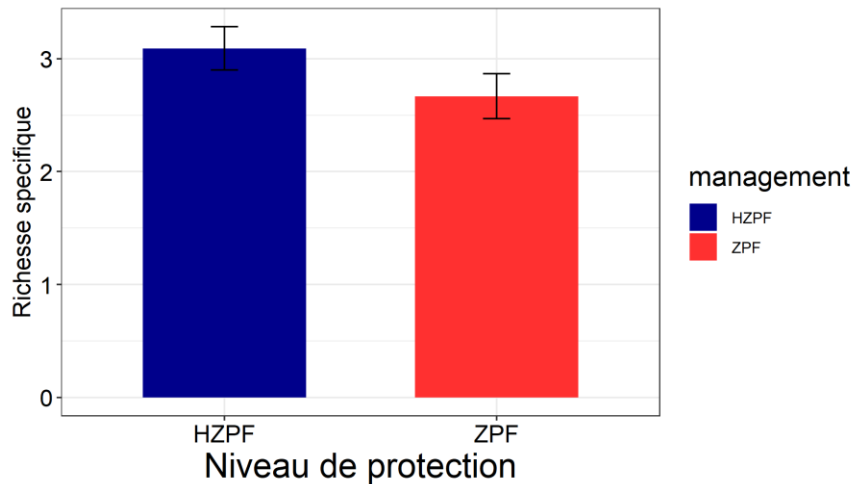
**Figure 15 : Densité de juvéniles de *Diplodus sargus* par classe de taille en fonction de l'aire d'étude.** La hauteur de la barre représente la densité d'individus par classe de taille par aire tous transects confondus et tous sites confondus. Les lignes noires représente l'erreur standard

### 3.4 : Design 3 : Effet du niveau de protection ainsi que l'interaction du niveau de protection avec l'aire d'étude sur les patrons de distribution des juvéniles des petits fonds hétérogènes de l'année 2020:

Ce design avait pour but de mettre en évidence l'influence du niveau de protection sur les caractéristiques des juvéniles.

Aucun effet de l'interaction du niveau de protection avec l'aire d'étude n'a été observé concernant les variables réponses à l'échelle de l'assemblage (composition relative, densité totale) ni à l'échelle du taxon (densité et classes de tailles).

L'effet du niveau de protection a été observée uniquement avec la variable réponse richesse spécifique (PERMANOVA,  $p= 0.053$ ) (Figure 16)



**Figure 16 : Richesse spécifique en fonction du niveau de protection pour l'année 2020.** La hauteur de la barre représente la moyenne du nombre d'espèces observées par transects, en fonction du niveau de protection. Les lignes noires représentent l'erreur standard.

#### 4. Discussion :

L'habitat des petits fonds hétérogènes (PFHs) est identifié comme habitat essentiel en tant que nurserie pour de nombreuses espèces de poissons Méditerranéens (Cheminée et al., 2011; Cuadros, 2015; Harmelin-Vivien et al., 1995). Habitat peu pris en compte dans les outils de protection de la nature, il fait l'objet du projet MedHab qui confirme l'importance des petits fonds hétérogènes dans le processus d'installation des juvéniles.

Pour caractériser les assemblages de juvéniles de téléostéens des petits fonds hétérogènes nous avons analysé leur variabilité spatiale et temporelle ainsi que l'effet du niveau de protection sur les patrons de diversité et de distribution de ces juvéniles.

##### 4.1 Variabilité spatio-temporelle des patrons de distribution des assemblages de juvéniles de téléostéens des petits fonds hétérogènes en Méditerranée :

Le premier modèle de traitement des données (« design1 ») a permis de mettre en évidence la variabilité des caractéristiques des assemblages de poissons en fonction du temps. La composition relative générale et d'une même aire est différente en fonction des années. La densité totale des juvéniles était plus faible à Calvi comparé aux autres aires, l'année n'avait

d'effet qu'au niveau du site. A l'échelle du taxon, la densité de *Thalassoma pavo* et *Diplodus sargus* était influencée par l'aire et non pas par l'année.

Concernant les classes de taille de *Diplodus sargus*, elles étaient différentes selon les aires et comme pour les autres variables. Les individus de Calvi étaient plus grands que ceux de la Côte Bleue et du PNCal. Les classes de taille toute espèce confondue étaient également différentes dans Calvi entre 2019 et 2020.

La différence de composition relative d'année en année est expliquée principalement par *D. sargus* et *D.puntazzo* qui avait une densité plus importante en 2019. La densité de *Diplodus puntazzo* s'est vue influencée uniquement par l'année. En effet pour ces deux espèces, les densités étaient plus élevées en 2019 qu'en 2020. Cette différence pourrait être expliquée par une reproduction ayant eu lieu plus tôt et donc une installation précoce en 2020. S'étant installé plus tôt, les individus ont donc subi d'avantage de mortalité pour une même époque d'inventaire *in situ*. De plus, une installation précoce laisse le temps pour les individus qui survivent d'atteindre la taille de recrutement et de quitter l'habitat nurserie pour rejoindre les habitats occupés par les individus adultes.

Les classes de classes de taille étaient également différentes à Calvi en fonction des autres aires d'études. De plus, d'une année à une autre, les juvéniles de Calvi avaient tendance à être plus grands en 2020. Le fait que les juvéniles soient plus grands en 2020 pourrait signifier que la période de ponte et donc d'installation s'est effectuée eu plus tôt pour la majorité des taxons étudiés. Pour *Diplodus sargus*, espèce la plus abondante dans nos comptage, plusieurs facteurs peuvent être à l'origine de ces patrons de distribution de l'espèce. Premièrement, la température étant un facteur déterminant la période de ponte, plusieurs études confirment la présence d'un gradient latitudinal dans la période de ponte et par conséquent d'installation de *Diplodus sargus* (Cuadros et al., 2017; Di Franco et al., 2013; Vigliola, 1998). Le pic d'installation pour cette espèce a lieu en mai à Minorque, entre juin et juillet dans la partie Nord-Ouest du bassin méditerranéen et en avril dans la partie Sud-Ouest du bassin (Cuadros, 2015). Une autre hypothèse, celle de la présence d'eaux plus chaudes en 2020 qu'en 2019 et donc déclenchant une reproduction plus tôt, pourrait être confirmée par la densité de *Diplodus puntazzo* beaucoup moins importante en 2020. En effet le pic d'installation de cette espèce a normalement lieu entre octobre et novembre

(Cheminée et al., 2011), ce qui explique notamment la différence de densité avec *Diplodus sargus*. Par ailleurs, on pourrait émettre l'hypothèse que cette espèce soit plus impactée par le réchauffement climatique, étant plus sensible aux variations de température (La Mesa et al., 2013). Il pourrait donc y avoir une plus forte mortalité chez les juvéniles de *Diplodus puntazzo* lié à leur incapacité à supporter des eaux trop chaudes.

#### **4. 2 Variabilité spatiale des patrons de distribution des assemblages de juvéniles de téléostéens des petits fonds hétérogènes en Méditerranée pour l'année 2020.**

Le design 2 a permis de mettre en évidence les patrons de distribution spatiaux concernant les assemblages de juvéniles de poissons. Les principaux résultats de ce design étaient la différence de la composition relative et de la densité de l'assemblage entre d'une part Calvi ainsi que Scandola et d'autre part le reste des aires d'études. En effet dans les aires du Golfe du Lion, l'assemblage affichait une nette dominance de *Diplodus sargus*. Cette dominance était moins visible à Calvi et Scandola où on a observé que *Sarpa salpa* et *Symphodus* spp étaient quasiment à des niveaux de densité équivalents à ceux de *Diplodus sargus*. La densité de *Diplodus sargus* était presque cinq fois supérieure en Côte Bleue et au PNCal. En effet en Corse, la densité de cette espèce était d'environ 10 ind/100m<sup>2</sup> tandis qu'elle atteignant 50 ind/100m<sup>2</sup> dans les aires du Golfe du Lion. Ceci pourrait être dû aux apports larvaires de *Diplodus sargus* moins important en Corse que sur les côtes des Bouches-du-Rhône en raison d'une moindre connectivité de leur lieu de ponte et de leur habitat nurserie (ici les PFH). En effet, nos aires d'étude sont sous l'influence de différents courants de surface, principaux vecteurs de larves (Vigliola, 1998) : le courant liguro-provençal alimente la côte provençale du PNCal et du PNMCB, tandis que les sites de Calvi et Scandola sont sous l'influence d'une branche de courant issue de la mer de Ligure (Faillettaz et al., 2018). Troisièmement, bien que l'habitat PFH soit présent en Corse, il se peut que les sites qui le représentent soient soumis à d'autres facteurs environnementaux comme le régime des vents, ou un trop fort hydrodynamisme qui rendent ces sites moins favorables pour l'installation ou la survie post-installation des larves de téléostéens.

En plus de la variation inter-aire, une variation intra-aire est visible particulièrement en observant la densité des juvéniles par site (Figure 13). cette variation inter sites souligne l'importance du concept de solidarité écologique : parfois, alors même que l'habitat nurserie



est présent, les densités de juvéniles sont faibles dans certains sites, rendant alors ces sites et aires dépendant de migration d'individus adultes ou sub-adultes en provenance d'autres régions, pour le renouvellement de leurs populations (Cheminée et *al.*, 2011). C'est une illustration du concept de solidarité écologique, déjà décrit à Port-Cros pour *D. sargus* (Vigliola, 1998), et qui souligne à quel point la protection d'une zone est en fait dépendante des efforts de conservation qui pourront être fait dans des zones adjacentes.

#### **4. 3 Effet du niveau de protection sur l'assemblage de juvéniles des petits fonds méditerranéens.**

Les résultats ne sont pas conformes à l'hypothèse de base qui suggérait que le niveau de protection avait un effet significatif sur la densité de juvéniles de poissons. Le seul effet significatif mis en évidence était celui sur la richesse spécifique. En effet, les sites en zones de protection forte présentaient en moyenne une plus faible richesse spécifiques que ceux situés hors protection. Ceci pourrait être dû à une présence accrue de poissons adultes et donc de prédateurs dans les sites protégés, occasionnant une prédation plus intense sur les juvéniles ; de tels résultats ont été observés dans des études antérieures notamment en milieu tropical (Tupper and Juanes, 1999). Il est également possible que l'habitat nurserie dans ces sites soit moins favorable pour les larves de téléostéens en terme de disponibilité de zones refuges et de nourriture (Cuadros, 2015; Cuadros et al., 2017). Toutefois pour vérifier cette hypothèse il faudrait mener des études plus approfondies, en comptabilisant l'abondance des prédateurs au niveau des sites échantillonnés pour le recensement des juvéniles par exemple. Il est donc préférable de prendre du recul sur ces résultats et sur l'effet de la protection sur l'assemblage des juvéniles des PFH. Ces résultats sont donc probablement le reflet de la prise en compte aléatoire des petits fonds hétérogènes dans les AMPs, étant donné l'absence de statut de protection pour cet habitat.

#### **4.4 Limitations méthodologiques et perspective du projet MedHab :**

L'étude des juvéniles de poissons en méditerranée sur l'habitat PFH est facilement réalisable étant donné qu'elle ne nécessite pas de plongée bouteille (Imbert et Bonhomme, 2015). Cela permet d'avoir une quantité satisfaisante de données en un temps réduit (moins d'un mois par an). Ceci-dit, notre jeu de données connaît certaines limites. Les aires d'études

n'était pas équilibrées surtout en ce qui concerne le nombre de transect par site ainsi que le nombre de site par niveau de protection. De plus, certains comptages ont été réalisés alors que les conditions météorologiques n'étaient pas favorables surtout en ce qui concerne l'hydrodynamisme et la visibilité. Il est donc possible que sur certains transects les juvéniles aient été sous-évalués de par les conditions météorologiques. Un autre biais à considérer est le biais de l'observateur. En effet l'observateur change d'un transect à un autre. De plus, les observateurs n'étaient pas les mêmes en fonction des années. Il est possible qu'en fonction de l'observateur le nombre d'individus soit surestimé ou sous-estimé ou encore qu'une mauvaise identification de l'espèce soit faite. Néanmoins, pour diminuer au maximum ce biais nous avons effectué des sessions d'entraînement avant la campagne terrain à l'identification des espèces et à l'estimation de la taille des groupes, comme préconisé dans la littérature (Harmelin-Vivien et al., 1985).

Une prochaine partie du projet consistera à comparer les assemblages de juvéniles de poissons observés dans les PFH avec ceux d'autres habitats, notamment l'herbier à *Posidonia oceanica* et la roche infralittoral à algues photophiles. Cette comparaison permettra également de créer une cartographie des habitats nurserie de la méditerranée française en mettant en évidence la productivité en juvénile de chaque zone. Cette cartographie mettra également en évidence les zones de « hotspot » de diversité indispensables à protéger.

Cette étude amènera de nouvelles connaissances aux gestionnaires des AMPs sur les juvéniles utilisant les PFH comme habitat nurserie et notamment des informations précisant pour quelles espèces cet habitat est essentiel à leur développement. Il pourrait donc être envisagé qu'à l'avenir, soient intégrés ce type de résultats lors du design d'une AMP.

En conclusion, cette étude a permis de mettre en évidence les patrons de distributions des assemblages de juvéniles de poissons méditerranéens : Calvi et la Côte Bleue avait des assemblages différents d'une année à une autre. Cette variation inter-annuelle était probablement la conséquence d'une variation de température interannuelle qui avancerait dans le temps le phénomène de ponte chez *Diplodus sargus* et *Diplodus puntazzo*. En plus des variations temporelles, une variation des structures des assemblages de juvéniles de poissons a été observée principalement entre les aires d'études du Golfe du Lion avec celles

de la Corse. Cette variation est probablement en partie expliquée par un apport initial de larves différent, étant lui-même la conséquence d'une courantologie de surface différente selon les aires. Enfin le niveau de protection n'avait pas d'effet sur les assemblages de juvéniles de poissons si ce n'est sur la richesse spécifique. Ces résultats vont être affinés, confirmés ou non par les données de terrain récoltées en été 2021.

## Références bibliographiques

Amara, R., Meziane, T., Gilliers, C., Hermel, G., Laffargue, P., 2007. Growth and condition indices in juvenile sole *Solea solea* measured to assess the quality of essential fish habitat. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 351, 201–208. <https://doi.org/10.3354/meps07154>

Anderson, M., Gorley, R., Clarke, K., 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods.

Anderson, M.J., 2001. Permutation tests for univariate or multivariate analysis of variance and regression. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58, 626–639 <https://doi.org/10.1139/f01-004>

Ballesteros, E. – 2009. Is climate change the main driver of current community and landscape changes in the Mediterranean Sea? Oral communication. ASLO Aquatic Sciences Meeting 2009, 25-30 January 2009, Center of Congress Acropolis, Nice, France.

Beck, M.W., Heck, K.L., Able, K.W., Childers, D.L., Eggleston, D.B., Gillanders, B.M., Halpern, B., Hays, C.G., Hoshino, K., Minello, T.J., Orth, R.J., Sheridan, P.F., Weinstein, M.P., 2001. The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates. *BioScience* 51, 633–641.

Benoit, G., Comeau, A., 2005. A Sustainable Future for the Mediterranean: the Blue Plan's Environment and Development Outlook. Earthscan, London, UK.

Cheminée, A., 2012. Ecological functions, transformations and management of infralittoral rocky habitats from the North-western Mediterranean: the case of fish (Teleostei) nursery habitats. PhD thesis, University of Nice, 226 p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4847.1201>

Cheminée, A., Francour, P., Harmelin, M., 2011. Assessment of *Diplodus* spp. (Sparidae) nursery grounds along Marseilles rocky shore (France, NW Mediterranean). *Scientia Marina* 75, 181–188. <https://doi.org/10.3989/scimar.2011.75n1181>

Cheminée, A., Sala, E., Pastor, J., Bodilis, P., Thiriet, P., Mangialajo, L., Cottalorda, J.-M., Francour, P., 2013. Nursery value of *Cystoseira* forests for Mediterranean rocky reef fishes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 442, 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2013.02.003>

Cheminée, A., Feunteun, E., Clerici, S., Cousin, B., Francour, P., 2014. Management of Infralittoral Habitats: Towards a Seascape Scale Approach, in: Musard, O., Le Dû Blayo, L., Francour, P., Beurier, J.-P., Feunteun, E., Talassinis, L. (Eds.), *Underwater Seascapes*. Springer International Publishing, Cham, pp. 161–183. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-03440-9\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-03440-9_11)

Clarke, K.R., Gorley, R.N., 2006. *Primer v6: User Manual/Tutorial* - Primer-E Ltd 190 pp.

Cuadros, A., Moranta, J., Cardona, L., Thiriet, P., Pastor, J., Arroyo, N.L., Cheminée, A., 2017. Seascape attributes, at different spatial scales, determine settlement and postsettlement of juvenile fish. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 185, 120–129. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.12.014>

Cuadros, A., 2015. Settlement and post-settlement processes of Mediterranean littoral fishes: influence of seascape attributes and environmental conditions at different spatial scales. (PhD). Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca.

Cuadros, A., G, B., L, C., A, C., M, H., J, M., 2018. Settlement and post-settlement survival rates of the white seabream (*Diplodus sargus*) in the western Mediterranean Sea. *PLoS One* 13, e0190278–e0190278. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190278>

Díaz-Gil, C., Cotgrove, L., Smee, S.L., Simón-Otegui, D., Hinz, H., Grau, A., Palmer, M., Catalán, I.A., 2017. Anthropogenic chemical cues can alter the swimming behaviour of juvenile stages of a temperate fish. *Marine Environmental Research* 125, 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.11.009>

Di Franco, A., Qian, K., Calò, A., Di Lorenzo, M., Planes, S., Guidetti, P., 2013. Patterns of variability in early life traits of a Mediterranean coastal fish. *Marine ecology. Progress series* 476, 227–235.

Dixon, D.L., Jones, G.P., Munday, P.L., Planes, S., Pratchett, M.S., Srinivasan, M., Syms, C., Thorrold, S.R., 2008. Coral reef fish smell leaves to find island homes. *Proc. R. Soc. B.* 275, 2831–2839. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0876>

Faillietaz, R., Paris, C.B., Irisson, J.-O., 2018. Larval Fish Swimming Behavior Alters Dispersal Patterns From Marine Protected Areas in the North-Western Mediterranean Sea. *Front. Mar. Sci.* 5. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00097>

Francour, P., 2000. Evolution spatio-temporelle à long terme des peuplements de poissons des herbiers à *Posidonia oceanica* de la réserve naturelle de Scandola (Corse,

Méditerranée, Nord-occidentale). *Cybium: international journal of ichthyology* 24, 85–95.

Francour, P., Le Direac'h, L., 1994. Recrutement de l'ichtyofaune dans l'herbier superficiel à *Posidonia oceanica* de la réserve naturelle de Scandola (Corse, Méditerranée nord occidentale): données préliminaires. *Travaux Scientifiques du Parc Naturel Régional Corse* 46, 71–91.

Garcia-Rubies, A., Macpherson, E., 1995. Substrate use and temporal pattern of recruitment in juvenile fishes of the Mediterranean littoral. *Marine Biology* 124, 35–42. <https://doi.org/10.1007/BF00349144>

G. Benoit, A. Comeau (dir.), 2005, Méditerranée. Les perspectives du Plan Bleu sur l'environnement et le développement, Ed. de l'Aube, 428 p.

Harmelin-Vivien M.L., Harmelin J.G., Chauvet C., Duval C., Galzin R., Lejeune P., Barnabé G., Blanc F., Chevalier R., Duclerc J., Lasserre G., 1985. Évaluation visuelle des peuplements et populations de Poissons : méthodes et problèmes. *Rev. Ecol. (Terre vie)*, 40 : 467-539.

Harmelin-Vivien, M.L., Harmelin, J.G., Leboulleux, V., 1995. Microhabitat requirements for settlement of juvenile sparid fishes on Mediterranean rocky shores 12. *Hydrobiologia* 300/3001: 309-320, 1995.

Havel, L.N., Fuiman, L.A., 2016. Settlement-Size Larval Red Drum (*Sciaenops ocellatus*) Respond to Estuarine Chemical Cues. *Estuaries and Coasts* 39, 560–570. <http0s://doi.org/10.1007/s12237-015-0008-6>

La Mesa, G., Guidetti, P., Bussotti, S., Cattaneo-Vietti, R., Manganaro, A., Molinari, A., Russo, G.F., Spano, N., Vetrano, G., Tunesi, L., 2013. Rocky reef fish assemblages at six Mediterranean marine protected areas: broad-scale patterns in assemblage structure, species richness and composition. *Ital. J. Zoolog.* 80, 90–103. <https://doi.org/10.1080/11250003.2012.686523>

Le Direac'h, L., Astruch, P., Rouanet, E., Cheminee, A., Goujard, A., Chassaing, L., Jouvenel, J.-Y., THIBAUT, T., Blanfune, A., Ruitton, Bonhomme, D., Harmelin-Vivien, M., 2015. Programme NUhAGE : nurseries, habitats, génie écologique. Rapport final. Contrat GIS Posidonie. MIO - P2A développement / Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse – Conseil Général du Var.

Lozano, L., 2015. Caractérisation de la diversité des post-larves de poissons en Méditerranée nord-occidentale et la variabilité de leur recrutement. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park* 29, 135–165.

Macpherson, E., 1998. Ontogenetic shifts in habitat use and aggregation in juvenile sparid fishes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 220, 127–150. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(97\)00086-5](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(97)00086-5)

Thiriet, P.D., Di Franco, A., Cheminée, A., Guidetti, P., Bianchimani, O., Basthard-Bogain, S., Cottalorda, J.-M., Arceo, H., Moranta, J., Lejeune, P., Francour, P., Mangialajo, L., 2016. Abundance and Diversity of Crypto- and Necto-Benthic Coastal Fish Are Higher in Marine Forests than in Structurally Less Complex Macroalgal Assemblages. *PLOS ONE* 11, e0164121. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164121>

Tupper, M., Juanes, F., 1999. Effects of a Marine Reserve on Recruitment of Grunts (Pisces: Haemulidae) at Barbados, West Indies. *Environmental Biology of Fishes* 55, 53–63. <https://doi.org/10.1023/a:1007516831826>

Verdiell-Cubedo, D., Torralva, M., Ruiz-Navarro, A., Oliva-Paterna, F.J., 2013. Fish assemblages in different littoral habitat types of a hypersaline coastal lagoon (Mar Menor, Mediterranean Sea). *Italian Journal of Zoology* 80, 104–116. <https://doi.org/10.1080/11250003.2012.686525>

Vigliola, L., 1998. Contrôle et régulation du recrutement des Sparidae (Poissons Téléostéens) en Méditerranée : importance des processus pré- et post-installation benthique (thesis). <http://www.theses.fr>. Aix-Marseille 2.

**Annexe I: -Table récapitulant le nombre de transects par site et par aire ainsi que les dates auxquels ont été faits les recensements en 2019.**

Aire	Site	Date	Nombre de transect
Côte Bleue	Ponteau	05/08/2019	3
	Laurons		1
	Bonnieu		3
	Arcquet		3
	Tamaris		3
	Cap Rousset	25/07/2019	3
	Eaux salées		3
	Redonne		5
	Figuerolle		2
	Estaque 2		3
Parc national des calanques	Marseilleveyre	01/08/2019	3
	Queyrans		2
	Monasterio		3
	Sormiou		4
	Morgiou		3
	Sugiton		3
	Corton	02/08/2019	3
	Arène		2
	Petit Mugel		3
	Grand Mugel		3
	Capucins	3	
	Singes	27/07/2019	2
	Goudes		2
	Maronaise		3
	Maldorme		4
	Saint Estève	26/07/2019	3
Crine	2		
Calvi	Spano 1	06/08/2019	3
	Spano 2		2
	Spano 3		2
	Caldanu		4
	Caldanu 2		1
	Stareso		1
	Revellate		1
	Roncu	07/08/2019	4
	Tramariccia		2
	Alga		2
	Nichiareto		5
	Cadrea		4
	Alusi	3	
	Mareva	08/08/2019	3
	Oscelluccia		4
	Vecchiu	09/08/2019	3
	Carchincu	10/08/2019	5
Total (toutes aires confondues)	45 sites	12 jours	124 transects



**Annexe I: Table récapitulant le nombre de transects par site et par aire ainsi que les dates auxquels ont été faits les recensements en 2020.**

Aire	Site	Date	Nombre de transect
Côte Bleue	Cap Rousset	30/07/2020	4
	Estaque 2		3
	Figuerolles		2
	Mejean		1
	Redonne		4
	Eaux Salées	31/07/2020	3
	Estaque 1		2
	Tamaris		4
Parc national des calanques	Crine	23/07/2020	3
	Saint Esteve		4
	Marseilleveyre	25/07/2020	3
	Queyrans		3
	Singes		2
	Madrague	28/07/2020	2
	Monasterio		2
	Morgiou		3
	Sormiou		5
	Sugiton		3
	Arene	29/17/2020	3
	Capucins		3
	Corton		4
	Grand Mugel		2
	Petit Mugel		2
	Maldorme	37/07/2020	2
	Goudes	01/08/2020	2
Scandola	Galeria Plage	06/08/2020	3
	Galeria Port		2
	Elbu	07/08/2020	3
	Elbu 2		2
	Gattaghia	08/08/2020	3
	Girolata		3
	Solana		3
	Vecchia		3
	Vecchia_Est		2
	Cala Scandola	09/08/2020	2
	Cala Scandola 2		2
	Petra		2
	Gargalu		4
Calvi	Alga		04/08/2020
	Revelatte	1	
	Caldanu	05/08/2020	3
	Spano 1		3
	Spano 2		2
	Spano 3		2
Total (toutes aires confondues)	44	14 jours	114

## Résumé

La diversité des paysages côtiers méditerranéens contient une multitude d'habitats qui offrent aux juvéniles de poissons les conditions favorables aux premiers stades de leur cycle de vie. Ces habitats sont connus pour leur fonction de «nurserie». Les petits fonds hétérogènes assurent ce rôle pour de nombreuses espèces de juvéniles de téléostéens en Méditerranée. Cet habitat est néanmoins, peu ou pas pris en compte par les mesures de gestion de la biodiversité. Ce rapport décrit l'assemblage de juvéniles de téléostéens des petits fonds hétérogènes en Méditerranée sous l'effet de : (1) l'année en prenant en compte les assemblages de 2019 et 2020 ; (2) L'aire géographique en prenant 4 aires différentes : deux sur le Golfe du Lion et deux en Corse ; (3) Le niveau de protection en considérant deux niveaux distincts. Nous pensons que les densités de juvéniles de poissons étaient plus importantes en 2019 qu'en 2020. Ce résultat laisse penser qu'une reproduction (et donc une installation) a eu lieu plus tôt en 2020 à cause de températures plus élevées. Les densités étaient généralement plus élevées sur les aires du Golfe du Lion comparé à deux de la Corse. Ce résultat est principalement expliqué par une courantologie de surface différente. Cependant, certaines espèces thermophiles, telle que la *Thalassoma pavo*, étaient plus abondantes en Corse que sur le continent. Enfin nous avons constaté la richesse spécifique était plus élevée dans les zones hors de protection forte. Ce résultat reste toutefois à confirmer.

**Mots-clés :** juvéniles, téléostéens, nurserie, petits fonds hétérogènes, Méditerranée.

## Abstract:

The diversity of Mediterranean coastal landscapes contains a multitude of habitats that provide juvenile fish with favorable conditions in the early stages of their life cycle. These habitats are known for their "nursery" function. Mixed heterogeneous bottoms of pebbles, boulders and rocks play this role for many species of teleost juveniles in the Mediterranean. This habitat is always, little or not taken into account by biodiversity management measures. This report describes the assemblage of teleost juveniles from Mixed heterogeneous bottoms of pebbles, boulders and rocks in the Mediterranean under the effect of: (1) the year taking into account the assemblages of 2019 and 2020; (2) The geographical area by taking 4 different areas: two in the Gulf of Lion and two in Corsica; (3) The level of protection considering two distinct levels. We believe that the densities of juvenile fish were higher in 2019 than in 2020. This result suggests that reproduction (and therefore the settlement) took place earlier in 2020 because of higher temperatures. Densities were generally higher in the areas of the Gulf of Lion compared to two in Corsica. This result is mainly explained by a difference in currentology. However, some thermophilic species, such as *Thalassoma pavo*, were more abundant in Corsica than on the mainland. Finally, we found that the specific richness was higher in the areas without strong protection. This result remains to be confirmed, however.

**Keywords:** juveniles, teleosts, nursery, mixed heterogeneous bottoms, Mediterranean Sea.