

# EVALUATION DES ZONES DE NOURRICERIE DE POISSONS DES PETITS FONDS DU LITTORAL DE NICE CÔTE D'AZUR



Juvéniles de saupes *Sarpa salpa*

# Évaluation des zones de nurricerie de poissons des petits fonds du littoral de Nice Côte d'Azur

## Etude commandée par :

### Métropole Nice Côte d'Azur

5 rue de l'Hôtel de Ville  
06 364 NICE cedex 4  
Tél. (33)4.89.98.10.00

## Etude réalisée par :

### GIS POSIDONIE

OCEANOMED, MIO – Case 901  
Campus Universitaire de  
Luminy  
13288 MARSEILLE Cedex 09  
Tél. (33)4.86.09.05.73

### P2A Développement

87 Av. Ferdinand de Lesseps,  
34110 Frontignan  
Tél. (33)4.67.51.17.06

### Septentrion Environnement

Campus Nature Provence  
Lycée des Calanques  
89 Traverse Parangon  
13008 MARSEILLE  
Tél. (33)4.91.71.06.32

## Référents de l'étude :

GIS Posidonie : Élodie Rouanet, ingénieur de recherche, [elodie.rouanet@univ-amu.fr](mailto:elodie.rouanet@univ-amu.fr)

P2A Développement : Alicia Mallet, chargée d'études, [mallet@p2adev.com](mailto:mallet@p2adev.com)

Septentrion environnement : Adrien Cheminée, directeur scientifique,  
[adrien.cheminee@septentrion-env.com](mailto:adrien.cheminee@septentrion-env.com)

## Participants aux missions de terrain :

François Baraffe, Laura Barth, Bruno Belloni, Adrien Cheminée, Alicia Mallet, Justine Richaume, Élodie Rouanet, Thomas Schohn

## Analyses des données :

Justine Richaume

## Réalisation des cartes :

Élodie Rouanet

## Rédaction du rapport :

Adrien Cheminée, Alicia Mallet, Justine Richaume, Élodie Rouanet, Thomas Schohn

Référence marché public : NCA-19N0860

Dossier : 2003

## Citation du document :

Cheminée A., Rouanet E., Richaume J., Schohn T., Mallet A., Baraffe F., Barth L., Belloni B., 2022. Évaluation des zones de nurricerie de poissons des petits fonds du littoral de Nice Côte d'Azur Contrat d'étude Métropole Nice Côte d'Azur et GIS Posidonie – P2A Développement – Septentrion Environnement. 71 pages

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b>	3
Éléments de contexte	3
Objectifs de l'étude	4
<b>MATERIEL ET METHODES</b>	6
Zone d'étude	6
2.1.1 Localisation	6
1.1.2. Hydrodynamisme	7
Les habitats des petits fonds côtiers	8
Stratégie d'échantillonnage	11
Comptages visuels de juvéniles	16
Analyse des données	17
<b>RÉSULTATS</b>	18
Les microhabitats à juvéniles	18
Individus dénombrés, espèces observées et richesse spécifique	18
Densités totales de juvéniles	20
Densités par espèces : composition relative de l'assemblage	23
Focus sur certaines espèces emblématiques ou espèces clefs	24
Focus sur les classes de tailles de certaines espèces	28
<b>DISCUSSION</b>	32
Tendances principales	32
Composition des assemblages et préférences taxa-spécifiques	33
Variabilité saisonnière et inter-annuelle	35
Variabilité spatiale: disparités entre secteurs et zones au sein de la métropole de Nice Côte d'Azur	35
Comparaison avec d'autres zones d'étude	36
Éléments de méthodes	37
Conclusion en termes de gestion conservatoire	38
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	40
<b>ANNEXES</b>	44

# 1 INTRODUCTION

## 1.1. Éléments de contexte

Les petits fonds marins côtiers font partie des zones les plus productives de la planète (Costanza et al., 1998 ; Elliott et Whitfield, 2011) de par leur exposition aux affluents, aux upwellings, aux rayons solaires (zone euphotique) permettant une élévation de la température des eaux à la belle saison. Les petits fonds côtiers sont caractérisés par une mosaïque d'habitats et des conditions environnementales particulières qui les rendent propices à la croissance et à la survie d'un grand nombre d'espèces de poissons<sup>1</sup> à un moment de leur cycle de vie (Cheminée et al., 2021). La grande majorité des poissons marins sont ovipares à fécondation externe (Hickman et al., 2013). Le site de reproduction (frayère) et la période sont propres à chaque espèce. L'évaluation des nurseries de poissons des petits fonds côtiers (0-3m) du littoral de la Métropole Nice Côte d'Azur s'est intéressée essentiellement aux espèces necto-benthiques, qui sont les plus dominantes dans cette portion du littoral, et dont le cycle de vie peut être bi-partitionné entre une phase pélagique et une autre plus attachée aux habitats côtiers (Figure 1).

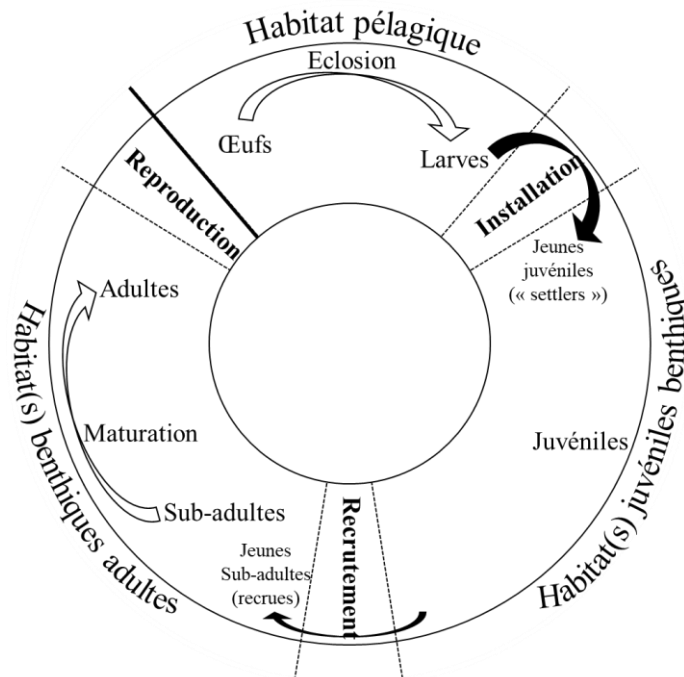


Figure 1. Cycle de vie des poissons côtiers démersaux à ponte pélagique et phase d'installation près du bord (modifié à partir de Thiriet, 2014).

Après la reproduction, les œufs issus de la fécondation sont dispersés par les courants, les post-larves correspondent au dernier stade larvaire pélagique du cycle de vie des poissons. Elles sont capables de réagir aux stimuli de leur environnement (lumière naturelle, gradients de salinité, de pression, sons) (Kingsford et al., 2002 ; Barth et al., 2015) leur permettant alors de se déplacer activement pour coloniser un habitat côtier favorable répondant aux critères physiologiques de chaque espèce. Cette phase d'installation puis de maintien et de croissance des post-larves peut être définie comme le passage du mode de vie pélagique des post-larves à un mode de vie benthique (Keough et Downes, 1982 ; Rodriguez et al., 1993). Les post-larves nouvellement inféodées aux petits fonds côtiers sont alors appelées juvéniles (Fig. 1 et 2). L'installation, la

<sup>1</sup> Nom de groupe paraphylétique désignant dans cette étude les téléostéens.



croissance et la survie des juvéniles sont des processus connus pour varier fortement au niveau spatial et temporel (Caley et al., 1996 ; Vigliola et al., 1998 ; Wilson et al., 2008 ; Cheminée et al., 2021). Il n'est donc pas rare de trouver dans la littérature des périodes d'installation fluctuant pour une même espèce, d'une année à une autre, sur plusieurs années et d'un site d'étude à un autre, en fonction des conditions environnementales (autour d'une période principale). Lorsque les juvéniles atteignent une taille à laquelle la prédation est fortement diminuée, une deuxième phase, nommée recrutement, s'opère par intégration à la population adulte reproductrice des juvéniles ayant survécu dans leurs habitats nurseries. Pour certaines espèces, les habitats de l'adulte et du juvénile se confondent et le recrutement à la population adulte a lieu sur place, dans l'habitat des adultes. Dans le cas contraire, pour rejoindre les adultes qui se trouvent plus en profondeur et plus au large des côtes, les juvéniles doivent entamer une migration (Gillanders et al., 2003).

La nurserie<sup>2</sup> en écologie, désigne des écosystèmes particuliers où l'abondance, la diversité spécifique et la biomasse sont élevées suggérant un effet positif sur la production de macrofaune. Les habitats de nurserie font référence à un concept en écologie défini par Beck et al. (2001). Les premiers éléments qui entrent en jeu sont les conditions physiques et chimiques du milieu qui doivent permettre l'installation des nouvelles recrues puis leur maintien sur ce lieu d'installation. Le critère de la densité, en nombre de juvéniles par unité d'aire, proxy le plus fréquemment utilisé, n'est pas suffisant à lui seul pour caractériser une nurserie. La croissance et la mortalité des juvéniles peuvent varier localement et dans le temps jusqu'à l'intégration de ces juvéniles à la population adulte. Les processus d'installation puis de recrutement dans les petits fonds sont directement soumis aux fluctuations annuelles de flux larvaires en lien avec le succès de la reproduction et les variations des courants (Sabates, 1990a et b ; Rossi et al., 2014). Il n'est pas suffisant de supposer qu'une densité élevée de juvéniles garantira une plus forte contribution à la population adulte. Une bonne nurserie doit également fournir suffisamment de ressources nutritives pour assurer une croissance rapide des juvéniles tout en évitant une trop forte compétition inter- et intra-espèce.s. La complexité structurelle de par la rugosité du substrat et la couverture végétale (forêts de cystoseires, herbiers de posidonie, etc.) joue un rôle important pour la survie et la disponibilité en abri et en nourriture (Cheminée et al., 2013 ; 2016 ; Thiriet, 2014 ; Monfort et al., 2021). Généralement, la plus grande source de mortalité pour les juvéniles vient de la prédation (Harter et Heck, 2006) et de la compétition pour la nourriture (Hixon et Jones, 2005). Une bonne nurserie serait donc l'habitat au meilleur ratio : disponibilité de nourriture/taux de prédation (Hindell et al., 2000). Enfin, une nurserie efficace se trouve idéalement en connexion avec différents types d'habitats de juvéniles, voire même d'autres nurseries (notion de connectivité). Si l'habitat de l'adulte diffère de celui du juvénile alors la présence d'un continuum entre les différents habitats jusqu'à celui de l'adulte permet aux sub-adultes de migrer vers ce dernier au gré de leur développement (Nagelkerken et al., 2015).

## 1.2. Objectifs de l'étude

La Métropole Nice Côte d'Azur (Carte 1) regroupe 49 communes, dont 8 communes littorales de Cagnes-sur-Mer à Cap d'Ail représentant un linéaire côtier de 68 km. La bande côtière de ce territoire est composée d'une mosaïque d'habitats marins composés de fonds sablo-vaseux sous l'influence du Var et d'autres fleuves, d'herbiers de posidonie et de fonds hétérogènes de sable-gravier-galet et de fonds rocheux abrupts. Cette bande côtière étroite est également un espace de concentration d'activités humaines où les écosystèmes subissent des pressions, parfois

<sup>2</sup> L'anglicisme *nurserie* est plus couramment utilisé pour désigner les habitats de nurseries à l'écrit comme à l'oral.

importantes, principalement liées à l'urbanisation (aménagements, rejets) et à l'attractivité en période estivale (mouillages, piétinements, pêche).

Afin d'améliorer la prise en compte des secteurs sensibles dans l'utilisation et l'aménagement de son littoral, la Métropole souhaite approfondir la connaissance écologique et naturaliste locale de sa bande côtière. Elle a ainsi porté en 2006 la première étude globale sur la répartition et l'état des habitats marins du cap d'Antibes à Cap d'Ail, dans le cadre du contrat de baie d'Azur, complétée depuis notamment dans le cadre des démarches SDAGE et Natura 2000 mer « Cap Ferrat » dont elle assure la gestion depuis 2013.

L'objet de la présente étude porte sur l'**évaluation des nurseries de poissons des petits fonds côtiers (0-3m) du littoral de la Métropole Nice Côte d'Azur**. Cette étude s'inscrit pleinement dans le plan d'action pour le milieu marin Méditerranée occidentale, notamment l'objectif environnemental A1. « Préserver les zones de fonctionnalité pour la faune marine (frayères, nurseries) » et alimente à la mise en œuvre du DOCOB du site Natura 2000 Cap Ferrat, en particulier l'objectif de gestion G « Renforcer la connaissance des habitats et espèces et développer des études écologiques sur les sites ». L'étude a pour objectifs :

- d'estimer l'intensité d'installation des juvéniles et le recrutement annuel ;
- de caractériser et de hiérarchiser les zones évaluées en termes d'enjeux de préservation/gestion.



Figure 2. Juvéniles d'oblade *Oblada melanura* venant tout juste de s'installer dans la nurserie (© GIS Posidonie).

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Zone d'étude

#### 2.1.1 Localisation

La zone d'étude correspond au territoire maritime de la métropole Nice Côte d'Azur située dans le département des Alpes-Maritimes, qui s'étend sur 68 km de linéaire côtier, et concerne la bande littorale entre 0 et 3 m de profondeur (Carte 1). Les eaux sont soumises à la circulation générale du courant Nord (ou Liguro-Provençal) et à des courants côtiers complexes aux effets conjoints des vents, de la houle et de la morpho-bathymétrie. La température de la mer varie au cours des saisons, avec en hiver des températures de surface autour de 14-15°C et en été autour de 26-27°C (Cf. Annexes).



Carte 1. Territoire de la métropole Nice Côte d'Azur.

Ce territoire comprend plusieurs niveaux de gestion quant au plan de balisage avec la mise en place de zones interdites aux engins à moteur (ZIEM), de zones réservées uniquement à la baignade (ZRUB), de chenaux d'accès au rivage, aux ports ou réservés aux sports nautiques de vitesse en période estivale, limitant les pressions qui s'exercent dans cette étroite bande côtière<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> L'ensemble des réglementations des activités maritimes et notamment les plans de balisage sont disponibles sur le site web de la préfecture maritime de Méditerranée : <https://www.premar-mediterranee.gouv.fr/arretes>

Des zones maritimes protégées (ZMP) sont également recensées sur le littoral de la métropole. Ces ZMP sont des réserves marines à protection intégrale où la pêche sous toutes ses formes, la plongée sous-marine, le mouillage et le dragage sont interdits. Il s'agit de zones situées à Cagnes-sur-Mer, Beaulieu-sur-Mer, Saint-Jean Cap Ferrat et à l'entrée de la rade de Villefranche-sur-Mer et du Cap Ferrat, auquel s'ajoute un projet de cantonnement de pêche aux abords de la commune de Cap d'Ail ([www.cdmem06.org](http://www.cdmem06.org)).

### 1.1.2. Hydrodynamisme

Le courant dominant est le Courant Nord (CN, appelé autrefois courant Ligure, Liguro-Provençal, Liguro-Provenço-Catalan), qui se déplace d'est en ouest. Le CN est plus intense, étroit et profond en hiver, avec une intensité maximale de  $0.8 \text{ m.s}^{-1}$  ( $0.5 \text{ m.s}^{-1}$  en été) pour environ 30 km de large (50 km en été). Ce courant permanent, signature majeure de la circulation, s'établit sur une profondeur d'environ 200 m en été à environ 400 m en hiver à la côte. Il est donc très proche du littoral azuréen car il n'y a pas de plateau. En hiver, il tend à s'écouler le long du talus continental du golfe du Lion, donc au large, mais la partie supérieure du courant peut rentrer sur le plateau (intrusions) (Figure 3).

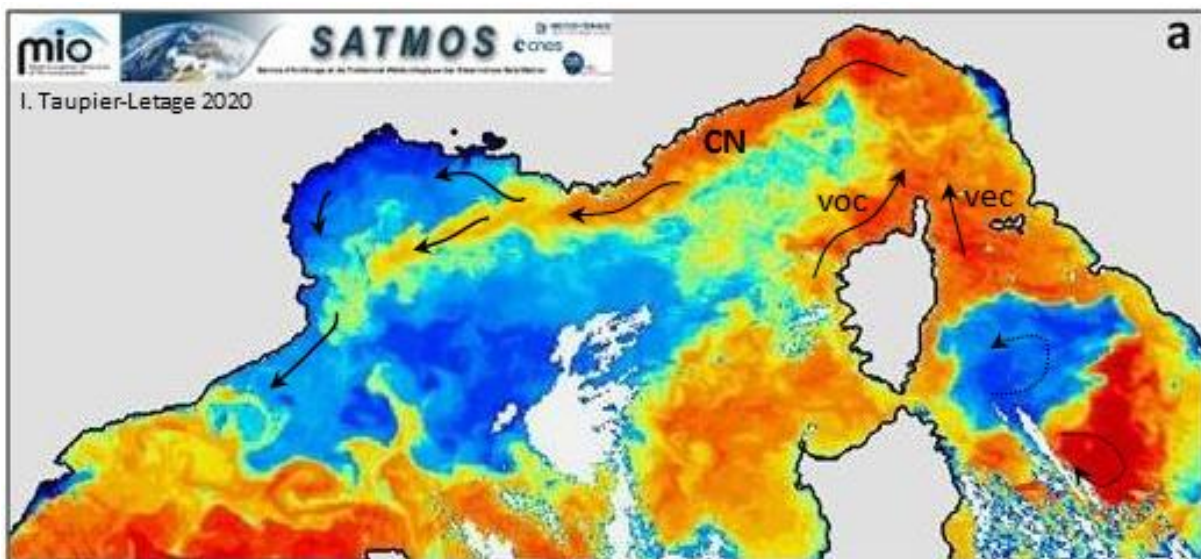


Figure 3. Schéma de la circulation de surface (traits pleins) affectant la Côte d'Azur. CN : Courant Nord ; voc : veine ouest-Corse ; vec : veine est-Corse. Pointillés : divergence des Bouches de Bonifacio (engendrée par le mistral). Fond de carte : image satellitale des températures de surface (croissantes du bleu au rouge) (Taupier-Letage et al. (2013).

Les fonds de 0-3 m sont soumis à l'effet du vent. Les vents dominants sont de secteur Est (39 %) et favorisent l'arrivée et le maintien des eaux chaudes venant de la mer tyrrhénienne, et de secteur Ouest (= Mistral ; 19 %) qui favorisent la mise en place d'upwelling. Ces vents représentent la quasi-totalité des vents moyens et forts qui s'observent principalement en avril et à l'automne (Métropole NCA, 2014).

Ces vents sont aussi à l'origine de houles qui modèlent les conditions hydrodynamiques de petits fonds côtiers de la zone d'étude. Les houles de Sud-Ouest dues aux effets du Mistral en mer, sont en général courtes. Les houles de secteur Est, sont quant à elles longues et violentes avec un important déferlement à la côte. Jarry (2009) montre à travers de modèles numériques une



diffraction de la houle autour du cap Ferrat pour le cas d'une houle d'Est de  $H = 3.2$  m et de période  $T = 10$  s. Le modèle s'épanouit ensuite jusqu'au fond de la rade de Villefranche-sur-Mer où les vagues tournent quasiment jusqu'à  $180^\circ$ . Les vagues venues de l'Est convergent au niveau de Beaulieu-sur-Mer sans pour autant se croiser, tandis qu'elles deviennent insignifiantes au fur et à mesure de leur propagation dans le fond de la rade de Villefranche-sur-Mer (Figure 4 gauche). Les vents de secteur Sud, quoique peu fréquents, soulèvent de grosses houles pouvant être dévastatrices pour les petits fonds côtiers. Le plan de vague superposé aux hauteurs de houles (houle de Sud de  $H = 2$  m et  $T = 12$  s) modélisé par Jarry (2009) montre là encore une diffraction autour du cap Ferrat qui s'épanouit ensuite dans les baies. Les hauteurs montrent par ailleurs une zone de forte convergence de la houle au fond de la rade de Villefranche-sur-Mer (entourée en blanc dans la Figure 4 droite) où la hauteur monte à près de  $H = 3$  m.

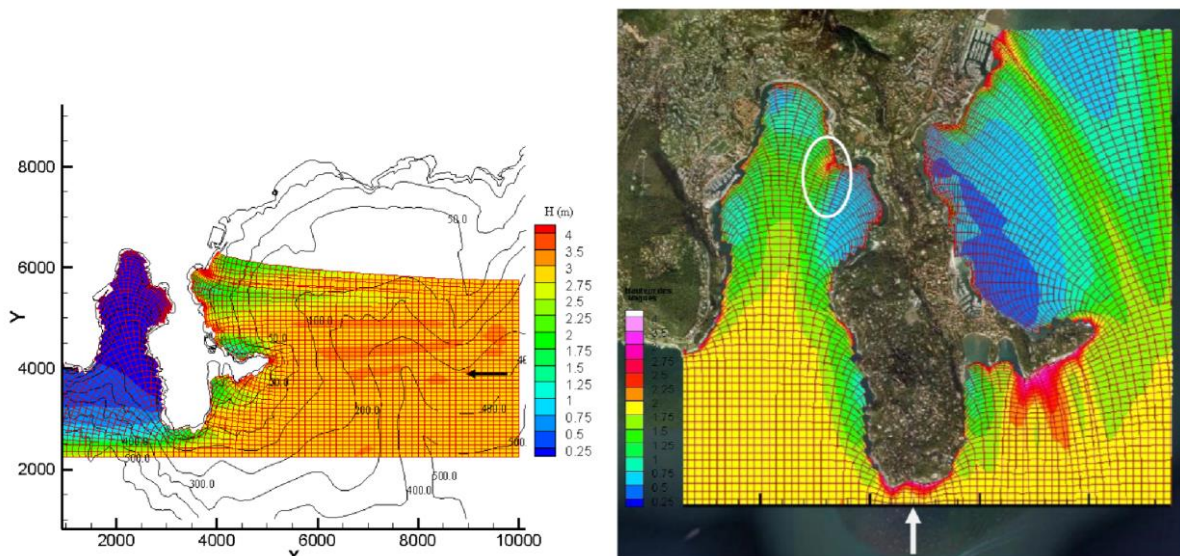


Figure 4. Gauche : superposition du plan de vagues et des hauteurs simulées pour une houle d'Est de  $H = 3.2$  m et  $T = 10$  s autour du cap Ferrat ; Droite : superposition du plan de vagues et des hauteurs simulées pour une houle de Sud de  $H = 2$  m et  $T = 12$  s dans la rade de Villefranche-sur-Mer et mise en évidence de la concentration de la houle au fond de la rade (Jarry, 2009).

## 2.2. Les habitats des petits fonds côtiers

A partir des cartographies des habitats benthiques, les habitats présents et échantillonnables en palmes-masque-tuba entre 0 et 3 m de profondeur ont été listés. Ainsi, 5 microhabitats connus pour leur utilisation par les juvéniles ont été sélectionnés pour mener cette étude (Le Diréach et al., 2015, Cheminée et al., 2021). Deux autres microhabitats que sont la matte morte à *Posidonia oceanica* et l'herbier à *Cymodocea nodosa*, présents sur le territoire d'étude, n'ont pas pu être échantillonnés faute de superficies suffisamment étendues.



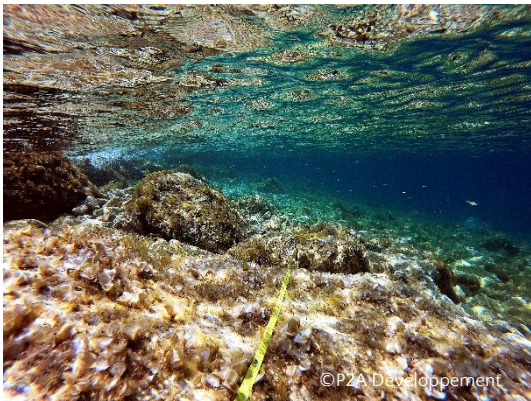
- **Les petits fonds hétérogènes (PFH) :**



Dans l'horizon supérieur des substrats meubles infralittoraux se mêlent de nombreux habitats, les sables fins de haut niveau, les sables fins bien calibrés, les sables grossiers et fins graviers, les galets infralittoraux, formant le plus souvent une mosaïque complexe. Cette mosaïque de différents habitats permet l'accueil d'une grande diversité de poissons juvéniles. La composante végétale de ces habitats n'est pas très développée, souvent réduite à une strate gazonnante voire à quelques espèces buissonnantes sur certains galets. Néanmoins, les

juvéniles trouvent ici les ressources nécessaires pour y être rencontrés en grand nombre.

- **La roche infralittorale à algues photophiles (RIAP) :**



Dans les horizons supérieurs et moyens de la roche infralittorale à algues photophiles, les végétaux sont largement dominants. Un habitat très varié est alors disponible pour une grande variété d'espèces de poissons juvéniles. Cet habitat est composé à la fois d'un substrat hétérogène de roche mère ou de blocs avec, en général, une rugosité élevée, complétée par une très forte diversité de macrophytes dont les strates arbustives, buissonnantes et gazonnantes fournissent nourriture et abri aux juvéniles de poissons. Le recouvrement par ces différentes strates

végétales est très variable et dépend des conditions environnementales (exposition, agitation de l'eau), de la profondeur mais également du niveau de pression anthropique (pressions physiques, chimiques et/ou telluriques).

- **L'herbier de posidonie (HP) :**



L'herbier à *Posidonia oceanica* s'observe dans les petits fonds côtiers aussi bien dans des zones sableuses que rocheuses. Lorsque l'état de conservation de l'habitat est bon, le recouvrement est très important, avec le plus souvent plus de 80 à 90% d'herbier. La hauteur de la canopée évolue au cours de l'année (maximale en été) mais également l'épiphytisme (maximal en fin d'été). Cet habitat fournit des ressources essentielles à de nombreuses espèces de juvéniles, dont la plupart sont benthiques et cryptiques. L'épaisse canopée formée par les

feuilles offre un abri idéal et une source d'alimentation importante qui font de l'herbier de posidonie une des nurseries les plus performantes, outre son rôle de producteur primaire. L'herbier est particulièrement étendu et de bonne qualité dans la zone d'étude.

- **L'interface roche-herbier (IRHP) :**



Il s'agit d'un écotone, entre un herbier de posidonie (très souvent sur roche) et un substrat rocheux (roche infralittorale à algues photophiles ou petits fonds hétérogènes). La canopée dense de l'herbier de posidonie et celle des strates algales offrent des abris pour les juvéniles de poissons. Les substrats rocheux présentent des rugosités variées allant de la roche mère, à des blocs rocheux, des galets ou des graviers. Cette configuration favorise l'installation de nombreuses espèces.

- **Les enrochements artificiels (EA) :**



Des enrochements artificiels sont employés pour dresser des digues de port ou des épis pour créer des plages artificielles. Composés de blocs de roche de grosse taille (entre 1 et 2 m), ils abritent de nombreuses cavités offrant des abris pour les juvéniles. Ces blocs peuvent être couverts de macrophytes, essentiellement en strate buissonnante et gazonnante/encroûtante.

Une synthèse cartographique des habitats benthiques entre 0 et 3 m de profondeur sur le territoire de la Métropole a été réalisée par le croisement de cartographies de biocénoses benthiques et de bathymétrie.

Les cartographies de biocénoses benthiques ont été réalisées dans le cadre du programme CARTHAM et emploient la typologie des habitats côtiers Natura 2000. Même si la résolution est élevée, le niveau de fiabilité inconnu et que la typologie ne considère pas les microhabitats à juvéniles, ces cartes donnent tout de même des informations d'ordre général.

Les données bathymétriques sont issues du Litto 3D® de 2015 fourni par le SHOM<sup>4</sup>. La bande côtière jusqu'à 3 m de profondeur a été extraite de ces données.

Toutes ces données ont été intégrées dans le logiciel de SIG<sup>5</sup> ArcGIS 10.6®.

---

<sup>4</sup> Service hydrographique et océanographique de la Marine.

<sup>5</sup> Système d'Information Géographique.

### 2.3. Stratégie d'échantillonnage

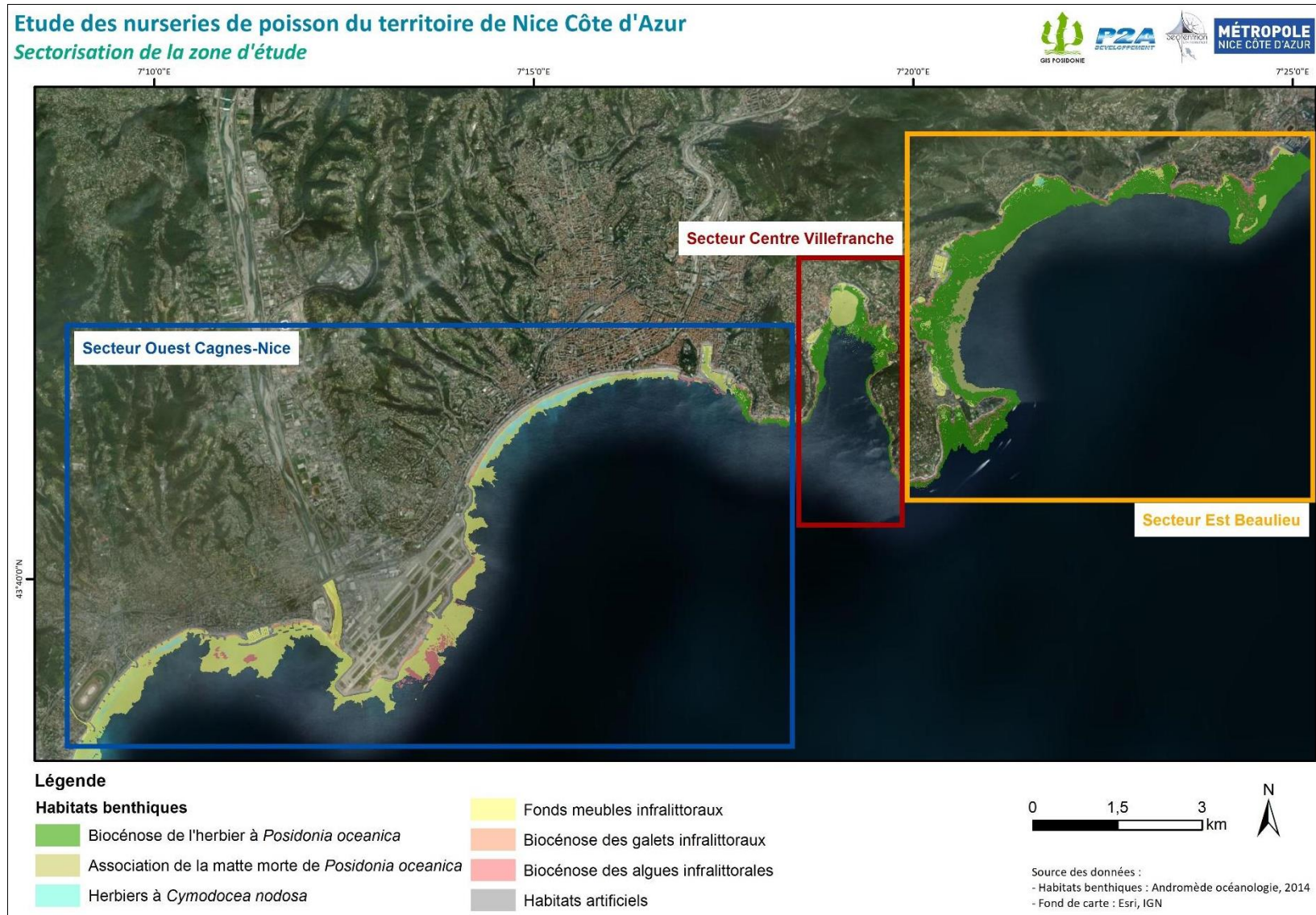
Pour s'assurer d'une bonne répartition spatiale des habitats prospectés, l'aire d'étude a été découpée en 3 secteurs correspondant à des unités géographiques : secteur Ouest Cagnes-Nice, secteur Centre Villefranche et secteur Est Beaulieu (Tableau 1, Carte 2).

A partir de la synthèse cartographique des habitats benthiques entre 0 et 3 m de profondeur, la stratégie spatiale d'échantillonnage a pu être posée. Le choix de la localisation des zones s'est fait en fonction de la nature, de la diversité et de la représentativité spatiale des habitats de nurserie à l'échelle du territoire de la métropole. Au sein de chaque zone, un ou plusieurs habitats ont ainsi été échantillonnés (Tableau 1, Carte 3, Carte 4 et Carte 5).

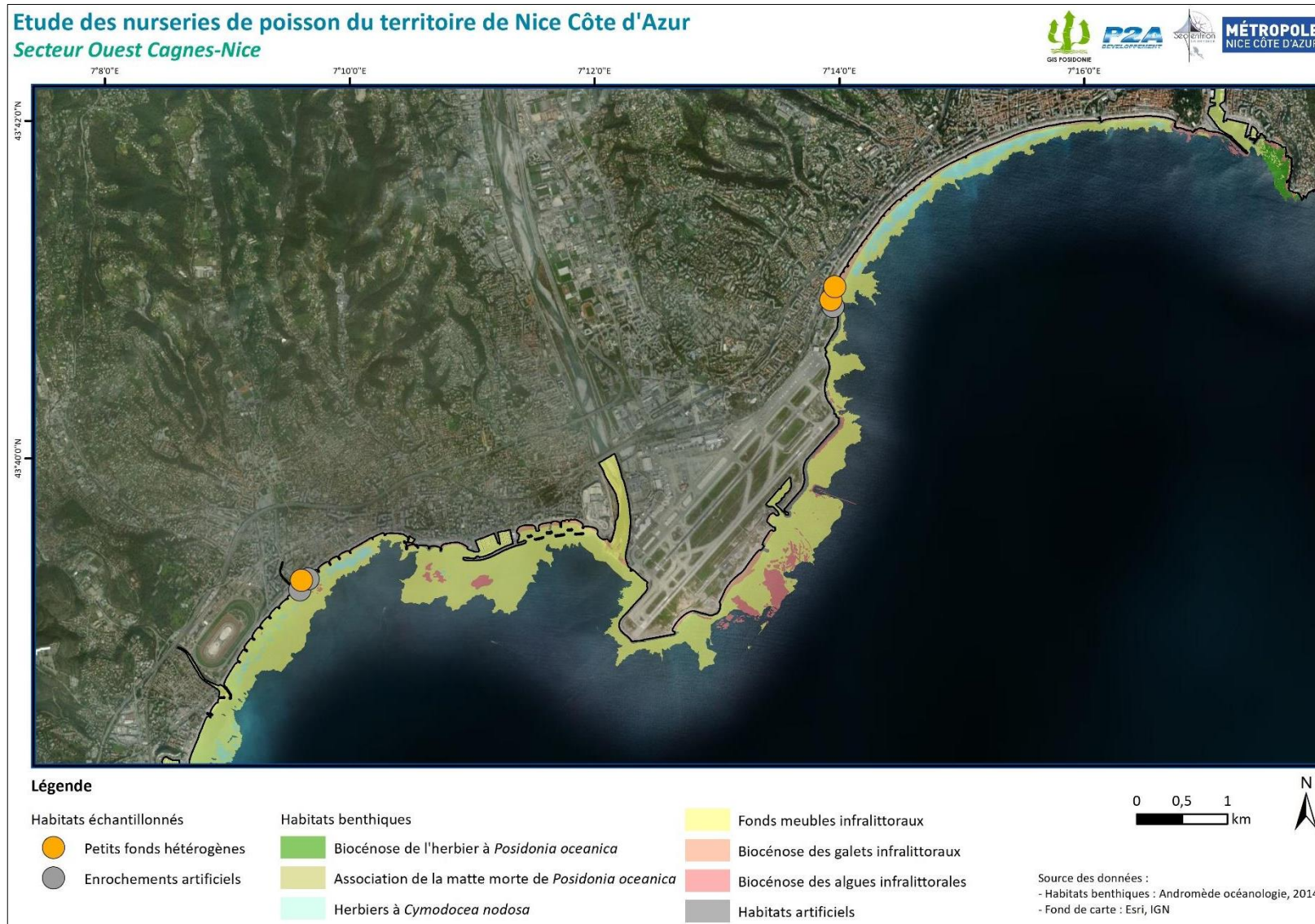
**Tableau 1. Liste des secteurs, zones et habitats échantillonnés sur le territoire de la métropole NCA. Les cases vides correspondent à l'absence de l'habitat au sein de la zone.**

Secteur	Zone	PFH	RIAP	HP	IRHP	EA
Ouest : Cagnes-Nice	Cagnes	x				x
	Promenade	x				x
Centre : Villefranche	Rochambeau	x	x			x
	Marinières	x				x
	Espalmador	x	x	x	x	
Est : Beaulieu	Fosses	x	x	x	x	
	Saint-Jean	x	x	x	x	x
	Eze	x	x		x	x
	Cap d'Ail	x	x			



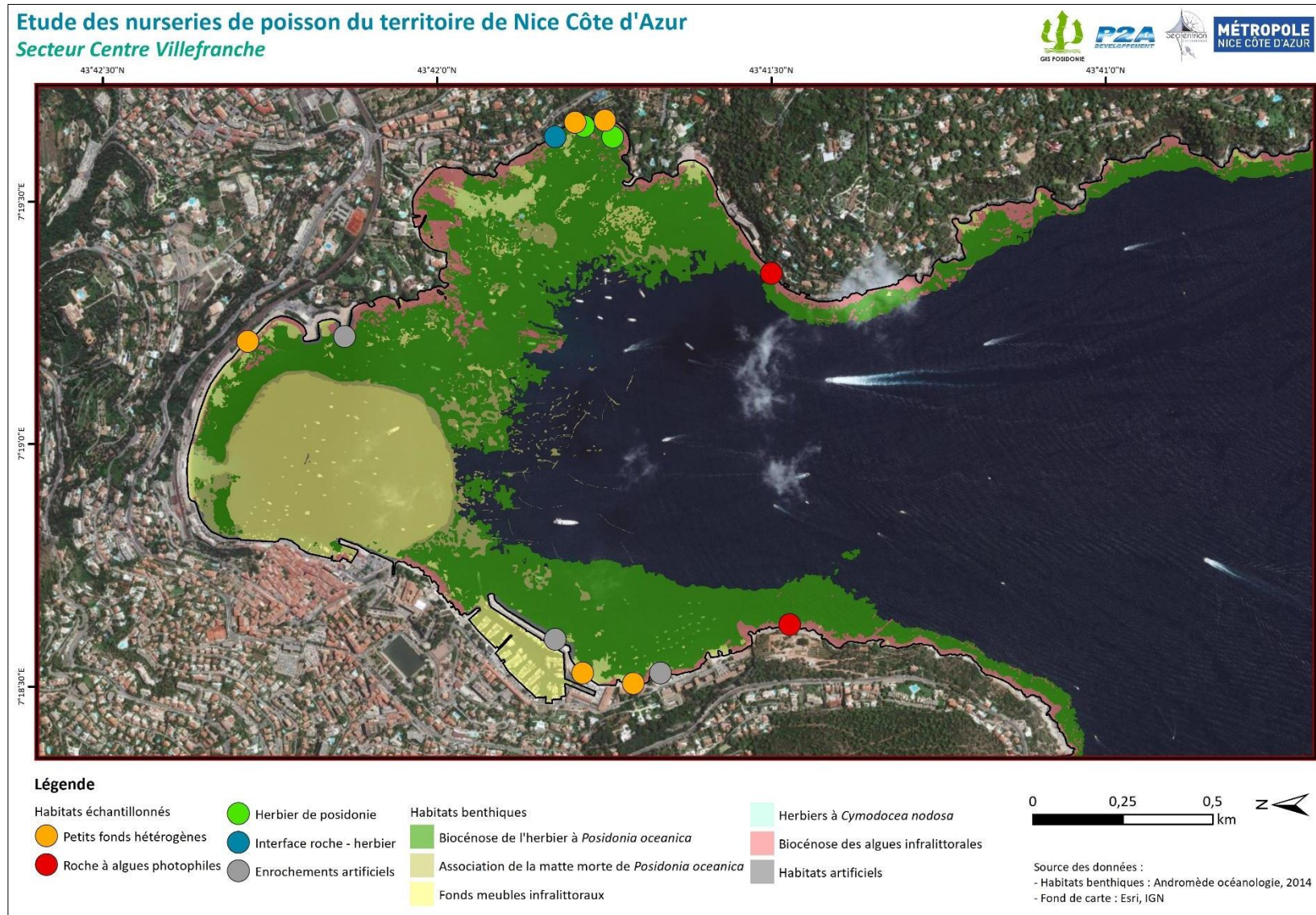


Carte 2. Sectorisation de l'aire d'étude.

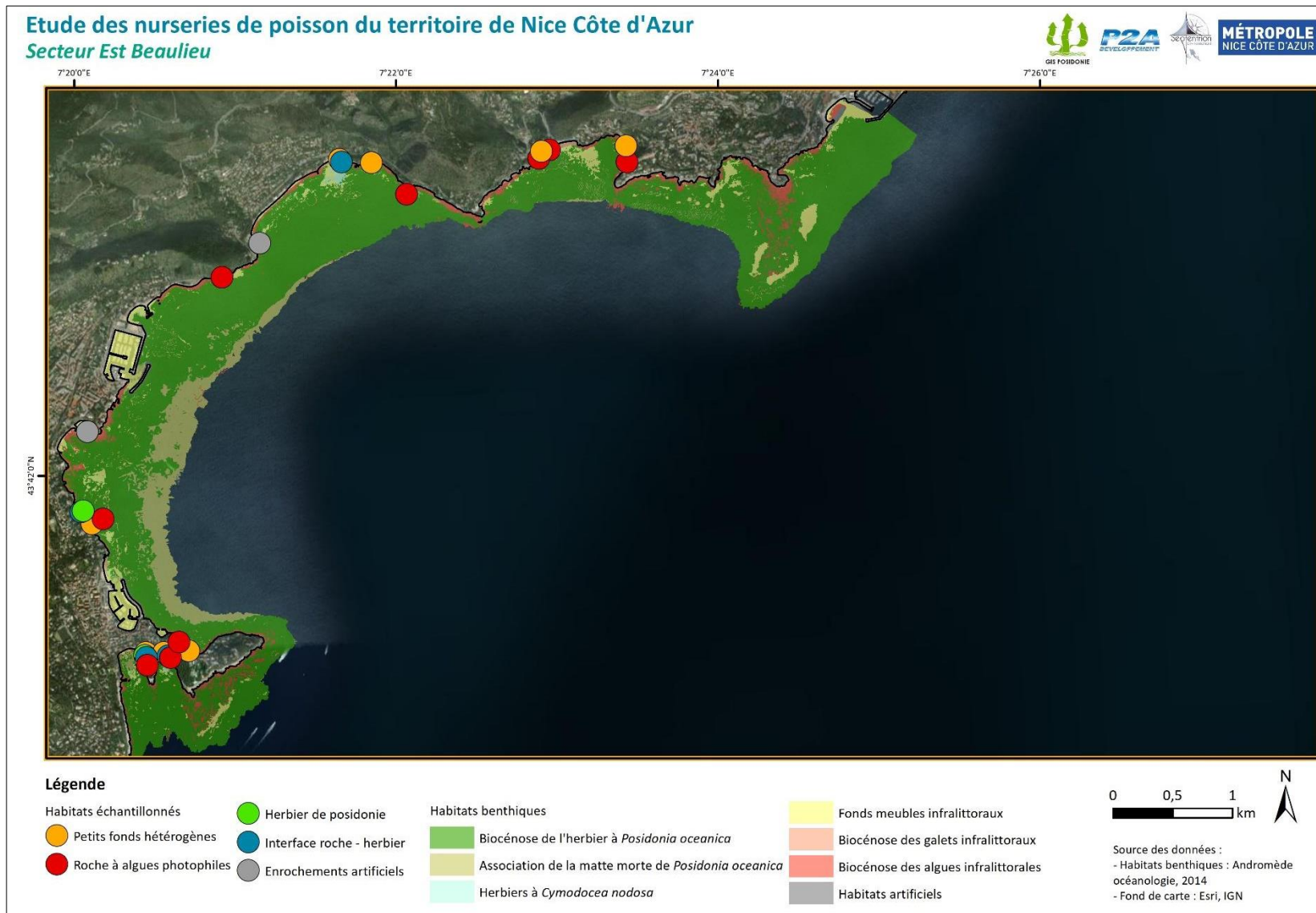


Carte 3. Localisation des zones et des habitats échantillonnés dans le secteur Ouest Cagnes-Nice.





Carte 4. Localisation des zones et des habitats échantonnés dans le secteur Centre Villefranche.



Carte 5. Localisation des zones et des habitats échantillonnés dans le secteur Est Beaulieu.



## 2.4. Comptages visuels de juvéniles

Des comptages visuels de poissons ont été réalisés dans l'ensemble des zones étudiées selon la méthodologie issue des travaux de Harmelin-Vivien et Harmelin (1975), Harmelin-Vivien et al. (1985, 1995) adaptée aux peuplements de juvéniles (Cheminée et al., 2021).

Afin d'optimiser l'échantillonnage, tous les poissons de taille inférieure à 10 cm ont été recensés. Le tri entre juvéniles et adultes a été réalisé *a posteriori*, car la taille limite entre les deux stades varie fortement selon les espèces et il est difficile de faire cette séparation pour toutes au moment du comptage. Une séparation entre les deux groupes d'individus (juvéniles et adultes d'espèces de petite taille) a ainsi été faite au moment de l'analyse en fonction des tailles des stades indiquées dans la littérature (Cuadros, 2015).

Les comptages ont été réalisés en plongée libre entre la surface et -3 m de profondeur, entre 9:00 et 17:00. Quatre saisons d'échantillonnage ont été réalisées sur 2 années de suivis : été 2020 (du 14 au 17 juillet), automne 2020 (du 28 au 30 octobre), printemps 2021 (du 25 au 27 mai) et été 2021 (du 12 au 13 juillet). Les périodes d'échantillonnage ont été concentrées sur 2-3 jours afin de bénéficier de conditions météorologiques stables ; annexe 6.1).

Les comptages sont réalisés sur plusieurs transects positionnés sur un habitat homogène. Dans chaque zone, pour chaque habitat, 10 transects de 10 m de longueur et de 1 m de largeur disposés de manière semi-aléatoire ont été réalisés à l'aide d'un décimètre. Lors de chaque comptage, l'observateur recense l'ensemble des espèces ou des taxons de poissons rencontrés. Le nombre d'individus de chaque espèce/taxon et leur taille (à 5 mm près de 10 à 40 mm puis à 10 mm près de 40 à 100 mm) sont relevés.

Les détails des échantillonnages réalisés sont disponibles en annexe 6.2.

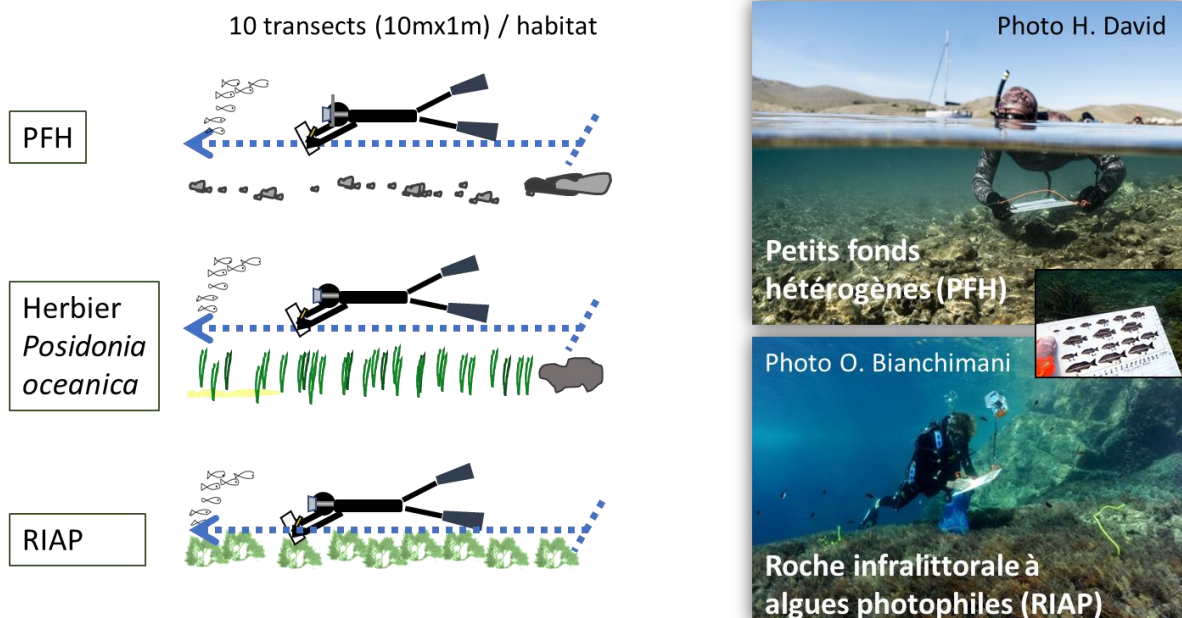


Figure 5. Exemples d'habitats étudiés et illustration de la méthode de recensement des juvéniles de poissons le long de transects de 10 m<sup>2</sup>, parcourus en palmes-masque-tuba (PMT).

## 2.5. Analyse des données

Les données collectées ont été saisies dans une base de données par chacun des plongeurs scientifiques ayant réalisé les comptages puis vérifiées pour s'assurer de l'absence d'erreurs. L'ensemble des données des comptages ont été rassemblées dans une matrice indiquant pour chaque unité d'échantillonnage (transect) les tailles et abondance par classes de tailles des individus observés. Lors du traitement des données, les rares individus dénombrés pour un petit nombre d'espèces crypto-benthiques (*Scorpaena* spp., *Apogon imberbis*) ont été retirés du jeu de données car non ciblés par la méthode utilisée (Harmelin-Vivien et al., 1985). Pour les espèces présentant une difficulté d'identification au stade juvéniles, des regroupement par genre ou taxons ont été effectués pour la suite des analyses: *Atherina* spp., Blennies, Gobidae, *Labrus* spp., *Mugil* spp., *Pagellus* spp., *Symphodus* spp., Syngnathidae.

Les analyses ont porté sur les patrons de distribution des juvéniles de poissons en tenant compte des variabilités spatiales (entre zones, secteurs, habitats) et temporelles (campagnes d'échantillonnage). Les variables réponses étudiées incluaient la richesse taxonomique, l'occurrence et les densités de juvéniles totale, par espèce ou par groupe d'espèces, ainsi que la composition relative des assemblages. Pour certaines espèces abondantes, la répartition en classes de taille a été étudiée. La liste des espèces étudiées et leur subdivision en classe de taille est présentée en annexes (Annexe 3). Une attention particulière a été portée sur les juvéniles d'espèces emblématiques ou protégées, ou encore aux espèces thermophiles ou non-indigènes éventuellement présentes.

Pour cela, des analyses exploratoires et inférentielles, uni et multi-variées, ont été réalisées à l'aide du logiciel d'analyses statistiques R-cran (R Core Team, 2021) et du logiciel PRIMER 7 / et de son package additionnel PERMANOVA+ (Clarke et Gorley, 2006 ; Anderson et al., 2008). Lors des analyses inférentielles, des analyses de variances uni- ou multi-variées par permutations (PERMANOVAs) utilisaient un modèle incluant les facteurs d'étude (zones, habitats, saisons) afin d'estimer leur part de responsabilité dans la variabilité des variables réponses uni (richesse, densité totale) ou multi (composition relative en espèce ou classe de taille) -variées. Pour cela les mesures de distances (ou dissimilarités) utilisées étaient la distance euclidienne (pour variables univariées) et l'indice de Bray Curtis (en multivarié) appliquées aux matrices de données préalablement transformées (le cas échéant, par une transformation racine) (Clarke et al., 2001).

## B RÉSULTATS

### 3.1. Les microhabitats à juvéniles

Les micro-habitats propices aux juvéniles de poissons représentent une superficie totale, de Cagnes à Cap d'Ail, entre 0 et 3 m, de 100.4 ha. Ils se répartissent selon les proportions indiquées en Tableau 2.

L'habitat des petits fonds hétérogènes est dominant dans le secteur Ouest Cagnes-Nice et constitue une particularité du littoral de la métropole. L'herbier de posidonie y est absent du fait de l'influence de l'embouchure du Var (dessalure et turbidité). Quelques enrochements artificiels sont présents dans ce secteur, sous forme d'épis le long des plages.

La zone centrale de Villefranche abrite à parts égales des fonds de roche à algues photophiles et d'herbier de posidonie. En fond de baie, au niveau de Marinières, on retrouve des petits fonds hétérogènes.

L'Est du territoire de la métropole est caractérisé par une dominance de l'habitat de roche à algues photophiles, avec souvent des tombants abrupts dès la surface. L'herbier de posidonie est également bien présent notamment dans les baies de Fosses, Fossettes, au-devant de Saint-Jean Cap Ferrat et Beaulieu sur Mer. Les petits fonds hétérogènes sont localisés au niveau des criques de cette portion du littoral. Enfin, les enrochements artificiels présents constituent les enceintes portuaires.

Tableau 2. Superficie en hectare des micro habitats à juvéniles et pourcentage de représentation dans les 3 secteurs.

Superficie	Ouest : Cagnes-Nice	Centre : Villefranche	Est : Beaulieu	NCA
PFH	25.1 (64 %)	3.5 (9 %)	10.5 (27 %)	39.1
RIAP	1.5 (5 %)	5.8 (20 %)	21.7 (75 %)	29.0
HP	0.0	6.0 (31 %)	13.6 (69 %)	19.7
EA	8.5 (73 %)	0.8 (7 %)	2.3 (20 %)	11.6
Autres (MM et HC)	0.0	0.1	0.9	1.0

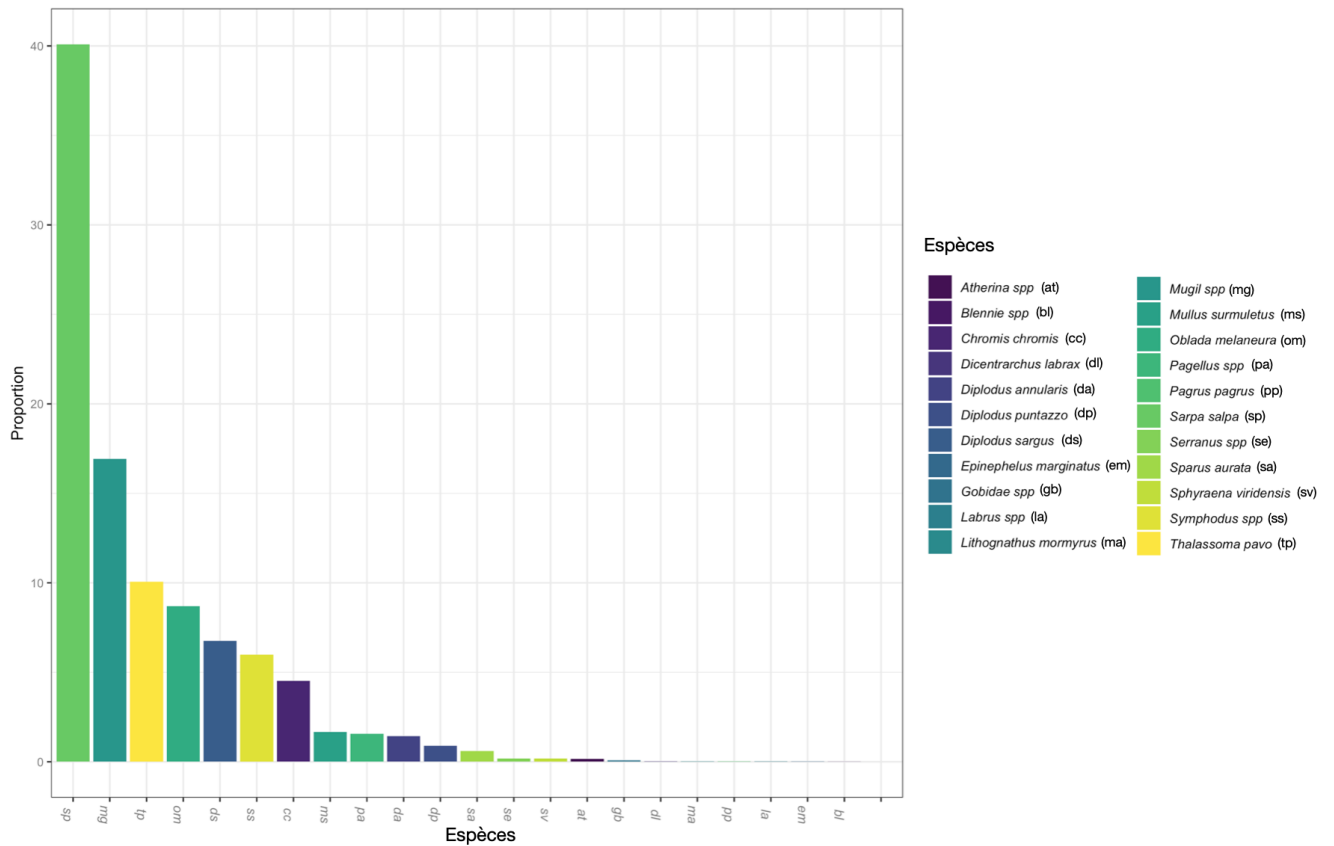
### 3.2. Individus dénombrés, espèces observées et richesse spécifique

Au terme de nos inventaires, sur l'ensemble des 970 transects réalisés, un total de 26 651 juvéniles ont été dénombrés parmi 28 taxons (Annexe 3). On note que dans l'ensemble, parmi ces 28 taxons, plus de 40% des individus juvéniles de poissons ayant été observés (Fig. 6) sont des saupes (*Sarpa salpa*); quatre autres taxons majoritairement observés ont été les mugilidés (*Mugil* spp., environ 15%), les oblades (*Oblada melanura*, environ 10%), les Sars commun (*Diplodus sargus*, 7%) et les crénilabres (*Symphodus* spp., 6%). Six autres espèces ont représenté chacune de 5 à 1 % des effectifs globaux (cc, tp, ms, pa, da, dp), et les 12 autres taxons ont représenté chacun moins de 1 % des effectifs.

En considérant toutes les saisons confondues, on note que la richesse spécifique moyenne (le nombre moyen de taxons observé par transect) variait significativement (PERMANOVA,  $p < 0,05$ ) de 2 à 10 taxons selon les zones et habitats (Fig. 7, Annexe 4, 5) ; en regardant plus précisément par saison, toujours en distinguant les assemblages par zones, habitats et donc par saisons (Fig. 8), cette richesse moyenne était de 2 à 3 espèces. La richesse spécifique semble donc avoir été assez



proche entre habitats : il y a par exemple autant d'espèces dans les enrochements artificiels que dans la RIAP et les PFH de la métropole de Nice Côte d'Azur. Néanmoins, il ne s'agissait probablement pas des mêmes espèces, et c'est la combinaison des divers habitats qui permet de satisfaire les besoins des 28 taxons différents identifiés dans l'ensemble. Les paragraphes suivants adressent donc la question de savoir spécifiquement les espèces présentes dans chaque habitat et quelles sont leurs densités moyennes relatives.



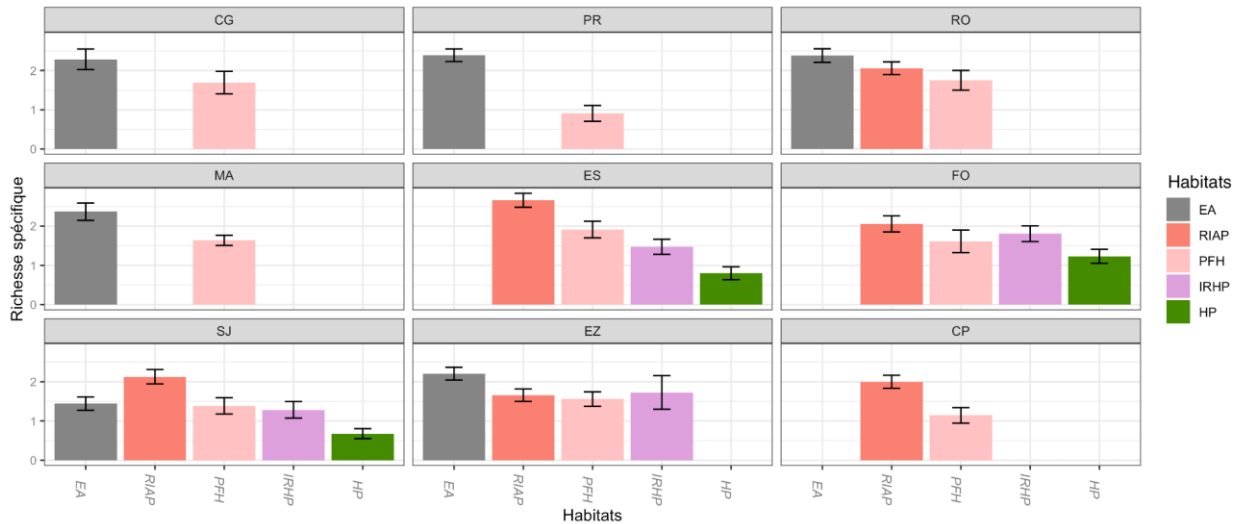


Figure 7. Richesse spécifique moyenne (+/- erreur standard (ES)) par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbière de Posidonie, HP: Herbière de Posidonie) et par zone (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap Cépet) toutes saisons confondues.

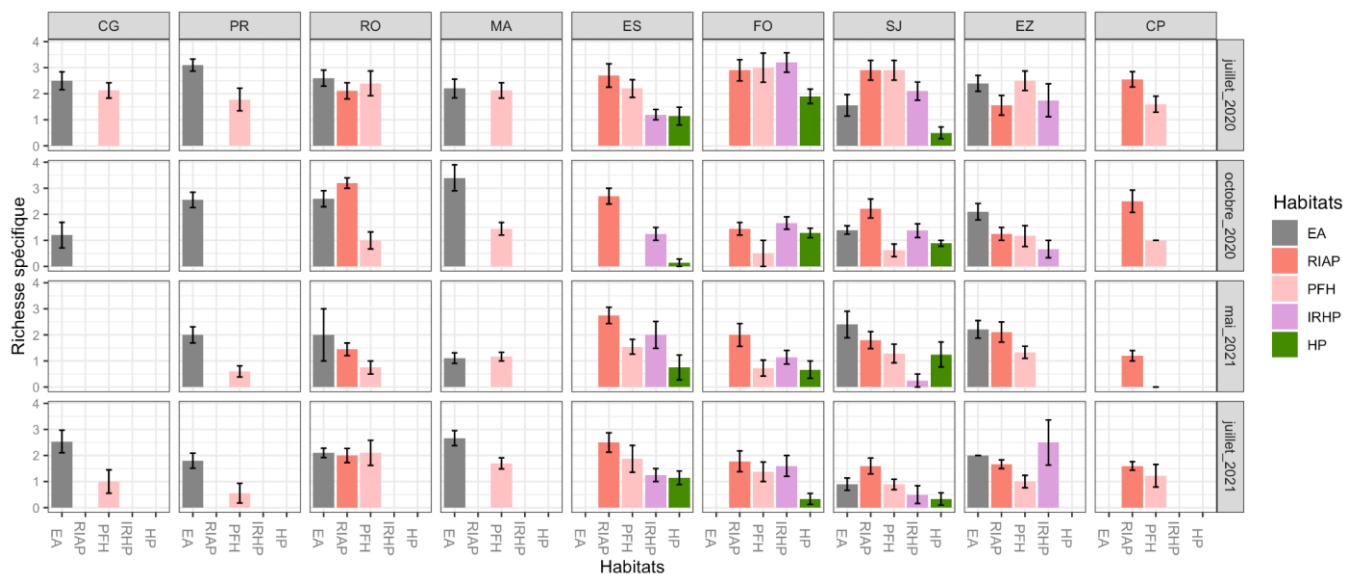
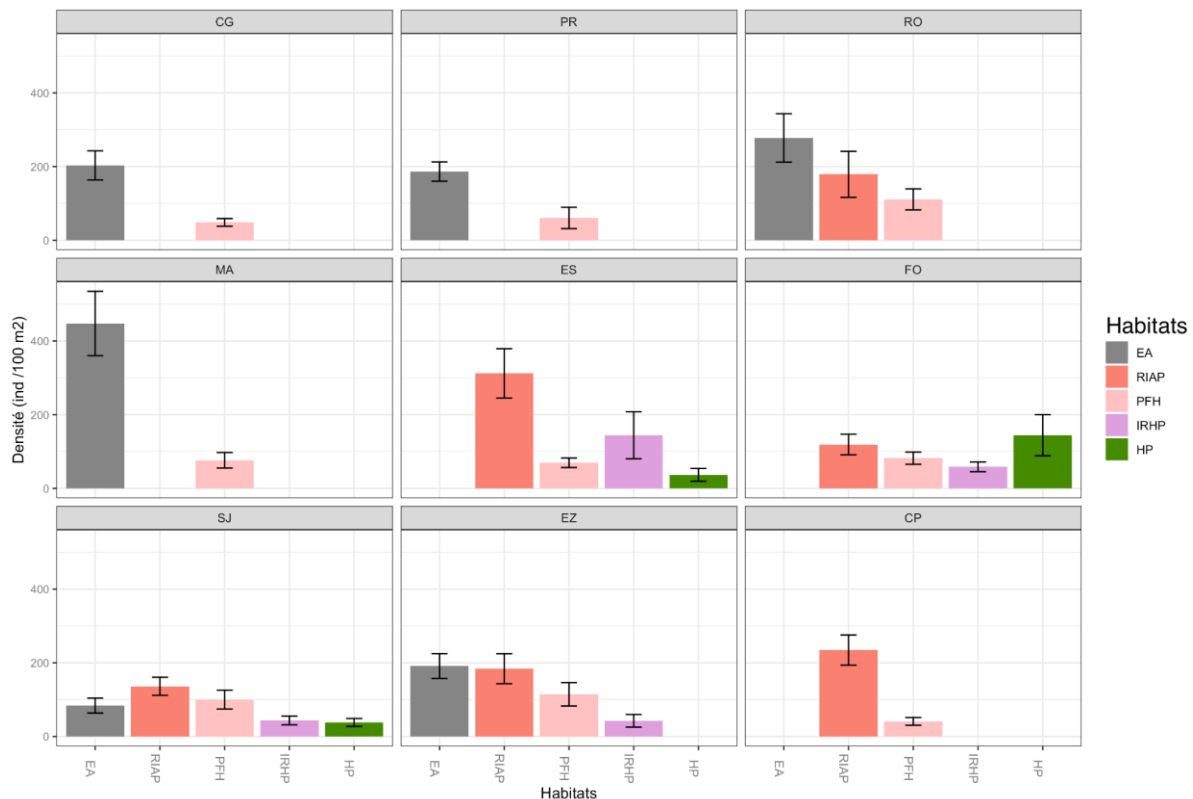


Figure 8. Richesse spécifique moyenne (+/- erreur standard (ES)) par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbière de Posidonie, HP: Herbière de Posidonie), par saison et par zone (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap Cépet).

### 3.3. Densités totales de juvéniles

La densité moyenne de juvéniles par unité d'échantillonnage, toutes saisons, zones et habitats confondus était de 140 ind/100 m<sup>2</sup>. Toutes saisons confondues, lorsque l'on s'intéresse à la densité totale de juvéniles moyenne dans chaque habitat au sein de chaque zone, on observe des disparités significatives (PERMANOVA,  $p < 0,05$ ) (Fig. 9, Annexes 4 et 5). Les densités moyennes les plus importantes ont été observées sur les Enrochements Artificiels (400 ind./100 m<sup>2</sup> à Marinières (MA),

280 ind/100m<sup>2</sup> à Rochambeau (RO)). La Roche Infralittorale à Algues Photophiles (RIAP) est le second habitat présentant les plus fortes densités de juvéniles (250 ind/100 m<sup>2</sup> à CP, 180 ind/100 m<sup>2</sup> à Rochambeau (RO)).



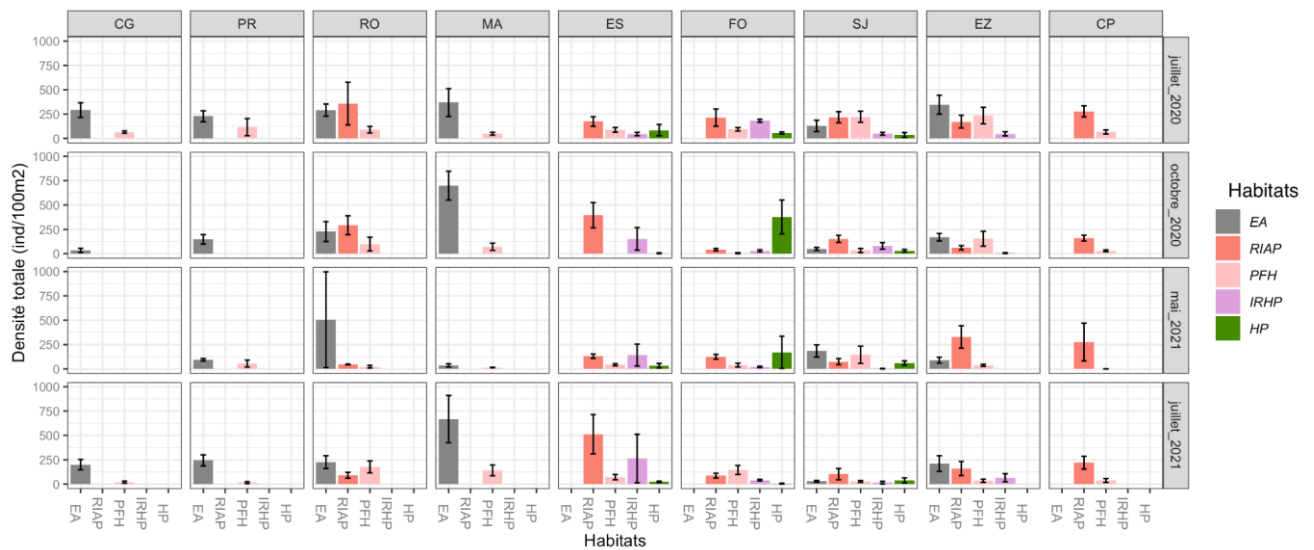
**Figure 9. Densité totale moyenne (+/- erreur standard (ES)) par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) et par zone (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap Cépet).**

Lorsque l'on représente la densité totale de juvéniles (toutes espèces confondues) moyennée par zone, par habitat et par saison (Fig. 10), on observe de fortes disparités significatives (PERMANOVA,  $p < 0,05$ ). La densité la plus importante parmi les combinaisons de saisons, zones et habitats a été observée dans la zone des Marinières (MA) sur les EA en octobre (et correspond à des bancs d'athérines) : dans cette zone (MA), pour les EA en juillet la densité était de 405 ind/100 m<sup>2</sup> et en octobre de 699 ind/100 m<sup>2</sup> ; à Rochambeau (RO) en mai elle était de 505 ind/100 m<sup>2</sup>.

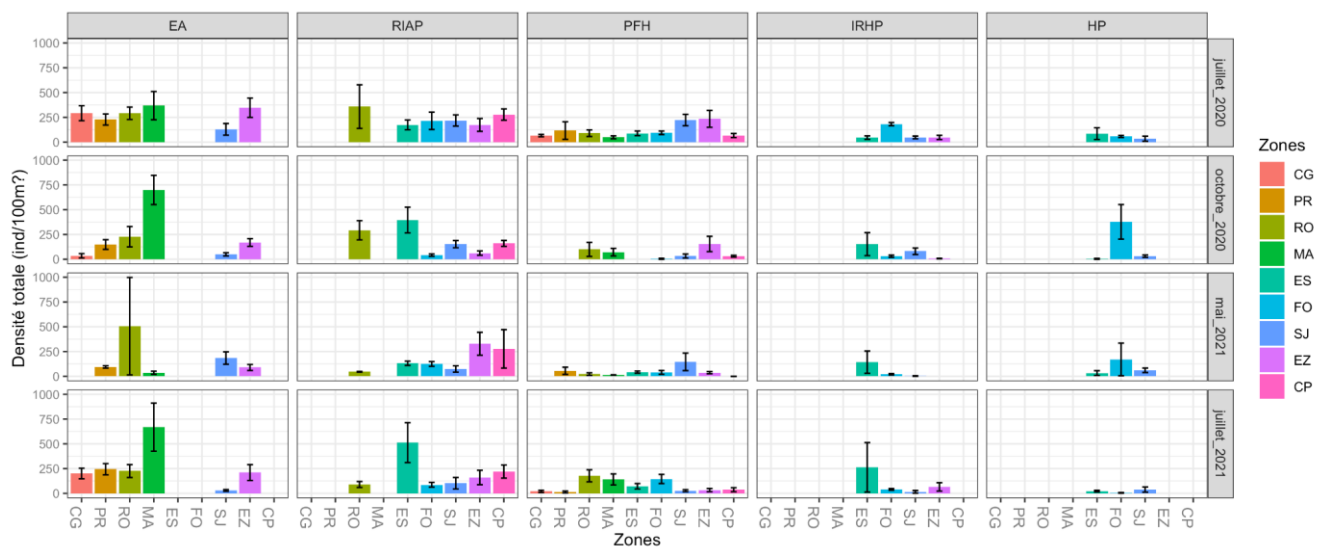
En termes de saisonnalités, on a observé que la densité totale dans la RIAP de Rochambeau (RO) est plus importante en juillet 2020 et en mai qu'en octobre. Les Enrochements Artificiels de Marinières (MA) semblent suivre la même tendance. A l'inverse, l'Herbier de Posidonie (HP) à Fosses (FO) a une densité plus importante en octobre et en mai (entre 250 et 350 ind/100 m<sup>2</sup>) qu'en juillet (environ 75 ind/100 m<sup>2</sup>).

A habitat constant, les zones sont complémentaires, n'accueillant pour un même habitat pas forcément des densités équivalentes: par exemple, parmi les zones où ils étaient présents, les

herbiers de posidonie (HP) (Fig. 11) de la zone "Fosses" (FO) présentaient de plus fortes densités que ceux des autres zones notamment en octobre 2020 et mai 2021.



**Figure 10. Densité totale moyenne (+/- erreur standard (ES)) par zone (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap Cépet), par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) et par saison.**



**Figure 11. Densité totale moyenne (+/- erreur standard (ES)) par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie), par zone (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap Cépet) et par saison.**

On rappelle que les stations de Cagnes (CG) n'ont pas pu être échantillonnées en mai 2021 ainsi qu'en octobre 2020.

### 3.4. Densités par espèces : composition relative de l'assemblage

Les assemblages de juvéniles différaient significativement (PERMANOVA,  $p < 0,05$ ) entre les diverses combinaisons de zones-habitats-saisons (Annexes 6). Lorsque l'on représente la densité par espèces, par habitat et par saison, toutes zones confondues (Fig. 12), on observe que *Sarpa salpa* était dans plus de la moitié des cas l'espèce la plus abondante, quel que soit l'habitat, sauf dans les PFH en juillet (dominance des *Diplodus* spp. et Mugilidae).

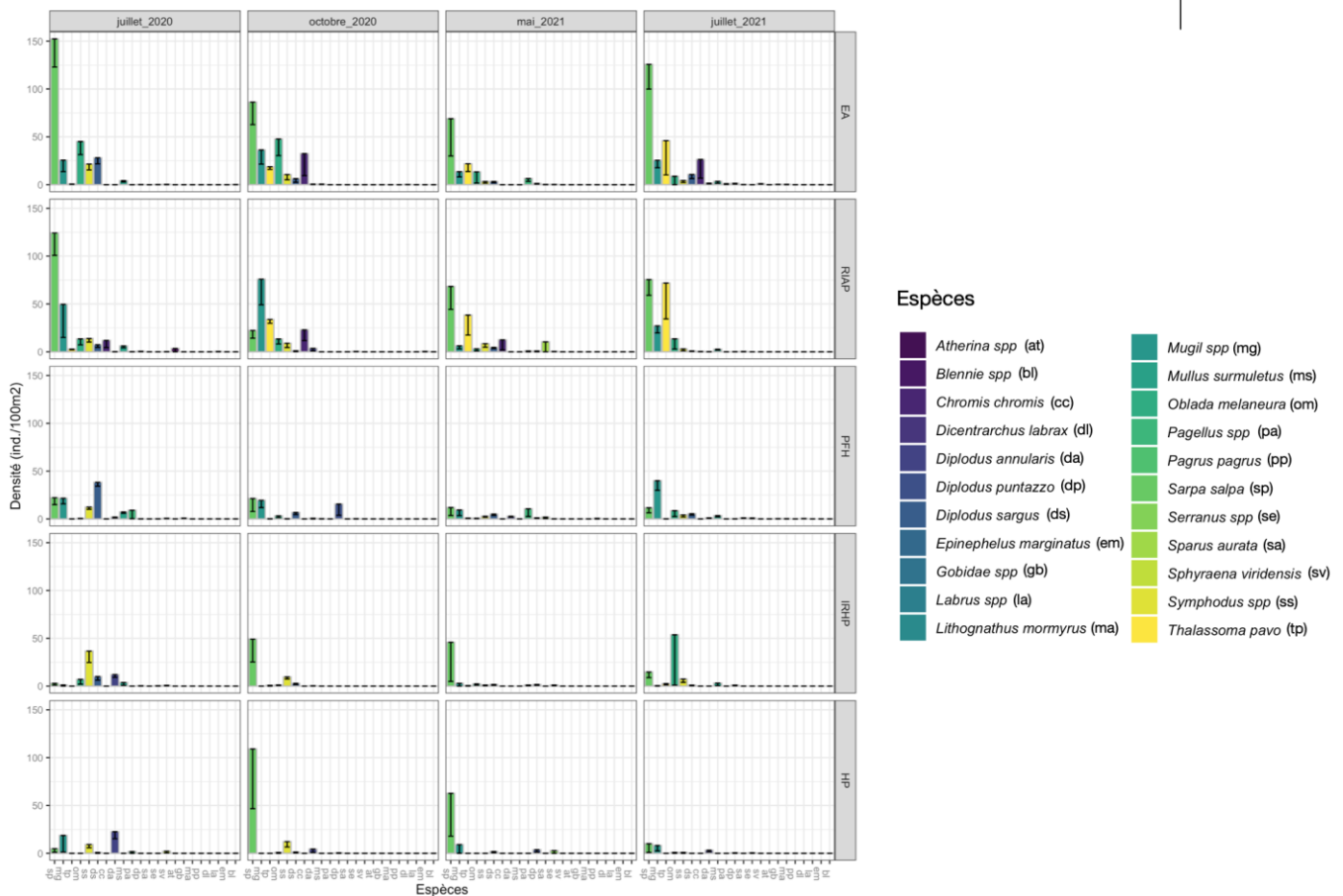


Figure 12. Densité moyenne (+/- erreur standard (ES)) par espèce par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) et par saison.

Lorsque l'on représente les densités totales pour les 9 espèces les plus abondantes (Fig. 13), on observe que les saupes étaient très présentes dans l'ensemble des habitats, avec une préférence en juillet pour les EA et RIAP, lorsque les juvéniles sont installés depuis peu, puis utilisaient en octobre et mai l'Herbier de Posidonie. *Sarpa salpa* atteignait une densité moyenne de 400 ind/100 m<sup>2</sup> sur certains sites, atteignant en moyenne 200 ind/100 m<sup>2</sup> dans les enrochements artificiels (EA) et les petits fonds hétérogènes (PFH) de l'ensemble de la métropole de Nice Côte d'Azur.

On a observé la majorité de *D. sargus* dans les petits fonds hétérogènes (PFH) et les enrochements artificiels (EA), et une majorité de *D. annularis* dans l'herbier. Les *Mugil* spp. montraient les densités les plus importantes dans la RIAP en juillet et en octobre 2020, avec une importante densité du peuplement en juillet 2021 dans les PFH, tandis que les



juvéniles de *Thalassoma pavo* montraient les densités les plus importantes dans la RIAP en octobre et en mai.

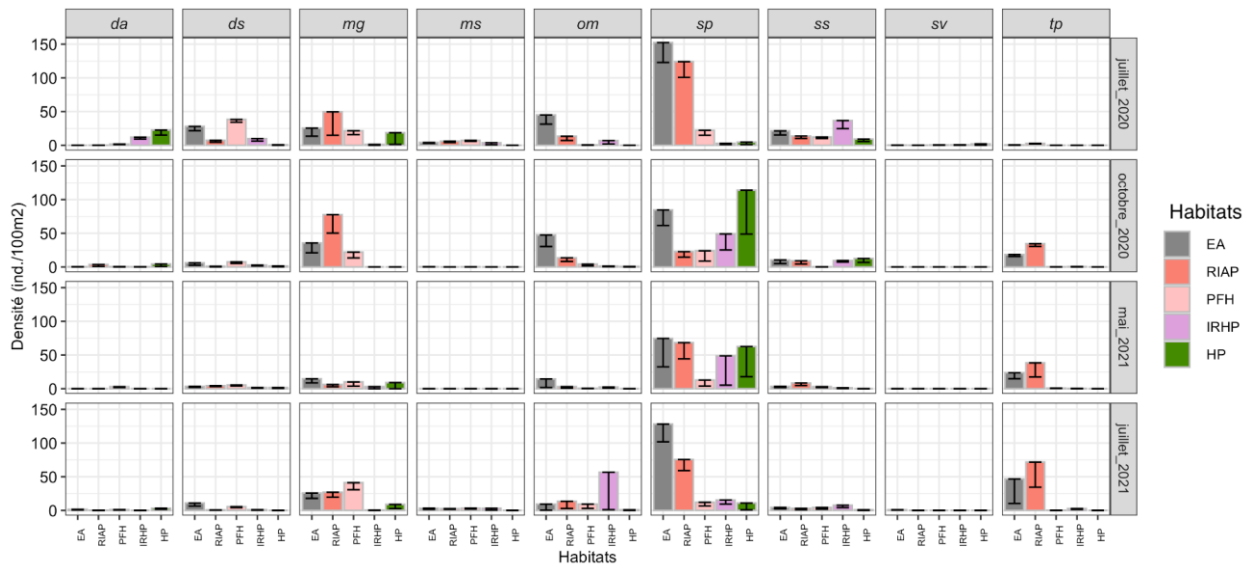


Figure 13. Densité moyenne (+/- erreur standard (ES)) par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) et par saison pour les 9 espèces les plus abondantes (da : *Diplodus annularis*, ds: *Diplodus sargus*, mg: *Mugil spp.*, ms: *Mullus surmuletus*, om: *Oblada melaneura*, sp: *Sarpa salpa*, ss: *Symphodus*, sv: *Sphyraena viridensis*, tp : *Thalassoma pavo*).

### 3.5. Focus sur certaines espèces emblématiques ou espèces clefs

#### *Diplodus sargus*

Les densités les plus importantes de *Diplodus sargus* (Fig. 14) ont été observées en juillet dans les Petits Fonds Hétérogènes (PFH), sauf pour deux zones (CG et PR) dans lesquelles les densités les plus importantes ont été observées dans les Enrochements Artificiels (EA).

Par ailleurs, peu de juvéniles de *D. sargus* ont été observés en mai. Il est possible qu'à cette période les larves ne soient pas encore arrivées *via* le courant nord (liguro-provençal) et que la phase d'installation se soit déroulée juste après.

Enfin, les densités de juvénile de *D. sargus* sont également assez faibles en octobre, avec quelques individus dans les EA de MA. Cela pourrait correspondre à la phase de recrutement c'est-à-dire le changement d'habitat et la dispersion des individus lors du passage à une phase sub-adulte.

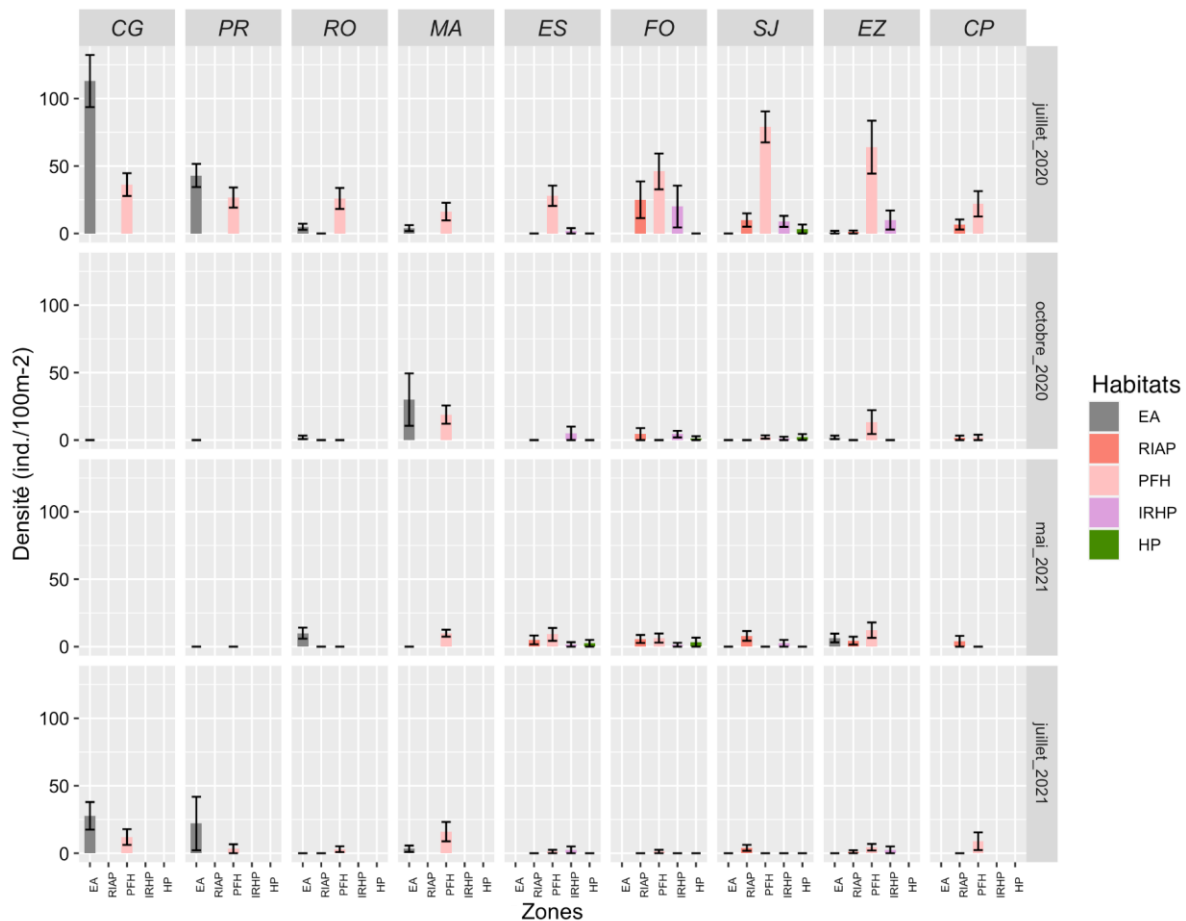


Figure 14. Densité moyenne (+/- erreur standard (ES)) par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) et par zone (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap Cépet) en fonction de la saison pour les juvéniles de sar commun (*Diplodus sargus*).

### *Thalassoma pavo*

Les juvéniles de *Thalassoma pavo* (Fig. 15) ont été majoritairement observés dans la roche infralittorale à algues photophiles (RIAP) en octobre et en mai. Les densités les plus importantes ont été observées en octobre avec des valeurs entre 30 et 55 ind/100 m<sup>2</sup>. La densité des populations est également importante dans les Enrochements Artificiels (EA) en mai 2021. Il est possible que les juvéniles soient préférentiellement dans la Roche Infralittorale à Algues Photophiles (RIAP) lors de la phase d'installation à l'automne, tandis qu'en juillet les sub-adultes migrent vers les autres habitats adultes, plus diversifiés.

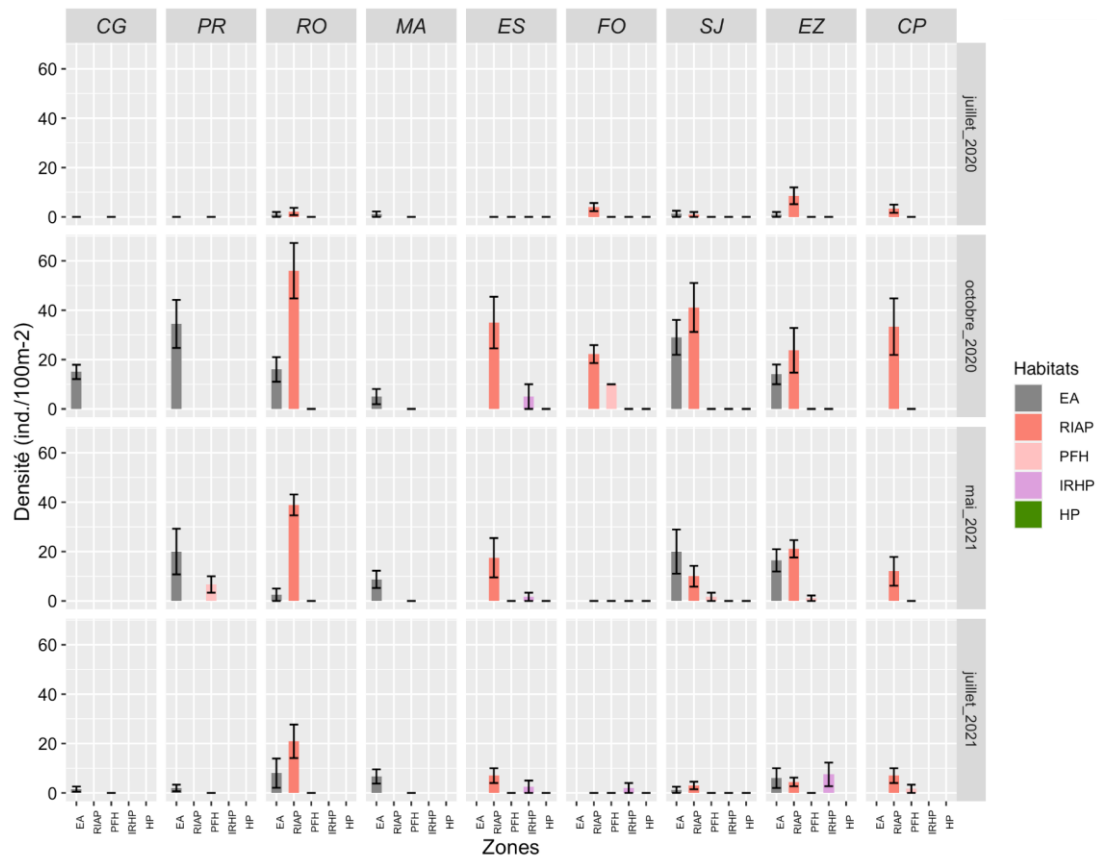


Figure 15. Densité moyenne (+/- erreur standard (ES)) par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) et par zone (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap Cap d'Ail) en fonction de la saison pour la girelle paon (*Thalassoma pavo*).

### *Sarpa salpa*, la saupe

*Sarpa salpa* (Fig. 16) a été observée dans la totalité des zones et des habitats à des densités variables, mettant en lumière le caractère ubiquiste des juvéniles de l'espèce. Cependant un déplacement ontogéniques des individus (lors de la croissance) peut être déduit de nos observations: les densités de population les plus importantes ont été observées dans les enrochements artificiels (EA) et la roche (RIAP) en été puis dans l'Herbier de Posidonie (notamment à Fosses) en octobre. La zone du Cap d'Ail (CP) montrait les densités les plus importantes en mai pour l'habitat RIAP. Cette variabilité pourrait s'expliquer par le changement ontogénique progressif d'habitat lors de la croissance des juvéniles.

### Les crénilabres *Symphodus* spp.

Nous avons observé des densités importantes de crénilabres *Symphodus* spp. (Fig. 17) dans certaines zones : notamment l'interface roche herbier (IRHP) à Fosses (FO) en juillet 2020. Ont également été observés d'abondantes populations de juvéniles de *Symphodus* spp à Saint-Jean (SJ) sur l'ensemble des habitats ainsi que dans les enrochements artificiels (EA) de Rochambeau (RO) et Marinières (MA).

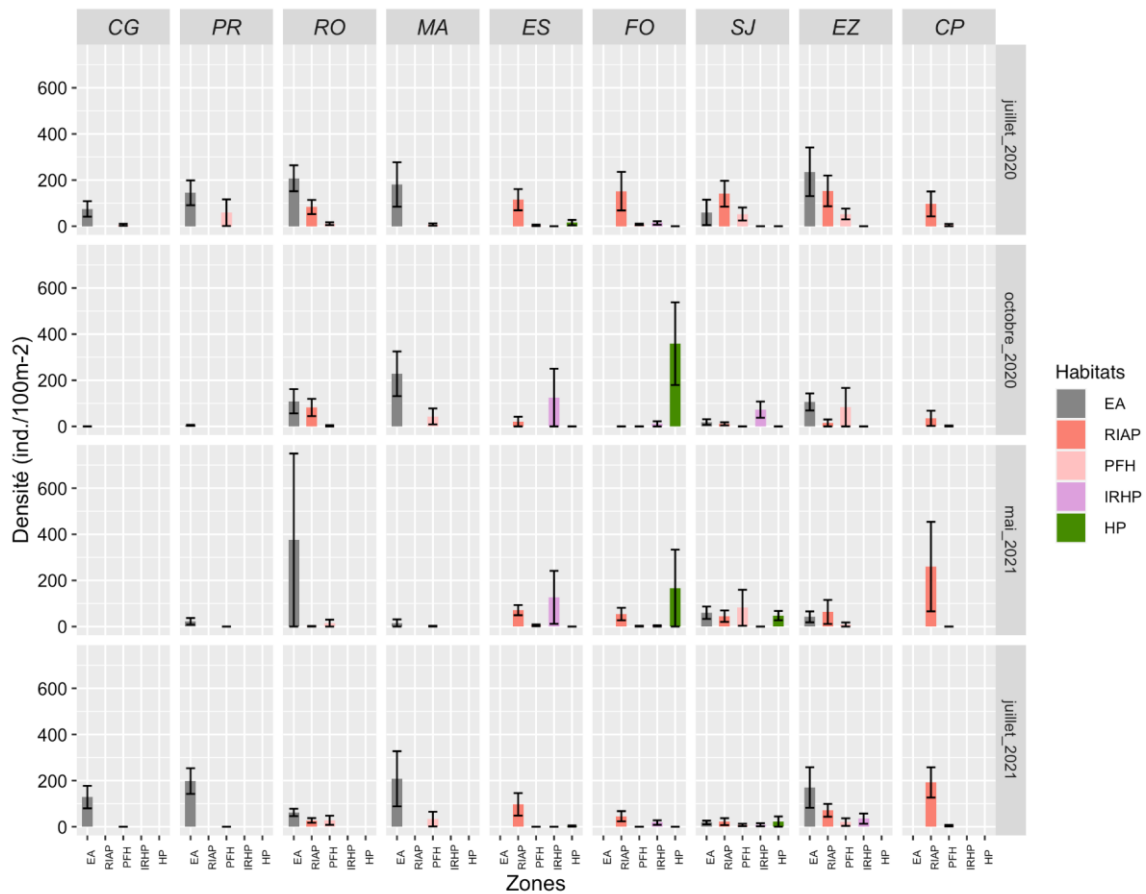


Figure 16. Densité moyenne (+/- erreur standard (ES)) par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) et par zone en fonction de la saison(CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap d'Ail) pour la saupe (*Sarpa salpa*).

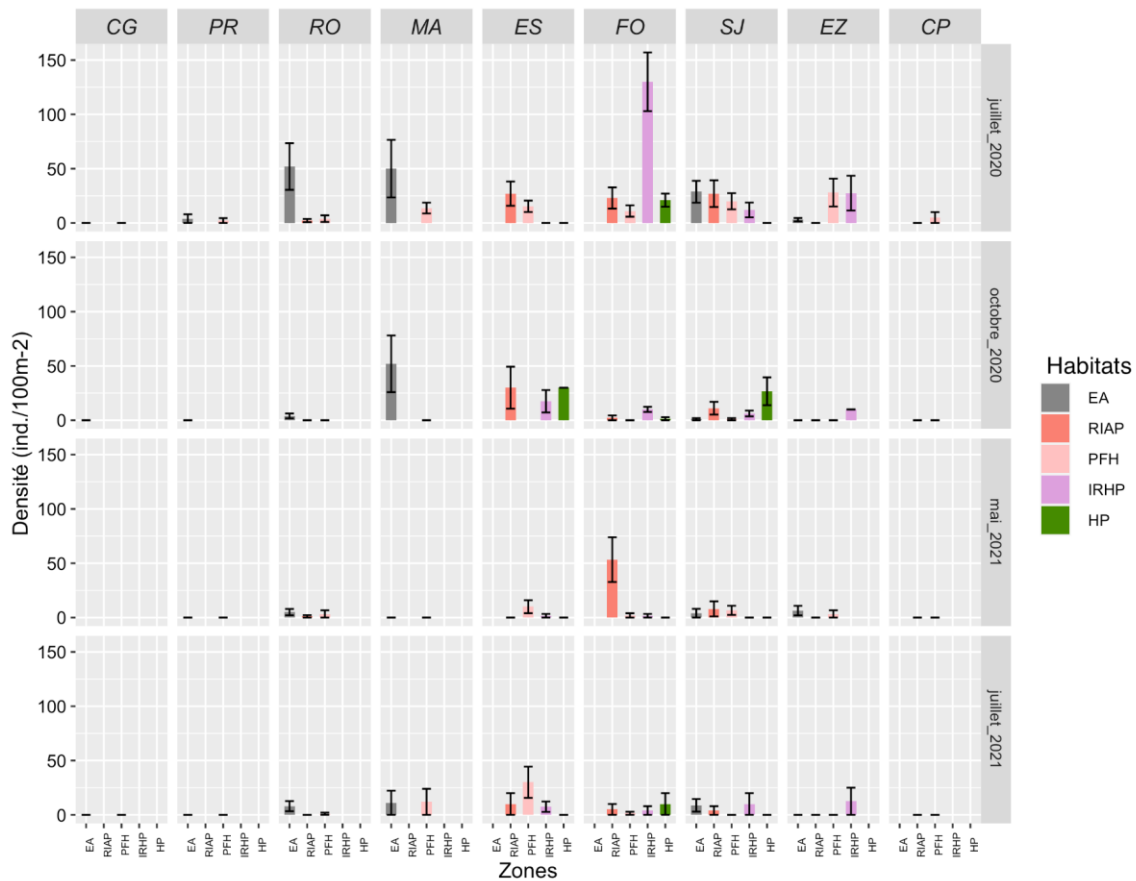


Figure 17. Densité moyenne (+/- erreur standard (ES)) par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) et par zone (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap d'Ail) en fonction de la saison pour les *Symphodus* spp. (crinilabres).

### 3.6. Focus sur les classes de tailles de certaines espèces

La représentation de l'ensemble des espèces par classes de tailles est présentée en annexes 7.

#### Le sars commun *Diplodus sargus*

À la saison chaude (juillet 2020) dans les Petits Fonds Hétérogènes (PFH) on a observé une majorité de *D. sargus* de taille moyenne dans l'ensemble des zones d'étude (Fig. 18). Au sein des Enrochements Artificiels (EA) on a également observé des juvéniles de *D. sargus* appartenant aux tailles de classe moyenne et grande. Enfin en octobre, le peuplement de *D. sargus* est majoritairement composé de juvéniles de grande taille, ce qui est cohérent avec leur cycle de vie.

#### Les crinilabres *Symphodus* spp.

Concernant les juvéniles de *Symphodus* spp. (Fig. 19) nous avons observé majoritairement des juvéniles de grande taille à toutes les saisons dans tous les habitats considérés et dans toutes les zones d'étude.

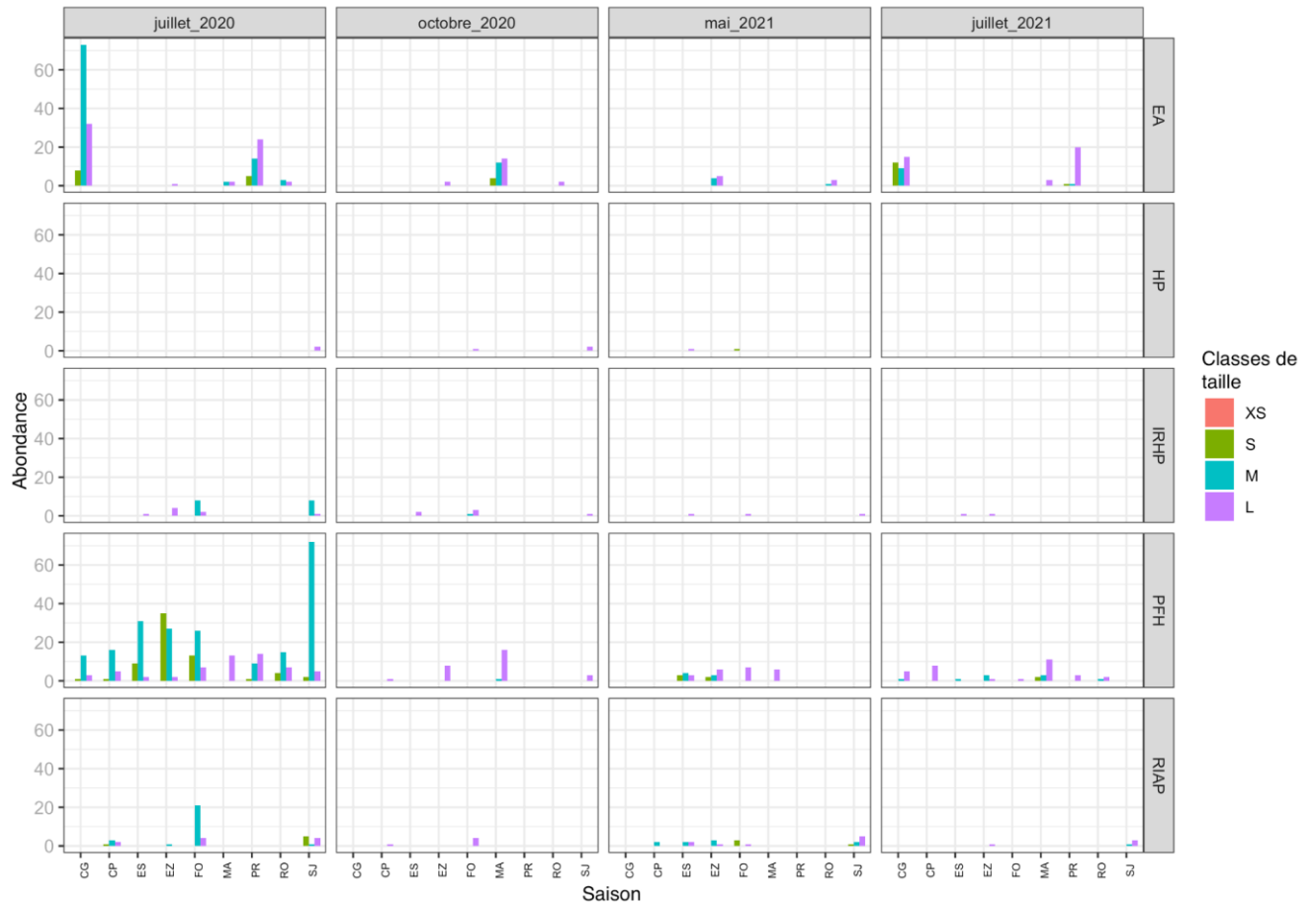


Figure 18. Abondance par classe de taille des individus de sar commun (*Diplodus sargus*) par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) et par saison dans les zones d'étude (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap d'Ail).



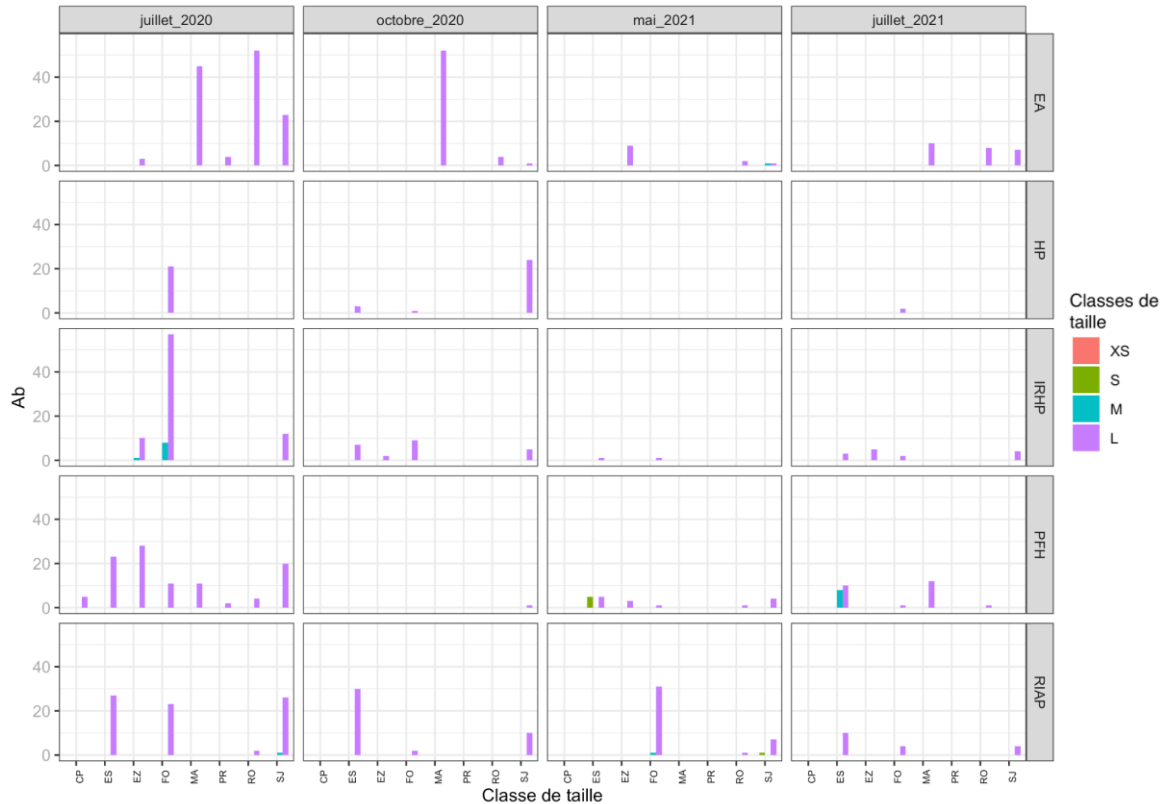


Figure 19. Abondance par classe de taille des individus de *Symphodus* spp. par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) et par saison au sein des différentes zones (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap d'Ail).

### Les saupes *Sarpa salpa*

Nous avons observé une majorité de juvéniles de *Sarpa salpa* (Fig. 20) de taille "petite" en mai 2021, particulièrement présentes dans les enrochements artificiels (EA) ou la roche infralittorale à algues photophiles (RIAP). Les individus de taille moyenne à grande ont été davantage observés aux autres saisons (en juillet et en octobre), toujours dans les EA mais également dans les autres habitats.

### La girelle paon *Thalassoma pavo*

C'est en octobre que l'on observe le plus d'individus petits et moyens de *Thalassoma pavo*, tandis qu'en mai et juillet les individus sont principalement plus grands (Fig. 21). Ces juvéniles étaient notamment abondants dans les enrochements artificiels (EA) et la RIAP.

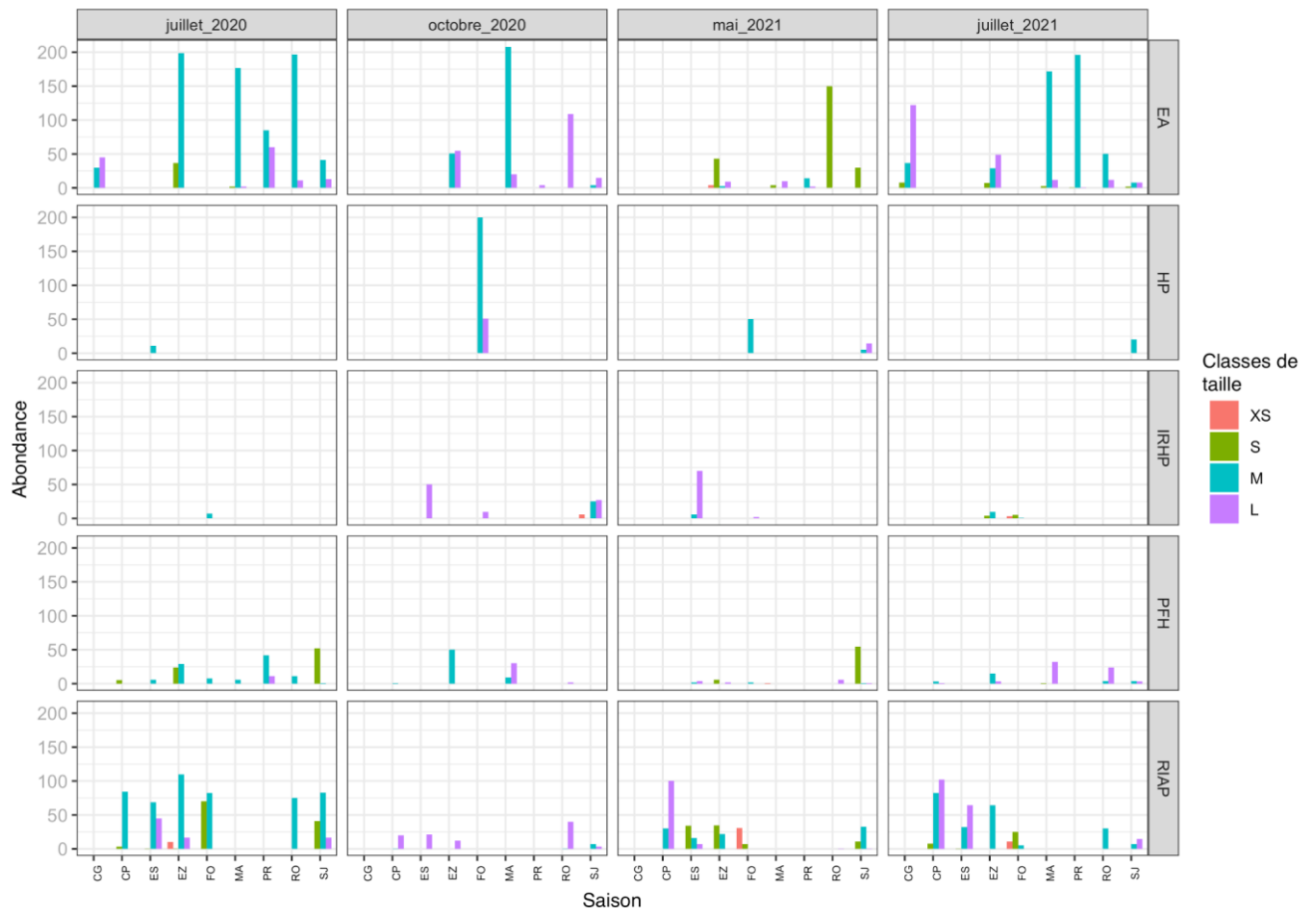


Figure 20. Abondance par classe de taille des individus de saupe (*Sarpa sarpa*) par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) et par saison dans les zones la métropole de Nice Côte d’Azur (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap d’Ail).

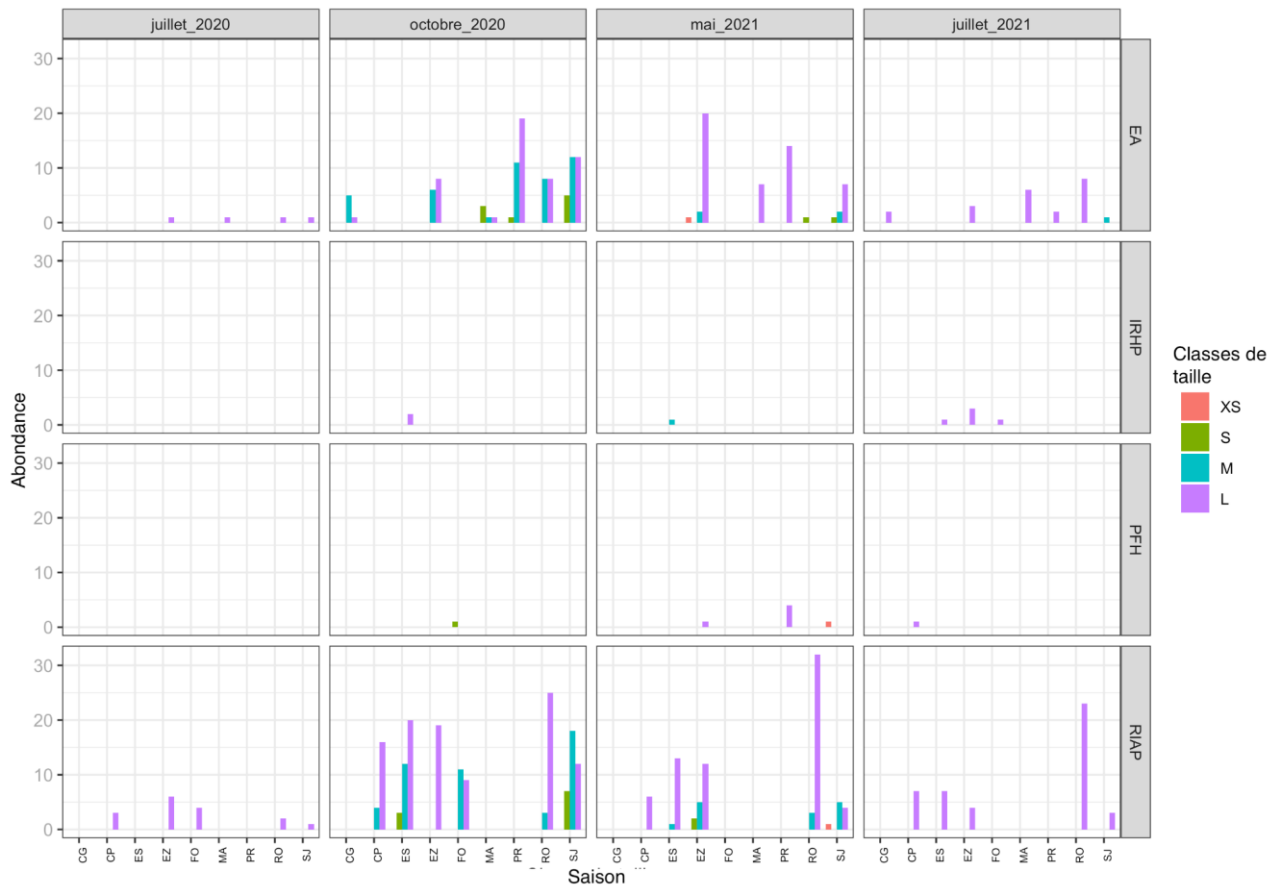


Figure 21. Abondance par classe de taille des individus de girelle paon (*Thalassoma pavo*) par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) et par saison dans les zones de la métropole de Nice Côte d'Azur (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap d'Ail).

## 4 DISCUSSION

L'étude avait pour objectifs :

- d'estimer l'intensité d'installation et le recrutement annuel des juvéniles de poissons dans les habitats côtiers nurseries ;
- de caractériser et de hiérarchiser les zones évaluées en termes d'enjeux de préservation/gestion.

### 4.1. Tendances principales

Afin de caractériser l'assemblage de juvéniles de téléostéens des habitats du littoral de la métropole de Nice Côte d'Azur, nous avons comparé et étudié les patrons de distribution des juvéniles de téléostéens en tenant compte des variabilités spatiales et temporelles dans les divers habitats présents entre 0 et 3 m de profondeur et jouant le rôle de nurserie. Ces habitats identifiés comme "habitats essentiels" jouent un rôle crucial de nurserie pour de nombreuses espèces de poissons

méditerranéens (Cheminée et al., 2011, 2013, 2021; Cuadros, 2015; Harmelin-Vivien et al., 1995). De plus, de nombreux auteurs ont mis en évidence le lien entre l'importance fonctionnelle majeure de ces habitats nurserie et leur structure tridimensionnelle, qui conditionne la quantité d'abris et de ressources alimentaires (Cheminée 2012; Cuadros, 2015).

Globalement, la densité de juvéniles est très variable d'une zone à l'autre dans les habitats des petits fonds du littoral de la métropole de Nice Côte d'Azur. Le caractère agrégatif des post-larves favorise des observations ponctuelles avec parfois de grandes abondances, par exemple l'observation de grands bancs d'athérines sur les enrochements artificiels (EA) de la zone des Marinières (MA).

Les patrons de distribution des juvéniles le long du littoral de la métropole de Nice Côte d'Azur étaient variables entre zones et habitats. Nous avons pu mettre en lumière que dans l'ensemble, parmi les 28 taxons observés, plus de 40% du total des 26 651 individus juvéniles de poissons ayant été observés sont des saupes (*Sarpa salpa*); parmi les quatre autres taxons majoritairement présents ont été observés les mugilidés (*Mugil* spp., environ 15%), les oblades (*Oblada melanura*, environ 10%), les Sars commun (*Diplodus sargus*, 7%) et les crénilabres (*Symphodus* spp., 6%). Six autres espèces ont représenté chacune de 5 à 1 % des effectifs globaux et les 12 autres taxons représentaient chacun moins de 1 % des effectifs.

Il est important de noter que la richesse spécifique globale (28 taxons) était réduite si on considère les habitats individuellement (entre 2 et 10 taxons par zone et habitat) et ceci d'autant plus si on considère la **richesse spécifique** à l'échelle de la saison (environ 2 à 3 taxons par zone, habitat et saison). Une meilleure diversité de l'ichtyofaune juvénile est donc assujettie à une diversité de micro-habitats, interdépendants, et complémentaires dans la mosaïque paysagère. C'est donc cette mosaïque d'habitats variés qui garantit la fonctionnalité de nurserie des fonds côtiers.

En termes de **densités totales** (tous taxons confondus), au sein de la métropole de Nice Côte d'Azur, certains habitats de certaines zones abritent des densités supérieures : les enrochements artificiels (EA) de Marinières (MA) et Rochambeau (RO) ont montré des densités totales plus importantes que dans les autres zones. Les importantes densités observées dans cet habitat pourraient être expliquées par l'absence dans ces zones des autres catégories d'habitat à proximité, les enrochements artificiels représentant alors le seul habitat nurserie potentiel dans une matrice de substrat meuble. Ces différences significatives entre zones, habitats et saisons illustrent à leur tour le concept de **solidarité écologique** entre zones du littoral. De plus, une zone dépourvue de juvéniles à une saison donnée sera au contraire celle en accueillant à une autre saison. Les zones sont donc interdépendantes.

## 4.2. Composition des assemblages et préférences taxa-spécifiques

Les saupes représentaient la majorité des juvéniles observés (40%). Cette présence peut notamment être due au caractère ubiquiste de l'espèce qui peut être retrouvée à l'état juvénile aussi bien dans l'herbier de posidonie (HP) que dans la roche infralittorale à algues photophiles (RIAP) ou encore dans les petits fonds hétérogènes (PFH) et les enrochements artificiels (EA). Ceci dit, nous avons observé chez *Sarpa salpa* un changement ontogénique d'habitat, puisqu'en juillet les saupes étaient les plus abondantes sur les EA et la RIAP, puis présentaient en octobre et encore en mai, une fois plus grandes, des abondances plus importantes qu'ailleurs notamment dans l'HP. Les plus jeunes individus de cette espèce s'installent dans les petits fonds rocheux, puis colonisent les autres habitats, ce qui correspond aux conclusions d'études précédentes (Harmelin-Vivien et al., 1995).



Concernant les juvéniles de sars commun *Diplodus sargus* (ds), espèce clef (écologiquement et économiquement) des peuplements de Méditerranée nord-occidentale, ils étaient majoritairement présents dans les petits fonds hétérogènes (PFH), ce qui correspond aux données de la littérature (Cheminée et al., 2011 ; Cuadros, 2015; Harmelin-Vivien et al., 1995; Vigliola et al., 1998). Ils étaient également fortement présents dans les EA, ce qui a été observé précédemment en Occitanie (Pastor et al., 2013). De plus ils étaient présents notamment en juillet ainsi qu'en octobre mais peu en mai, en accord avec les données concernant leur période de reproduction-installation (Garcia-Rubies et Macpherson, 1995). Plusieurs facteurs peuvent être à l'origine des patrons de distribution de *Diplodus sargus*. D'abord, 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). En effet, le pic d'installation des post-larves 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). Or, certaines études ont mis en évidence des juvéniles de plus petite taille sur la côte du Golfe du Lion qu'en Corse en juillet. Ces observations sont cohérentes avec les résultats observés au sein de la métropole de Nice Côte d'Azur: les juvéniles de *Diplodus sargus* sont de petite taille à l'été (juillet) et plus grands à l'automne.

Enfin le sar à museau pointu *Diplodus puntazzo* (dp) était présent à des densités très inférieures à celle de *Diplodus sargus*. Pour cette espèce, le pic d'installation a normalement lieu entre octobre et novembre (Cheminée et al., 2011). De plus, même lors de leur pic d'installation, les juvéniles de *D. puntazzo* sont généralement observés en moindres densités que *D. sargus* (Cheminée et al., 2011). 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* liée à leur incapacité à supporter les eaux trop chaudes.

On a observé la girelle paon *Thalassoma pavo* (tp) dans l'habitat RIAP et dans les EA, notamment en octobre ce qui correspond à sa période classique d'installation (à partir de septembre) (Cuadros, 2015) et en mai, encore présente, alors qu'en juillet ses effectifs étaient plus faibles, probablement dû au fait qu'à cette période les juvéniles ont quitté les habitats d'installation pour se disperser vers les divers habitats sub-adultes.

Par ailleurs, on retiendra que les individus de Mugilidae étaient plus abondants dans la RIAP en octobre, de même qu'on note la présence significative de bancs d'athérines *Atherina* sp. (at) dans les EA en octobre, ainsi que des castagnoles *Chromis chromis* (cc) abondants également en octobre dans les EA.

Par ailleurs, les crénilabres *Symphodus* spp. (ss), avec des densités moyennes faibles, aux alentours de 25 ind/100 m<sup>2</sup>, étaient relativement ubiquistes, présents dans tous les habitats, avec toutefois des densités ponctuellement élevées en été aux interfaces herbier-roches (IRHP), lorsqu'ils sont de petites tailles. L'importance des interfaces entre habitats, appelées écotones, a été soulignée précédemment (Cheminée et al., 2021) : ces habitats fournissent une plus grande variété de refuges et d'abris et sont donc propices à la croissance et la survie des juvéniles.

Enfin, nous avons observé quelques pagres *Pagrus pagrus* (pp) dans les Petits Fonds Hétérogènes (PFH) ainsi que quelques daurades *Sparus aurata* (sa) dans les PFH et la RIAP. De manière surprenante, très peu de barracudas *Sphyræna viridensis* (sv) ont été observés, alors que les eaux relativement chaudes de NCA pourraient leur être propices, cette espèce étant thermophile. Les

observations de loups *Dicentrarchus labrax* (dl) et de pagres *P. pagrus* restent également très exceptionnelles.

### 4.3. Variabilité saisonnière et inter-annuelle

L'importante variabilité temporelle saisonnière et inter-annuelle des processus d'installation a été mise en évidence par de nombreux auteurs (Vigliola, 1998 ; Ruitton, 1999 ; Le Diréach et al., 2010). Globalement, l'ensemble de nos résultats semble suggérer un apport de larves plus important à l'été 2020 qu'en 2021. En effet, comme évoqué en introduction, l'aire d'étude est sous l'influence de différents courants de surface, qui sont les principaux vecteurs de larves: le courant nord (liguro-provençal) alimente la côte d'azur et la côte provençale depuis l'Italie, en direction de l'ouest, et la présence ou non de juvéniles de téléostéens est directement influencée par ces mouvements hydrodynamiques ainsi que par les événements de reproduction des adultes en amont. Ainsi, il apparaît important de rappeler qu'une faible densité de juvénile n'est pas forcément le reflet d'un habitat de mauvaise qualité mais peut-être seulement la conséquence d'une reproduction en amont moindre ou décalée dans le temps et donc d'un apport annuel de larves relativement faible cette année-là.

### 4.4. Variabilité spatiale: disparités entre secteurs et zones au sein de la métropole de Nice Côte d'Azur

Les différences de densités de juvéniles d'une zone à l'autre souligne l'importance du concept de solidarité écologique : parfois, alors même que l'habitat nurserie est présent, les densités de juvéniles sont faibles, rendant alors ces zones dépendantes pour le renouvellement de leurs populations de migration d'individus adultes ou sub-adultes ayant grandi dans des nurseries d'autres zones (Cheminée et al., 2011, 2014). C'est une illustration du concept de solidarité écologique, notamment mis en lumière à Port-Cros pour *Diplodus sargus* (Vigliola & Harmelin, 1998), et qui souligne à quel point la protection d'une zone est en fait dépendante des efforts de conservation qui seront réalisés dans des zones adjacentes. De même, une zone peut être essentielle pour une espèce en particulier dont l'habitat de nurserie n'est présent qu'à cet endroit-là à l'échelle de tout un secteur.

Par ailleurs, Saint-Jean (SJ), Fosses (FO), Espalmador (ES) et Èze (EZ) semblaient être des zones pourvues d'habitats hébergeant des assemblages particulièrement riche et denses, notamment favorables pour les saupes (*Sarpa salpa*), les *Symphodus spp.*, ou encore *Diplodus sargus*, mais également les espèces plus rares comme *T. pavo*, ou *Sparus aurata*, voire exceptionnelle comme le mérout *E. marginatus* (ES). Or ces zones abritent une mosaïque paysagère diversifiée et complexe unissant les différents habitats nurserie (e.g RIAP, PFH, IRHP, EA, HP). Cette diversité d'habitats situés à proximité les uns des autres, avec de nombreuses interfaces, créent une hétérogénéité de micro-habitats répondant aux besoins variés favorables à la diversité des peuplements et des différentes espèces de juvéniles de téléostéens (Cheminée et al., 2021 ; Cuadros, 2015).

Par ailleurs, il faut noter que bien que l'habitat petits fonds hétérogènes (PFH) soit présent à l'Est de la métropole (secteur Promenade (PR) et Cagnes (CG)), il se peut que ces zones qui le

contiennent soient soumises à d'autres facteurs environnementaux comme un apport en eau douce (embouchure du Var notamment), aux aménagements des plages ou un trop fort hydrodynamisme induit par des ouvrages balnéaires qui rendent ces sites moins favorables pour l'installation ou la survie post- installation des larves de téléostéens.

#### 4.5. Comparaison avec d'autres zones d'étude

Dans le cadre du projet MedHab porté par Septentrion Environnement (2019-2021) et qui s'intéresse à la répartition spatiale des nurseries de sparidés (PFH), 9 espèces ont été observées sur l'ensemble des aires d'étude (Corse, Provence, Occitanie) : l'assemblage d'espèces était constitué majoritairement de *Dicentrarchus labrax* (Loup), *Diplodus sargus* (Sar commun), *Sphyraena viridensis* (Barracuda), *Diplodus puntazzo* (Sar à museau pointu), *Thalassoma pavo* (Girelle paon), *Sciaena umbra* (Corb), *Sparus aurata* (Daurade royale), *Dentex dentex* (Denti) et *Epinephelus marginatus* (Mérou brun). Cette composition était analogue à celle observée dans la présente étude sur la métropole de Nice Côte d'Azur et également observée dans des études précédentes en Méditerranée occidentale (Cheminée et al., 2017).

Par ailleurs, dans l'étude MedHab, la composition relative des assemblages de juvéniles variait entre Calvi et deux autres aires d'études (PN Calanques et Côte Bleue). Sur la Côte Bleue et dans le PN Cal l'espèce la plus abondante dans les petits fonds hétérogènes était *Diplodus sargus*, atteignant en été une densité moyenne de 100 ind/100 m<sup>2</sup> sur certains sites, alors qu'en Corse la densité moyenne de *Diplodus sargus* y était dix fois inférieure. Dans l'étude présente, pour NCA, cette espèce présentait des densités d'environ 22 ind/100 m<sup>2</sup> dans les petits fonds hétérogènes, soit une valeur intermédiaire entre les faibles valeurs Corse et les maximums observés en Provence. De plus, la densité totale (toutes espèces confondues) était significativement différente entre les deux aires du continent (PN Cal et Côte Bleue) et la Corse. Enfin, en Corse, l'assemblage était composé principalement de barracudas (*Sphyraena viridensis*) et de girelles paons (*Thalassoma pavo*), lesquelles étaient bien moins présentes sur les côtes continentales.

En effet, concernant *Thalassoma pavo*, les facteurs à l'origine des patrons de distribution dans les petits fonds hétérogènes ainsi que la RIAP sont probablement induits par le caractère thermophile de l'espèce, que l'on retrouve préférentiellement dans les eaux chaudes et donc plus abondamment dans la métropole de Nice Côte d'Azur que dans le PN Calanques par exemple. Ce glissement progressif depuis quelques décennies de la répartition de l'espèce *T. pavo*, liés au changement climatique, vers la partie nord-ouest de la Méditerranée, ont été récemment documentés (Milazzo et al., 2016).

Les données obtenues sur le continent dans le cadre du projet MedHab sont cohérentes avec les densités totales observées dans la métropole de Nice Côte d'Azur qui étaient de l'ordre de 130 ind./100 m<sup>2</sup>, toutes zones et tous habitats confondus. En termes d'assemblage, l'espèce la plus présente dans les PFH du PN Cal et de la Côte Bleue était *D. sargus*, c'est également le cas dans les PFH de la métropole de Nice Côte d'Azur.

Les zones potentielles de nurserie de poissons ont également été étudiées dans le Parc national de Port-Cros (PNPC), en juin 2019 (Rouanet et al., 2020a). Dans cette zone relativement protégée du littoral varois, entre continent et îles, les différents habitats benthiques entre 0 et 5 m de profondeur ont été prospectés. Cette étude portant sur un seul échantillonnage saisonnier doit être vue comme une photographie du peuplement de juvéniles à cette période-ci de l'année.

Le recensement des juvéniles de poissons dans le PNPC dans les différents types d'habitats a porté sur 29 taxons répartis dans 13 familles. Les habitats de la RIAP et de l'HP abritent le plus grand nombre de taxons observés, avec respectivement 19 et 18 taxons. Les EA abritent quant à eux 14 taxons. Les habitats de matre morte de posidonie, de substrats meubles, de substrats meubles de plage et les parties lagonaires des récifs barrières de posidonie présentent un nombre de taxons plus faible, de l'ordre de moitié moins que les deux premiers habitats, respectivement 8, 7, 10 et 7 taxons. Comme sur le territoire de NCA, c'est la saupe *S. salpa* qui était l'espèce la plus communément rencontrée (occurrence dans les réplicats : 25%). Le sar à tête noire *Diplodus vulgaris* était la deuxième espèce la plus présente (occurrence dans les réplicats : 19%), suivi des Mugilidae, du sar commun *D. sargus* et du sar à museau pointu *D. puntazzo* (tous à 11% d'occurrence). Le rouget *Mullus surmuletus* affectionne particulièrement les lagons des récifs de posidonie au nombre de 7 sur le territoire du PNPC (occurrence de l'espèce dans les réplicats : 40%); les sars *Diplodus* sp. sont également bien présents dans les lagons récifaux (occurrence : *D. sargus* 15%, *D. puntazzo* 20% et *D. vulgaris* 50%)

En termes de densité, les valeurs relevées, tous habitats et espèces confondues, étaient de 329 ind/100 m<sup>2</sup> en juin 2019. La RIAP présentait les densités les plus fortes (859 ind/100 m<sup>2</sup>), dues à l'observation d'un pic d'installation de juvéniles de sar *D. sargus* (LT entre 10 et 15 mm) le 26/06/2019. Cette valeur doit être lue en tenant compte de cette spécificité. Les EA présentaient une densité de 262 ind/100 m<sup>2</sup> et l'HP de 120 ind/100 m<sup>2</sup>. La plus forte valeur relevée dans les herbiers du PNPC s'explique par leur grande étendue et leur bon état de conservation. Le lagon des récifs présentait des densités moyennes de 110 ind/100 m<sup>2</sup>.

Le littoral de NCA abrite 2 récifs de posidonie, à Espalmador et dans l'anse de Fosses. Véritable monument naturel, ces récifs jouent un rôle important en tant que nurserie pour les poissons. Le programme CANOPé (2017-2020) porté par le GIS Posidonie (Rouanet et al., 2020b) a notamment étudié le rôle de nurserie sur deux sites ateliers : Le Madrague de Giens et La Badine situés dans la commune de Hyères dans le Parc national de Port-Cros. Les conclusions du programme ont montré que c'est au niveau du front des récifs que les richesses spécifiques et les densités de juvéniles apparaissent les plus élevées. Le front récifal semble jouer un rôle de barrage physique pour les postlarves dans le flux circulant. Par ailleurs, la position intermédiaire du front, à l'interface entre le lagon et la pente externe vers les herbiers plus profonds, offre des conditions d'installation favorables de nombreux juvéniles, avant de se répartir de part et d'autre en grandissant, vers le lagon pour les espèces à affinité de substrats meubles et à l'abri du récif sur la pente externe pour les espèces à affinité d'herbier. La géomorphologie des complexes récifaux d'**Espalmador** et de **Fosses**, comprenant les spécificités des différentes composantes du récif, couplée aux mosaïques d'habitats intrinsèques, doit être considérée comme une 'super nurserie' pour les assemblages multi-spécifiques de poissons méditerranéens côtiers.

#### 4.6. Éléments de méthodes

Selon les techniques d'échantillonnage utilisées, un habitat abritant une richesse spécifique importante peut néanmoins présenter une densité moyenne en juvéniles relativement faible: la méthode utilisée peut sous-estimer la densité réelle de juvéniles.

En effet l'herbier est connu pour jouer un rôle de protection de nombreuses espèces de juvéniles en particulier les scorpaenidae, les labridés et le corb. Il est possible que les densités soient sous-estimées par les comptages visuels dans ces habitats à forte complexité tridimensionnelle, et



notamment dans l'herbier de posidonie, dans lequel les juvéniles peuvent se cacher (Harmelin-Vivien et al., 1985). Les densités moyennes obtenues par comptages visuels dans l'herbier présentées dans le présent rapport peuvent donc être sous-estimées comme suggéré par Thiriet (2014). Du fait de ce biais visuel, la roche infralittorale, les substrats meubles infralittoraux au niveau des plages ou l'interface entre l'herbier de posidonie et la roche peuvent quant à eux présenter des densités moyennes en juvéniles relativement surévaluées.

La densité des individus et la richesse spécifique permettent d'évaluer certaines préférences d'habitats par les juvéniles les uns par rapport aux autres au regard de la fonction de nurserie, mais ne sont pas suffisantes pour en évaluer une "valeur de nurserie" absolue. En effet, comme présenté en introduction, un habitat peut présenter des densités de juvéniles importantes à un moment donné mais il est possible que ces juvéniles n'atteignent jamais l'âge adulte, suite à une forte mortalité post-installation : l'habitat ne serait donc pas une nurserie efficace. Ceci, ajouté à la variabilité naturelle spatiale et inter-annuelle de l'installation, a pour conséquence que la donnée "densité de juvéniles" ne saurait à elle seule être un critère permettant de conclure en termes de "qualité" ou de "productivité" de l'habitat ou d'une zone.

#### 4.7. Conclusion en termes de gestion conservatoire

La valeur des nurseries de la métropole de Nice Côte d'Azur ne peut donc pas être évaluée uniquement sur la base de la richesse spécifique des assemblages de juvéniles et de leur densité obtenue après cette campagne d'échantillonnage. Le succès du recrutement dépend aussi de facteurs environnementaux qui s'exercent en amont, comme le succès de la reproduction de l'année et les conditions qui ont permis le transport des œufs et larves dans la colonne d'eau jusqu'aux nurseries. Par ailleurs, ces données de comptage ponctuelles ne permettent pas de connaître les taux de croissance et *in fine* de survie des juvéniles. L'acquisition de ces connaissances impliquerait la mise en place de suivis temporels réguliers, qui pourraient viser à la fois un suivi de la santé des habitats eux-mêmes, associé à un suivi des assemblages de juvéniles couplé à des suivis des peuplements adultes.

Nos résultats soulignent que les différents habitats nurseries de la mosaïque paysagère sont tous essentiels au maintien de la fonctionnalité écologique des écosystèmes côtiers, comme évoqué dans des études précédentes (Cheminée et al., 2021). Cependant ils sont aujourd'hui en première ligne face aux pressions anthropiques qui pèsent sur le littoral, notamment celles provoquant la transformation du linéaire côtier *via* le développement du tourisme, la pression foncière, ou encore la pollution. Une des conditions essentielles pour préserver la fonction de nurserie de ces habitats est donc de conserver leurs caractéristiques physiques et notamment leur structure tridimensionnelle (Cheminée, 2012). De fait, il apparaît nécessaire que les gestionnaires en charge de l'espace maritime mettent en place les mesures nécessaires au maintien et à l'amélioration de la qualité du milieu en concertation avec les instances décisionnelles du territoire concerné.

Ainsi, les **actions conservatoires clefs** concernant les **habitats** qui pourraient être entreprises et que nous préconisons incluent:

- sur la base de la cartographie fine des micro-habitats, porter à connaissance la localisation des habitats nurseries lors de l'instruction des demandes d'autorisations dérogatoires pour des opérations de travaux affectant le le domaine public maritime, afin de limiter la transformation physique (voire la destruction) des habitats;

- de manière générale, favoriser des modes de gestion doux, excluant les manipulations de la structure tridimensionnelle des habitats: par exemple les ré-engraissages de plages, basés sur une addition de fraction fine homogène, sont à proscrire, au profit d'un maintien du caractère hétérogène du substrat ;
- garder à l'esprit que c'est la diversité des micro-habitats, complémentaires les uns des autres, au sein de la mosaïque paysagère, qui garantit le bon renouvellement des peuplements et donc aussi des stocks exploitables: la préservation d'un seul habitat, ou une tentative de restauration simpliste focalisée sur un seul type d'habitat ne saurait être efficace ni rentable.
- en ce qui concerne la stratégie d'organisation des mouillages, la nouvelle réglementation en vigueur exclut déjà les unités de plus de 24m des petits fonds. Cependant, les unités plus petites peuvent faire des dégâts et menacer cette mosaïque des habitats des petits fonds. Les zones de **Espalmador**, **Fosses** et **St Jean** sont apparues comme particulièrement propices aux juvéniles, présentant des mosaïques d'habitats diversifiées. ES et FO sont déjà protégées par un balisage limitant l'ancrage des navires (ZIM, ZRUB et ZIEM); ceci devrait être maintenu sur le long terme pour préserver la fonctionnalité de ces zones ; à Saint Jean en revanche, ZIM, ZIEM ou ZRUB sont peu présentes, et certaines surfaces proches du bord sont sujettes à des ancrages à répétition par les petits navires: une attention particulière devrait être portée sur cette zone (c'est la seule zone où nous avons observé *Caulerpa taxifolia*).

Par ailleurs, il apparaît également essentiel de rappeler que la source de post-larves est soumise à de fortes pressions via l'exploitation des populations d'adultes reproducteurs et que des **mesures de gestion adéquates visant la conservation des peuplements adultes** doivent être parallèlement appliquées sur ce compartiment. En effet, si la conservation des **habitats** nurseries est une condition *sine qua non* pour le renouvellement des peuplements adultes, l'application de mesures de gestion conservatoire (**zones de non-prélèvements**) est nécessaire sur l'ensemble des stades du cycle de vie.

Cette étude permet d'apporter de nouvelles connaissances aux gestionnaires sur les habitats nurseries du littoral de la métropole de Nice Côte d'Azur. La pérennisation d'un suivi temporel de ces habitats et de leurs peuplements pourrait permettre de comprendre plus en détail les variations temporelles qui s'opèrent dans les nurseries des Alpes Maritimes.

## 5 BIBLIOGRAPHIE

- Anderson, M., Gorley, R. & Clarke, K. 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods. (Primer-e).
- Barth P., Berenshtein I., Besson M., Roux N. Parmentier E., Banaigs B., Lecchini D., 2015. From the ocean to a reef habitat: How do the larvae of coral reef fishes find their way home? A state of art on the latest advances. *Vie et Milieu*, 65(2): 91-100.
- 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. R., 2001. The identification, conservation and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *Bioscience*, 51 (8): 633-641.
- Caley M.J., Carr M.H., Hixon M.A., Hughes T.P., Jones G.P., Menge B.A., 1996. Recruitment and the local dynamics of open marine populations. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27: 477–500.
- 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.
- Cheminée, A., Feunteun, E., Clerici, S., Bertrand, C. & Francour, P., 2013. Management of infralittoral habitats: towards a seascape scale approach. in *Underwater Seascapes - From geographical to ecological perspectives* (eds. Musard, O., Francour, P. & Feunteun, E.) 240 (Springer, 2014).
- 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.
- 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.
- Cheminée A., Merigot B., Vanderklift M.A., Francour P., 2016. Does habitat complexity influence fish recruitment? *Mediterranean Marine Science*, 17: 39-46.
- Cheminée A., Le Diréach L., Rouanet E., Astruch P., Goujard A., Blanfuné A., Bonhomme D., Chassaing L. Jovenel J-Y., Ruitton S., Thibaut T., Harmelin-Vivien M., 2021. All shallow coastal habitats matter as nurseries for Mediterranean juvenile fish. *Scientific Reports*, 11(1): 14631.
- Cheminée, A., Pastor, J., Bianchimani, O., Thiriet, P., Sala, E., Cottalorda, J.-M., Dominici, J.-M., Lejeune, P., Francour, P., 2017. Juvenile fish assemblages in temperate rocky reefs are shaped by the presence of macro-algae canopy and its three-dimensional structure. *Scientific Reports*. 7, 14638. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15291-y>
- Cheminée, A., Rider, M., Lenfant, P., Zawadzki, A., Mercière, A., Crec'hriou, R., Mercader, M., Saragoni, G., Neveu, R., Ternon, Q., Pastor, J., 2017. Shallow rocky nursery habitat for fish: Spatial variability of juvenile fishes among this poorly protected essential habitat. *Mar. Pollut. Bull.* 119, 245–254. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.03.051>
- Clarke, K. R., Gorley, R. N., Somerfield, P. J. & Warwick, R. M., 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. (Primer-E Ltd).

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

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., Moranta, J., Cardona, L., Thiriet, P., Pastor, J., Arroyo, N.L., Cheminée, A., 2017. Seascape attributes, at different spatial scales, determine settlement and post-settlement of juvenile fish. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 185, 120–129.

Costanza R., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M., 1998. The value of ecosystem services: putting the issues in perspective. *Ecological Economics*, 25: 67–72.

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.

Elliott M., Whitfield A.K., 2011. Challenging paradigms in estuarine ecology and management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 94: 306–314.

García-Rubies, A., & Macpherson, E. (1995). Substrate use and temporal pattern of recruitment in juvenile fishes of the Mediterranean littoral. *Marine biology*, 124(1), 35–42.

Gillanders B.M., Able K.W., Brown J.A., Eggleton D.B., Sheridan P.F., 2003. Evidence of Connectivity between Juvenile and Adult Habitats for Mobile Marine Fauna: An Important Component of Nurseries. *Marine Ecology Progress Series*, 247: 281–295.

Harmelin-Vivien M.L., Harmelin J.G., 1975. Présentation d'une méthode d'évaluation "in situ" de la faune ichtyologique. *Trav. Sci. Parc nation. Port-Cros*, 1 : 47-52.

Harmelin-Vivien, M. L., Harmelin, J. G., Chauvet, C., Duval, C., Galzin, R., Lejeune, P., ... & Lasserre, G. (1985). Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons méthodes et problèmes. *Revue d'écologie*.

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

Harmelin-Vivien M., Harmelin J.G., Leboulleux V., 1995. Microhabitat requirements for settlement of juvenile sparid fishes on Mediterranean rocky shores. *Hydrobiologia*, 300/301: 309-320.

Harter S.L., Heck K.L., 2006. Growth rates of juvenile pinfish (*Lagodon rhomboides*): Effects of habitat and predation risk. *Estuaries and Coasts*, 29: 318–327.

Hickman C., Keen A., Larson A., Eisenhour D., l'Anson H., Roberts L., 2013. Integrated Principles of Zoology. 16th Edition, ed. McGraw-Hill Education.

Hindell J.S., Jenkins G.P., Keough M.J., 2000. Evaluating the impact of predation by fish on the assemblage structure of fishes associated with seagrass (*Heterozostera tasmanica*) (Martens ex Ascherson) den Hartog, and unvegetated sand habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 255: 153–174.



Hixon M.A., Jones G.P., 2005. Competition, predation, and density-dependent mortality in demersal marine fishes. *Ecology*, 86: 2847–2859.

Jarry N., 2009. Etudes expérimentales et numériques de la propagation des vagues au-dessus de bathymétries complexes en milieu côtier. Thèse de Doctorat *Université du Sud Toulon Var*. 338 p.

Keough M.J., Downes B.J., 1982. Recruitment of marine invertebrates: the role of active larval choices and early mortality. *Oecologia*, 54: 348–352.

Kingsford M.J., Leis J.M., Shanks A., Lindeman K.C., Morgan S.G., Pineda J., 2002. Sensory environments, larval abilities and local self-recruitment. *Bulletin of Marine Science*, 70: 309-340.

La Mesa, G., Louisy, P., Vacchi, M., 2002. Assessment of microhabitat preferences in juvenile dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) by visual sampling. *Marine Biology* 140, 175–185.

Le Diréach L., Astruch P., Rouanet E., Cheminée A., Goujard A., Chassaing L., Jouvenel J.Y., Thibaut T., Blanfuné A., Ruitton S., 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, 1-146.

Métropole Nice Côte d'Azur – Meinesz C., 2014. Document d'objectifs du site Natura 2000 FR 9301996 « Cap Ferrat ». Tome 1 – Diagnostics, enjeux et objectifs de conservation. Convention Etat/Métropole Nice Côte d'Azur. 126 p.

Milazzo, M., Quattrocchi, F., Azzurro, E., Palmeri, A., Chemello, R., Di Franco, A., ... & García-Charton, J. A. (2016). Warming-related shifts in the distribution of two competing coastal wrasses. *Marine environmental research*, 120, 55-67.

Monfort T., Cheminée A., Bianchimani O., Drap P., Puzenat A., Thibaut T., 2021. The Three-Dimensional Structure of Mediterranean Shallow Rocky Reefs: Use of Photogrammetry-Based Descriptors to Assess Its Influence on Associated Teleost Assemblages. *Frontiers in Marine Science*, 8: 639309.

Nagelkerken I., Sheaves M., Baker R., Connolly R.M., 2015. The seascape nursery: a novel spatial approach to identify and manage nurseries for coastal marine fauna. *Fish and Fisheries*, 16: 362–371.

Pastor, J., Koeck, B., Astruch, P., & Lenfant, P. (2013). Coastal man-made habitats: potential nurseries for an exploited fish species, *Diplodus sargus* (Linnaeus, 1758). *Fisheries Research*, 148, 74-80.

R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. (R Foundation for Statistical Computing).

Rodriguez S., Ojeda F., Inestrosa N., 1993. Settlement of benthic marine invertebrates. *Marine Ecology Progress Series*, 97: 193–207.

Rossi V., Ser-Giacomi E., Lopez C., Hernandez-Garcia E., 2014. Hydrodynamic provinces and oceanic connectivity from a transport network help design in marine reserves. *Geophysical Research Letters*, 41: 2883–2891.

Rouanet E., Le Diréach L., Leteurtois M., Lucchini N., Harmelin-Vivien M., 2020a. Programme BABYCROS : Zones potentielles de nurserie de poissons dans le Parc national de Port-Cros. Contrat Union Européenne GALPA GALICA, Région Sud et GIS Posidonie, GIS Posidonie eds., Marseille, 77 p + 4 annexes.

Rouanet E., Paquier A-E., Barralon E., Boursault M., Boussard A., Brodu N., Schohn T., Belloni B., Le Diréach, Goujard A., Boudouresque C-F., Larroudé P., Meulé S., Pergent G., Pergent-Martini C., 2020b. Programme CANOPé : Cartographie, fonctionnalités de Nurserie et de protection contre l'érosion côtière des récifs de Posidonie, vulnérabilité face aux changements globaux. Convention Agence de l'Eau RMC, Commission européenne – Life MARHA, Région SUD, Uffiziu di l'Ambiente di a Corsica/Office de l'Environnement de la Corse, Institut océanographique Paul Ricard, Fondation Nature & Découverte et GIS Posidonie, Aix-Marseille Université CEREGE et MIO, Université Grenoble-Alpes LEGI. GIS Posidonie Publ., Marseille : 1-237.

Sabates A., 1990a. Distribution pattern of larval fish populations in the Northwestern Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 59: 75-82.

Sabates A., 1990b. Changes in the heterogeneity of mesoscale distribution patterns of larval fish associated with a shallow Coastal haline front. *Estuarine Coastal and shelf science*, 30: 131-140.

Taupier-Letage I., Piazzola J., Zakardjian B., 2013. Les îles d'Hyères dans le système de circulation marine et atmosphérique de la Méditerranée. *Sci. Rep. Port-Cros natl Park*, 27: 29-52.

Thiriet P., 2014. Comparison of fish assemblage structure and underlying ecological processes, between Cystoseira forests and less structurally complex habitats, in North-Western Mediterranean subtidal rocky reefs. University Nice Sophia Antipolis, France.

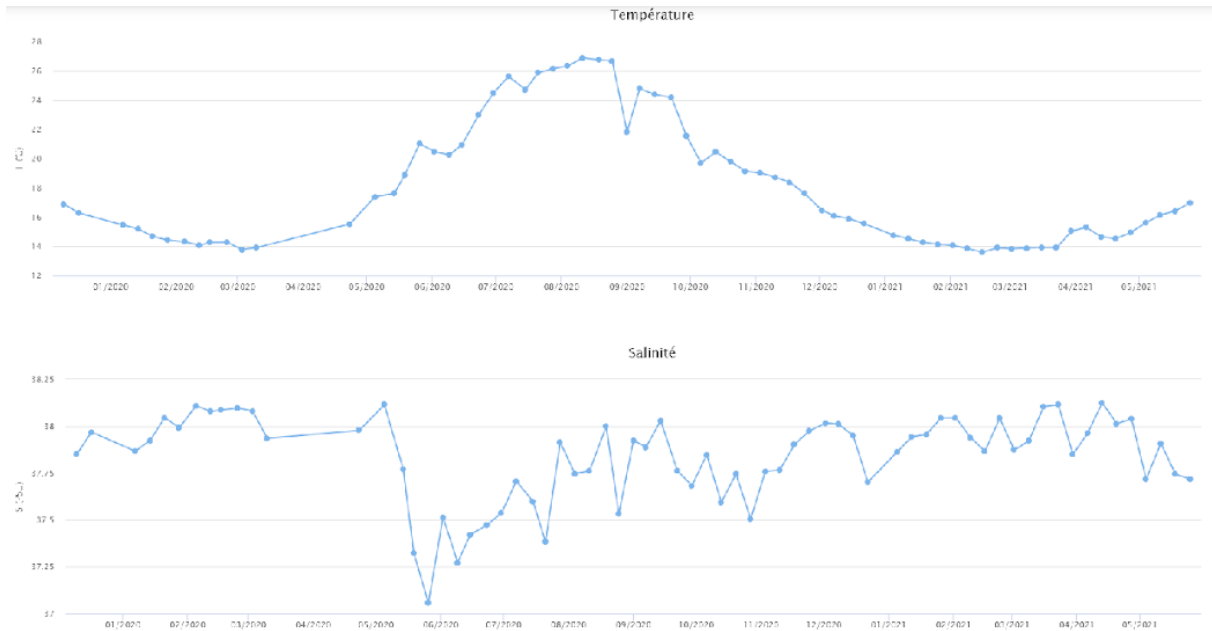
Vigliola, L., 1998. Contrôle et régulation du recrutement des Sparidae (Poissons, Téléostéens) en Méditerranée : importance des processus pré- et post-installation benthique (thesis).

Vigliola L., Harmelin-Vivien M., Biagi F., Galzin R., Garcia-Rubies A., Harmelin J., Jouvenel J.Y., Le Diréach-Boursier L., Macpherson E., Tunesi L., 1998. Spatial and temporal patterns of settlement among sparid fishes of the genus *Diplodus* in the northwestern Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 168: 45–56.

Wilson J.R., Broitman B.R., Caselle J.E., Wendt D.E., 2008. Recruitment of coastal fishes and oceanographic variability in central California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79: 483–490.

## 6 ANNEXES

**Annexe 1 : Température (°C) et salinité (PSU) de surface du site Point B de Villefranche-sur-Mer du réseau SOMLIT entre le 10 décembre 2019 et le 25 mai 2021. [www.somlit.fr](http://www.somlit.fr)**



**Annexe 2 : Effort d'échantillonnage réalisé au cours de l'étude**

Les cases vides correspondent aux habitats absents au sein d'une zone et n'ont donc pas été échantillonnés.

Secteur	Zone	Saison	Nombre de réplicats					Totaux		
			PFH	RIAP	HP	IRHP	EA	Saison	Zone	Secteur
Ouest : Cagnes - Nice	Cagnes	Eté 2020	9				10	19	39	106
		Automne 2020					5	5		
		Printemps 2021						0		
		Eté 2021	5				10	15		
	Promenade	Eté 2020	10				10	20	67	
		Automne 2020					10	10		
		Printemps 2021	10				7	17		
		Eté 2021	10				10	20		
Centre : Villefranche	Rochambeau	Eté 2020	10	10			10	30	106	325
		Automne 2020	10	5			10	25		
		Printemps 2021	6	10			5	21		
		Eté 2021	10	10			10	30		
	Marinières	Eté 2020	9				10	19	78	
		Automne 2020	10				10	20		
		Printemps 2021	9				10	19		
		Eté 2021	10				10	20		
	Espalmador	Eté 2020	10	10	10	10		40	141	
		Automne 2020		10	10	7		27		
		Printemps 2021	10	9	5	10		34		
		Eté 2021	10	10	10	10		40		
Est : Beaulieu	Fosses	Eté 2020	10	10	10	10		40	149	539
		Automne 2020	5	10	10	10		35		
		Printemps 2021	10	10	5	10		35		
		Eté 2021	10	10	9	10		39		
	Saint-Jean	Eté 2020	10	10	9	10	10	49	194	
		Automne 2020	10	10	10	10	10	50		
		Printemps 2021	10	10	10	10	5	45		
		Eté 2021	10	10	10	10	10	50		
	Eze	Eté 2020	10	9		5	10	34	131	
		Automne 2020	9	10		5	10	34		
		Printemps 2021	10	10			10	30		
		Eté 2021	10	9		4	10	33		
	Cap d'Ail	Eté 2020	10	10				20	65	
		Automne 2020	8	7				15		
		Printemps 2021	5	5				10		
		Eté 2021	10	10				20		



**Annexe 3 : espèces étudiées**

Noms des genre, espèces étudiées avec abréviations employées et limite supérieure (mm) des classes de tailles des juvéniles.

Genre	Espèce	Abrev.	xs	s	m	l	xl
<i>Atherina</i>	spp	at	10	15	20	25	30
Blenniidae	spp	bl	8	18	24	32	40
<i>Chromis</i>	<i>chromis</i>	cc	7	15	20	30	35
<i>Dentex</i>	<i>dentex</i>	dd	30	45	60	75	90
<i>Dicentrarchus</i>	<i>labrax</i>	dl	60	120	180	240	300
<i>Diplodus</i>	<i>annularis</i>	da	15	25	35	45	55
<i>Diplodus</i>	<i>cervinus</i>	dc	30	45	60	75	90
<i>Diplodus</i>	<i>puntazzo</i>	dp	30	45	60	75	90
<i>Diplodus</i>	<i>sargus</i>	ds	20	35	50	65	80
<i>Epinephelus</i>	<i>costae</i>	ec	45	90	135	180	225
<i>Epinephelus</i>	<i>marginatus</i>	em	50	100	150	200	260
Gobiidae	spp	gb	10	20	30	40	50
<i>Labrus</i>	spp	la	30	45	60	75	90
<i>Lithognathus</i>	<i>mormyrus</i>	ma	30	50	80	105	130
<i>Mugil</i>	spp	mg	40	80	120	160	200
<i>Mullus</i>	<i>surmuletus</i>	ms	20	40	60	80	100
<i>Oblada</i>	<i>melaneura</i>	om	15	30	45	60	75
<i>Pagellus</i>	spp	pa	30	45	60	75	90
<i>Pagrus</i>	<i>pagrus</i>	pp	30	45	60	75	90

<i>Sarpa</i>	<i>salpa</i>	sp	24	48	72	96	120
<i>Sciena</i>	<i>umbra</i>	su	25	50	80	105	130
<i>Serranus</i>	spp	se	20	40	60	80	100
<i>Sparus</i>	<i>aurata</i>	sa	20	35	50	65	80
<i>Sphyraena</i>	<i>viridensis</i>	sv	30	60	90	120	150
<i>Spondyliosoma</i>	<i>cantharus</i>	can	30	60	90	120	150
<i>Symphodus</i>	spp	ss	10	20	30	40	50
Syngnathidae	spp	sy	30	60	90	120	150
<i>Thalassoma</i>	<i>pavo</i>	tp	20	35	50	65	80

**Annexe 4 : richesse spécifique et densité totale moyennes par traitements**

Richesse spécifique moyenne $\pm$ écart type, par zone et habitat					
Zone	EA	HP	IRHP	PFH	RIAP
CG	3.4 $\pm$ 2.0	-	-	1.9 $\pm$ 1.3	-
PR	3.5 $\pm$ 1.3	-	-	1.4 $\pm$ 1.7	-
RO	3.9 $\pm$ 1.5	-	-	2.2 $\pm$ 1.6	3.2 $\pm$ 0.9
MA	3.6 $\pm$ 1.9	-	-	2.8 $\pm$ 1.2	-
ES	-	1.2 $\pm$ 1.0	2.0 $\pm$ 1.1	2.8 $\pm$ 1.6	4.3 $\pm$ 1.8
FO	-	1.3 $\pm$ 1.0	2.6 $\pm$ 1.5	2.1 $\pm$ 1.6	3.0 $\pm$ 1.6
SJ	2.1 $\pm$ 1.3	0.9 $\pm$ 0.8	1.7 $\pm$ 1.2	2.1 $\pm$ 1.5	3.3 $\pm$ 1.5
EZ	3.1 $\pm$ 1.3	-	2.4 $\pm$ 1.6	2.5 $\pm$ 1.4	2.8 $\pm$ 1.6
CP	-	-	-	1.9 $\pm$ 1.7	3.8 $\pm$ 1.5

Richesse spécifique moyenne $\pm$ écart type, par zone et saison				
Zone	Eté 2020	Automne 2020	Printemps 2021	Eté 2021
CG	2.4 $\pm$ 1.2	2.2 $\pm$ 2.1	-	3.7 $\pm$ 2.2
PR	2.7 $\pm$ 1.4	4.0 $\pm$ 1.8	2.2 $\pm$ 1.8	2.1 $\pm$ 1.8
RO	3.1 $\pm$ 1.2	3.5 $\pm$ 1.9	2.6 $\pm$ 1.4	3.2 $\pm$ 1.3
MA	2.9 $\pm$ 1.4	3.4 $\pm$ 1.6	2.1 $\pm$ 1.0	4.3 $\pm$ 1.5
ES	2.2 $\pm$ 1.4	2.4 $\pm$ 2.0	2.5 $\pm$ 1.6	3.2 $\pm$ 2.2
FO	2.9 $\pm$ 1.6	2.4 $\pm$ 1.3	1.7 $\pm$ 1.3	2.1 $\pm$ 1.6
SJ	2.4 $\pm$ 1.6	2.2 $\pm$ 1.4	2.1 $\pm$ 1.3	1.5 $\pm$ 1.5
EZ	2.5 $\pm$ 1.4	2.6 $\pm$ 1.4	3.5 $\pm$ 1.6	2.5 $\pm$ 1.4
CP	3.3 $\pm$ 1.5	3.2 $\pm$ 1.9	1.4 $\pm$ 1.5	2.9 $\pm$ 1.9

Densité moyenne toutes espèces ± écart type, par zone et habitat					
Zone	EA	HP	IRHP	PFH	RIAP
CG	27.4 ± 21.7	-	-	7.5 ± 6.5	-
PR	20.5 ± 15.4	-	-	7.3 ± 17.6	-
RO	51.4 ± 87.2	-	-	13.3 ± 17.1	25.3 ± 35.9
MA	54.5 ± 60.5	-	-	123.4 ± 306.1	-
ES	-	4.8 ± 8.0	12.2 ± 23.5	11.5 ± 11.2	94.4 ± 176.5
FO	-	11.6 ± 25.0	15.9 ± 46.3	13.6 ± 15.4	15.5 ± 20.3
SJ	11.6 ± 12.2	3.9 ± 5.4	6.3 ± 7.0	19.2 ± 34.3	20.6 ± 20.0
EZ	26.0 ± 25.8	-	18.2 ± 33.2	19.7 ± 30.3	32.0 ± 30.7
CP	-	-	-	43.6 ± 173.5	30.3 ± 24.3



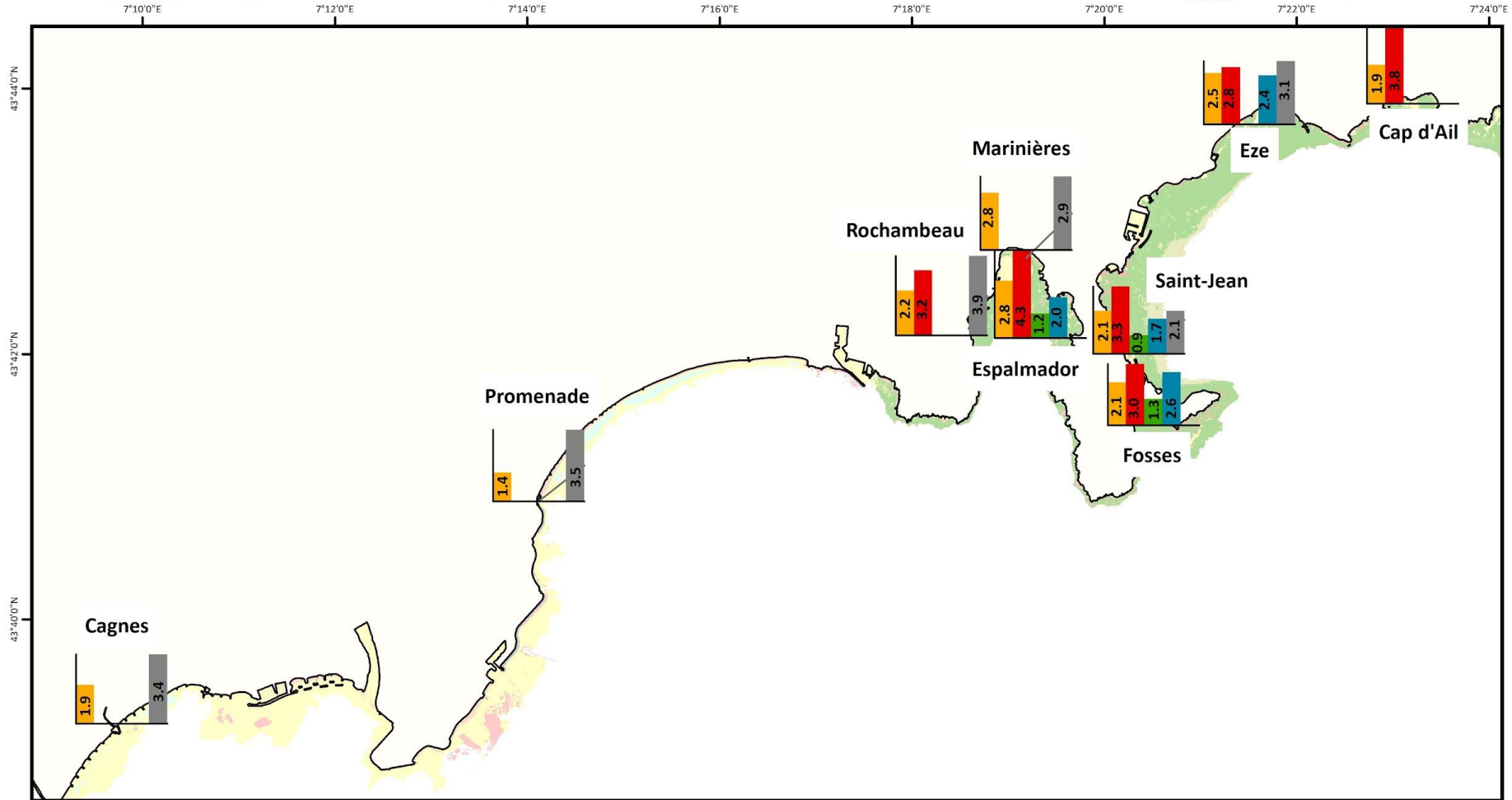
Densité moyenne toutes espèces ± écart type, par zone et saison				
Zone	Eté 2020	Automne 2020	Printemps 2021	Eté 2021
CG	19.4 ± 20.0	16.0 ± 20.5	-	22.7 ± 20.0
PR	17.1 ± 21.5	16.7 ± 14.7	10.6 ± 13.4	14.4 ± 17.2
RO	28.0 ± 38.8	23.9 ± 26.6	45.4 ± 111.8	25.8 ± 23.6
MA	80.9 ± 220.9	157.8 ± 285.5	4.8 ± 4.0	104.2 ± 224.3
ES	12.2 ± 13.2	39.1 ± 78.9	43.7 ± 168.5	40.3 ± 83.9
FO	12.7 ± 15.3	19.0 ± 25.7	18.7 ± 51.6	7.5 ± 8.4
SJ	15.1 ± 17.3	13.8 ± 13.6	14.2 ± 31.2	6.6 ± 14.3
EZ	26.5 ± 26.9	18.9 ± 24.2	39.9 ± 38.7	16.4 ± 23.0
CP	70.3 ± 217.9	29.5 ± 27.1	20.2 ± 36.7	18.0 ± 20.2

## **Annexe 5 : cartes présentant les richesses et densités totales par zones, habitats et saisons**

- Richesse spécifique selon les habitats (histogrammes)
- Richesse spécifique selon les 4 saisons (histogrammes)
- Densité moyenne toutes espèces par zones
- Densité moyenne totale selon les habitats (diagrammes circulaires en %)
- Densité moyenne totale selon les saisons (diagrammes circulaires en %)
- Densité moyenne toutes espèces confondues, par zones et par habitats: RIAP, PFH, IRHP, HP et EA

## Etude des nurseries de poisson du territoire de Nice Côte d'Azur

### Richesse spécifique moyenne selon les habitats présents



#### Légende

Richesse spécifique moyenne



Habitats benthiques

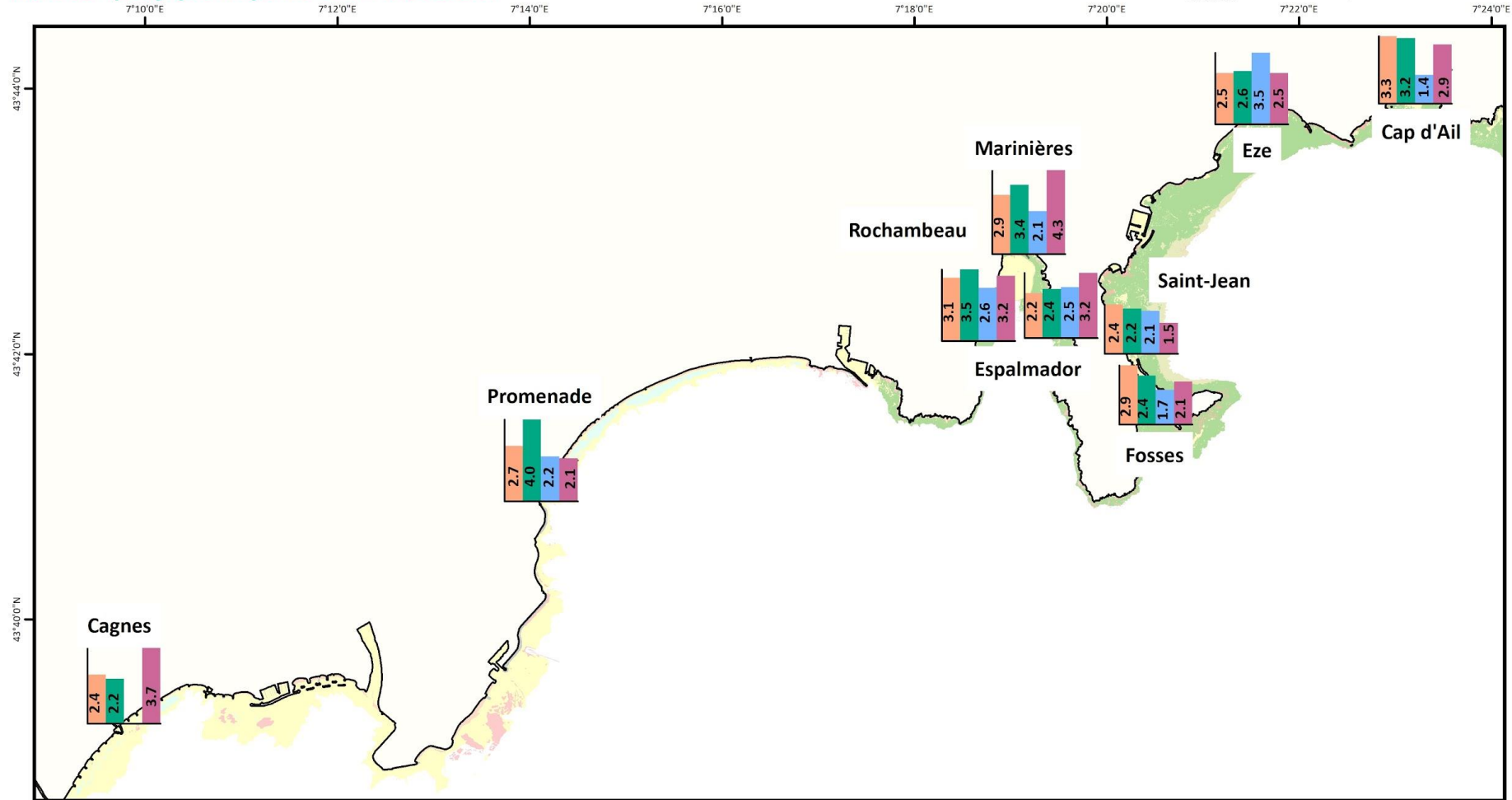
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*
- Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
- Herbiers à *Cymodocea nodosa*
- Fonds meubles infralittoraux
- Biocénose des galets infralittoraux
- Biocénose des algues infralittorales
- Habitats artificiels



Source des données :  
 - Habitats benthiques : Andromède océanologie, 2014  
 - Fond de carte : Esri, IGN

## Etude des nurseries de poisson du territoire de Nice Côte d'Azur

### Richesse spécifique moyenne selon les saisons

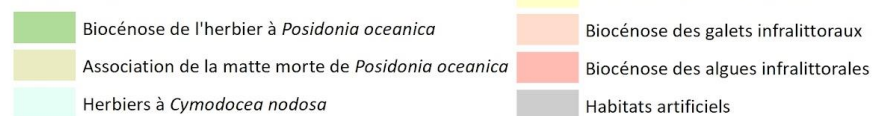


#### Légende

Richesse spécifique moyenne

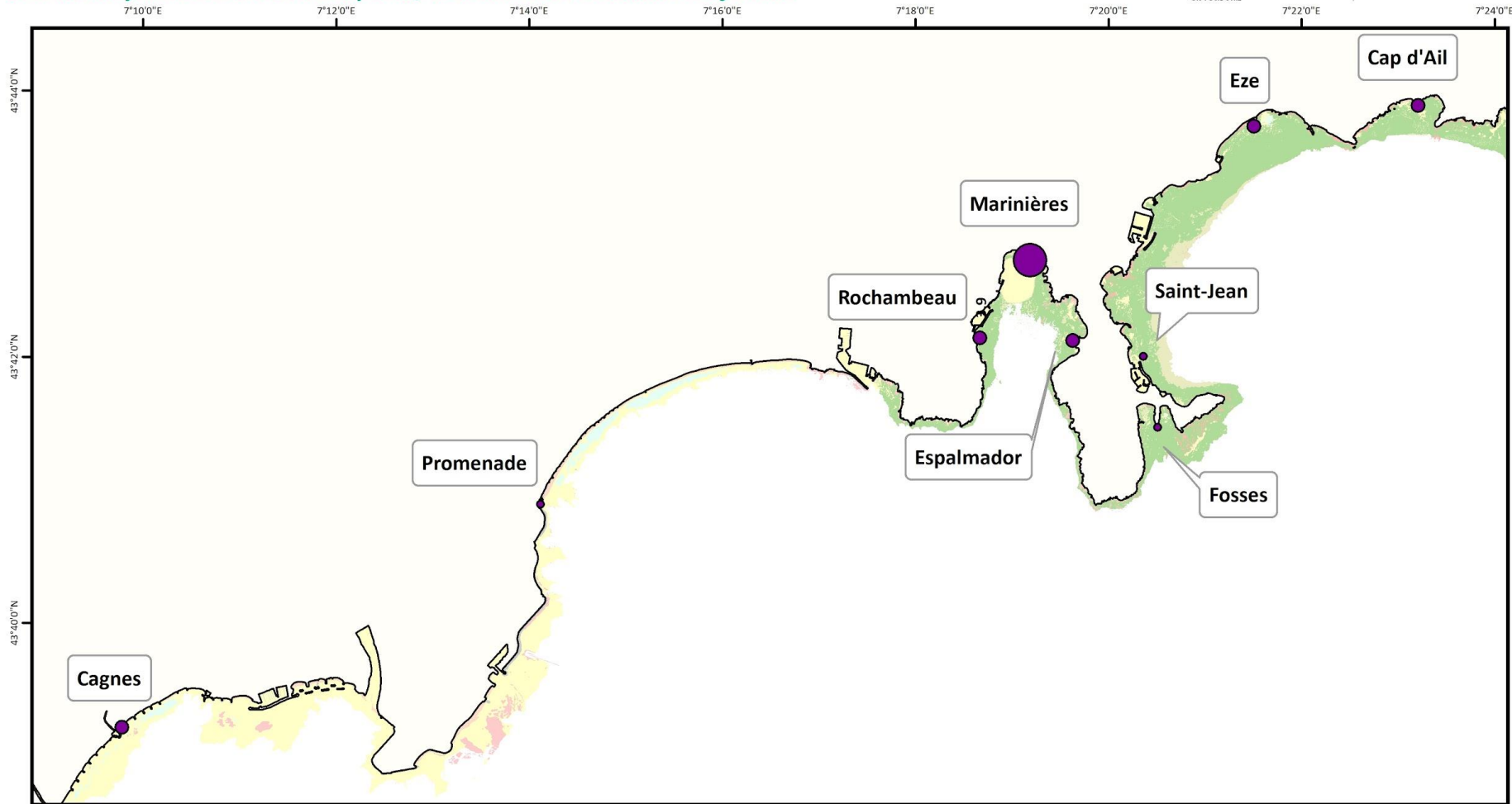


Habitats benthiques



Source des données :  
 - Habitats benthiques : Andromède océanologie, 2014  
 - Fond de carte : Esri, IGN

**Etude des nurseries de poisson du territoire de Nice Côte d'Azur**  
 Densité moyenne de toutes les espèces, tous habitats et saisons confondus



**Légende**

Densité moyenne (ind/10 m<sup>2</sup>)  
 Toutes espèces (ind/10 m<sup>2</sup>)

- ]0 - 20]
- ]20 - 40]
- ]40 - 60]
- ]60 - 80]
- ]80 - 100]

Habitats benthiques

- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*
- Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
- Herbiers à *Cymodocea nodosa*
- Fonds meubles infralittoraux
- Biocénose des galets infralittoraux
- Biocénose des algues infralittorales
- Habitats artificiels

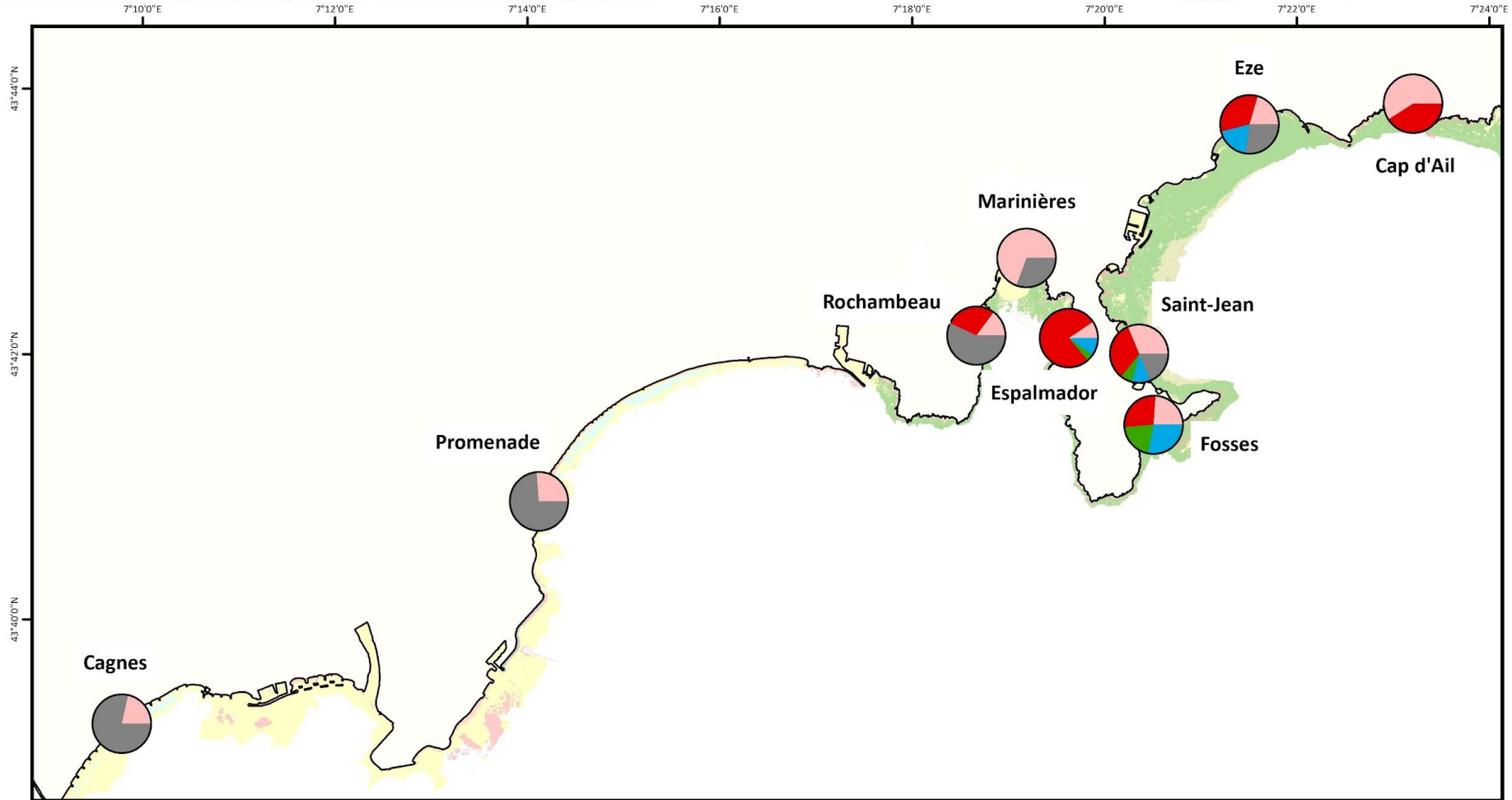


Source des données :  
 - Habitats benthiques : Andromède océanologie, 2014  
 - Fond de carte : Esri, IGN



## Etude des nurseries de poisson du territoire de Nice Côte d'Azur

Densité toutes espèces confondues selon les habitats présents

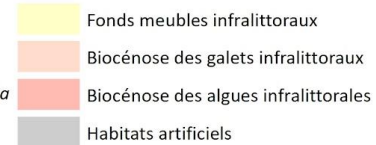
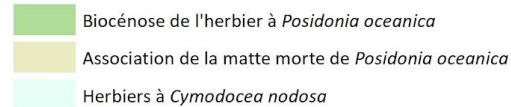


### Légende

Proportion des densités



Habitats benthiques



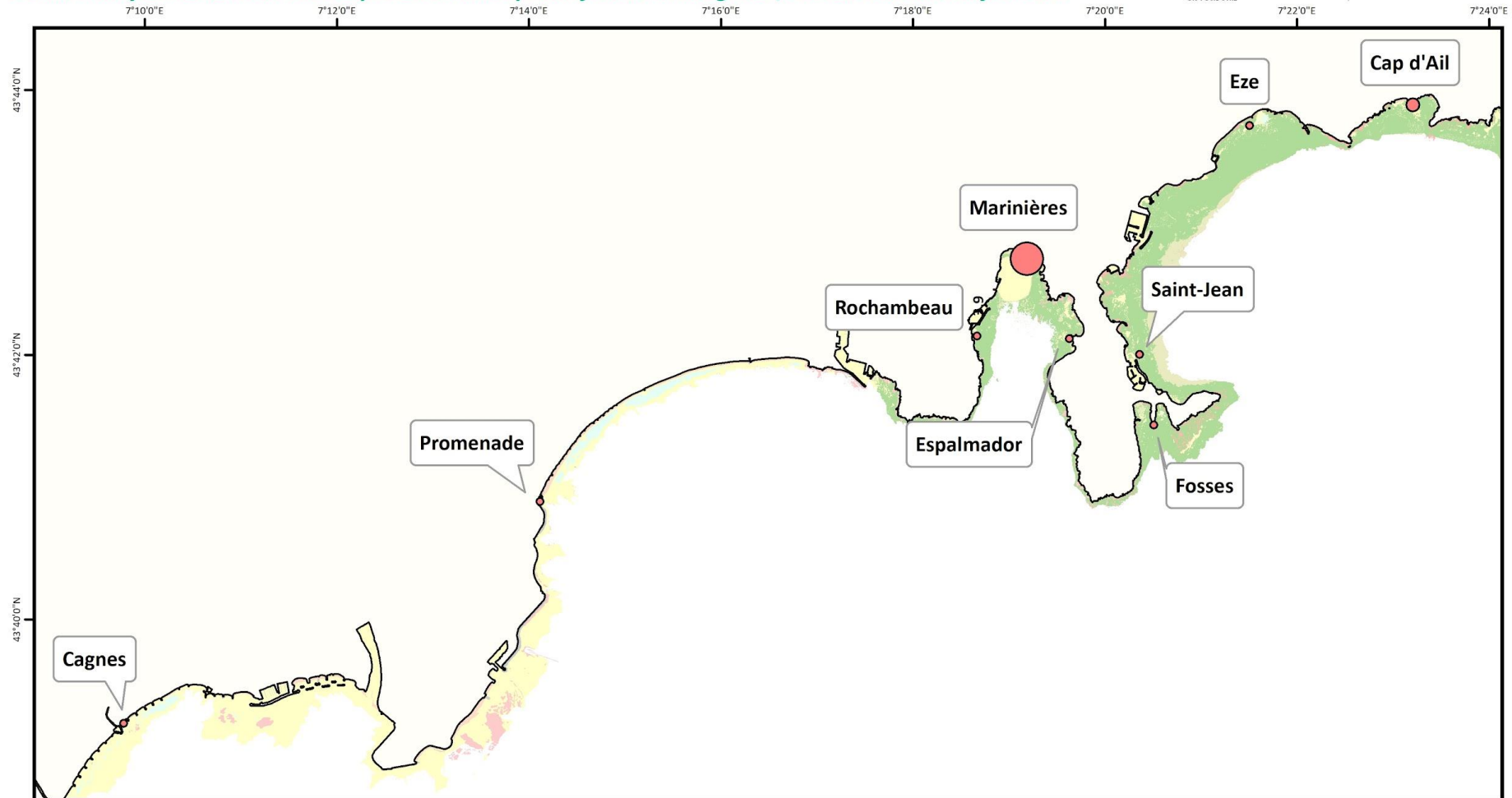
Source des données :  
 - Habitats benthiques : Andromède océanologie, 2014  
 - Fond de carte : Esri, IGN





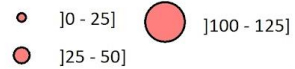
## Etude des nurseries de poisson du territoire de Nice Côte d'Azur

Densité moyenne de toutes les espèces dans les petits fonds hétérogènes, toutes saisons confondues

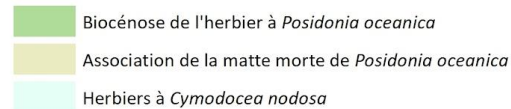


### Légende

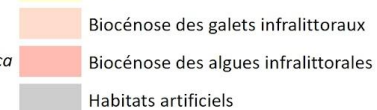
Densité moyenne (ind/10 m<sup>2</sup>)



Habitats benthiques



Fonds meubles infralittoraux



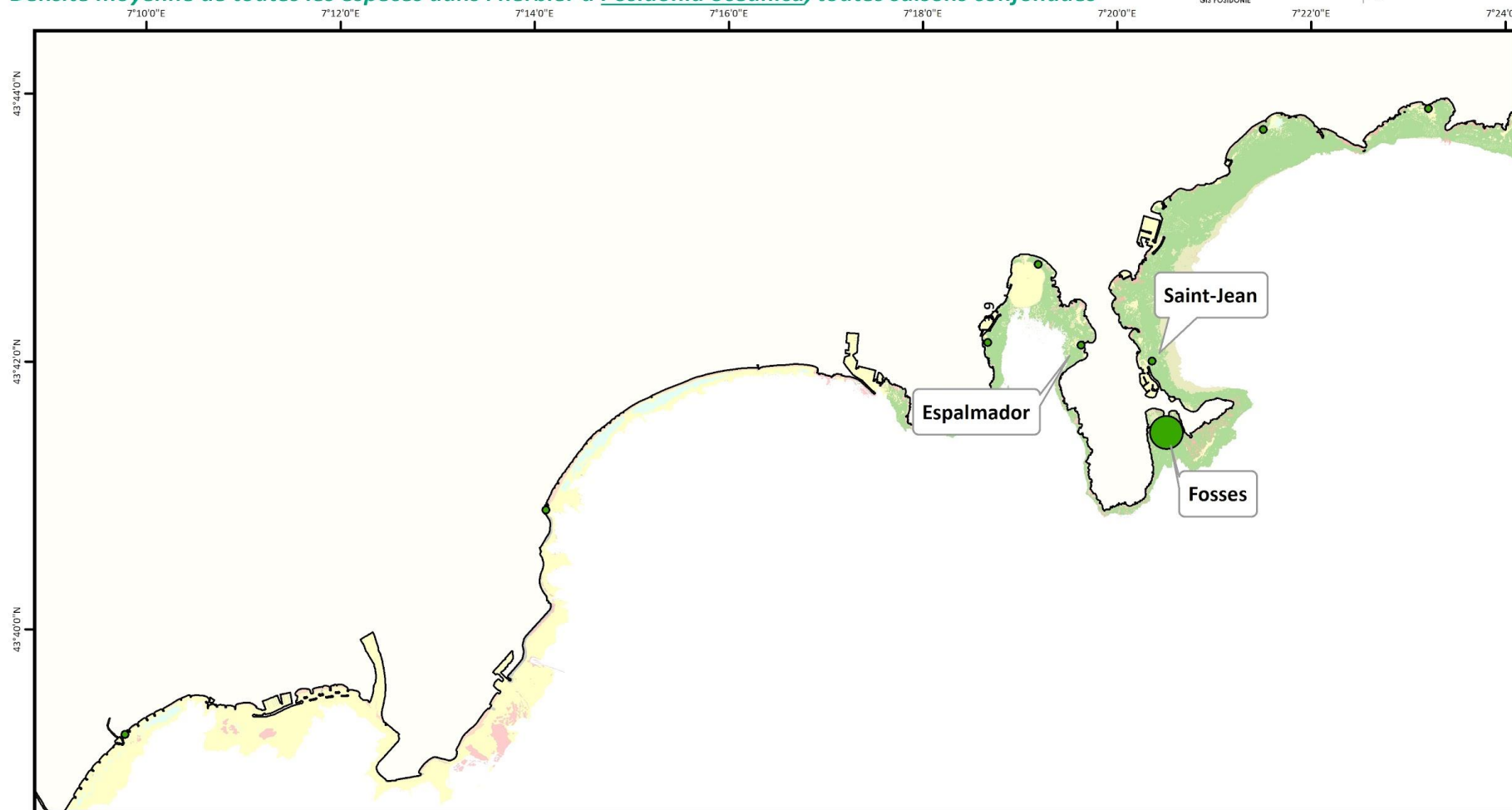
Source des données :  
 - Habitats benthiques : Andromède océanologie, 2014  
 - Fond de carte : Esri, IGN





## Etude des nurseries de poisson du territoire de Nice Côte d'Azur

Densité moyenne de toutes les espèces dans l'herbier à *Posidonia oceanica*, toutes saisons confondues



### Légende

Densité moyenne (ind/10 m<sup>2</sup>)

- ]0 - 5]
- ]10 - 15]

Habitats benthiques

- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*
- Association de la matre morte de *Posidonia oceanica*
- Herbiers à *Cymodocea nodosa*

Fonds meubles infralittoraux

- Biocénose des galets infralittoraux
- Biocénose des algues infralittorales
- Habitats artificiels



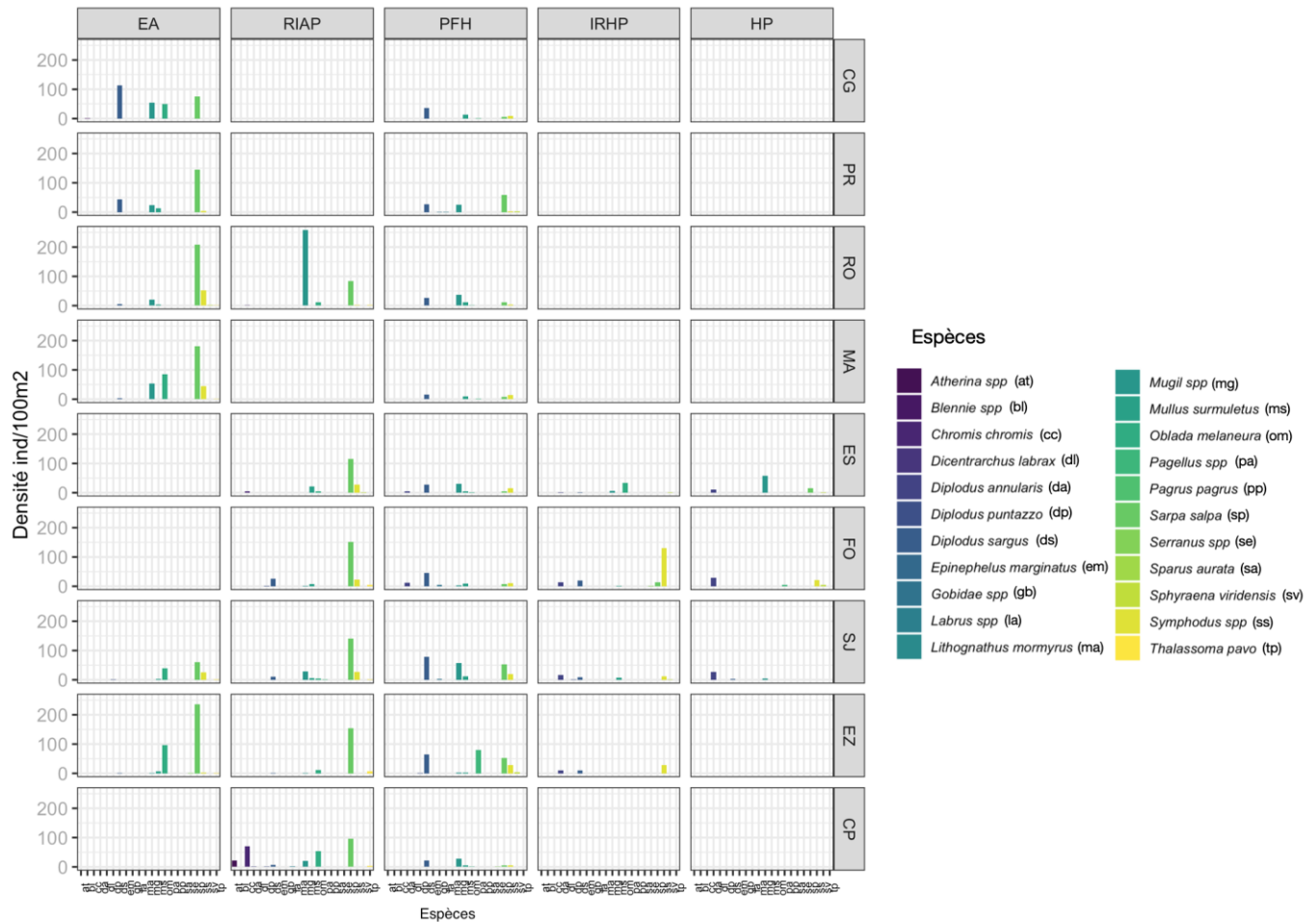
Source des données :  
- Habitats benthiques : Andromède océanologie, 2014

- Fond de carte : Esri, IGN

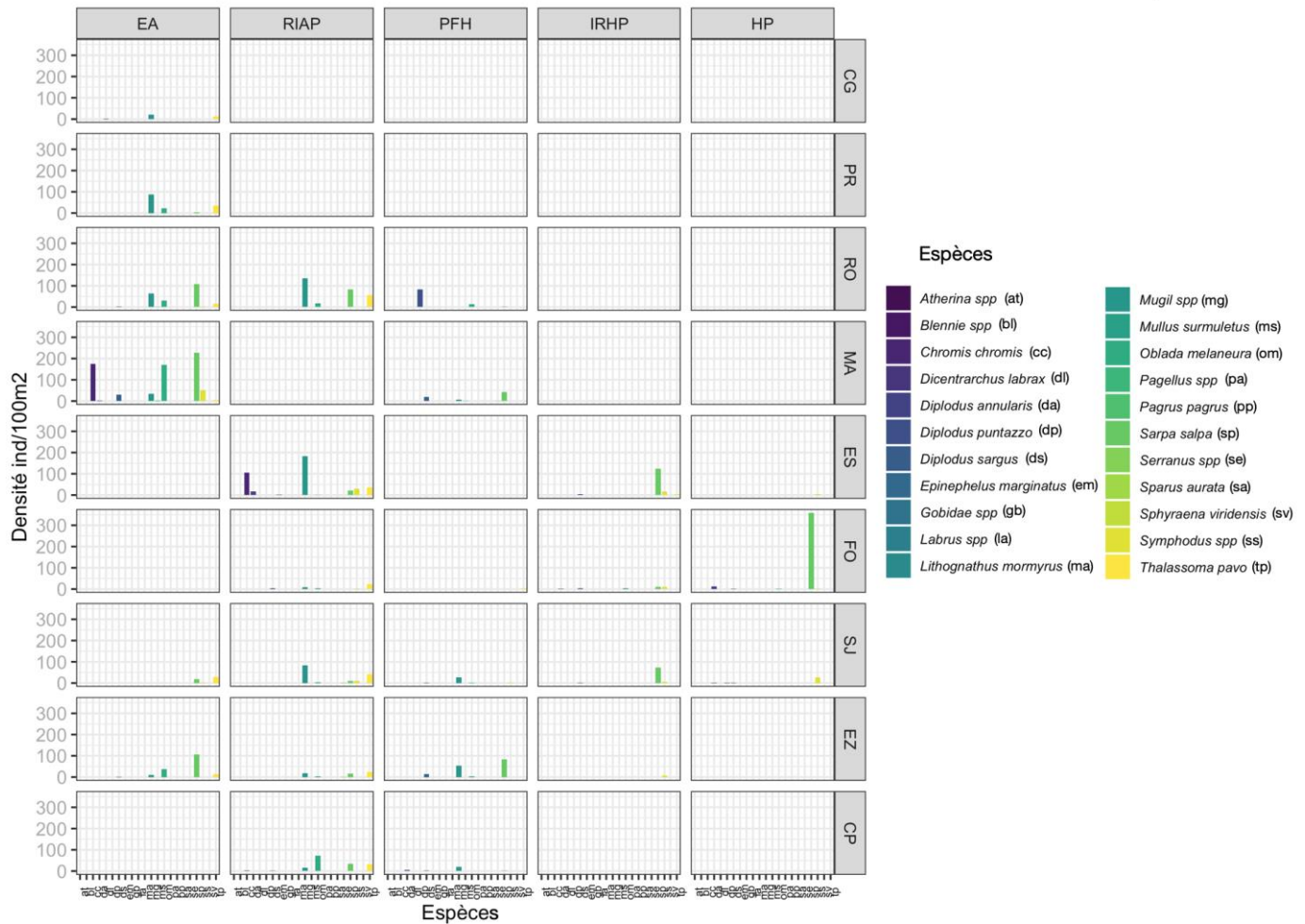


**Annexe 6 : graphiques présentant les densités spécifiques par zones, habitats et saisons**

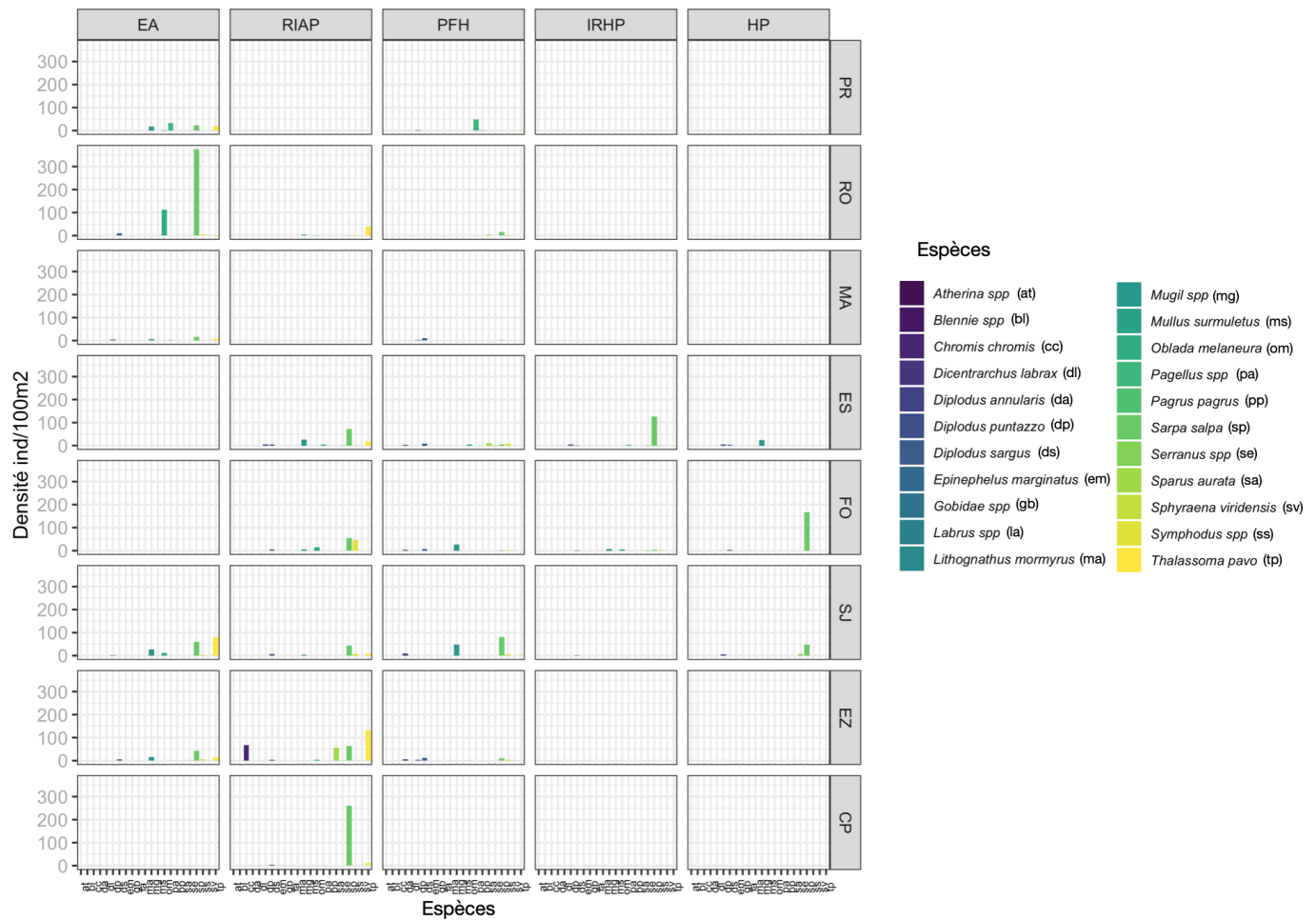
6a - Densités de chaque espèce par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) par zone (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap d'Ail) en juillet 2020



6b- Densités de chaque espèce par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) par zone (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap d'Ail) en octobre 2020

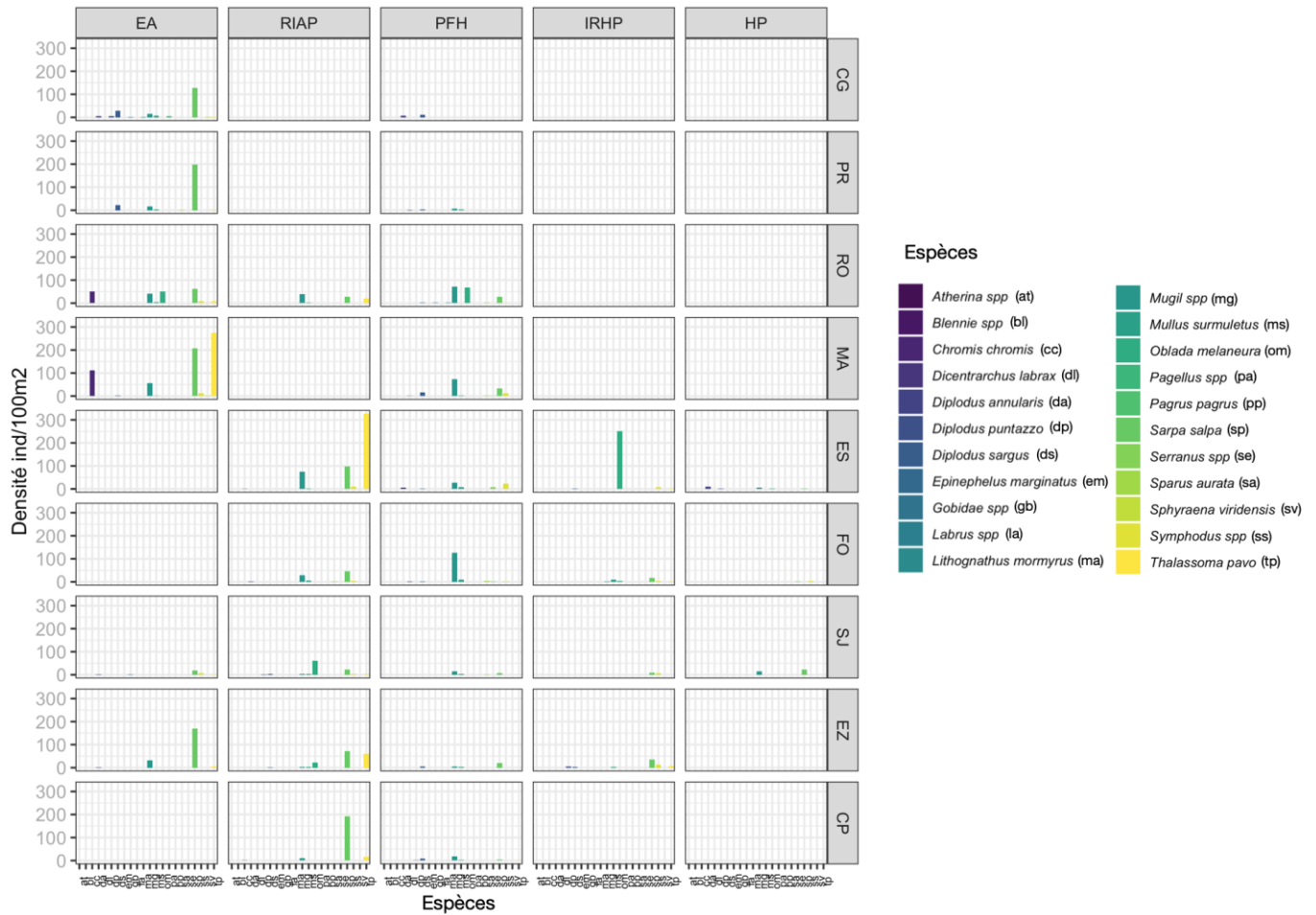


6c- Densités de chaque espèce par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) par zone (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap d'Ail) en mai 2021



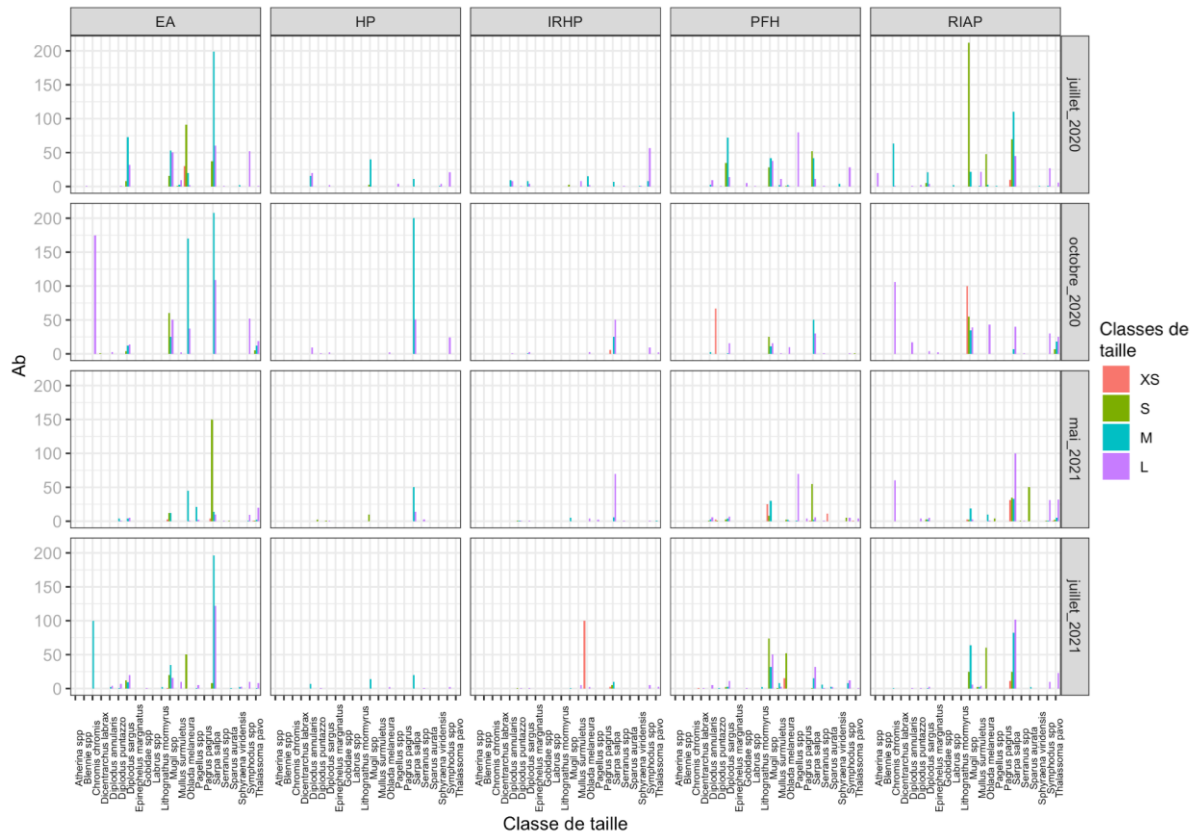


6d - Densités de chaque espèce par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) par zone (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap d'Ail) en juillet 2021

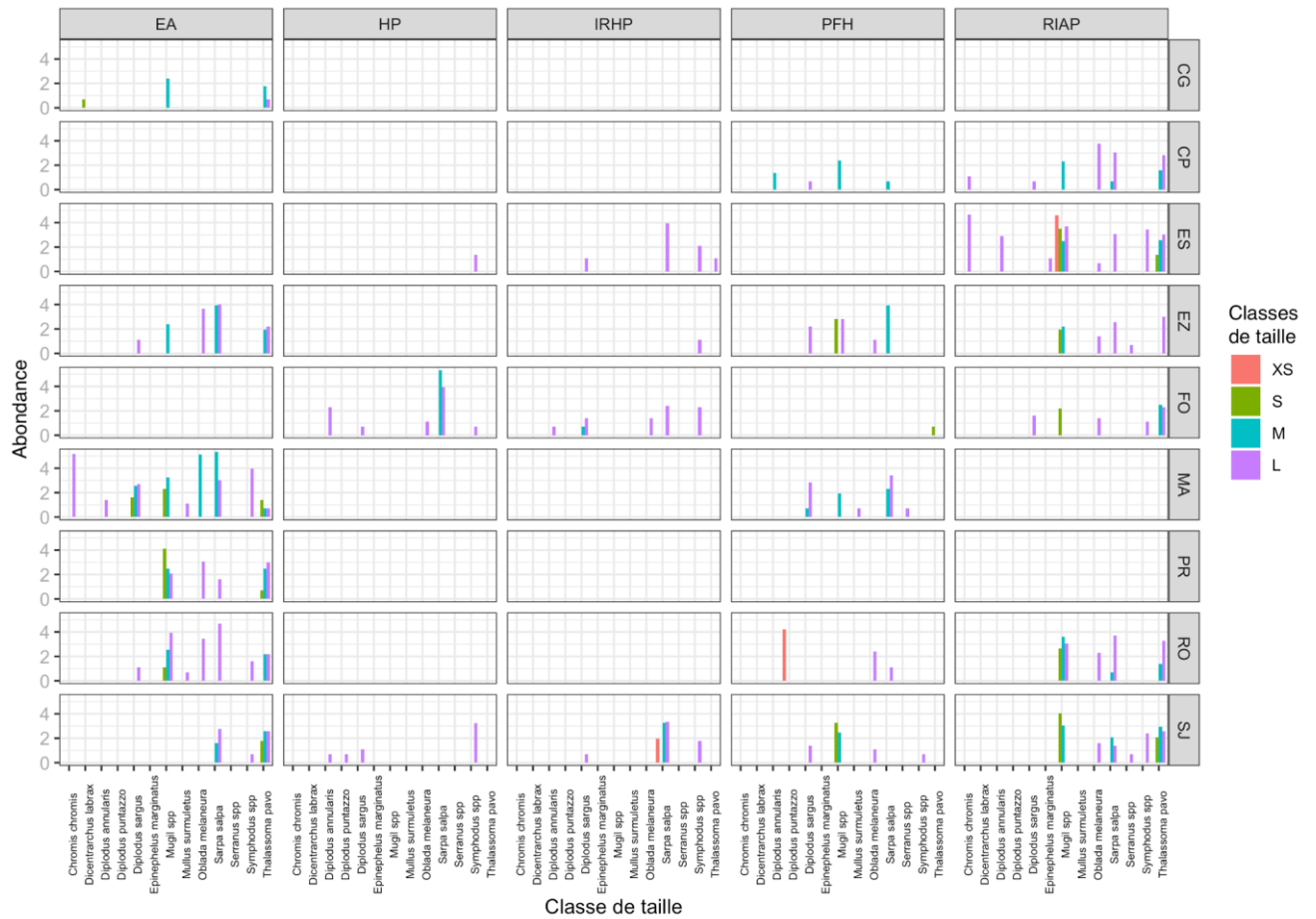


**Annexe 7 : histogrammes présentant les densités spécifiques par classes de tailles**

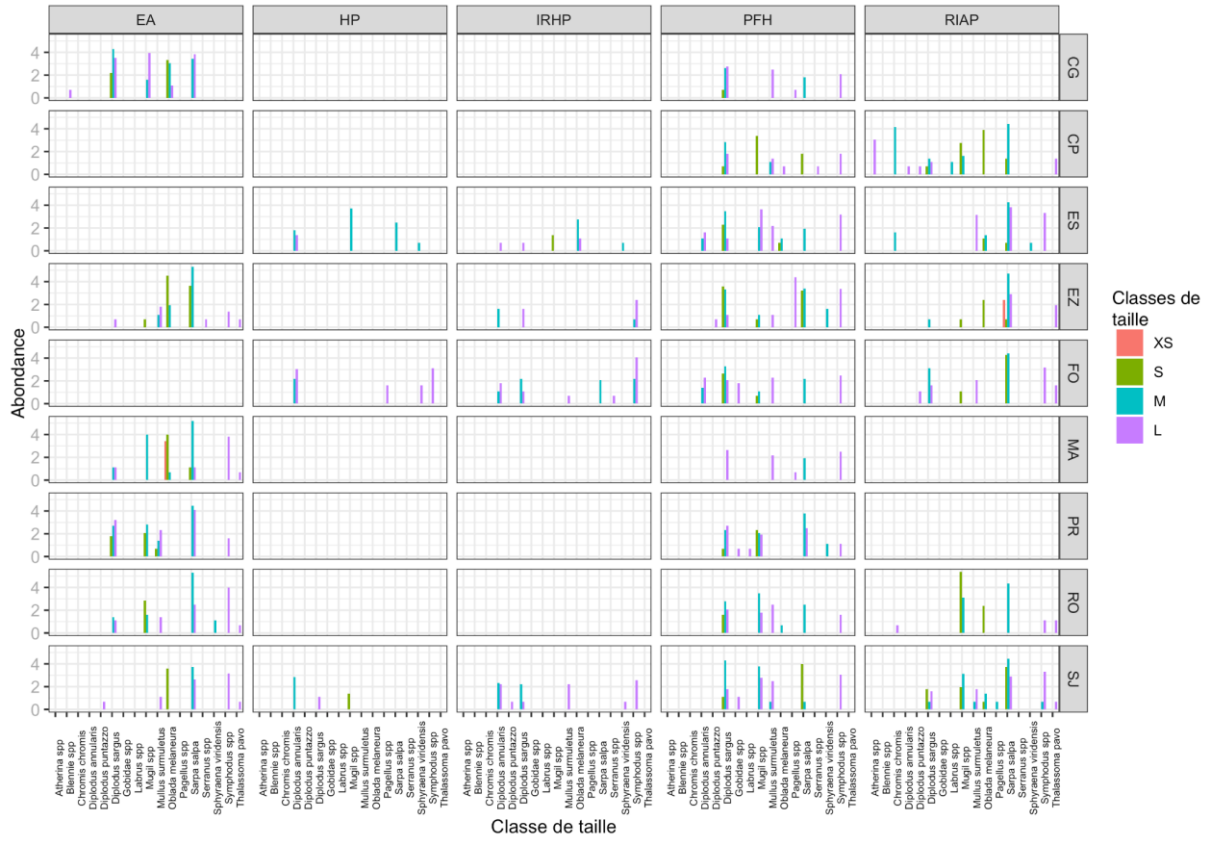
Annexe 7a – Abondance par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) et par saison pour chaque espèce par classe de taille au sein de la métropole de Nice Cote d’Azur; mettant en lumière de grandes disparités entre espèces.



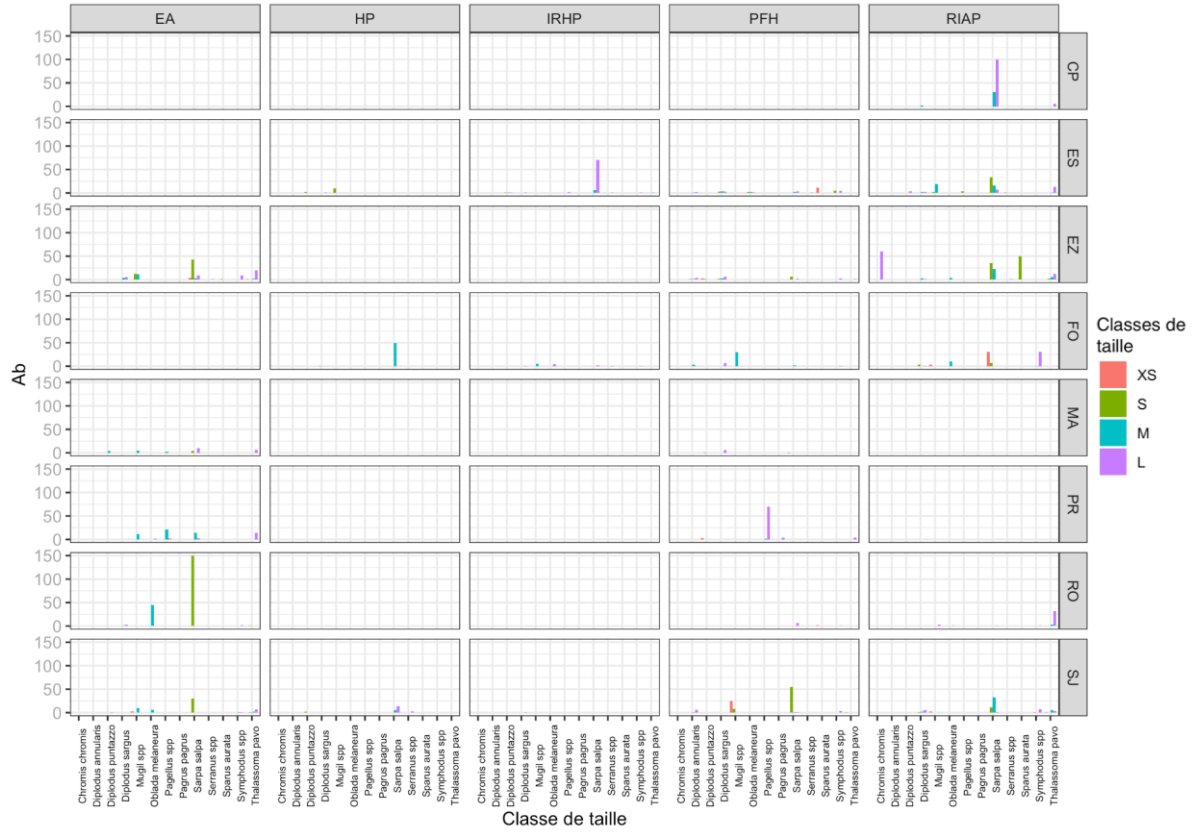
Annexe 7b Abondance par classes de taille par espèce par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) et par zone (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap d'Ail) en octobre 2020



Annexe 7c. Abondance par classes de taille par espèce par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) et par zone (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap d'Ail) en juillet 2020



Annexe 7d Abondance par classes de taille par espèce par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) et par zone (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap d'Ail) en mai 2021



Annexe 7e. Abondance par classes de taille par espèce par habitat (EA: Enrochement Artificiel, RIAP : Roche Infralittorale à Algues Photophiles, PFH: Petits Fonds Hétérogènes, IRHP: Interface Roche Herbier de Posidonie, HP: Herbier de Posidonie) et par zone (CG: Cagnes, PR: Promenade, RO: Rochambeau, MA: Marinières, ES: Espalmador, FO: Fosses, SJ: Saint-Jean, EZ: Èze, CP: Cap d'Ail) en juillet 2021.

