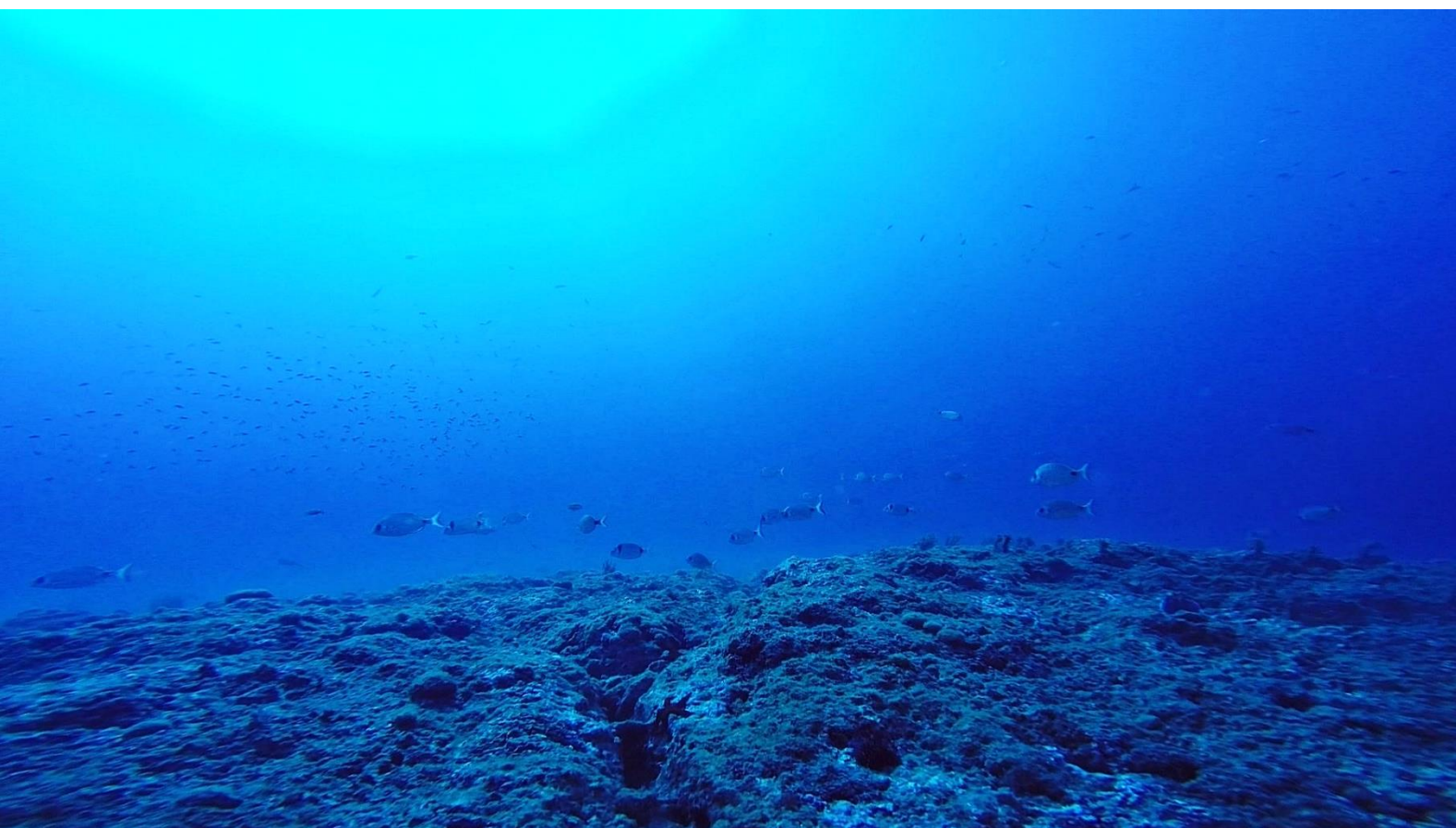




# Suivi scientifique de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne

## Suivi annuel 2023



Décembre 2023

**Le présent rapport devra être cité comme suit**

Jouvenel J.-Y., Picard I., Chorliet L., Foulon E., 2023. Suivi scientifique de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne, Suivi annuel 2023. AGRMCP, décembre 2023. P2A Développement (64 pages).

## SOMMAIRE

|                                                                                            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUCTION.....</b>                                                                | <b>5</b>  |
| 1.1. PRESENTATION DE LA RESERVE MARINE.....                                                | 5         |
| 1.1.1. <i>Périmètre et réglementation</i> .....                                            | 5         |
| 1.1.2. <i>Suivis scientifiques</i> .....                                                   | 6         |
| 1.2. OBJECTIFS DU RAPPORT .....                                                            | 7         |
| <b>2. METHODOLOGIE .....</b>                                                               | <b>8</b>  |
| 2.1. ZONES D’ETUDES ET STATIONS DE SUIVI .....                                             | 8         |
| 2.2. TYPES DE SUIVIS SCIENTIFIQUES MIS EN PLACE EN 2023 .....                              | 10        |
| 2.2.1. <i>Suivi principal</i> .....                                                        | 10        |
| 2.2.2. <i>Suivi complémentaire</i> .....                                                   | 10        |
| 2.3. PROTOCOLES DE SUIVI .....                                                             | 10        |
| 2.3.1. <i>Suivi de l’ichtyofaune et espèces associées (HVC)</i> .....                      | 10        |
| 2.3.2. <i>Suivi sur les récifs artificiels</i> .....                                       | 15        |
| 2.3.3. <i>Suivi de l’indicateur de pressions sur le fond : les gorgones blanches</i> ..... | 17        |
| 2.3.4. <i>Suivi complémentaire de l’ichtyofaune et de la faune benthique</i> .....         | 19        |
| 2.4. MOYENS ENGAGES POUR LA CAMPAGNE DE SUIVI 2023 .....                                   | 20        |
| <b>3. RESULTATS.....</b>                                                                   | <b>22</b> |
| 3.1. SUIVI PRINCIPAL.....                                                                  | 22        |
| 3.1.1. <i>Ichtyofaune et espèces (HVC) associées</i> .....                                 | 22        |
| 3.1.1.1. Richesse spécifique et diversité .....                                            | 22        |
| 3.1.1.2. Composition de l’ichtyofaune .....                                                | 27        |
| 3.1.1.3. Abondance .....                                                                   | 29        |
| 3.1.1.4. Espèces cibles .....                                                              | 30        |
| 3.1.1.4.1. Abondance .....                                                                 | 30        |
| 3.1.1.4.2. Taille .....                                                                    | 31        |
| 3.1.2. <i>Suivi sur les récifs artificiels</i> .....                                       | 34        |
| 3.1.1. <i>Suivi de l’indicateur de pressions sur le fond : les gorgones blanches</i> ..... | 38        |
| 3.1.1.1. Abondance .....                                                                   | 38        |
| 3.1.1.2. Taux de nécrose .....                                                             | 39        |
| 3.1.1.1. Taille.....                                                                       | 40        |
| 3.2. SUIVI COMPLEMENTAIRE DE L’ICHTYOFAUNE ET DE LA FAUNE BENTHIQUE .....                  | 44        |
| <b>4. DISCUSSION .....</b>                                                                 | <b>48</b> |
| 4.1. L’ICHTYOFAUNE .....                                                                   | 48        |
| 4.2. SUIVI SUR LES RECIFS ARTIFICIELS .....                                                | 49        |
| 4.3. SUIVI DE L’INDICATEUR DE PRESSIONS SUR LE FOND : LES GORGONES BLANCHES .....          | 49        |
| 4.4. RECOMMANDATIONS.....                                                                  | 50        |
| <b>5. CONCLUSION .....</b>                                                                 | <b>52</b> |
| <b>6. ANNEXES.....</b>                                                                     | <b>53</b> |
| <b>7. BIBLIOGRAPHIE.....</b>                                                               | <b>64</b> |

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

|                                                                                                                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 : Carte de présentation de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne (source : mairie de Palavas-les-Flots) .....                                                                                                                 | 6  |
| Figure 2 : Sites du suivi scientifique.....                                                                                                                                                                                                | 9  |
| Figure 3 : Carte de situation de la réserve marine de la côte Palavasienne avec l'emplacement des transects du suivi de l'ichtyofaune.....                                                                                                 | 11 |
| Figure 4 : Représentation schématique du protocole de suivi le long de transects sur les fonds rocheux.....                                                                                                                                | 12 |
| Figure 5 : Photographies sous-marines des structures de type « cube » (en haut) et de type « buse » (en bas). P2A développement .....                                                                                                      | 15 |
| Figure 6 : Carte de situation de la réserve marine de la côte Palavasienne avec l'emplacement des récifs artificiels .....                                                                                                                 | 16 |
| Figure 7 : Plongeur réalisant un comptage sur récif de type « cube ». P2A développement .....                                                                                                                                              | 16 |
| Figure 8 : Carte de situation de la réserve marine de la côte Palavasienne avec la localisation des suivis gorgone .....                                                                                                                   | 17 |
| Figure 9 : Représentation schématique du protocole de suivi des gorgones blanches sur les stations rocheuses .....                                                                                                                         | 18 |
| Figure 10 : Représentation schématique du quadrat pour le comptage et la méthode de mesure de hauteur des individus (photo de Eunicella singularis : source <a href="http://doris.ffessm.fr">http://doris.ffessm.fr</a> ).....             | 18 |
| Figure 11 : Photographies sous-marines d'individus sains (à gauche) sur le site de Porquières Ouest (ZPR) et d'individus nécrosés (à droite) sur le site de Cousançà Sud (ZR) .....                                                        | 19 |
| Figure 12 : Tablette de comptage (P2A Développement) .....                                                                                                                                                                                 | 20 |
| Figure 13 : Le NEEEXO, navire de recherche mobilisé pour la campagne de suivi © P2A Développement .....                                                                                                                                    | 21 |
| Figure 14 : Indices de diversité moyens (et écart-type) de l'ichtyofaune dans les différentes zones étudiées .....                                                                                                                         | 25 |
| Figure 15 : Composition de l'ichtyofaune par famille et par zone.....                                                                                                                                                                      | 27 |
| Figure 16 : Sar à tête noire ( <i>Diplodus vulgaris</i> ) et girelle mâle ( <i>Coris julis</i> ) observés sur le site de Cousançà (ZR) .....                                                                                               | 28 |
| Figure 17 : Abondance totale moyenne (et écart-type) de l'ichtyofaune dans les différentes zones étudiées .....                                                                                                                            | 29 |
| Figure 18 : Abondance moyenne (et écart-type) des huit espèces cibles de poissons selon la zone .....                                                                                                                                      | 30 |
| Figure 19 : Taille moyenne (et écart-type) de huit espèces cibles de poissons selon la zone.....                                                                                                                                           | 32 |
| Figure 20 : Banc de serran-chevrette ( <i>Serranus cabrilla</i> ) au deuxième plan.....                                                                                                                                                    | 33 |
| Figure 21 : Structure de tailles du serran chevrette (taille moyenne en pointillés rouge).....                                                                                                                                             | 34 |
| Figure 22 : Moyenne d'abondance de l'ichtyofaune hors réserve et dans la réserve.....                                                                                                                                                      | 36 |
| Figure 23 : Abondance totale par récif situé en dehors de la réserve (HR6, HR4, HR1) ou dans la réserve (R1, r1, r9) .....                                                                                                                 | 36 |
| Figure 24 : Richesse spécifique sur les récifs hors réserve (HR6, HR4 et HR1) et de la réserve (R1, r1 et r9) en 2023 .....                                                                                                                | 37 |
| Figure 25 : Indice de Shannon et de Piélou sur les récifs hors réserve (HR6, HR4 et HR1) et dans la réserve (R1, r1 et r9) .....                                                                                                           | 37 |
| Figure 26 : Abondance moyenne (et écart-type) des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve.....                                                                                                                                 | 38 |
| Figure 27 : Taux de nécrose moyen (et écart-type) des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve .....                                                                                                                            | 39 |
| Figure 28 : gorgones blanches ( <i>Eunicella singularis</i> ) et poulpe commun ( <i>Octopus vulgaris</i> ) du site de Cousançà (ZR) .....                                                                                                  | 40 |
| Figure 29 : Taille moyenne (et écart-type) des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve .....                                                                                                                                   | 40 |
| Figure 30 : Structures de tailles des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve (ZR et ZPR). Le trait pointillé rouge représente la moyenne. ....                                                                                | 42 |
| Figure 31 : Structures de tailles des gorgones blanches dans la réserve. Le trait pointillé rouge représente la moyenne. ..                                                                                                                | 42 |
| Figure 32 : P. Molinier, A. Mallet, J.-Y. Jouvenel. Effets de la création de la réserve marine de la côte palavasienne sur le peuplement ichtyologique. Technique Sciences Méthodes, N°11 – 2023 – 188 <sup>ème</sup> année. pp 31-39..... | 53 |
| Figure 33 : Fiche suivi gorgones – Porquières 23.11.23 .....                                                                                                                                                                               | 62 |
| Figure 34 : Fiche suivi gorgones - Cousançà 23.11.23 .....                                                                                                                                                                                 | 63 |

# 1. Introduction

---

## 1.1. Présentation de la réserve marine

Les pêcheurs artisanaux, dits « petits métiers », de la prud'homie des pêcheurs de Palavas-les-Flots, constatant localement une diminution des stocks de poissons, ont initié en 2011 un projet de création d'un cantonnement de pêche en mer. Après plusieurs années de maturation et de concertation, et grâce au soutien de la mairie de Palavas-les-Flots et du bureau d'études P2A Développement, le projet s'est concrétisé le 30 mai 2016 : la Réserve Marine de la Côte Palavasienne (RMCP) est créée.

À l'origine, la zone a été choisie pour la diversité de ses ressources halieutiques, connue et décrite par les pêcheurs locaux, mais aussi pour la qualité de ses fonds. En effet, le périmètre de la zone mise sous protection comprend principalement le banc rocheux et l'îlot de Porquières, aussi appelés « Cousança » par les plongeurs locaux, du nom de Raymond Cousança, qui fut un des pionniers de la plongée de la côte Palavasienne dans les années 1970.

### 1.1.1. Périmètre et réglementation

L'arrêté ministériel du 30 mai 2016 officialise la création de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne (RMCP), pour une durée de 5 années, jusqu'en 2021. Cette réserve est une zone de cantonnement de pêche, qui se veut, sous la demande de l'état, devenir une zone de conservation halieutique (ZCH). L'arrêté du 8 juin 2021 prolonge l'existence de cette réserve de 2 années supplémentaires, repoussant la mise en ZCH. En 2023, la ZCH a de nouveau été repoussée, quant à l'arrêté préfectoral, il a été renouvelé pour 3 ans supplémentaires, jusqu'en 2026. À l'échéance 2026, cela fera 10 ans que la RMCP existe.

La réserve marine est située à 2650 m du rivage, entre Palavas-les-Flots et Carnon, et occupe un espace maritime de 100 ha (Figure 1). La pêche maritime sous toutes ses formes y est interdite dans l'ensemble de la zone. L'arrêté ministériel mentionne l'obligation de suivi scientifique de la zone.

L'arrêté préfectoral n°149/2016 précise les usages interdits dans la réserve, en plus de l'interdiction de pêche. Il définit deux zones au sein de la réserve :

- Zone de protection renforcée (ZPR) : constituée du banc rocheux de Porquières (93,5 ha), où sont interdits la pêche, le mouillage des navires, la plongée sous-marine avec ou sans équipement respiratoire autonome ainsi que le dragage ;
- Zone réglementée (ZR) : constituée du rocher de Cousança (6,5 ha) où la pêche et le dragage sont également interdits mais où sont autorisés le mouillage simultané de 5 navires support de plongée ainsi que la plongée sous-marine avec ou sans appareil respiratoire.

Les objectifs de la mise en réserve sont principalement le maintien des ressources halieutiques, mais également la préservation des milieux et des espèces patrimoniales, au sein du Site Natura 2000 « Posidonies de la côte Palavasienne ».

La réserve marine possède 11 récifs artificiels dans la zone de protection renforcée (ZPR), ce qui en fait une aire marine très singulière. Ces récifs ont été immergés avant la création de la réserve.

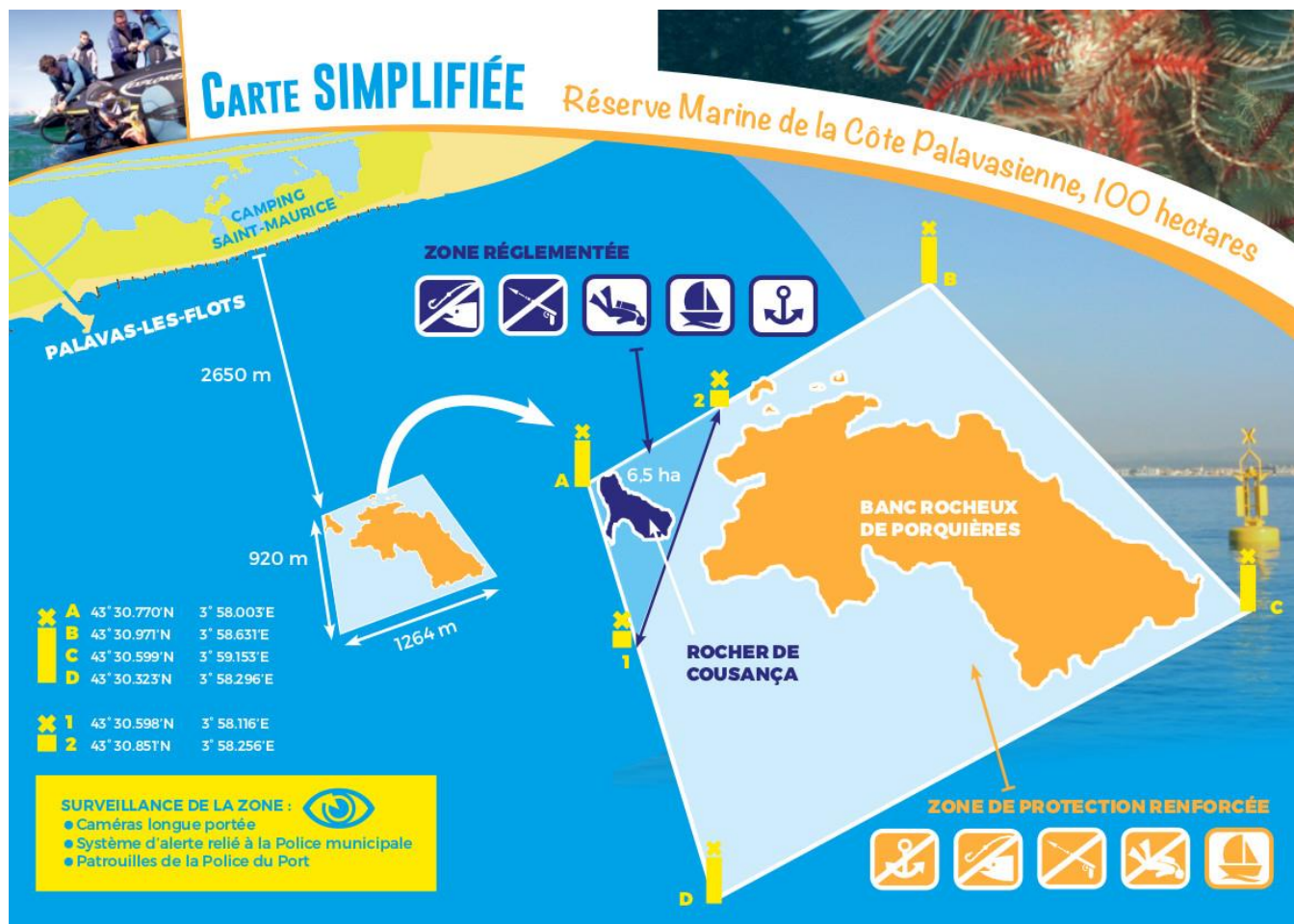


Figure 1 : Carte de présentation de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne (source : mairie de Palavas-les-Flots)

### 1.1.2. Suivis scientifiques

Les suivis scientifiques annuels sont des outils indispensables de gestion de la réserve, ils permettent d'appréhender les indicateurs d'évolution des différentes zones.

Plusieurs axes d'études ont été engagés pour appréhender l'évolution de plusieurs compartiments distincts :

- Un **suivi comparatif de la biodiversité** à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve (justification de la mesure de restriction des activités) ;
- Un **suivi des éventuels impacts des mouillages et de la plongée dans la zone règlementée** (justification de l'accès à la plongée sous-marine et aux mouillages) ;
- Un **suivi comparatif des peuplements de poissons et des ressources halieutiques** exploitées dans et en dehors de la réserve (justification de la mesure de cantonnement).

Les suivis scientifiques font intervenir plusieurs opérateurs sous l'égide de l'Association de Gestion de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne (AGRMCP), répartis en un suivi principal et un suivi complémentaire.

Le **suivi principal** a pour but d'appliquer des protocoles de collecte de données pour avoir des indicateurs quantitatifs propres à qualifier : l'état de la biodiversité marine, des ressources halieutiques et de la zone où s'exerce la plongée sous-marine. Ces indicateurs, conformes à l'état de l'art, permettent d'orienter le Comité de suivi de la réserve. Ce suivi est réalisé par P2A Développement, bureau d'études en environnement marin.

Le **suivi complémentaire** est réalisé bénévolement par les plongeurs de la commission biologique du Comité départemental de la FFESSM lors de journées spécifiquement allouées aux plongeurs, qui leur permettent de pénétrer dans la zone de protection renforcée. Ce suivi a pour principaux objectifs d'exercer une veille biologique, de réaliser des inventaires et des prises de vues photos et vidéos afin de valoriser cet espace. Les protocoles définitifs ont été approuvés par la structure de gestion, ils n'autorisent en aucun cas les prélèvements dans la zone en cantonnement.

## 1.2. Objectifs du rapport

Le suivi de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne vise à répondre à plusieurs objectifs :

- Évaluer l'effet de la mise en réserve en comparant des indicateurs d'état de la biodiversité marine sur les fonds rocheux ;
- Évaluer d'éventuels impacts des pressions sur le fond (mouillages, plongeurs) sur les gorgones blanches de la zone réglementée ZR de Cousançà ;
- Maintenir une veille biologique de la zone N2000 « Posidonies de la côte palavasienne » (exemple mortalités des gorgones avec le réchauffement des eaux).

Pour répondre à ces objectifs, ce présent rapport expose les résultats de la campagne de suivi 2023. Après avoir rappelé les protocoles utilisés lors du suivi scientifique de 2023, les résultats sont présentés, commentés et interprétés. Une comparaison entre les différentes zones (zone de protection renforcée, zone réglementée et zone hors réserve) est exposée, pour rendre compte d'un possible effet de la réserve sur la faune étudiée. Ce rapport descriptif des données permet d'avoir un aperçu de l'état de la biodiversité marine, 7 ans après sa mise en réserve.

Dans le présent rapport, le suivi des fonds meubles n'a pas été réalisé en raison de la faible évolution observée les années passées, seul le suivi sur les peuplements de poissons et des invertébrés d'importance commerciale (grand crustacés, poulpes, seiches) les fonds rocheux a été réalisé. A ce suivi, s'ajoute celui sur les récifs artificiels, dont le dernier en date est de 2020, réalisé à la demande des pêcheurs professionnels.

L'étude des indicateurs de fréquentation par la plongée sous-marine a été conservé dans le contexte particulier du réchauffement de la Méditerranée et d'une mortalité importante des gorgones blanches cette année, les données relatives aux gorgones sont comparées aux années précédentes afin de détecter une évolution éventuelle.

## 2. Méthodologie

### 2.1. Zones d'études et stations de suivi

Pour rendre possible la généralisation des résultats obtenus, il est indispensable de répliquer l'expérience et donc de choisir plusieurs sites d'étude différents. Un site donné peut en effet présenter des conditions particulières qui influencent les résultats et qui ne se retrouvent pas ailleurs, d'où l'intérêt de multiplier les sites pour limiter l'influence de ces facteurs confondants (Sordello R. et al., 2019).

Dans le cadre du suivi de la réserve, deux sites par zone ont été choisis, dans lesquels sont effectués des répliqués. Comme déjà évoqué, on identifie deux zones distinctes au sein de la réserve, une zone de protection renforcée (**ZPR**) où la pêche et la plongée sont notamment interdites, une zone réglementée (**ZR**) où la plongée est autorisée, et une zone « témoin », la zone hors réserve (**HR**). Un site « témoin » est un site sur lequel il n'y a pas d'intervention. Ce site témoin peut être considéré comme un état de référence auquel les effets mesurés sur le site traité seront comparés (Sordello R. et al., 2019).

Les différentes zones et stations étudiées sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Les différentes zones et stations d'étude et leur code couleur

| Zone                                        | Nom des stations suivies |
|---------------------------------------------|--------------------------|
| Zone de protection renforcée ( <b>ZPR</b> ) | Porquières Ouest         |
|                                             | Porquières Sud           |
| Zone réglementée ( <b>ZR</b> )              | Cousança Nord            |
|                                             | Cousança Sud             |
| Hors réserve ( <b>HR</b> )                  | Guérites Ouest           |
|                                             | Guérites Est             |

La localisation de ces différentes stations est présentée sur la carte de la Figure 2.

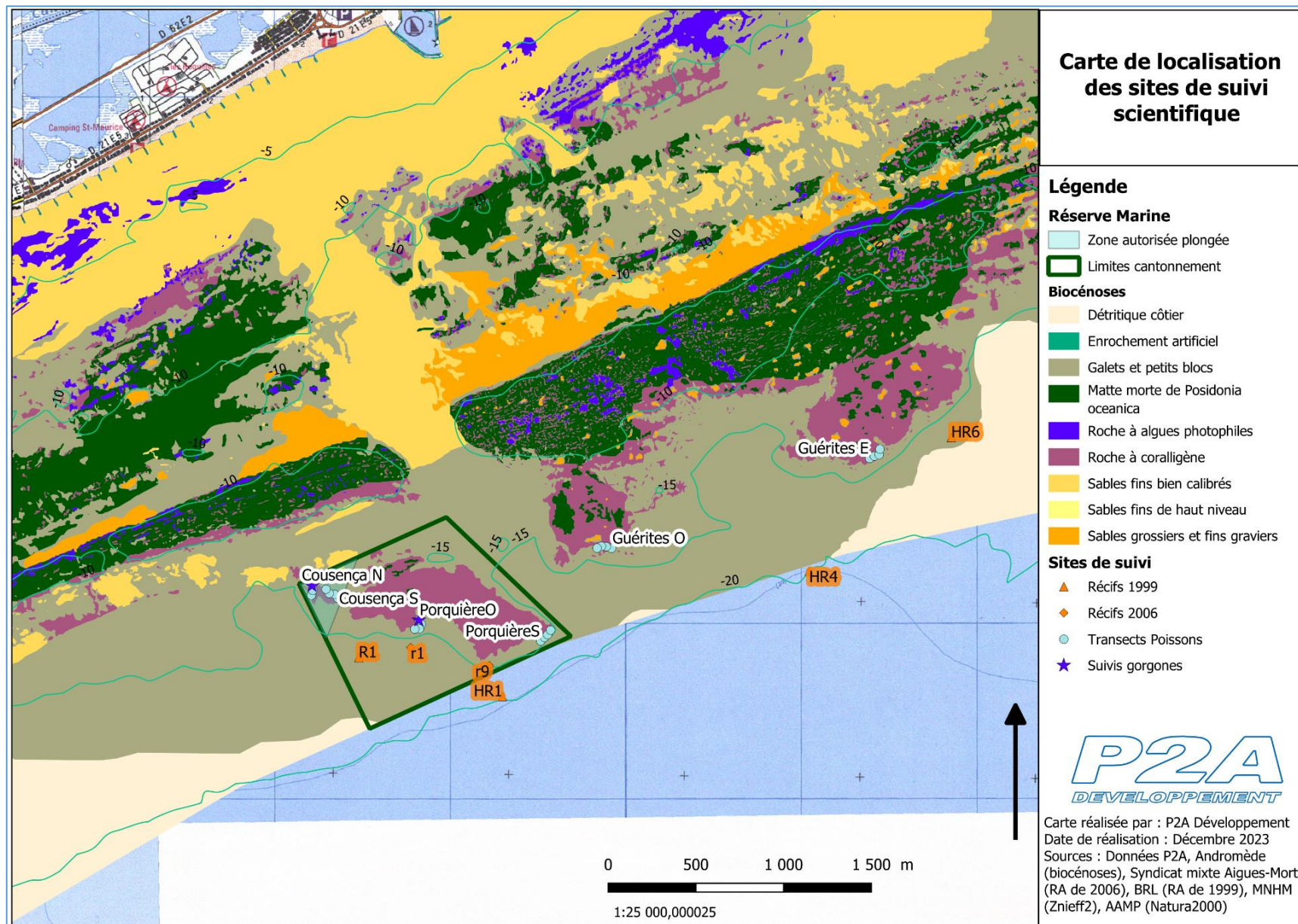


Figure 2 : Sites du suivi scientifique

## 2.2. Types de suivis scientifiques mis en place en 2023

Deux types de suivi sont mis en œuvre au sein de la réserve : un suivi principal, assuré par le bureau d'études P2A Développement, et un suivi complémentaire, assuré par des plongeurs volontaires de la Commission Biologie du Comité Départemental de l'Hérault de la FFESSM.

### 2.2.1. Suivi principal

3 compartiments ont été suivis en 2023 :

- Suivi de l'ichtyofaune sur fonds rocheux ;
- Suivi des gorgones blanches en tant qu'indicateur de la fréquentation de la ZR (Cousança);
- Suivi des récifs artificiels.

Plusieurs composantes sont étudiées :

- Icthyofaune et espèces mobiles associées à haute valeur commerciale (langoustes, cigales, seiches, ...) pour le suivi de l'ichtyofaune et le suivi des récifs artificiels ;
- Populations de gorgones blanches sur des stations permanentes à Cousança et Porquières.

Le suivi est réalisé annuellement, la campagne d'acquisition des données s'effectuant préférentiellement au cours des mois d'août ou septembre. L'architecture du suivi a été conçue pour permettre d'apprécier les tendances des indicateurs principaux de performances écologiques et ainsi de s'assurer du bon état écologique de la zone en réserve et de sa bonne évolution.

A noter que les résultats acquis entre 2016 et 2020 sur les espèces dites « cibles », car importantes pour la pêche professionnelle et amateur, ont été publiés dans la revue scientifique Techniques Sciences Méthodes n°11, 2023, 118<sup>ème</sup> année.

### 2.2.2. Suivi complémentaire

Ce suivi est assuré par des plongeurs sous-marins bénévoles. Ce suivi implique le Comité départemental de la FFESSM. Ainsi, des journées dédiées aux comptages benthiques et ichtyologiques sont mis en œuvre par des équipes de plongeurs bénévoles. Ce suivi est réalisé à raison d'un suivi par mois pendant 6 mois (de mai à octobre). Les observations réalisées ont pour but de dresser une liste d'espèces présentes dans la réserve.

Ce suivi dit de « sciences participatives » est important car il permet de multiplier les occurrences d'observations et ceci est très précieux dès que l'on s'intéresse à la richesse spécifique.

## 2.3. Protocoles de suivi

### 2.3.1. Suivi de l'ichtyofaune et espèces associées (HVC)

Le suivi de l'ichtyofaune consiste en un comptage exhaustif réalisé en plongée. Il s'effectue le long de transects, sur les 6 stations détaillées dans le Tableau 2, comportant 2 sites par zone de protection. Les transects suivis pour chacune de ces stations sont représentés par des points bleus dans la Figure 3.

Un soin particulier a été porté à l'alternance des stations pendant la campagne d'échantillonnage, afin que les données soient les plus représentatives possibles.

Tableau 2 : Tableau récapitulatif du suivi scientifique de l'ichtyofaune

| Protocole                 | Sites                   | Protection |
|---------------------------|-------------------------|------------|
| <b>Comptages poissons</b> | Cousança Nord (ZR1)     | ZR         |
|                           | Cousança Sud (ZR2)      |            |
|                           | Porquières Ouest (ZPR1) | ZPR        |
|                           | Porquières Sud (ZPR2)   |            |
|                           | Guérites Ouest (HR1)    | HR         |
|                           | Guérites Est (HR2)      |            |

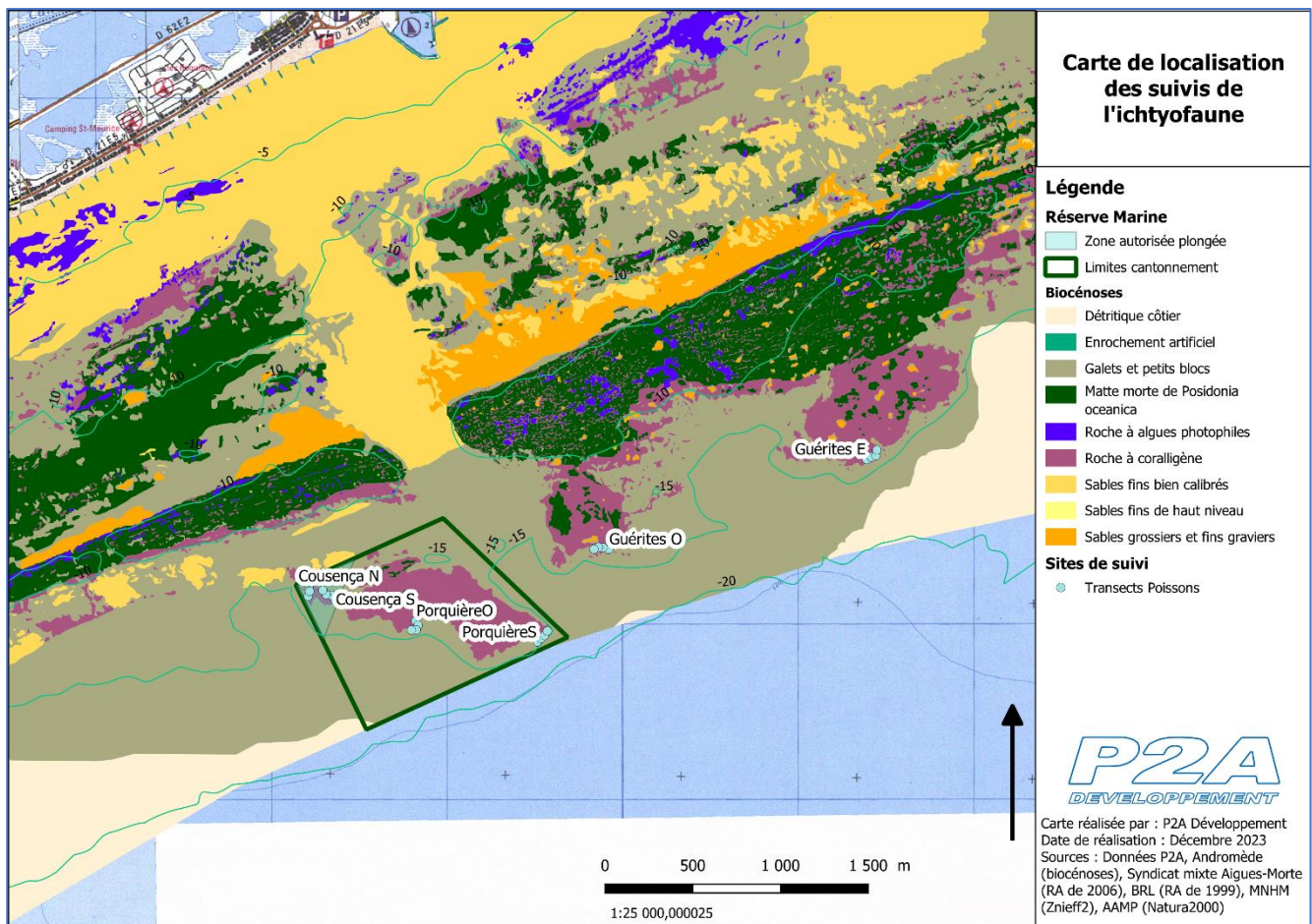


Figure 3 : Carte de situation de la réserve marine de la côte Palavasienne avec l'emplacement des transects du suivi de l'ichtyofaune

Les données collectées concernent :

- L'identification de chaque espèce rencontrée ;
- L'abondance par espèce ;
- La taille des individus, par estimation à 2 cm près pour les espèces d'intérêt halieutique.

Des données relatives aux paramètres environnementaux sont également collectées :

- La profondeur des transects ;
- Leur position GPS (WGS84) ;

- La visibilité, la température de l'eau et les conditions météorologiques locales ;
- La date et l'heure des comptages ;

La méthode d'échantillonnage utilisé pour le suivi des transects est la méthode décrite de Harmelin-Vivien (Harmelin-Vivien et Harmelin 1975, Harmelin-Vivien *et al.*, 1985). Les observations sont complétées par des prises de vues sous-marine.

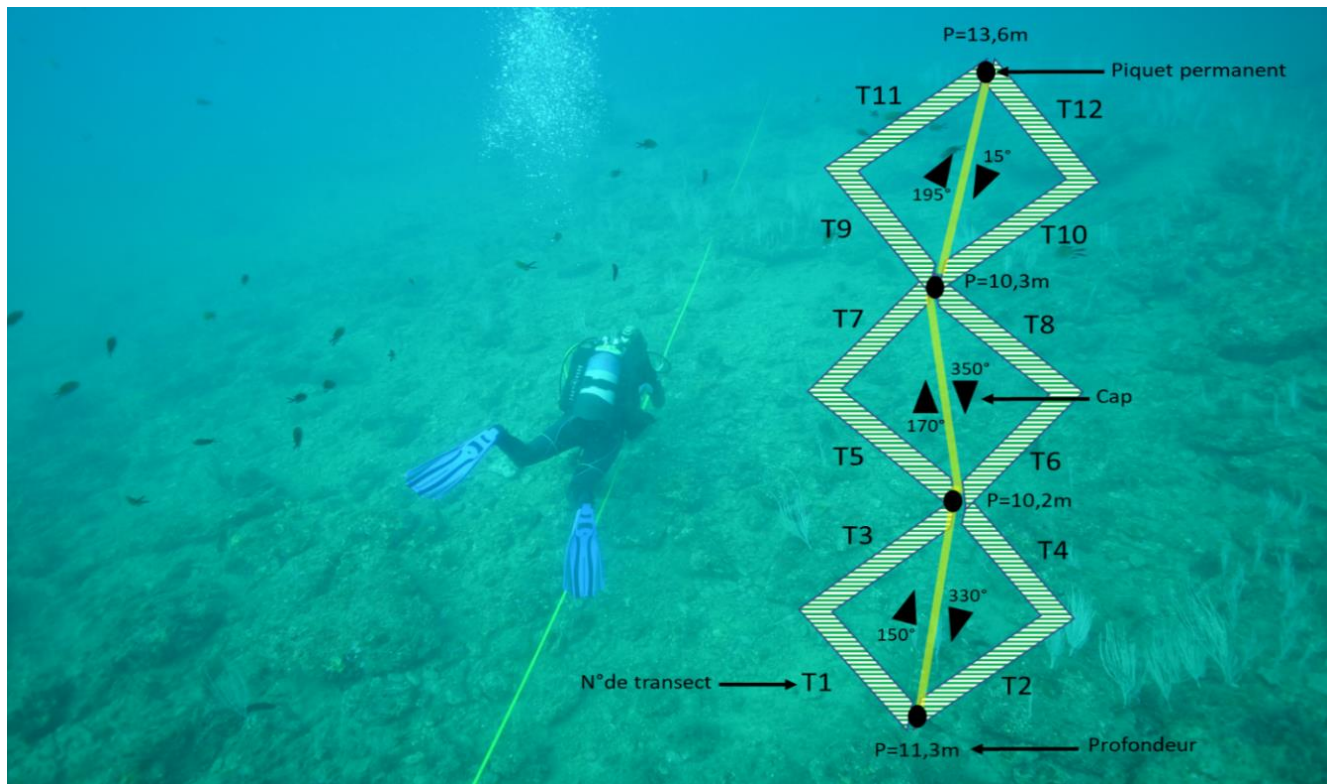


Figure 4 : Représentation schématique du protocole de suivi le long de transects sur les fonds rocheux

Pour chaque station, 12 transects (réplicats) sont réalisés par deux plongeurs. Chaque transect est commencé à partir de piquets fixes placés au niveau de chaque station (4 piquets par station). A partir de ces repères, la direction (azimut) de chaque transect a été consignée, permettant ainsi de réaliser les mêmes parcours lors des différentes campagnes.

La surface totale recouvrant les zones de transect pour chaque station est de 480 m<sup>2</sup>. Les zones de suivi de l'ichtyofaune représentent au total 1920 m<sup>2</sup> dans la réserve marine et 960 m<sup>2</sup> hors de la réserve.

L'ensemble des espèces de poissons qui ont été observées ont été comptabilisées ainsi que les espèces d'invertébrés à Haute Valeur Commerciale (HVC) telles que : les langoustes, homards, cigales, seiches et poulpes.

L'identification jusqu'à l'espèce des poissons a été appuyé par les données de Fishbase, Fishpedia et de doris, des livres de Louisy, 2002 et de Crec'hriou and Lenfant, 2015, et des articles de Garcia-Rubies and Macpherson, 1995 ; Harmelin, Harmelin and Leboulleux, 1995 ; Vigliola *et al.*, 1998 notamment.

Le tableau ci-dessous reprend les coordonnées GPS des piquets utilisés comme points de départ et d'arrivée des transects, ainsi que leur orientation.

Tableau 3 : Position des piquets délimitant les transects « ichtyofaune » dans les différentes stations

| STATIONS                 | Pillier | Nom pillier | Azimut aller | Azimut retour | Latitude (degré décimal) | Longitude (degré décimal) |
|--------------------------|---------|-------------|--------------|---------------|--------------------------|---------------------------|
| ZR1 /<br>Cousança Nord   | P1      | CN1         | 150° en P1   |               | 43, 512966               | 3, 967505                 |
|                          | P2      | CN2         | 170° en P2   | 325° en P2    | 43, 512753               | 3,967667                  |
|                          | P3      | CN3         | 190° en P3   | 350° en P3    | 43, 512510               | 3, 967714                 |
|                          | P4      | CN4         |              | 10° en P4     | 43, 512259               | 3, 967611                 |
| ZR2 /<br>Cousança Sud    | P1      | CS1         | 320° en P1   |               | 43, 512089               | 3, 969482                 |
|                          | P2      | CS2         | 290° en P2   | 140° en P2    | 43, 512289               | 3, 969259                 |
|                          | P3      | CS3         | 320° en P3   | 110° en P3    | 43, 512342               | 3, 968878                 |
|                          | P4      | CS4         |              | 140° en P4    | 43, 512560               | 3, 968651                 |
| ZPR /<br>Porquière Ouest | P1      | PO1         | 150° en P1   |               | 43, 510922               | 3, 975168                 |
|                          | P2      | PO2         | 200° en P2   | 330° en P2    | 43, 510700               | 3, 975336                 |
|                          | P3      | PO3         | 270° en P3   | 20° en P3     | 43, 510468               | 3, 975203                 |
|                          | P4      | PO4         |              | 90° en P4     | 43, 510457               | 3, 974869                 |
| ZPR2 /<br>Porquière Sud  | P1      | PS1         | 45° en P1    |               | 43, 509770               | 3, 983741                 |
|                          | P2      | PS2         | 50° en P2    | 225° en P2    | 43, 509947               | 3, 984003                 |
|                          | P3      | PS3         | 30° en P3    | 230° en P3    | 43, 510089               | 3, 984239                 |
|                          | P4      | PS4         |              | 210° en P4    | 43, 510317               | 3, 984446                 |
| HR1 /<br>Guérites Ouest  | P1      | GO1         | 290° en P1   |               | 43, 514479               | 3, 988825                 |
|                          | P2      | GO2         | 275° en P2   | 110° en P2    | 43, 514568               | 3, 988448                 |
|                          | P3      | GO3         | 245° en P3   | 95° en P3     | 43, 514593               | 3, 988119                 |
|                          | P4      | GO4         |              | 65° en P4     | 43, 514497               | 3, 987803                 |
| HR2 /<br>Guérites Est    | P1      | GE1         | 65° en P1    |               | 43, 518927               | 4, 007105                 |
|                          | P2      | GE2         | 70° en P2    | 245° en P2    | 43, 519045               | 4, 007433                 |
|                          | P3      | GE3         | 10° en P3    | 250° en P3    | 43, 519118               | 4, 007774                 |
|                          | P4      | GE4         |              | 190° en P4    | 43, 519397               | 4, 007836                 |

### Analyse des données

L'analyse des données est réalisée par P2A Développement. Le calcul d'indices synthétiques est réalisé pour comparer les zones d'étude et mettre en exergue d'éventuelles différences. Ces comparaisons sont réalisées à deux échelles. D'abord à l'échelle des 3 zones ayant des statuts de protection différents :

- la zone de protection renforcée (**ZPR**) ;
- la zone réglementée (**ZR**) ;
- la zone hors réserve (**HR**).

Ensuite, une comparaison à lieu entre : les deux zones faisant partie de la réserve sont réunies afin de comparer :

- la zone de **réserve** : les deux zones faisant partie de la réserve sont réunies, ZPR et ZR ;
- la zone **hors réserve** : HR.

Différents indicateurs sont calculés afin d'exposer de manière synthétique les données collectées et d'évaluer l'effet éventuel de la mise en réserve :

- **Abondance totale** : nombre total (toutes espèces confondues) d'individus par unité de surface. L'unité de surface choisie, car couramment utilisée, est de 100 m<sup>2</sup> ;

- **Indices de diversité :**

- **Richesse spécifique :** nombre d'espèces recensées ;
- **Indice de Shannon :** indice de la diversité spécifique d'un milieu. Il permet d'exprimer la diversité en considérant le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Il varie entre 0 (une seule espèce, ou bien une espèce domine très largement toutes les autres) et, bien qu'il n'ait théoriquement pas de valeur maximale, 5 (dans ce cas la diversité est très forte). Il est couramment utilisé et se calcule via la formule suivante (Grall et Coïc, 2005) :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i * \log(p_i)$$

Avec :

$n_i$  : nombre d'individus d'une espèce  $i$  dans l'échantillon

$N$  : nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon

$p_i$  : abondance proportionnelle :  $p_i = n_i/N$

$S$  : nombre total d'espèces

- **Indice d'équitabilité de Pielou :** indice de l'équilibre d'un peuplement. Il permet d'évaluer le poids de chaque espèce. Il varie entre 0 et 1. Il tend vers 1 (maximal) quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et vers 0 (minimal) lorsque la majorité des effectifs correspond à une seule espèce. Il se calcule de la façon suivante (Grall et Coïc, 2005) :

$$J' = \frac{H'}{\log(S)}$$

- **La composition du peuplement :** proportion (en %) de chaque espèce ou chaque groupe d'espèce dans le peuplement (c'est-à-dire l'ensemble des espèces) ;
- **Les espèces cibles :** des espèces cibles ont été choisies afin d'étudier plus précisément leur abondance et leur taille. Les espèces cibles retenues sont des espèces d'intérêt halieutique qui sont présentes dans la réserve : le sar commun, le sar à tête noire, le rouget de roche, le loup, la dorade royale, le sparillon. La girelle commune et le serran chevrette font aussi partie des espèces cibles car, même si elles présentent des intérêts commerciaux moins importants, ces deux espèces sont des espèces dites de « soupe » très ciblées par la pêche à la palangrotte.

Afin de procéder à des comparaisons pertinentes, des tests statistiques ont été menés. Ces tests permettent de calculer une valeur (p-value), dont la valeur seuil est fixée à 0,05. Si la p-value est inférieure à 0,05, on démontre alors qu'une différence significative existe.

Le test utilisé pour comparer deux zones (réserve et hors réserve) est le test de Student si les conditions d'application (variances homogènes, données suivant une loi normale) sont respectées. Sinon, c'est le test de Wilcoxon qui est réalisé.

Pour comparer les trois zones (ZPR, ZR et HR), c'est le test ANOVA qui est utilisé si les conditions d'application (les mêmes que pour le test de Student) sont respectées. Sinon, c'est le test de Kruskal-Wallis qui est utilisé, suivi d'un test des rangs signés de Wilcoxon pour tester chaque zone entre elles.

Tous les tests statistiques et les représentations graphiques des données présentées dans ce rapport sont menés sous le logiciel R.

### 2.3.2. Suivi sur les récifs artificiels

Le suivi prend en charge des récifs artificiels de la réserve, mais également des récifs artificiels situés en dehors de la réserve dans des conditions d'exposition et de bathymétrie comparables.

Deux types de récifs sont suivi, les récifs de type « buse » et les récifs de type « cube ».



Figure 5 : Photographies sous-marines des structures de type « cube » (en haut) et de type « buse » (en bas). P2A développement

Les sites retenus pour les suivis sont présentés dans le Tableau 4 et localisation dans la Figure 6.

Tableau 4 : Position GPS et date d'immersion des différents récifs suivi

| Nom | Niveau de protection | Année d'immersion | Type de récif | Latitude | Longitude |
|-----|----------------------|-------------------|---------------|----------|-----------|
| HR1 | Hors réserve         | 1999              | Cube sabla    | 43,50694 | 3,98100   |
| HR4 |                      | 1999              | Buse          | 43,51318 | 4,00274   |
| HR6 |                      | 1999              | Cube sabla    | 43,51995 | 4,01288   |
| R1  | Réserve              | 1999              | Cube sabla    | 43,50903 | 3,97090   |
| r1  |                      | 2006              | Buse          | 43,50950 | 3,97457   |
| r9  |                      | 2006              | Cube empilés  | 43,50850 | 3,98010   |

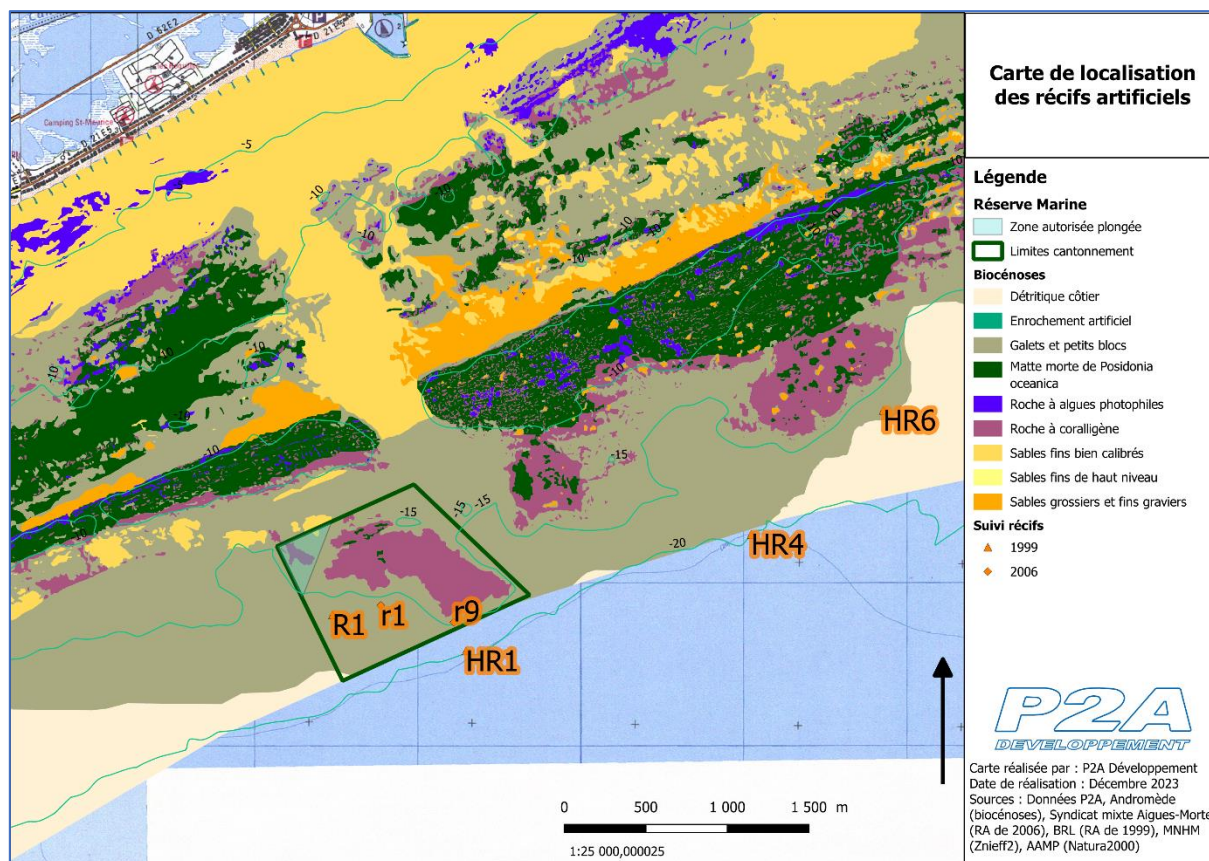


Figure 6 : Carte de situation de la réserve marine de la côte Palavasienne avec l'emplacement des récifs artificiels

Sur les récifs artificiels, les comptages ont été effectués en plongée sur un récif complet selon les méthodes développées par Charbonnel (Charbonnel *et al*, 1997). Les comptages sur les récifs sont effectués simultanément par deux observateurs réalisant chacun une rotation autour de chaque récif (Figure 7).

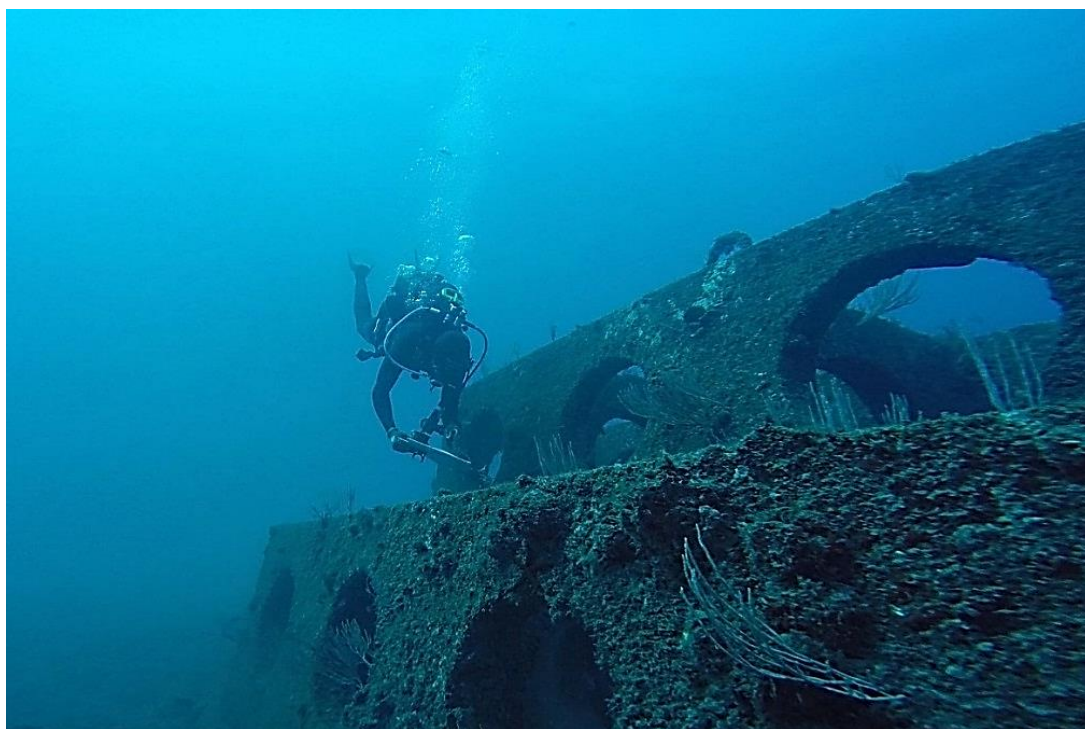


Figure 7 : Plongeur réalisant un comptage sur récif de type « cube ». P2A développement

### 2.3.3. Suivi de l'indicateur de pressions sur le fond : les gorgones blanches

La zone du rocher de Cousanço, autorisée à la plongée avec autorisation de mouillage pour 5 bateaux en simultané, est exposée à des risques d'endommagement des espèces épigées dus au mouillage des ancres et aux passages des plongeurs. Le rocher de Cousanço étant le seul site de plongée accessible de la réserve, il suscite un réel engouement auprès des pratiquants de la plongée bouteille. De plus, la pratique de la plongée peut générer des érosions importantes au niveau de la couverture des épibiontes sur les substrats les plus visités. Le site des Tables au Cap d'Agde est une illustration du phénomène (Katell, 2016). Il était donc indispensable de prévoir un suivi spécifique de l'activité pour une gestion adaptée des flux de plongeurs.

La gorgone blanche (*Eunicella singularis*), présente en nombre sur la façade méditerranéenne française et notamment dans la réserve marine de Palavas, est un indicateur des pressions exercées sur le fond (ancres, plongeurs, filets, etc.). Ainsi, un protocole particulier a été mis en place afin de collecter certaines données et de suivre leur évolution dans le temps. Les données récoltées sont les suivantes :

- Abondance (nombre d'individus au m<sup>2</sup>) ;
- Taille (en cm) ;
- Pourcentage moyen de nécrose/parasitisme sur chaque individu ;
- Prise de vue de la station.

Ce suivi a été réalisé sur la station de Cousanço Sud lors des campagnes de suivi de 2016 et 2018. Ce suivi a été complété, depuis la campagne de 2019, par un suivi sur une zone témoin, sur le site de Porquière Ouest, placé en réserve intégrale et interdit à la plongée. L'intérêt du site témoin dans la réserve intégrale est de pouvoir établir une comparaison des paramètres biologiques entre les gorgones blanches exposées à des pressions anthropiques (ancrage des bateaux de plongée, mouvements des palmes et autres activités des plongeurs) à Cousanço (ZR) et celles préservées sur le site de Porquière Ouest (ZPR). Les sites de suivi prospectés lors du suivi présent sont référencés dans le Tableau 2 et localisés dans la Figure 8.

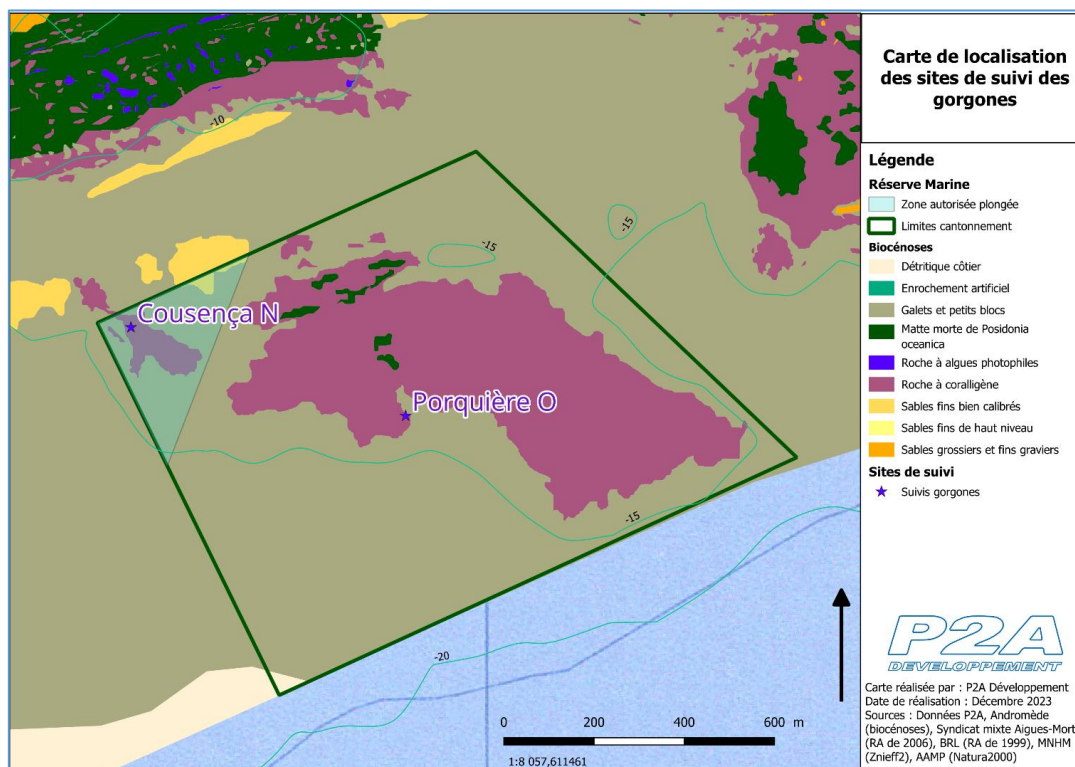


Figure 8 : Carte de situation de la réserve marine de la côte Palavasienne avec la localisation des suivis gorgone

Tableau 5 : Tableau récapitulatif du suivi scientifique des gorgones

| Protocole                 | Sites                   | Protection |
|---------------------------|-------------------------|------------|
| <b>Comptages gorgones</b> | Cousanço Nord (ZR1)     | ZR         |
|                           | Porquières Ouest (ZPR1) | ZPR        |

Sur les deux sites, le suivi s'effectue le long d'un transect de 50 m. Il consiste à positionner un quadrat de 2 m de côté puis compter et mesurer individuellement chacune des gorgones présentes dans ce quadrat (Figure 9). Trois réplicats sont réalisés en procédant de façon similaire. Le suivi est réalisé par un binôme de plongeurs scientifiques équipés d'un décamètre et d'un bout lesté pour délimiter le quadrat de 4 m<sup>2</sup>, d'une pîge graduée pour mesurer les gorgones (au demi-centimètre près) et d'une plaquette pour noter la taille des individus (Figure 10). Un état de nécrose des gorgones est facile à constater (Figure 11).

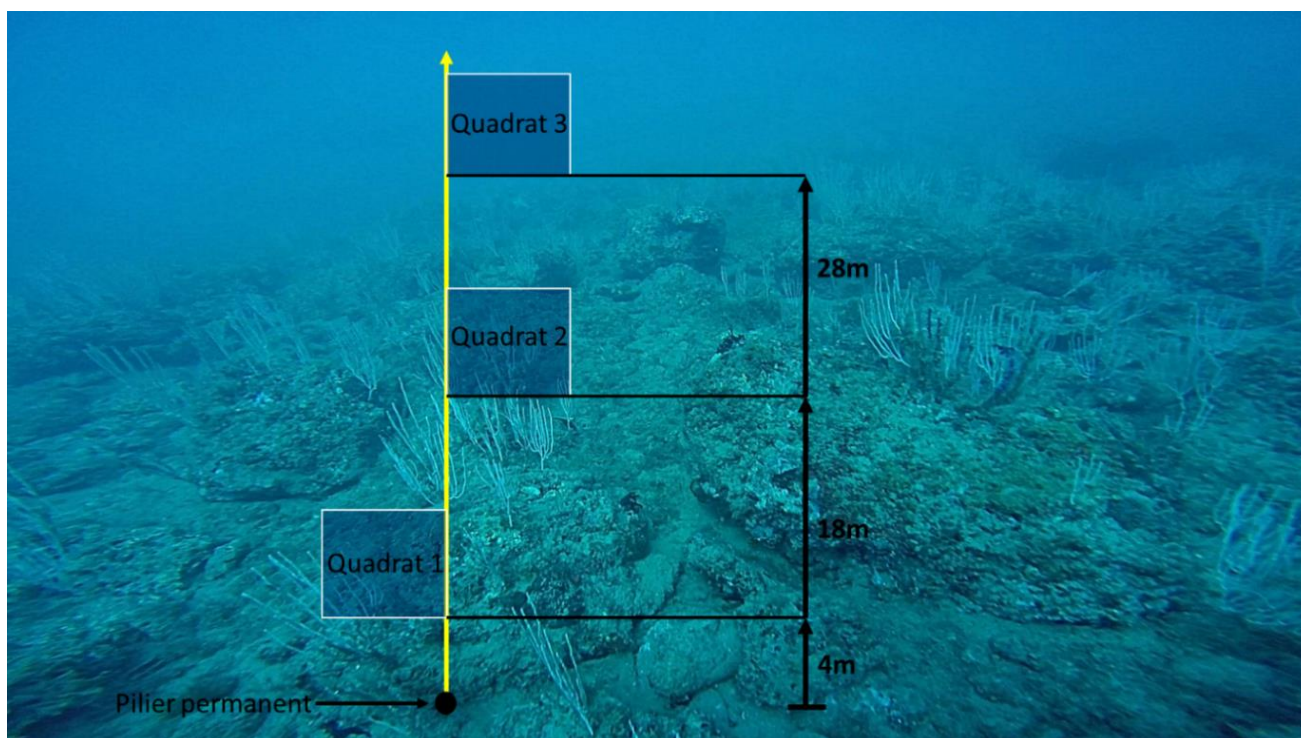


Figure 9 : Représentation schématique du protocole de suivi des gorgones blanches sur les stations rocheuses

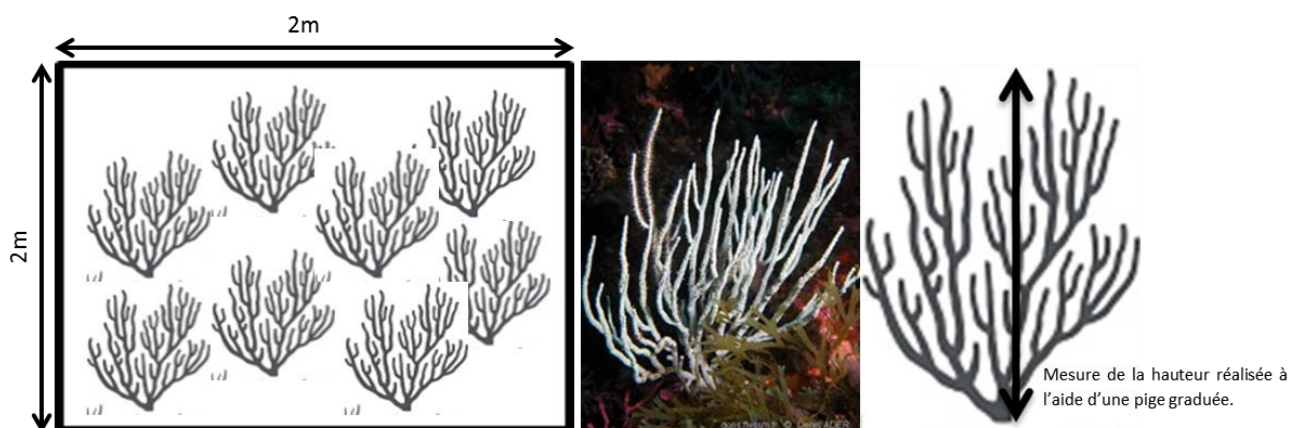


Figure 10 : Représentation schématique du quadrat pour le comptage et la méthode de mesure de hauteur des individus (photo de Eunicella singularis : source <http://doris.ffessm.fr>)



Figure 11 : Photographies sous-marines d'individus sains (à gauche) sur le site de Porquières Ouest (ZPR) et d'individus nécrosés (à droite) sur le site de Cousanço Sud (ZR)

### Analyse des données

Différents indicateurs sont utilisés afin d'exposer de manière synthétique les données collectées et d'évaluer d'éventuels impacts des mouillages et des plongeurs sur le site de Cousanço :

- **Abondance totale** : nombre total d'individus par unité de surface. L'unité de surface choisie, couramment utilisée, est de 1 m<sup>2</sup> ;
- **Taux de nécrose** : taux de nécrose de chaque individu (en %) ;
- **Taille** : taille de chaque individu (en cm).

Le même processus d'analyse statistique que pour l'ichtyofaune a été appliqué. Il permet d'évaluer si les différences de résultats entre la ZR et la ZPR, ainsi qu'entre les différentes années de suivi, sont significatives ou non.

### ***2.3.4. Suivi complémentaire de l'ichtyofaune et de la faune benthique***

Une veille biologique est réalisée par les plongeurs de la commission biologique du Comité départemental de la FFESSM. Six journées de suivi par an sont dédiées aux inventaires de l'ichtyofaune et de la faune épibenthique dans la réserve. La campagne annuelle de suivi se déroule de mai à octobre, à raison d'un suivi par mois. Les inventaires sont réalisés par des plongeurs ayant suivi une formation de plongeurs biologistes. Ils possèdent donc les compétences naturalistes nécessaires à l'identification des espèces locales.

Lors de chaque sortie, plusieurs palanquées de 2 à 3 plongeurs (maximum 12 plongeurs au total) réalisent des inventaires sur des sites choisis de façon aléatoire, au sein de la zone de protection renforcée. Pour les inventaires, chaque palanquée de plongeur est équipée d'une plaquette et d'une fiche submersible sur laquelle sont répertoriées les principales espèces benthiques et ichtyologiques. Le plongeur relève les espèces qu'il observe. La donnée collectée est une donnée semi quantitative (présence/présence en nombre/absence) sur les espèces présentes sur le site lors des inventaires. Une synthèse de toutes des observations de chaque palanquée, pour chaque sortie, est réalisée pour l'ensemble des espèces rencontrées.

Tableau 6 : Récapitulatif des plongées de suivi FFESSM 2023

| Date       | Nombre de palanquées | Heure | Profondeur max | Température | Visibilité | Etat mer | Durée moyenne d'observation | Notes               |
|------------|----------------------|-------|----------------|-------------|------------|----------|-----------------------------|---------------------|
| 21/05/2023 | 4                    | 10:25 | 14 m           | 13°C        | 2 m        | calme    | 38 min                      | Mauvaise visibilité |
| 17/06/2023 | 5                    | 10:15 | 12 m           | 17°C        | 4 m        | calme    | 60 min                      | Fond sableux        |
| 19/08/2023 | 6                    | 10:08 | 13 m           | 23°C        | 5 m        | calme    | 60 min                      | Fond sableux        |
| 10/09/2023 | 5                    | 09:45 | 13 m           | 22°C        | 6 m        | calme    | 59 min                      | Fond sableux        |
| 24/09/2023 | 5                    | 10:00 | 14 m           | 22°C        | 2 m        | agitée   | 55 min                      | Site la Pelle bleue |

## 2.4. Moyens engagés pour la campagne de suivi 2023

La campagne de collecte des données des comptages de poissons et de récifs artificiels, s'est déroulée sur 3 jours, du 23 août au 25 août. Une équipe de 4 plongeurs a été mobilisée, les 2 palanquées de 2 personnes alternaient les comptages sur les sites d'étude. Les plongeurs biologistes marins, étaient équipés d'une plaquette et d'une fiche submersible. Sur cette fiche submersible, était répertoriée les principales espèces ichthyologiques, avec des silhouettes de poisson pour l'estimation des tailles (Figure 12), et d'un enrouleur pour mesurer les transects.



Figure 12 : Tablette de comptage (P2A Développement)

En raison de contraintes météorologiques, le suivi des gorgones a été réalisé plus tard dans l'année, le 23 novembre, sur 1 journée (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), comprenant 2 plongeurs, équipés d'une plaquette et d'une fiche submersible.

Cette campagne a sollicité au total 5 plongeurs (Tableau 7), répartis sur les 3 jours de terrain.

Tableau 7 : Équipe d'intervention pour les suivis en plongée (sur fonds rocheux)

| Nom                | Poste                              | Certification plongée |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------|
| Jean-Yves Jouvenel | Docteur en océanologie             | Classe 2 mention B    |
| Adrien Lowenstein  | Ingénieur écologue en milieu marin | Classe 1 mention B    |
| Laurent Chorliet   | Ingénieur écologue en milieu marin | Classe 1 mention B    |
| Valentine Camille  | Technicienne en milieu marin       | Classe 2 mention B    |
| Emma Foulon        | Technicienne en milieu marin       | Classe 1 mention B    |

Tableau 8 : Détail des plongées de suivi

| Nature du suivi | Lieu             | Date       | Profondeur max | Température | Visibilité | Etat mer     |
|-----------------|------------------|------------|----------------|-------------|------------|--------------|
| Gorgones        | Cousança Nord    | 23/11/2023 | 12 m           | 14°C        | 6 m        | calme, ridée |
|                 | Porquières       | 23/11/2023 | 13 m           | 14°C        | 6 m        | calme, ridée |
| Poissons        | Cousança Nord    | 24/08/2023 | 11 m           | 20 °C       | 3 m        | calme        |
|                 | Cousança Sud     | 24/08/2023 | 10 m           | 20 °C       | 4 m        | calme        |
|                 | Guerites Est     | 23/08/2023 | 12 m           | 21 °C       | 2 m        | calme        |
|                 | Guerites Ouest   | 23/08/2023 | 13 m           | 21 °C       | 3 m        | calme        |
|                 | Porquières Ouest | 25/08/2023 | 14 m           | 23 °C       | 5 m        | calme        |
|                 | Porquières Sud   | 25/08/2023 | 14 m           | 23°C        | 5 m        | calme        |
| Recifs          | HR1              | 25/08/2023 | 19 m           | 21 °C       | 1 m        | calme        |
|                 | r1               | 25/08/2023 | 14 m           | 20 °C       | 1 m        | calme        |
|                 | HR4              | 23/08/2023 | 20 m           | 21 °C       | 1 m        | calme        |
|                 | HR6              | 23/08/2023 | 17 m           | 20 °C       | < 1 m      | calme        |
|                 | R1               | 24/08/2023 | 10 m           | 21 °C       | < 1 m      | calme        |
|                 | r9               | 24/08/2023 | 16 m           | 21 °C       | 4 m        | calme        |

L'embarcation utilisée pour ces 2 campagnes était le NEEEXO, propriété de la société P2A développement.



Figure 13 : Le NEEEXO, navire de recherche mobilisé pour la campagne de suivi © P2A Développement

## 3. Résultats

Cette partie présente les résultats de la campagne de suivi 2023. L'objectif étant de comparer différents indicateurs entre les zones de la réserve :

- **ZPR** : Zone de protection renforcée où la pêche, le mouillage de navires et la plongée sont interdits ;
- **ZR** : Zone réglementée où la pêche est interdite mais la plongée et le mouillage de 5 navires autorisés ;
- **HR** : Hors-réserve, où il n'y a pas de réglementation particulière.

La ZPR et la ZR faisant partie de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne, ces deux zones sont combinées afin d'évaluer l'effet « réserve ». Ainsi, en plus des comparaisons entre les zones précédemment décrites, chaque analyse porte également sur la comparaison entre :

- **Réserve marine** : ZPR et ZR regroupées ;
- **Hors réserve** : HR.

### 3.1. Suivi principal

#### 3.1.1. Ichtyofaune et espèces (HVC) associées

##### 3.1.1.1. Richesse spécifique et diversité

Tableau 9 : Liste des espèces inventoriées par zone (regroupées par famille, dont le nom apparaît en gras)

| Espèce                          |                          | Réserve marine |    |          | Hors réserve |
|---------------------------------|--------------------------|----------------|----|----------|--------------|
| Nom scientifique                | Nom vernaculaire         | ZPR            | ZR | ZPR + ZR | HR           |
| <b>Atherinidae</b>              | <b>Atherinidés</b>       |                | ✓  | ✓        |              |
| <i>Atherina sp</i>              | Athérine                 |                | ✓  | ✓        |              |
| <b>Blenniidae</b>               | <b>Blennidés</b>         | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Lipophrys trigloides</i>     | Blennie trigloïde        | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Parablennius gattorugine</i> | Cabot                    | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Parablennius pilicornis</i>  | Blennie pilicorne        |                | ✓  | ✓        |              |
| <i>Parablennius rouxi</i>       | Blennie de roux          | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <b>Congridae</b>                | <b>Congridés</b>         | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Conger conger</i>            | Congre                   | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <b>Gadidae</b>                  | <b>Gadidés</b>           |                |    |          | ✓            |
| <i>Phycis phycis</i>            | Mostelle de roche        |                |    |          | ✓            |
| <b>Gobiidae</b>                 | <b>Gobidés</b>           | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Gobius geniporus</i>         | Gobie à joues poreuses   |                | ✓  | ✓        |              |
| <i>Gobius sp</i>                | Gobie sp                 |                | ✓  | ✓        |              |
| <i>Gobius xanthocephalus</i>    | Gobie à tête jaune       | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Thorogobius ephippiatus</i>  | Gobie léopard            |                |    |          | ✓            |
| <b>Labridae</b>                 | <b>Labridés</b>          | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Coris julis</i>              | Girelle commune          | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Ctenolabrus melanocercus</i> | Crénilabre à queue noire | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Ctenolabrus rupestris</i>    | Rouquié                  | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |

| Espèce                         |                          | Réserve marine |    |          | Hors réserve |
|--------------------------------|--------------------------|----------------|----|----------|--------------|
| Nom scientifique               | Nom vernaculaire         | ZPR            | ZR | ZPR + ZR | HR           |
| <b>Labridae</b>                | <b>Labridés</b>          | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Labrus merula</i>           | Labre merle              | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Labrus mixtus</i>           | Coquette                 | ✓              |    | ✓        |              |
| <i>Labrus viridis</i>          | Labre vert               | ✓              |    | ✓        | ✓            |
| <i>Symphodus doderleini</i>    | Crénilabre de Doderlein  | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Symphodus mediterraneus</i> | Crénilabre méditerranéen | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Symphodus ocellatus</i>     | Crénilabre ocellé        | ✓              | ✓  | ✓        |              |
| <i>Symphodus roissali</i>      | Crénilabre à cinq taches | ✓              | ✓  | ✓        |              |
| <i>Symphodus tinca</i>         | Crénilabre paon          | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <b>Moronidae</b>               | <b>Moronidés</b>         | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Dicentrarchus labrax</i>    | Loup                     | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <b>Mugilidae</b>               | <b>Mugilidés</b>         |                | ✓  | ✓        |              |
| <i>Chelon labrosus</i>         | Mulet lippu              |                | ✓  | ✓        |              |
| <b>Mullidae</b>                | <b>Mullidés</b>          | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Mullus surmuletus</i>       | Rouget de roche          | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <b>Pomacentridae</b>           | <b>Pomacentridés</b>     | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Chromis chromis</i>         | Castagnole               | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <b>Sciaenidae</b>              | <b>Sciaenidés</b>        | ✓              |    | ✓        |              |
| <i>Sciaena umbra</i>           | Corb commun              | ✓              |    | ✓        |              |
| <b>Scorpaenidae</b>            | <b>Scorpaenidés</b>      | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Scorpaena notata</i>        | Petite rascasse rouge    | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Scorpaena porcus</i>        | Rascasse brune           | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Scorpaena scrofa</i>        | Chapon                   | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <b>Serranidae</b>              | <b>Serranidés</b>        | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Serranus cabrilla</i>       | Serran chevrette         | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Serranus scriba</i>         | Serran écriture          | ✓              |    | ✓        |              |
| <b>Sparidae</b>                | <b>Sparidés</b>          | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Boops boops</i>             | Bogue                    |                | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Dentex dentex</i>           | Denti                    |                | ✓  | ✓        |              |
| <i>Diplodus annularis</i>      | Sparaillon               | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Diplodus sargus</i>         | Sar commun               | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Diplodus vulgaris</i>       | Sar à tête noire         | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Oblada melanura</i>         | Oblade                   | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Pagrus pagrus</i>           | Pagre                    |                | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Sarpa salpa</i>             | Saupe                    | ✓              | ✓  | ✓        |              |
| <i>Sparus aurata</i>           | Dorade royale            |                | ✓  | ✓        |              |
| <i>Spicara maena</i>           | Mendole                  | ✓              | ✓  | ✓        | ✓            |
| <i>Spondyliosoma cantharus</i> | Dorade grise             |                | ✓  | ✓        |              |
| <b>Tripterygiidae</b>          | <b>Tripterygiidés</b>    |                |    |          | ✓            |
| <i>Tripterygion xanthosoma</i> | Triptérygion jaune       |                |    |          | ✓            |
| Nombre d'espèces cumulé        |                          | 31             | 37 | 41       | 30           |

Cette liste inventorie les espèces qui peuplent les différentes zones étudiées. Le nombre d'espèces cumulées est supérieur dans chacune des zones de la réserve (31 espèces en ZPR et 37 espèces en ZR), que hors de la réserve (30 espèces). En regroupant les deux zones de la réserve, on arrive à un total de 41 espèces.

Seul 3 espèces ont été observées uniquement hors de la réserve :

- le triptérygion jaune ;
- le gobie léopard et ;
- la mostelle de roche.

A contrario, 11 espèces ont été observées seulement dans la réserve :

- Des espèces d'intérêt halieutiques :
  - Sparidés : dorade grise, dorade royale, saupe ;
- Des espèces de pleine eau :
  - Atherinidés : athérine ;
- Des espèces proches du fond de nature variable :
  - Blennidés : blennie pilicorne ;
  - Gobidés : gobie sp, gobie à joues poreuses ;
  - Labridés : crénilabres à cinq taches, crénilabre ocellé, coquette ;
  - Serranidés : serran écriture ;
- Des espèces d'intérêt patrimonial :
  - Sciaenidés : corb commun.

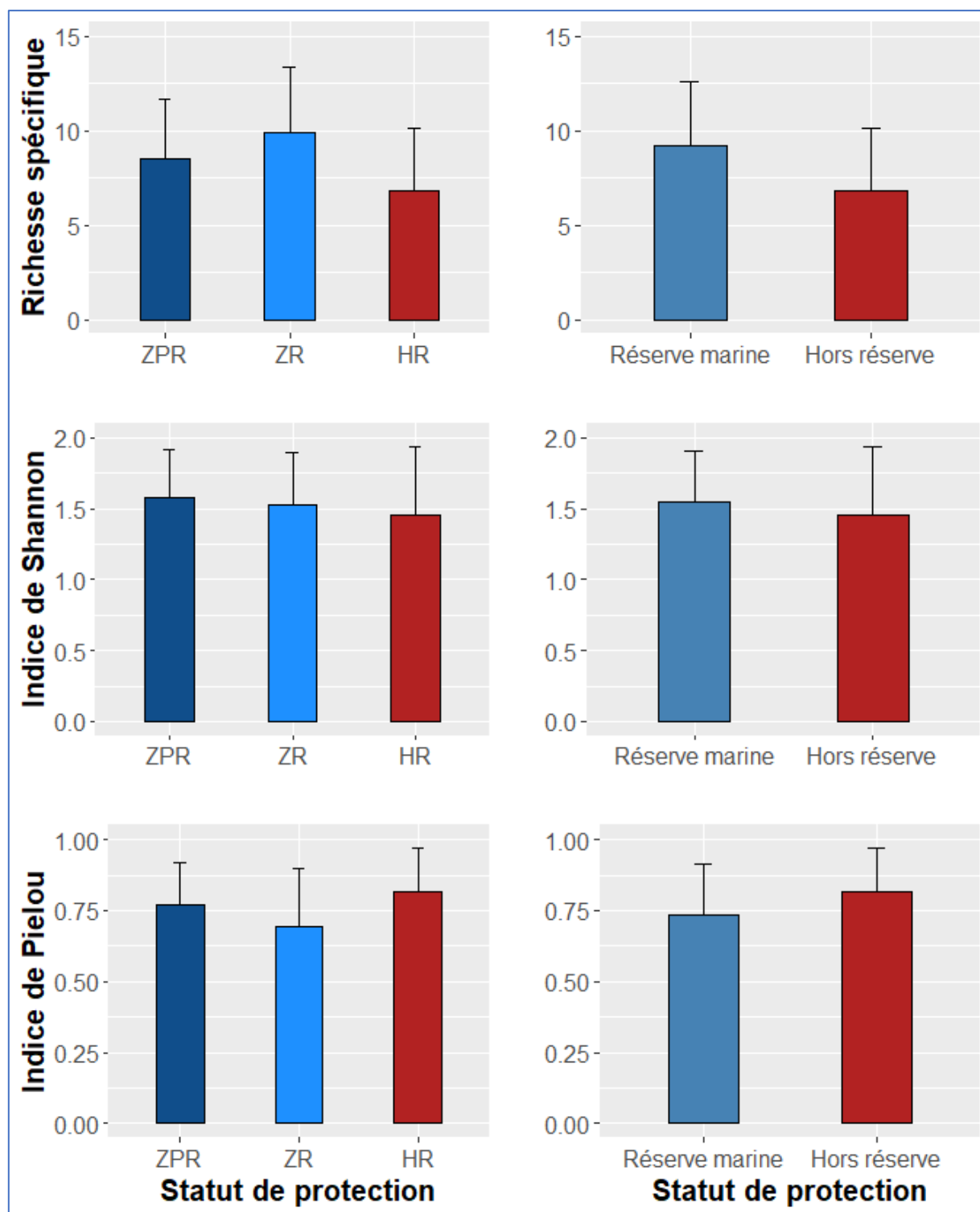


Figure 14 : Indices de diversité moyens (et écart-type) de l'ichtyofaune dans les différentes zones étudiées

Tableau 10 : Valeurs des indices de diversité des poissons dans les différentes zones étudiées (moyenne ± écart-type)

|                     | ZPR         | ZR          | HR          | Réserve marine | Hors réserve |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|--------------|
| Richesse spécifique | 8,5 (± 3,2) | 9,9 (± 3,4) | 6,8 (± 3,3) | 9,2 (± 3,3)    | 6,8 (± 3,3)  |
| Indice de Shannon   | 1,6 (± 0,3) | 1,5 (± 0,4) | 1,5 (± 0,5) | 1,6 (± 0,4)    | 1,5 (± 0,5)  |
| Indice de Pielou    | 0,8 (± 0,1) | 0,7 (± 0,2) | 0,8 (± 0,2) | 0,7 (± 0,2)    | 0,8 (± 0,2)  |

Tableau 11 : Résultats des comparaisons d'abondance des individus. Test utilisé : Kruskal-Wallis pour les zones, Wilcoxon pour l'effet « réserve »

|                     | Zones   |                                 | Effet réserve |                        |
|---------------------|---------|---------------------------------|---------------|------------------------|
|                     | p-value | Comparaison                     | p-value       | Comparaison            |
| Richesse spécifique | 0.00683 | ZR > HR<br>ZR = ZPR<br>HR = ZPR | 0.003899      | Réserve > Hors réserve |
| Shannon             | 0.591   | Pas de différence               | 0.3423        | Pas de différence      |
| Piélou              | 0.08615 | Pas de différence               | 0.04289       | Réserve < Hors réserve |

Les tests statistiques ont démontré des différences de certains indices de diversité de poissons entre les diverses zones.

La richesse spécifique est plus élevée dans la zone réglementée que hors réserve, mais n'est pas significativement plus élevée dans la zone de protection renforcée, que hors réserve. Malgré cela, la réserve a un nombre d'espèces supérieur à celui hors réserve.

Quant à l'indice de Shannon, qui exprime la diversité spécifique en prenant en compte le nombre d'espèces et la proportion de ces différentes espèces, celui-ci-ci est similaire entre les zones, dans et hors réserve. Ainsi, toutes les zones confondues ont une diversité spécifique similaire.

En complément de cet indice de Shannon est accompagné l'indice d'équitabilité de Piélou, qui mesure la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Cet indice varie de 0 à 1, 0 étant la dominance d'une des espèces et 1 l'équipartition des individus pour chaque espèce. Ainsi, le nombre d'individus par espèce est homogènement réparti dans les différentes zones, mais l'est significativement moins dans la réserve qu'en dehors. La réserve abrite de fait, des espèces dominantes (en nombre d'individus).

**11 espèces ont été inventoriées uniquement dans la réserve, comprenant des espèces d'intérêt halieutique (dorade grise, dorade royale, saupe) et une espèce patrimoniale, le corb commun.**

**L'analyse de la diversité spécifique démontre que l'ichtyofaune est autant diversifiée dans la réserve marine que hors de la réserve et entre toutes les zones.**

**En revanche, le nombre d'espèces est plus élevé dans la réserve mais l'équilibre du peuplement y est plus homogène.**

### 3.1.1.2. Composition de l'ichtyofaune

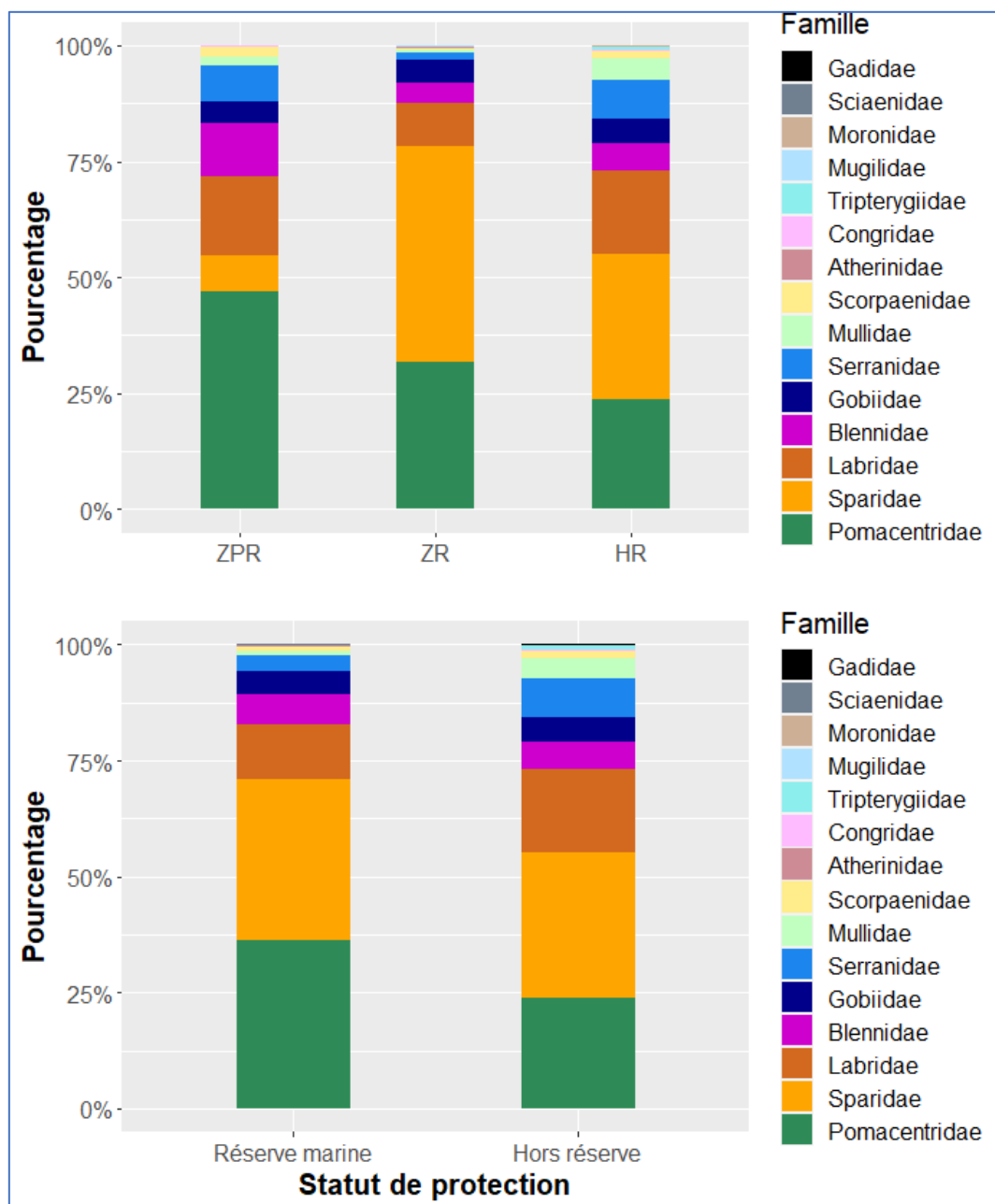


Figure 15 : Composition de l'ichtyofaune par famille et par zone

On observe que la composition de l'ichtyofaune est proche entre les différentes zones d'étude. En effet, le peuplement est toujours dominé par 3 familles :

- Sparidés : L'espèce largement dominante est la boguie (*Boops boops*), suivi de la mendole (*Spicara maena*) et du sar à commun (*Diplodus sargus*) ;
- Pomacentridés : se compose que d'une seule espèce, la castagnole (*Chromis chromis*) ;
- Labridés : Le rouquié (*Cténolabrus rupestris*) et la girelle commune (*Coris julis*) sont les espèces dominantes.

Les Sparidés et les Pomacentridés représentent entre 50 et 75% du peuplement dans chacune des zones, et plus de 10% pour les labridés.

De légères différences semblent toutefois se dessiner dans la composition de l'ichtyofaune entre les zones protégées ou non. Ainsi, le peuplement se compose davantage de Serranidés, de Mullidés et de Labridés, dans la zone hors réserve qu'à l'intérieur.

**La composition de l'ichtyofaune est globalement proche dans les différentes zones.**

**3 familles sont dominantes entre les zones et dedans et hors de la réserve :**

- Sparidés : bogue, sar à tête noire et sar commun ;
- Pomacentridés : castagnole ;
- Labridés : rouquiés et girelle.

**Les mullidés, labridés et serranidés sont davantage observés hors de la réserve, rendant le peuplement plus hétérogène.**



Figure 16 : Sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*) et girelle mâle (*Coris julis*) observés sur le site de Cousanço (ZR)

### 3.1.1.3. Abondance

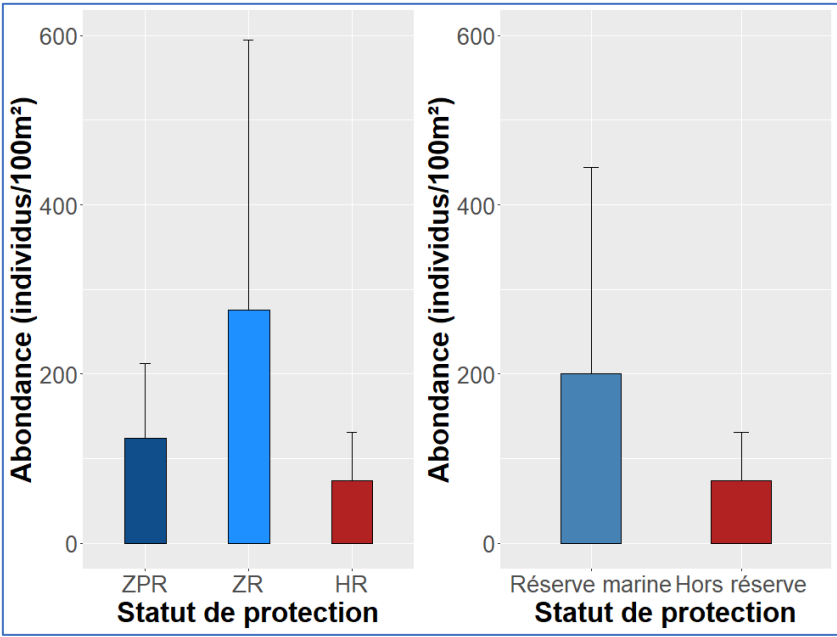


Figure 17 : Abondance totale moyenne (et écart-type) de l'ichtyofaune dans les différentes zones étudiées

Tableau 12 : Valeurs de l'abondance totales des poissons dans les différentes zones étudiées (moyenne ± écart-type)

|                                 | ZPR        | ZR          | HR        | Réserve marine | Hors réserve |
|---------------------------------|------------|-------------|-----------|----------------|--------------|
| <b>Abondance (indiv./100m²)</b> | 124 (± 89) | 276 (± 318) | 74 (± 57) | 200 (± 244)    | 74 (± 57)    |

Tableau 13 : Résultats des comparaisons d'abondance des individus. Test utilisé : Kruskal-Wallis pour les zones, Wilcoxon pour l'effet « réserve »

| Zones    |                | Effet réserve |                        |
|----------|----------------|---------------|------------------------|
| p-value  | Comparaison    | p-value       | Comparaison            |
| 0.004168 | ZR > HR et ZPR | 0.002222      | Réserve > Hors réserve |

Les tests statistiques démontrent que l'abondance totale de poissons est supérieure dans la Zone Règlementée (ZR) que Hors Réserve (HR). En revanche, il n'y a pas de différence significative entre la Zone de Protection Renforcée (ZPR) et la zone HR.

En étudiant l'ichtyofaune de la réserve marine dans sa globalité, l'abondance totale y est significativement supérieure à celle hors de la réserve.

**L'analyse de l'abondance de l'ichtyofaune démontre un « effet réserve » : l'ichtyofaune est plus abondante dans la réserve marine que hors de la réserve.**

### 3.1.1.4. Espèces cibles

#### 3.1.1.4.1. Abondance

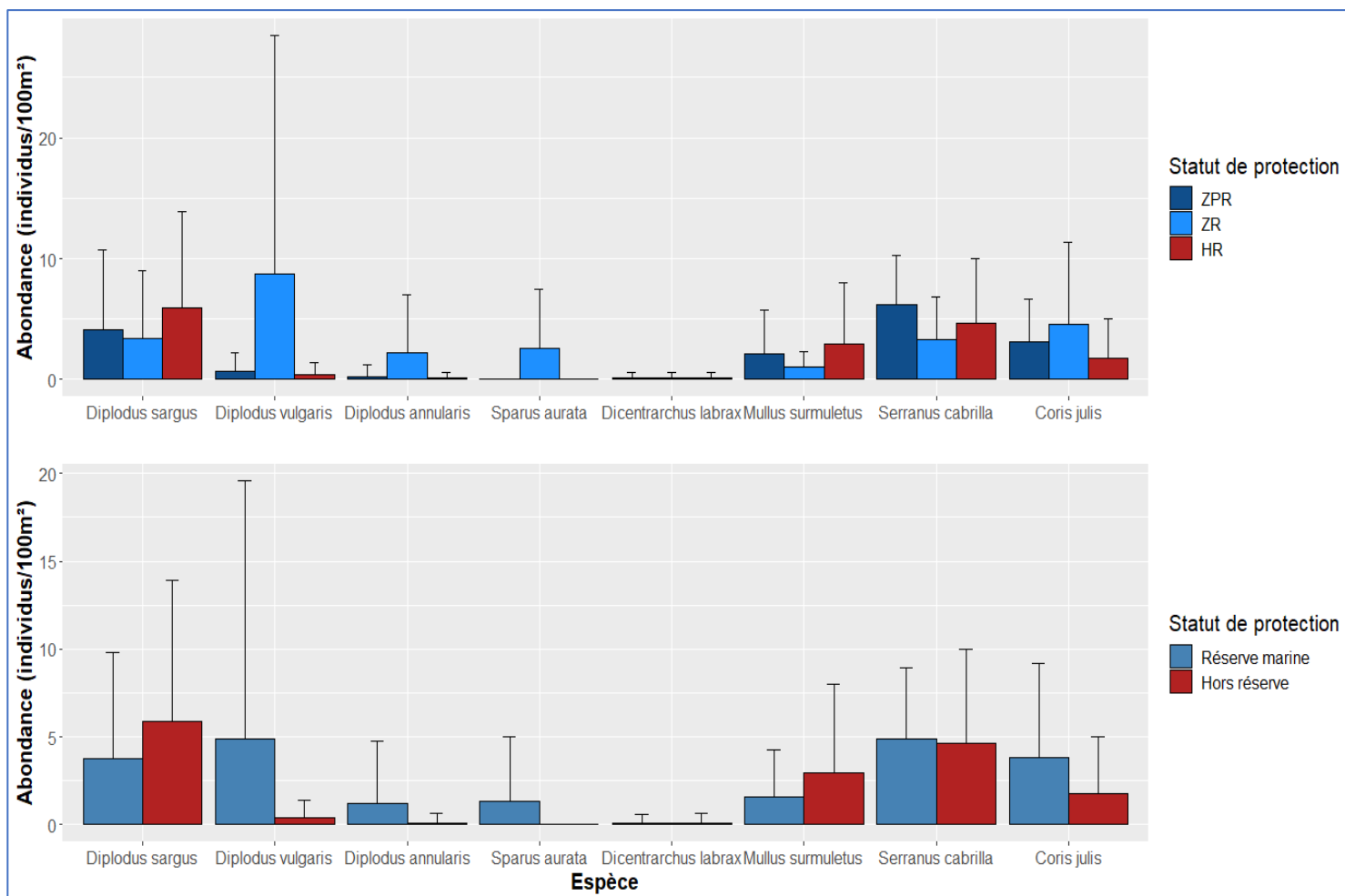


Figure 18 : Abondance moyenne (et écart-type) des huit espèces cibles de poissons selon la zone

Tableau 14 : Résultats des comparaisons d'abondance des individus de chacune des huit espèces cibles de poissons, par zone. Test utilisé : Kruskal-Wallis pour les zones, Wilcoxon pour l'effet « réserve ».

| Nom scientifique            | Nom vernaculaire | Zones    |                                 | Effet réserve |                        |
|-----------------------------|------------------|----------|---------------------------------|---------------|------------------------|
|                             |                  | p-value  | Comparaison                     | p-value       | Comparaison            |
| <i>Diplodus sargus</i>      | Sar commun       | 0.7951   | Pas de différence               | 0.5028        | Pas de différence      |
| <i>Diplodus vulgaris</i>    | Sar à tête noire | 0.002893 | ZPR et HR < ZR                  | 0.04482       | Réserve > Hors réserve |
| <i>Diplodus annularis</i>   | Sparaillon       | 0.01057  | ZPR et HR < ZR                  | 0.1263        | Pas de différence      |
| <i>Sparus aurata</i>        | Dorade royale    | -        | -                               | -             | -                      |
| <i>Dicentrarchus labrax</i> | Loup             | 1        | Pas de différence               | 1             | Pas de différence      |
| <i>Mullus surmuletus</i>    | Rouget de roche  | 0.7992   | Pas de différence               | 0,5228        | Pas de différence      |
| <i>Serranus cabrilla</i>    | Serran chevette  | 0.001955 | ZPR > ZR<br>HR = ZR<br>ZPR = HR | 0.6572        | Pas de différence      |
| <i>Coris julis</i>          | Girelle commune  | 0.05172  | ZR et ZPR > HR                  | 0.01534       | Réserve > Hors réserve |

Le nombre d'individus pour chacune des 8 espèces cibles est plus faible lors du suivi 2023 comparé au suivi de 2022 (Jouvenel J.-Y et al, 2022), avec en moyenne 5 individus supplémentaires par 100 m<sup>2</sup> pour chaque espèce.

Les tests statistiques ont démontré des différences d'abondance significatives entre les différentes zones pour certaines espèces cibles. En effet, le sar à tête noire et la girelle commune sont plus abondants dans la réserve qu'en dehors, tout comme ce qui a été observé pendant le suivi de 2022 (Jouvenel J.-Y et al, 2022), auquel s'ajoutait le sar commun et la dorade royale. Pour le sar à tête noire son abondance est plus élevée dans la ZPR et/ou la ZR, que hors de la réserve. Quant au sparillon, son abondance est plus élevée dans la ZR que dans la ZPR et que hors réserve.

Aucunes différences statistiques significatives n'ont été constatées pour l'abondance du sar commun, le loup et le rouget de roche entre les zones. A la différence, du serran chevrette, et du sparillon qui ont des abondances moyennes significativement différentes entre les zones, mais en combinant l'abondance de chaque espèce des deux zones de la réserve, on n'observe pas d'effet réserve.

**On observe un « effet réserve » pour seulement 2 espèces cibles : le sar à tête noire et la girelle commune, qui sont plus abondants dans la réserve que hors de la réserve.**

#### 3.1.1.4.2. Taille

Comme le montrent les abondances des espèces cibles, les effectifs sont variables selon la zone, ce qui rend les comparaisons peu pertinentes lorsqu'un effectif trop faible (< 30 individus) est observé. Le tableau suivant met en exergue les zones pour lesquelles chaque espèce présente un effectif trop faible pour comparer les tailles.

Tableau 15 : Effectif des espèces cibles dans chaque zone. En rouge, les effectifs insuffisants pour permettre une comparaison (< 30).

| Nom scientifique            | Nom vernaculaire | Statut de protection |      |       |
|-----------------------------|------------------|----------------------|------|-------|
|                             |                  | HR                   | ZPR  | ZR    |
| <i>Diplodus sargus</i>      | Sar commun       | 165                  | 120  | 95    |
| <i>Diplodus vulgaris</i>    | Sar à tête noire | 10                   | 17,5 | 235   |
| <i>Diplodus annularis</i>   | Sparaillon       | 2,5                  | 5    | 52,5  |
| <i>Mullus surmuletus</i>    | Rouget de roche  | 80                   | 50   | 27,5  |
| <i>Serranus cabrilla</i>    | Serran chevrette | 147,5                | 230  | 102,5 |
| <i>Coris julis</i>          | Girelle commune  | 42,5                 | 97,5 | 132,5 |
| <i>Dicentrarchus labrax</i> | Loup             | 2,5                  | 2,5  | 2,5   |
| <i>Sparus aurata</i>        | Dorade royale    | 0                    | 0    | 65    |

Aucune comparaison de taille ne sera donc réalisée pour le loup, la dorade royale, le sparillon et le sar à tête noire. Pour le rouget, seules les tailles de la HR et ZPR peuvent être comparées. Pour le serran chevrette, le sar commun et la girelle commune, toutes les zones peuvent être comparées.

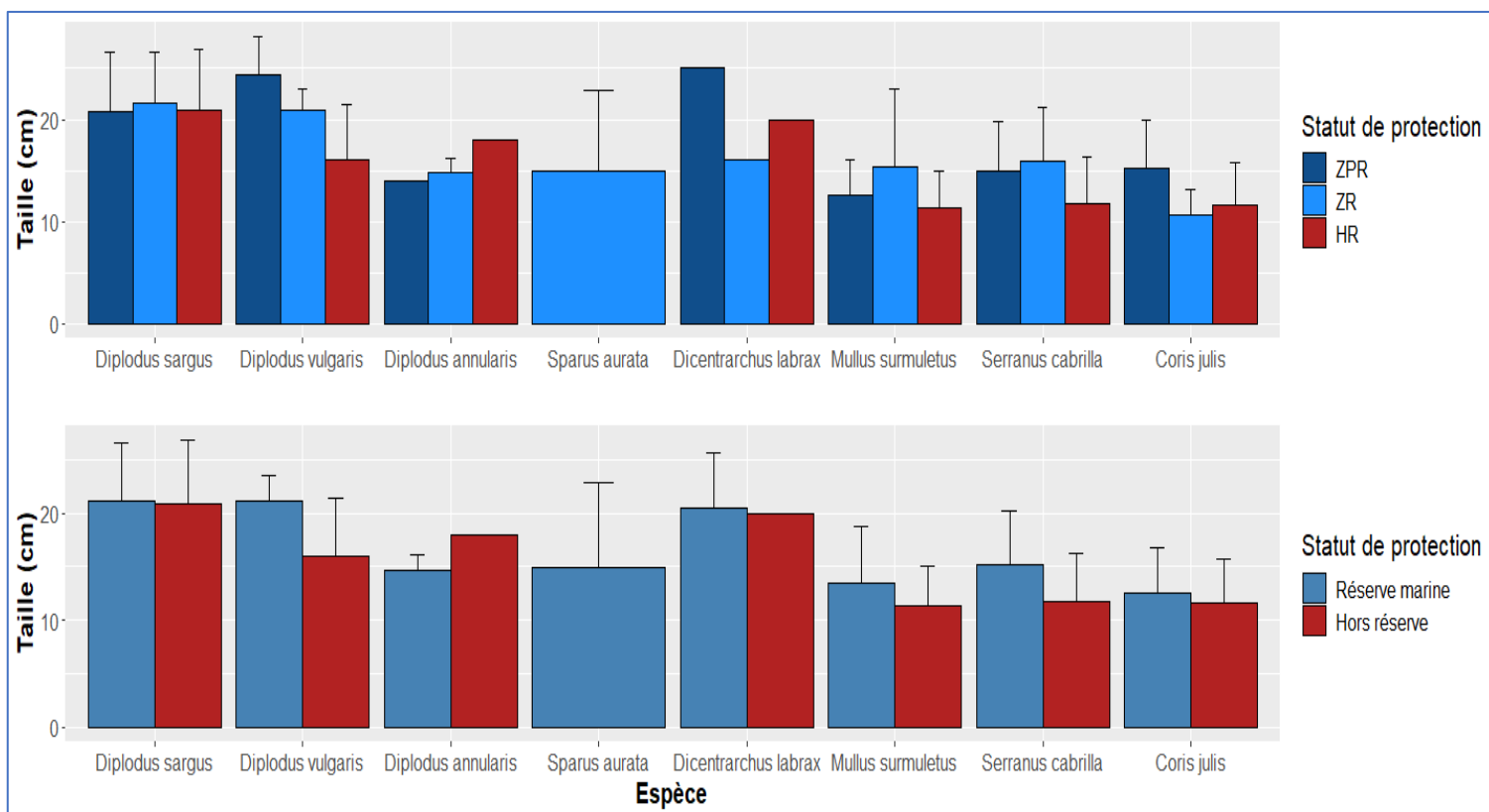


Figure 19 : Taille moyenne (et écart-type) de huit espèces cibles de poissons selon la zone

Tableau 16 : Taille moyenne des espèces cibles

| Nom scientifique            | Nom vernaculaire | Statut de protection |                      |                           |                      |
|-----------------------------|------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
|                             |                  | ZPR                  | ZR                   | Réserve marine (ZPR + ZR) | HR                   |
| <i>Diplodus sargus</i>      | Sar commun       | 20,7 (±5,7) cm       | 21,6 (±5,0) cm       | 21,1 (±5,5) cm            | 20,9 (± 5,9) cm      |
| <i>Diplodus vulgaris</i>    | Sar à tête noire | effectif insuffisant | 21,0 (±2) cm         | effectif insuffisant      | effectif insuffisant |
| <i>Diplodus annularis</i>   | Sparaillon       | effectif insuffisant | 14,7 (±1,4) cm       | effectif insuffisant      | effectif insuffisant |
| <i>Mullus surmuletus</i>    | Rouget de roche  | 12,6 (± 3,5) cm      | effectif insuffisant | 13,4 (± 5,3) cm           | 11,4 (±3,6) cm       |
| <i>Serranus cabrilla</i>    | Serran chevrette | 14,9 (± 4,9) cm      | 15,9 (± 5,3) cm      | 15,2 (±5,0) cm            | 11,8 (±4,5) cm       |
| <i>Coris julis</i>          | Girelle commune  | 15,2 (± 4,7) cm      | 10,7 (± 2,4) cm      | 12,6 (±4,2) cm            | 11,6 (±4,2) cm       |
| <i>Dicentrarchus labrax</i> | Bar commun       | effectif insuffisant | effectif insuffisant | effectif insuffisant      | effectif insuffisant |
| <i>Sparus aurata</i>        | Dorade royale    | effectif insuffisant | 14,9 (±7,9) cm       | effectif insuffisant      | effectif insuffisant |

Tableau 17 : Résultats des comparaisons de taille des individus de 4 espèces cibles de poissons, par zone. Test utilisé : Kruskal-Wallis pour les zones, Wilcoxon pour l'effet « réserve ».

| Nom vernaculaire | Comparables   | Zones     |                   | Effet réserve        |                        |
|------------------|---------------|-----------|-------------------|----------------------|------------------------|
|                  |               | p-value   | Comparaison       | p-value              | Comparaison            |
| Sar commun       | ZPR, ZR et HR | 0.2568    | Pas de différence | 0.9576               | Pas de différence      |
| Rouget de roche  | ZPR et HR     | 0.08717   | Pas de différence | Effectif insuffisant |                        |
| Serran chevrette | ZPR, ZR et HR | 2.815e-09 | HR < ZR et ZPR    | 6.121e-10            | Hors réserve < Réserve |
| Girelle commune  | ZPR, ZR et HR | 2.828e-11 | ZPR > ZR et HR    | 0.4041               | Pas de différence      |

Les tests statistiques ont démontré des différences significatives de taille entre les différentes zones pour certaines espèces cibles.

Les résultats sont exprimés dans le tableau précédent. Il en ressort que la taille du serran chevrette est supérieure dans la ZPR (14,9 (± 4,9) cm) et la ZR (15,9 (± 5,3) cm), que hors de la réserve (12,0 (± 2,2) cm). En regroupant la ZPR et la ZR, on observe que les serrans chevrette sont plus grands à l'échelle de la réserve (15,2 (±5,0) cm) qu'en dehors de celle-ci (12,0 (± 2,2) cm), démontrant un effet réserve pour cette espèce.

Il n'y a pas de différence de taille entre la réserve et hors réserve pour le sar commun, le rouget de roche, et la girelle commune. Seule la girelle a une taille significativement différente entre les 2 zones de la réserve, dans la zone ZPR, les tailles sont supérieures à la zone ZR.

Étant donné que les effectifs de seulement une espèce, le serran chevrette, permet de tester un « effet réserve » concernant sa taille, une analyse supplémentaire est proposée. La structure de taille de cette espèce cible est présentée ci-après. Elle permettra d'analyser la répartition des individus par catégories de tailles.



Figure 20 : Banc de serran-chevrette (*Serranus cabrilla*) au deuxième plan

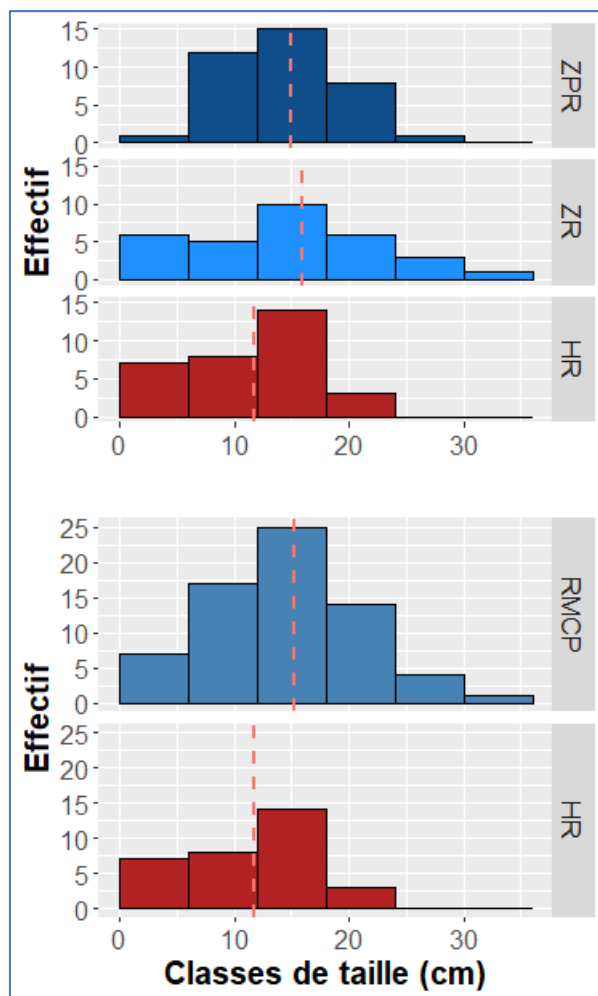


Figure 21 : Structure de tailles du serran chevrette (taille moyenne en pointillés rouge)

Ce graphique indique des différences dans la répartition des tailles du serran chevrette entre les individus de la réserve et ceux hors de la réserve.

On retrouve majoritairement des individus adultes (>7,8 cm (maturité sexuelle)) dans les 2 zones de la réserve. Ces individus adultes sont de plus grande taille que hors de la réserve, allant 22 à 30 cm, dans les 2 zones de la réserve, et jusqu'à 36 cm dans la zone ZR. En effet, hors de la réserve ce sont les juvéniles (<7,8 cm) qui dominent.

**Il n'y a pas de différence de taille entre la réserve et hors réserve pour le sar commun, le rouget de roche, et la girelle commune.**

**Seule la taille moyenne du serra chevrette est plus importante dans la réserve (15,2 (± 5,0) cm) qu'en dehors (11,8 (± 4,5) cm). Pour cette espèce, il y a davantage de gros individus adultes dans la réserve et plus de juvéniles à l'extérieur de la réserve.**

### 3.1.2. Suivi sur les récifs artificiels

Pour chaque récif, deux comptages ont été effectués. Les valeurs du tableau de synthèse des effectifs correspondent aux données d'un seul comptage pour chaque récif.

Tableau 18. Synthèse des effectifs par récif pour le suivi de 2023

| Espèce par famille                | Nom vernaculaire         | r1 buse | R1 cube | R9 cube | HR1 cube     | HR4 buse | HR6 cube | Total par espèce |
|-----------------------------------|--------------------------|---------|---------|---------|--------------|----------|----------|------------------|
|                                   |                          | Réserve |         |         | Hors réserve |          |          |                  |
| Crustacés                         |                          |         |         |         |              |          |          |                  |
| <i>Necora puber</i>               | Etrille commune          |         |         | 1       |              |          |          | 1                |
| <i>Palinurus elephas</i>          | Langouste rouge          |         | 1       |         |              |          |          | 1                |
| Poissons                          |                          |         |         |         |              |          |          |                  |
| Blennidae                         |                          | ✓       | ✓       | ✓       |              |          |          | 0                |
| <i>Lipophrys trigloides</i>       | Blennie trigloïde        |         | 5       | 1       |              |          |          | 6                |
| <i>Parablennius gattorugine</i>   | Cabot                    |         | 2       |         |              |          |          | 2                |
| <i>Parablennius pilicornis</i>    | Blennie pilicorne        |         | 2       |         |              |          |          | 2                |
| <i>Parablennius rouxi</i>         | Blennie de roux          | 1       | 2       | 9       |              |          |          | 12               |
| Congridae                         |                          |         |         |         |              | ✓        |          |                  |
| <i>Conger conger</i>              | Congre                   |         |         |         |              | 1        |          | 1                |
| Gadidae                           |                          |         | ✓       |         |              |          |          |                  |
| <i>Trisopterus capellanus</i>     | Capelan de Méditerranée  |         | 10      |         |              |          |          | 10               |
| Gobidae                           |                          |         | ✓       |         |              |          |          |                  |
| <i>Gobius geniporus</i>           | Gobie à joues poreuses   |         | 100     |         |              |          |          | 100              |
| <i>Gobius sp</i>                  | Gobie sp                 |         | 50      |         |              |          |          | 50               |
| Labridae                          |                          |         | ✓       | ✓       |              |          |          |                  |
| <i>Ctenolabrus melanocercus</i>   | Crénilabre à queue noire |         | 2       | 4       |              |          |          | 6                |
| <i>Ctenolabrus rupestris</i>      | Rouquié                  |         | 10      | 11      |              |          |          | 21               |
| <i>Labrus viridis</i>             | Labre vert               |         |         | 1       |              |          |          | 1                |
| <i>Symphodus mediterraneus</i>    | Crénilabre méditerranéen |         | 1       | 2       |              |          |          | 3                |
| <i>Symphodus roissali</i>         | Crénilabre à cinq taches |         |         | 8       |              |          |          | 8                |
| Phycidae                          |                          |         | ✓       | ✓       |              |          |          |                  |
| <i>Phycis phycis</i>              | Mostelle de roche        |         | 2       | 2       |              |          |          | 4                |
| Pomacentridae                     |                          |         |         | ✓       |              |          |          |                  |
| <i>Chromis chromis</i>            | Castagnole               |         |         | 37      |              |          |          | 37               |
| Sciaenidae                        |                          |         |         | ✓       |              |          |          |                  |
| <i>Sciaena umbra</i>              | Corb                     |         |         | 1       |              |          |          | 1                |
| Scorpaenidae                      |                          |         | ✓       | ✓       | ✓            | ✓        | ✓        |                  |
| <i>Scorpaena notata</i>           | Petite rascasse rouge    |         | 5       | 16      |              | 1        | 2        | 24               |
| <i>Scorpaena porcus</i>           | Rascasse brune           |         | 5       | 1       | 1            |          | 1        | 8                |
| <i>Scorpaena scrofa</i>           | Chapon                   |         | 1       | 1       |              |          |          | 2                |
| Serranidae                        |                          | ✓       | ✓       | ✓       | ✓            | ✓        | ✓        |                  |
| <i>Serranus cabrilla</i>          | Serran-chèvre            | 6       | 7       | 6       | 1            | 1        | 1        | 22               |
| Sparidae                          |                          |         | ✓       |         |              |          |          | 0                |
| <i>Pagrus pagrus</i>              | Pagre                    |         | 1       |         |              |          |          | 1                |
| Tripterygiidae                    |                          |         |         | ✓       |              |          |          | 0                |
| <i>Tripterygion tripteronotum</i> | Triptérygion rouge       |         |         | 6       |              |          |          | 6                |
| Total par récif                   |                          | 7       | 206     | 107     | 2            | 3        | 4        | 329              |

Au total, 329 individus ont été comptabilisés sur l'ensemble des récifs situés dans la réserve et hors réserve.

Les moyennes d'abondances sur les récifs de la réserve et les récifs hors réserve (Figure 22) montrent une abondance moyenne supérieure sur les récifs de la réserve ( $106,67 \pm 100$  individus contre  $3 \pm 1$ ). Les mêmes types de structures sont prospectées dans la réserve et en dehors, pour chaque cas, deux structures de type « cube » et une structure de type « buse » ont été inventoriées. Au niveau de la réserve, les résultats sont très variables suivant les récifs, d'où un écart type important.

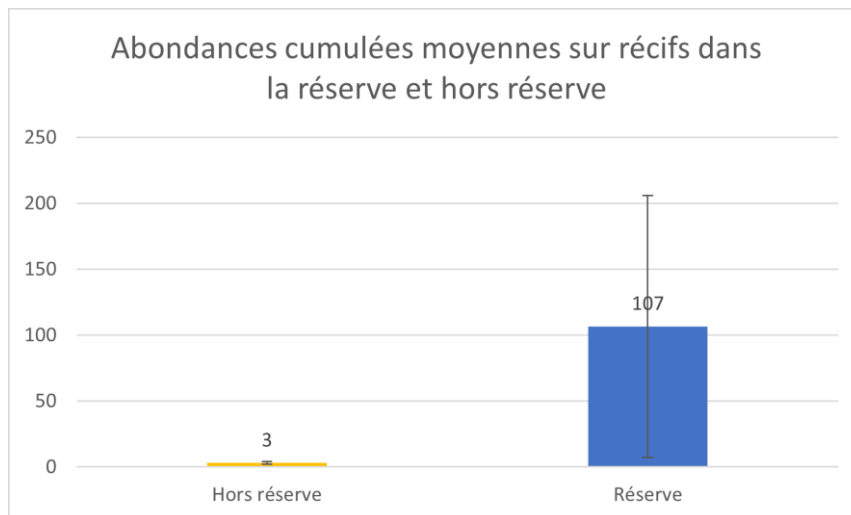


Figure 22 : Moyenne d'abondance de l'ichtyofaune hors réserve et dans la réserve.

L'analyse des abondances par récifs montre en effet que le récif R1 cube, situé dans la réserve, présente des valeurs bien supérieures aux autres récifs (Figure 23).

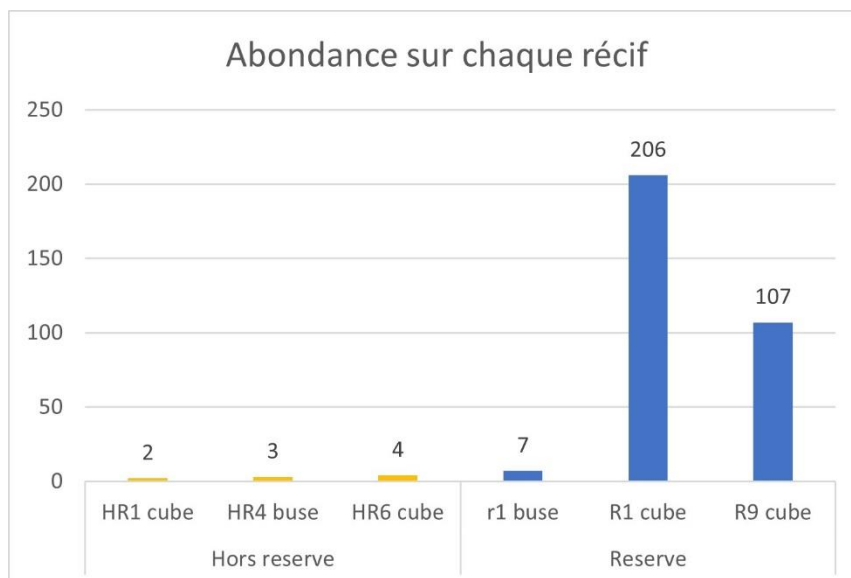


Figure 23 : Abondance totale par récif situé en dehors de la réserve (HR6, HR4, HR1) ou dans la réserve (R1, r1, r9)

L'abondance est nettement plus importante sur les récifs R1 et R9, situés dans la réserve. Ces deux récifs sont de type « cube ». Hors réserve, l'abondance est trop faible pour souligner une différence entre les récifs.

Les récifs présents dans la réserve ont une richesse spécifique supérieure à ceux présent en dehors de la réserve. La richesse spécifique moyenne des récifs à l'intérieur de la réserve ( $20,3 \pm 14,8$ ) est grandement supérieure à celle des récifs à l'extérieur de la réserve ( $2,7 \pm 0,6$ ) (Figure 24). Les récifs présentant la plus grande richesse spécifique sont les deux récifs cube (R1 et R9) de la réserve.

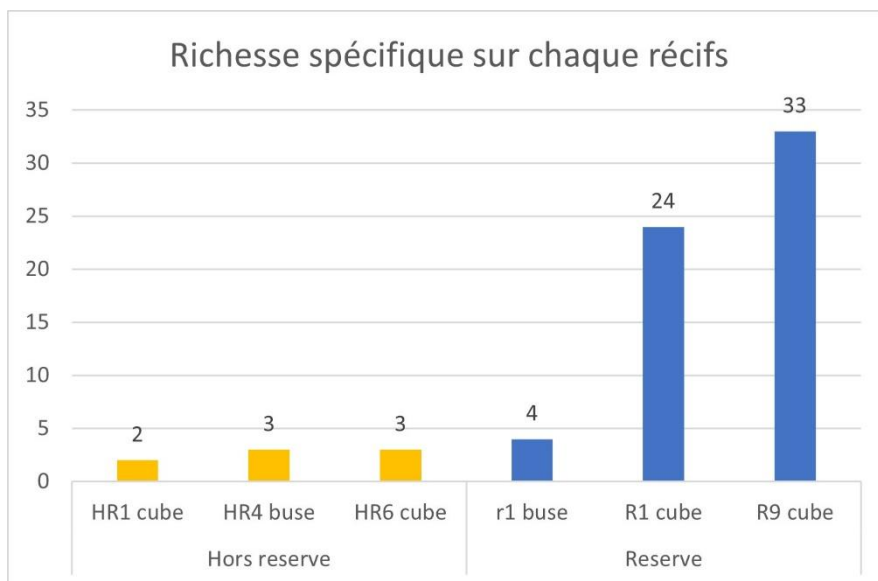


Figure 24 : Richesse spécifique sur les récifs hors réserve (HR6, HR4 et HR1) et de la réserve (R1, r1 et r9) en 2023

L'indice de diversité de Shannon montre que les récifs présentant la plus grande diversité spécifique sont les deux récifs cube dans la réserve. L'indice d'équitabilité de Pielou, lui, a vocation à évaluer le poids de chaque espèce dans l'occupation de l'espace. S'il tend vers 1, les espèces sont représentées par une quantité d'individus similaire, s'il tend vers 0, il y a une certaine disparité de représentation pour les espèces présentes. Hors réserve, les différentes espèces sont toutes représentées par un voir deux individus, le résultat n'est donc pas représentatif. Dans la réserve pour les modules cube en revanche, on peut estimer que les populations sont mieux réparties sur le récif R9 que sur le récif R1. Cela est vraisemblablement dû à la forte présence de Gobidés au niveau de ce dernier.

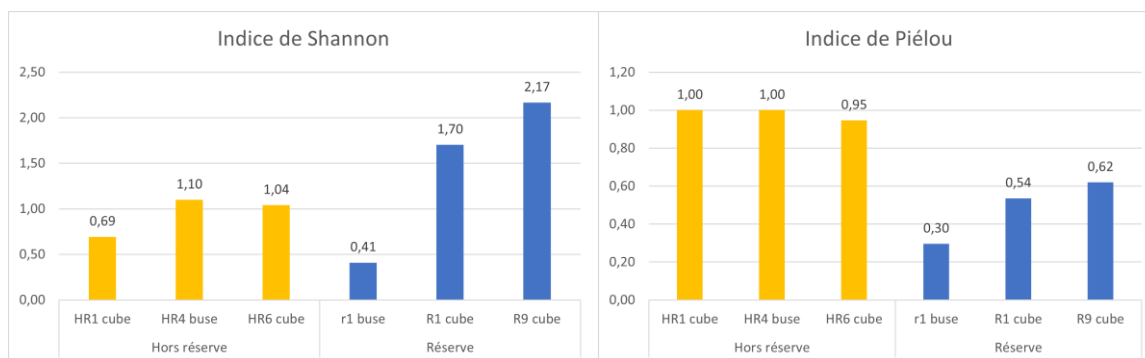


Figure 25 : Indice de Shannon et de Pielou sur les récifs hors réserve (HR6, HR4 et HR1) et dans la réserve (R1, r1 et r9)

**En 2023, l'abondance est supérieure pour les récifs situés dans la réserve (en moyenne,  $106,7 \pm 100$  individus en réserve contre  $3 \pm 1$  individus hors réserve). Le récif R9, situé au cœur de la réserve, présente l'abondance la plus importante parmi tous les récifs mais la majorité des individus observés étaient des gobies juvéniles.**

**Les récifs de la réserve présentent une richesse spécifique supérieure à celles des récifs hors réserve (moyenne respectives  $20,3 \pm 14,8$  et  $2,7 \pm 0,6$  espèces).**

**Les indices de diversité et d'équitabilité sont variables pour les récifs inventoriés. On peut cependant considérer que les récifs cube de la réserve présentent une diversité supérieure aux autres récifs inventoriés. De ces deux récifs, le module R9 cube est celui pour lequel les indices de diversité et d'équité sont les meilleurs.**

### 3.1.1. Suivi de l'indicateur de pressions sur le fond : les gorgones blanches

#### 3.1.1.1. Abondance

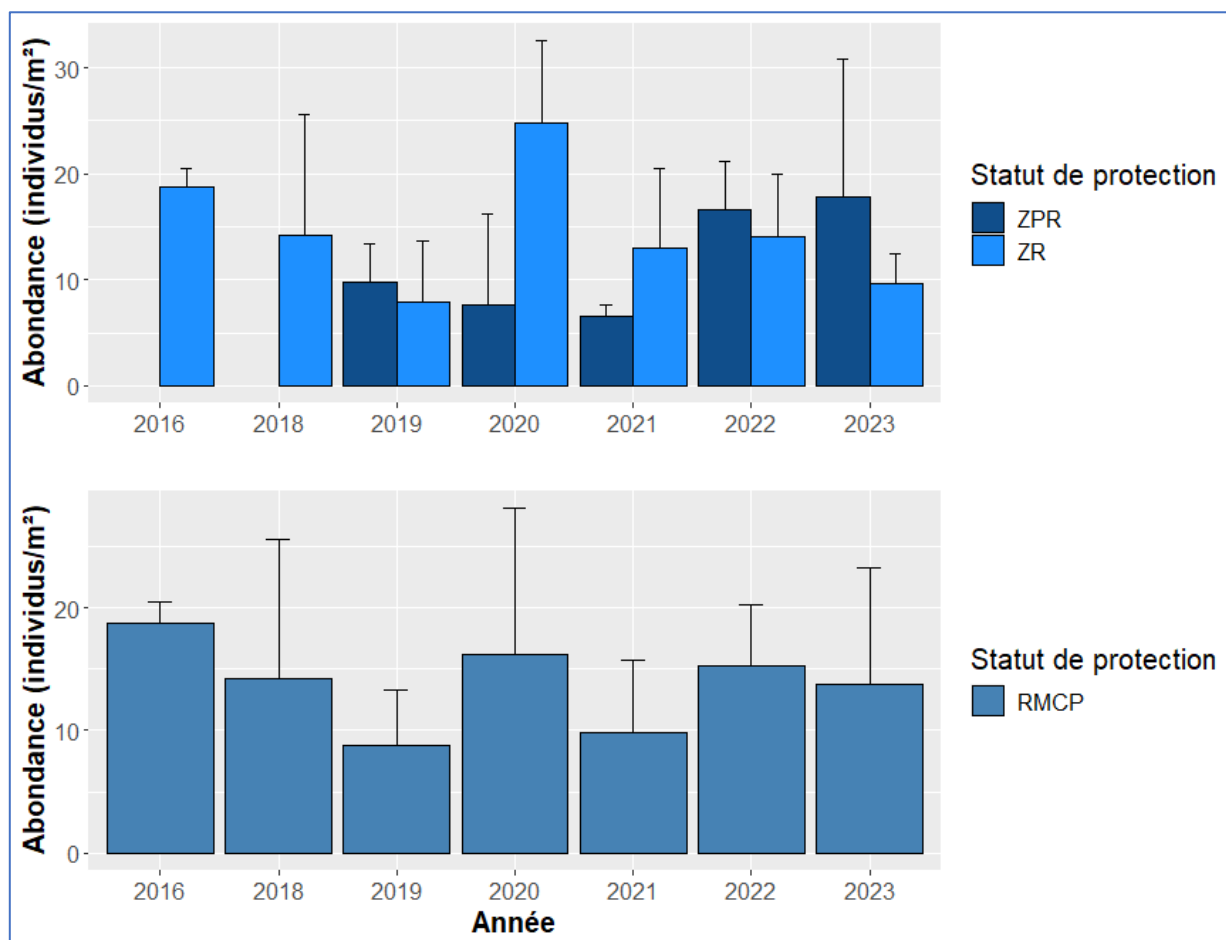


Figure 26 : Abondance moyenne (et écart-type) des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve

Le suivi des gorgones dans une deuxième zone, la ZPR, a débuté en 2019. Il n'est donc possible de comparer les deux zones de la réserve qu'à partir de cette année-là. L'abondance moyenne des gorgones blanches semble être plus élevée dans la ZR que dans la ZPR en 2020. Cependant, l'analyse statistique ne révèle pas de différence significative, ni pour 2020, ni pour 2019, 2021, 2023 et 2023. On peut donc en conclure que l'abondance de cette espèce est homogène dans les deux zones.

L'abondance moyenne des gorgones blanches à l'échelle de la réserve est comprise entre un maximum de 18,8 individus/m² en 2016 et un minimum 8,2 individus/m² en 2019. En 2023, on dénombre 13,7 individus/m². Le nombre des gorgones blanches semble varier dans le temps mais les tests statistiques ne démontrent aucune différence significative. L'abondance des gorgones blanches dans la réserve peut donc être qualifiée de stable. Sa valeur moyenne est de 13,4 ( $\pm 7,9$ ) individus/m² entre 2016 et 2023.

**L'abondance des gorgones blanches est homogène dans les deux zones de la réserve :  
13,7 individus/m² en moyenne en 2023.**

**A l'échelle de la réserve, leur abondance est stable dans le temps :  
13,4 individus/m² en moyenne entre 2016 et 2023.**

### 3.1.1.2. Taux de nécrose

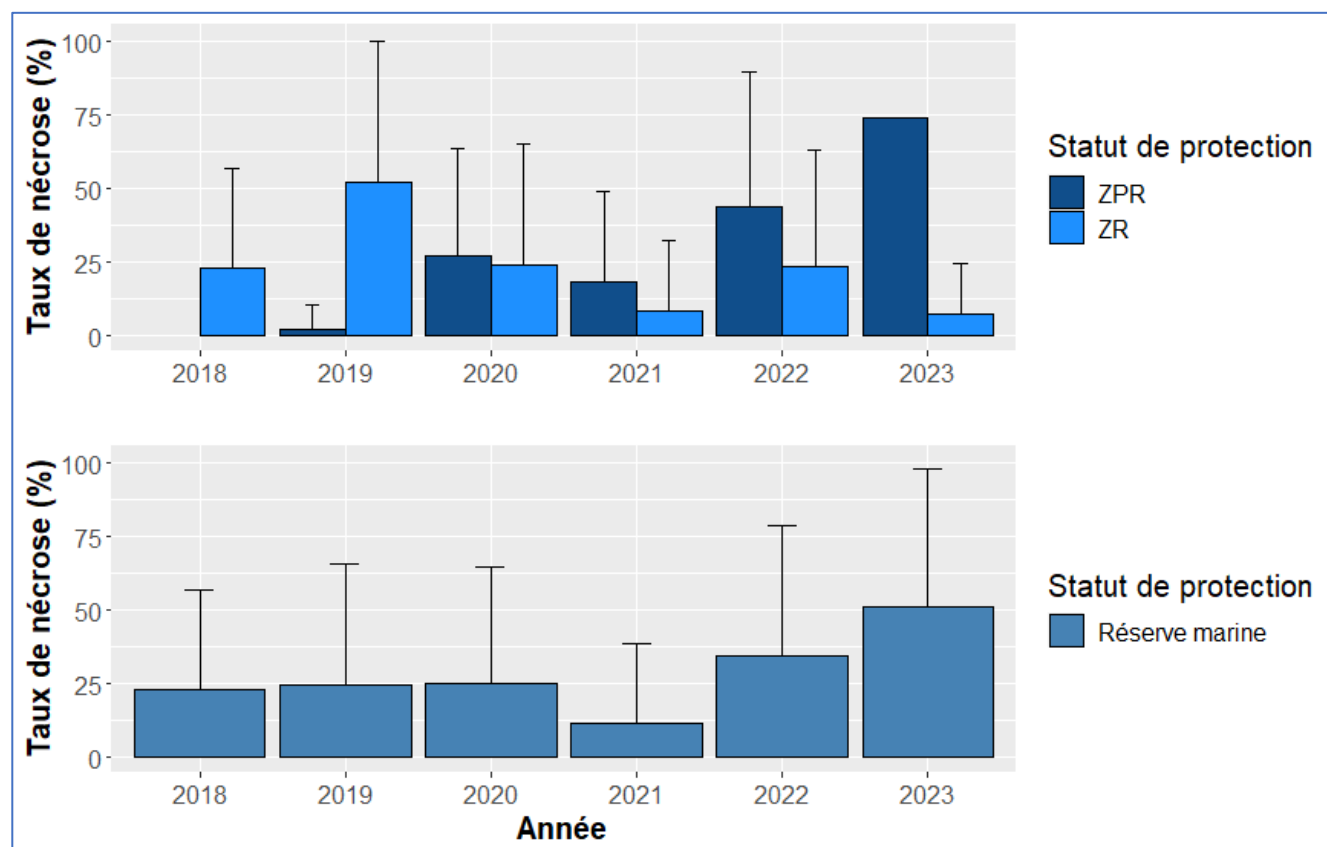


Figure 27 : Taux de nécrose moyen (et écart-type) des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve

Le taux de nécrose des gorgones blanches semble varier entre les deux zones de la réserve selon les années. Les tests statistiques révèlent en effet des différences pour 2019, 2021, 2023 et 2023. On observe un épisode de nécrose important en 2019 dans la ZR, où ce taux est supérieur à 50% alors qu'il est inférieur à 10% dans la ZPR. En revanche, c'est dans la ZPR qu'il est plus élevé et croissant de 2021 à 2023. Le taux de nécrose moyen en 2023 est de 74,4 ( $\pm 41,5$ ) dans la ZPR et de 7,5% ( $\pm 17,4$ ) dans la ZR.

A l'échelle de la réserve, on voit graphiquement que le taux de nécrose est stable de 2018 à 2020. Il chute ensuite en 2021 puis augmente à nouveau en 2023 et 2023. Ces observations sont confirmées par l'analyse statistique. Cette analyse indique que le taux de nécrose en 2023 est significativement supérieur à celui de 2023, lui-même supérieur à 2021. A l'échelle de la réserve, le taux de nécrose moyen est de 51,0% ( $\pm 47,4$ ) en 2023.

**Le taux de nécrose est croissant au niveau de la ZPR.**

**Les gorgones de la ZPR semblent subir une pression importante depuis 2021.**



Figure 28 : gorgones blanches (*Eunicella singularis*) et poulpe commun (*Octopus vulgaris*) du site de Cousança (ZR)

#### 3.1.1.1. Taille

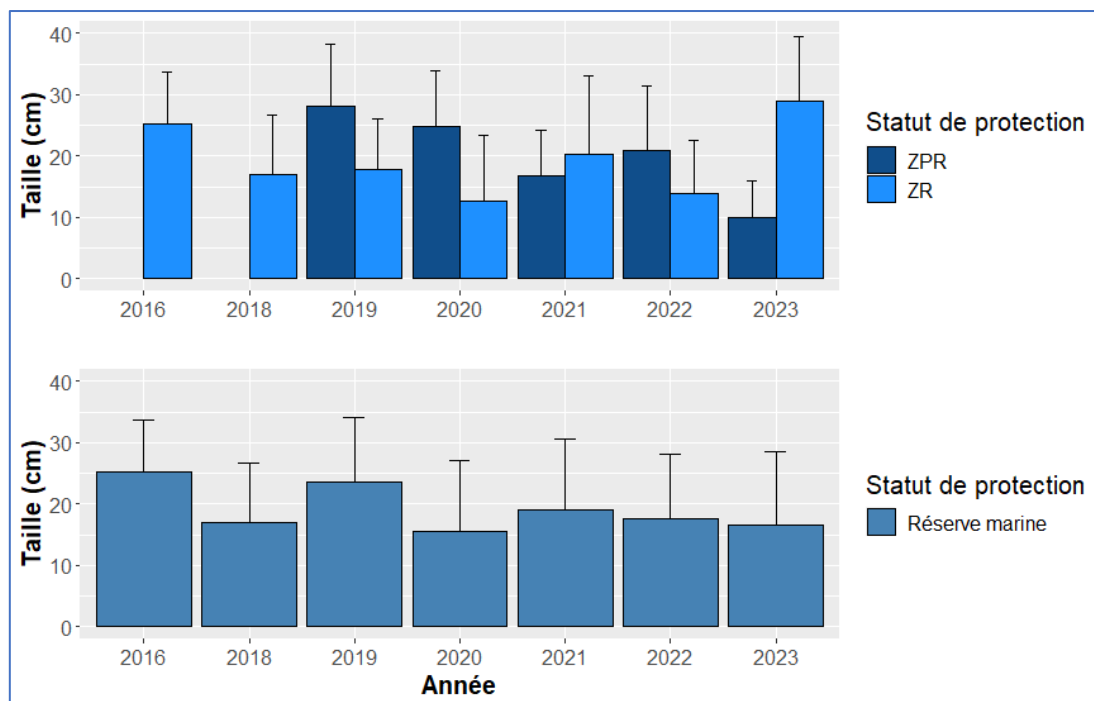


Figure 29 : Taille moyenne (et écart-type) des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve

L'analyse de la taille des gorgones blanches révèle des différences entre les deux zones de la réserve pour les années 2019, 2020 et 2023. Pour ces trois années, la taille des gorgones est plus élevée dans la ZPR que dans la ZR. Cependant, contrairement aux années précédentes, la taille des gorgones est moins élevée dans la ZPR que dans la ZR : une grande majorité de juvéniles a été trouvée sur le site de Porquières. La taille moyenne des gorgones blanches en 2023 est de 10,0 cm ( $\pm 6,1$ ) dans la ZPR et de 28,9 cm ( $\pm 10,6$ ) dans la ZR.

A l'échelle de la réserve, la taille des gorgones blanches semble fluctuer en fonction des années. C'est ce que confirment les tests de comparaison. La taille des gorgones diminue entre 2016 et 2018 puis augmente entre 2018 et 2019 pour diminuer à nouveau entre 2019 et 2020 et ré-augmenter entre 2020 et 2021. Il n'y a pas de différence significative entre 2021 et 2023, ni entre 2023 et 2023. Ces résultats ne permettent pas de détecter

une tendance marquée sur l'évolution de la taille des gorgones blanches au cours du temps. La taille moyenne des gorgones blanches à l'échelle de la réserve en 2023 est de 16,6 cm ( $\pm 12,1$ ).

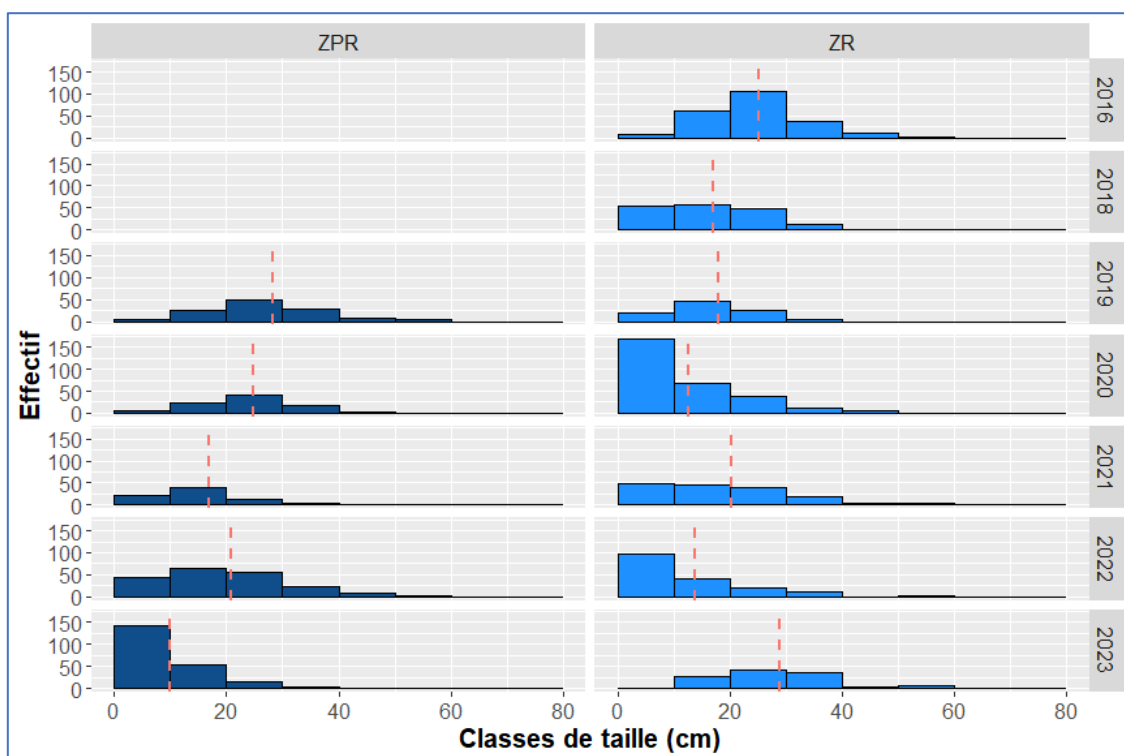


Figure 30 : Structures de tailles des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve (ZR et ZPR). Le trait pointillé rouge représente la moyenne.

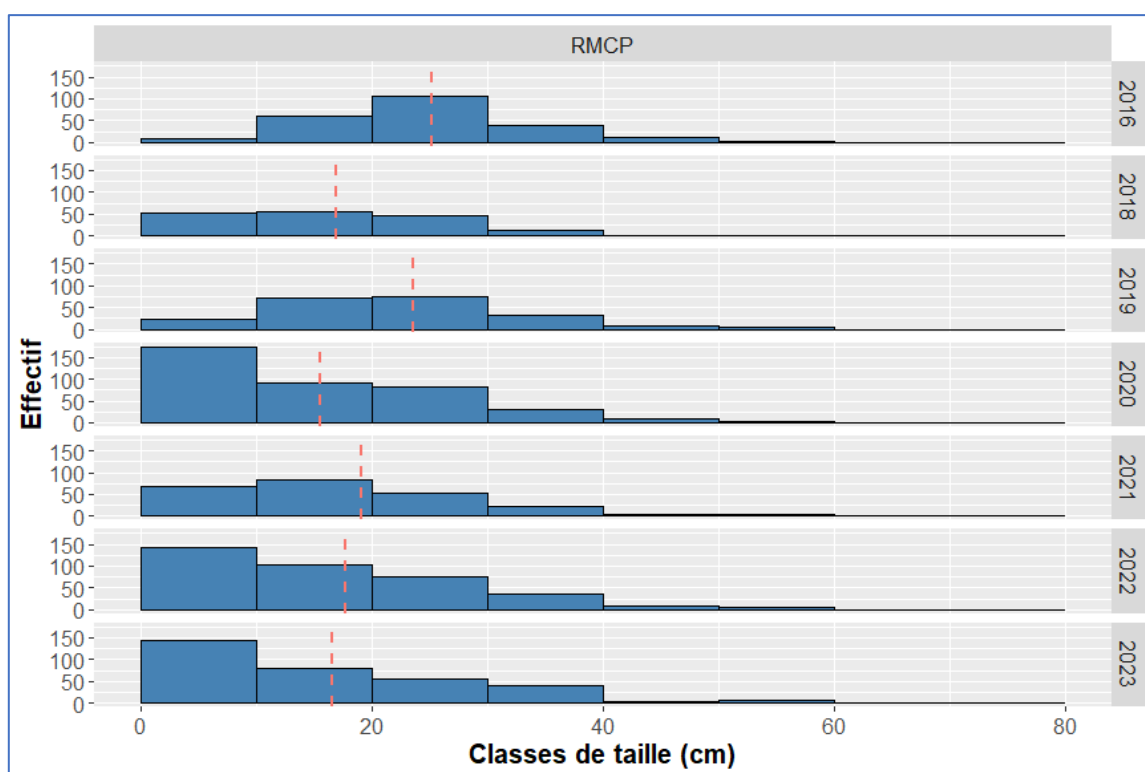


Figure 31 : Structures de tailles des gorgones blanches dans la réserve. Le trait pointillé rouge représente la moyenne.

L'analyse graphique des figures ci-dessus permet de comparer l'évolution de la structure de tailles des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve à partir de 2019. Dans la ZPR, en 2019 et 2020, c'est la classe de

tailles 20-30 cm qui compte la plus forte abondance de gorgones. En 2021 et 2023, c'est la classe de taille inférieure (10-20 cm) qui est majoritaire, en 2023, c'est la classe de taille encore inférieure (0-10 cm). On observe ici une réduction progressive de la taille moyenne des gorgones dans la ZPR. Dans la ZR, en 2016, c'est la classe de taille 20-30 cm qui comprend le plus fort effectif de gorgones. En 2018 et 2019, c'est la classe de tailles inférieure (10-20 cm) qui en comporte le plus, et en 2020, 2021 et 2023, c'est la catégorie de tailles encore en dessous (0-10 cm) qui est majoritaire. La tendance cependant s'inverse en 2023, avec la classe de taille 20-30 cm majoritaire. D'une manière générale, les deux zones montraient une tendance similaire jusqu'à 2023 : le nombre de petits individus tendait à augmenter au cours du temps. Au vu de la différence de tendance entre les précédentes années et le suivi 2023, il est probable qu'une partie de la différence s'explique par la variabilité inhérente au protocole. Du fait de la longueur du transect, des variations au niveau du suivi du cap et des conditions environnementales (visibilité, présence de courant), les colonies suivies d'une année sur l'autre ne sont pas nécessairement identiques.

**La structure de tailles des gorgones dans la ZPR évolue dans le temps :  
les grands individus ont tendance à disparaître et de nombreux juvéniles à apparaître. Au niveau de  
la ZR, cette tendance est remise en question par le suivi 2023.**

**L'apparition des juvéniles est visible dans les deux zones protégées, mais la disparition des grandes  
gorgones est plus marquée dans la ZPR.**

## 3.2. Suivi complémentaire de l'ichtyofaune et de la faune benthique

Les espèces recensées par les plongeurs de la FFESSM sont listées dans les deux tableaux suivants :

Tableau 19 : Liste des espèces d'invertébrés benthiques inventoriées par journée de suivi et indicateur de nombre d'observations.

| Nom scientifique                            | Nom vernaculaire                | 21-mai | 17-juin | 19-août | 10-sept | 24-sept | 19-nov | Nombre d'observations |
|---------------------------------------------|---------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|-----------------------|
| <b>Arthropodes</b>                          |                                 |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Pagurus bernhardus</i>                   | Bernard-l'ermite                | ✓      | ✓       |         | ✓       | ✓       | ✓      | 11                    |
| <i>Necora puber</i>                         | Étrille                         | ✓      | ✓       |         | ✓       |         |        | 7                     |
| <i>Galathea sp.</i>                         | Galathée                        | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 7                     |
| <i>Palinurus elephas</i>                    | Langouste                       |        |         |         | ✓       |         | ✓      | 2                     |
| <b>Ascidies</b>                             |                                 |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Phallusia mammillata</i>                 | Ascidie blanche                 |        | ✓       | ✓       | ✓       |         |        | 5                     |
| <i>Aplidium elegans</i>                     | Ascidie coloniale Fraise de mer |        |         | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 6                     |
| <i>Phallusia fumigata</i>                   | Ascidie Noire                   | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 21                    |
| <i>Halocynthia papillosa</i>                | Ascidie Rouge                   | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 25                    |
| <i>Microcosmus polymorphus</i>              | Ascidie Violet                  | ✓      | ✓       | ✓       |         |         | ✓      | 5                     |
| <b>Bryozoaires</b>                          |                                 |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Reteporella grimaldii</i>                | Dentelle de Neptune             |        | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 10                    |
| <i>Myriapora truncata</i>                   | Faux corail                     |        | ✓       | ✓       |         |         |        | 3                     |
| <i>Pentapora foliacea</i>                   | Rose de mer                     | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       |         |        | 9                     |
| <b>Cnidaires</b>                            |                                 |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Maasella edwardsi</i>                    | Alcyon brun                     | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 27                    |
| <i>Alcyonium coralloides</i>                | Alcyon encroûtant               | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 25                    |
| <i>Alcyonium acaule</i>                     | Alcyon Méditerranéen / digité   |        | ✓       | ✓       |         | ✓       |        | 6                     |
| <i>Paralcyonium spinulosum</i>              | Anémone Alcyon translucide      |        |         | ✓       |         |         |        | 3                     |
| <i>Aiptasia mutabilis</i>                   | Anémone aiptasie verte          | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       |         | ✓      | 21                    |
| <i>Corynactis viridis</i>                   | Anémone bijou                   |        |         |         |         | ✓       |        | 1                     |
| <i>Cribrinopsis crassa</i>                  | Anémone charnue                 | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 11                    |
| <i>Anemonia viridis</i>                     | Anémone verte                   | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 31                    |
| <i>Parazoanthus axinellae</i>               | Anémones jaunes encroûtantes    | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 17                    |
| <i>Cerianthus membranaceus</i>              | Cériante                        | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 22                    |
| <i>Eunicella singularis</i>                 | Gorgone blanche                 | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 32                    |
| <i>Eunicella cavolini</i>                   | Gorgone jaune                   |        |         | ✓       |         |         |        | 1                     |
| <b>Échinodermes</b>                         |                                 |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Marthasterias glacialis</i>              | Étoile de mer glaciale          | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 17                    |
| <i>Echinaster (Echinaster) sepositus</i>    | Étoile de mer rouge             | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 31                    |
| <i>Holothuria (Panningothuria) forskali</i> | Holothurie noire                | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 31                    |
| <i>Holothuria (Holothuria) tubulosa</i>     | Holothurie tubuleuse            | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 25                    |
| <i>Ophiura ophiura</i>                      | Ophiure                         | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 31                    |
| <i>Paracentrotus lividus</i>                | Oursin brun                     | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 24                    |
| <i>Sphaerechinus granularis</i>             | Oursin granuleux                | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 27                    |
| <i>Arbacia lixula</i>                       | Oursin noir                     | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 26                    |

| Éponges                               |                           |    |    |    |    |    |    |                                                                                       |     |
|---------------------------------------|---------------------------|----|----|----|----|----|----|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Axinella polypoides</i>            | Axinelle                  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |    | 11  |
| <i>Clathrina clathrus</i>             | Clathrine jaune           |    |    | ✓  | ✓  |    |    |    | 2   |
| <i>Cliona celata</i>                  | Clione jaune              | ✓  | ✓  |    | ✓  | ✓  | ✓  |    | 19  |
| <i>Cliona viridis</i>                 | Clione verte              | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |    | 24  |
| <i>Spongia (Spongia) officinalis</i>  | Éponge de toilette        |    | ✓  | ✓  | ✓  |    | ✓  |    | 8   |
| <i>Crambe crambe</i>                  | Éponge encroûtante orange | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |    | 20  |
| <i>Petrosia (Petrosia) ficiformis</i> | Éponge Pierre             |    | ✓  | ✓  |    |    | ✓  |    | 6   |
| <i>Chondrosia reniformis</i>          | Éponge Rognon             | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |    | 22  |
| <i>Aplysina aerophoba</i>             | Éponge Verongia           | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |    | 30  |
| Mollusques                            |                           |    |    |    |    |    |    |                                                                                       |     |
| <i>Bolma rugosa</i>                   | Astrée rugeuse            | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |    | 21  |
| <i>Flabellina affinis</i>             | Flabelline mauve          | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |    | 13  |
| <i>Bolinus brandaris</i>              | Murex                     | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |    | 13  |
| <i>Octopus vulgaris</i>               | Poulpe                    |    | ✓  |    | ✓  |    | ✓  |    | 7   |
| <i>Loligo spp.</i>                    | Calmar                    |    | ✓  |    |    |    |    |    | 1   |
| <i>Thuridilla spp.</i>                | Thuridille                | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |    | 22  |
| <i>Lithophaga lithophaga</i>          | Lithophage / datte de mer |    | ✓  |    |    |    |    |    | 2   |
| Végétaux                              |                           |    |    |    |    |    |    |                                                                                       |     |
| <i>Acetabularia acetabulum</i>        | Acétabulaire              |    |    | ✓  | ✓  |    |    |    | 2   |
| <i>Codium bursa</i>                   | Codium en boule           | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |    | 33  |
| <i>Dictyota spp.</i>                  | Dictyote                  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |    | 13  |
| <i>Padina pavonica</i>                | Padine                    |    | ✓  | ✓  | ✓  |    |    |    | 7   |
| <i>Posidonia oceanica</i>             | Posidonie                 |    |    | ✓  |    |    |    |    | 4   |
| <i>Sphaerococcus spp.</i>             | Sphaerocoque              | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |    | 24  |
| Vers                                  |                           |    |    |    |    |    |    |                                                                                       |     |
| <i>Bispira volutacornis</i>           | Bispire                   | ✓  |    | ✓  | ✓  |    | ✓  |  | 7   |
| <i>Bonellia spp.</i>                  | Bonellie                  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |  | 21  |
| <i>Euryleptidae spp.</i>              | Ver plat                  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |  | 19  |
| <i>Protula spp.</i>                   | Protule                   |    | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |  | 16  |
| <i>Sabella spp.</i>                   | Sabelle                   | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |    |    |  | 11  |
| <i>Serpula spp.</i>                   | Serpule                   | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |  | 19  |
| <i>Sabella spallanzanii</i>           | Spirographe               | ✓  |    | ✓  | ✓  | ✓  |    |  | 7   |
| Nombre d'espèces cumulé               |                           | 42 | 51 | 53 | 51 | 41 | 45 |                                                                                       | 924 |
|                                       |                           | 61 |    |    |    |    |    |                                                                                       |     |

Tableau 20 : Liste des espèces de poissons recensées lors du suivi complémentaire

| Nom scientifique                 | Nom vernaculaire          | 21-mai | 17-juin | 19-août | 10-sept | 24-sept | 19-nov | Nombre d'observations |
|----------------------------------|---------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|-----------------------|
| <b>Blennidés</b>                 |                           |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Parablennius rouxi</i>        | Blennie de roux           | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 27                    |
| <i>Parablennius gattorugine</i>  | Blennie gattorugine       |        | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 15                    |
| <i>Parablennius pilicornis</i>   | Blennie pilicorne         | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 9                     |
| <b>Congridés</b>                 |                           |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Conger conger</i>             | Congre                    | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 14                    |
| <b>Gadidés</b>                   |                           |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Phycis phycis</i>             | Mostelle                  |        | ✓       |         | ✓       |         |        | 5                     |
| <b>Gobiidés</b>                  |                           |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Gobius spp.</i>               | Gobie (autre)             |        | ✓       | ✓       | ✓       |         | ✓      | 6                     |
| <i>Gobius cruentatus</i>         | Gobie à bouche rouge      |        |         | ✓       |         |         |        | 1                     |
| <i>Gobius xanthocephalus</i>     | Gobie à tête jaune        | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 26                    |
| <b>Labridés</b>                  |                           |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Labrus mixtus</i>             | Coquette                  |        |         |         | ✓       | ✓       | ✓      | 8                     |
| <i>Centrolabrus melanocercus</i> | Crénilabre à queue noire  |        |         | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 8                     |
| <i>Symphodus mediterraneus</i>   | Crénilabre méditerranéen  |        | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 9                     |
| <i>Symphodus ocellatus</i>       | Crénilabre ocellé         |        |         | ✓       |         |         |        | 2                     |
| <i>Thalassoma pavo</i>           | Crenilabre paon           |        |         |         | ✓       |         | ✓      | 2                     |
| <i>Coris julis</i>               | Girelle                   | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 21                    |
| <i>Labrus merula / viridis</i>   | Labre merle/vert          | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 12                    |
| <i>Ctenolabrus rupestris</i>     | Labre rupestre ou Rouquié | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 21                    |
| <b>Mullidés</b>                  |                           |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Mullus barbatus</i>           | Rouget                    |        | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 15                    |
| <b>Pomacentridés</b>             |                           |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Chromis chromis</i>           | Castagnole                | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 41                    |
| <b>Sciaenidés</b>                |                           |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Sciaena umbra</i>             | Corb                      |        | ✓       |         |         |         |        | 1                     |
| <b>Scorpaenidés</b>              |                           |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Scorpaena scrofa</i>          | Chapon                    |        | ✓       | ✓       |         | ✓       | ✓      | 8                     |
| <i>Scorpaena notata</i>          | Petite Rascasse rouge     | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 27                    |
| <i>Scorpaena porcus</i>          | Rascasse brune            | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 18                    |
| <b>Serranidés</b>                |                           |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Serranus cabrilla</i>         | Serran chevrette          | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 30                    |
| <i>Serranus scriba</i>           | Serran écriture           |        |         |         | ✓       |         | ✓      | 4                     |
| <b>Sparidés</b>                  |                           |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Diplodus sargus</i>           | Sar commun                |        | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 15                    |
| <i>Diplodus vulgaris</i>         | Sar tête noire            |        |         | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 13                    |
| <i>Diplodus annularis</i>        | Sparailon                 |        |         | ✓       |         |         | ✓      | 3                     |
| <i>Spicara maena / smaris</i>    | Mendole/Picarel           |        | ✓       | ✓       |         |         | ✓      | 4                     |
| <i>Oblada melanura</i>           | Oblade                    |        | ✓       |         | ✓       |         | ✓      | 8                     |
| <i>Boops boops</i>               | Bogue                     |        |         | ✓       |         | ✓       |        | 4                     |
| <b>Tripterygiidés</b>            |                           |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Tripterygion spp.</i>         | Triptérygion              | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓      | 12                    |
| <b>Torpedinidés</b>              |                           |        |         |         |         |         |        |                       |
| <i>Torpedo marmorata</i>         | Raie Torpille             |        |         |         |         |         | ✓      | 1                     |
| <b>Nombre d'espèces cumulé</b>   |                           | 12     | 22      | 25      | 24      | 21      | 27     | 390                   |
|                                  |                           | 32     |         |         |         |         |        |                       |

Au total, ce sont 61 espèces d'invertébrés benthiques et 32 espèces de poissons qui ont été recensées par le suivi complémentaire mené par les plongeurs volontaires de la FFESSM. Parmi ces espèces, différentes espèces d'intérêt halieutique comme le chapon (*Scorpaena scrofa*), le serran écriture (*Serranus scriba*) ou le rouget (*Mullus surmuletus*), le sar commun (*Diplodus sargus*) et le sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*) pour les poissons ; le poulpe (*Octopus vulgaris*), le calmar (*Logilo spp.*), le murex (*Bolinus brandari*) et l'astrée (*Bolma rugosa*) pour

les invertébrés. Il est intéressant de noter la présence de corb en juin 2023, espèce protégée par moratoire depuis 2013, ainsi que la présence de posidonies dans la réserve.

A noter qu'il s'agit ici d'un protocole de présence/absence des espèces avec une indication semi-quantitative par le nombre d'observation qui peut être indirectement corrélée avec les abondances. Au total, ce suivi a été réalisé par 30 palanquées en 2023 ce qui est un effort significatif. Comme évoqué ci-dessus, les résultats de la colonne « nombre d'observations » permettent de comparer le nombre d'observations pour chaque espèce. Elles sont semi-quantitatives : si entre 1 et 10 individus de l'espèce concernée sont dénombrés par une palanquée lors de la plongée de suivi, cette palanquée ajoute 1 point au décompte. Si plus de 10 individus sont observés, 2 points sont ajoutés.

## 4. Discussion

---

### 4.1. L'ichtyofaune

L'abondance totale moyenne de l'ichtyofaune recensée dans la réserve est significativement supérieure à celle hors réserve, respectivement 200 individus ( $\pm 244$ ) et 74 individus ( $\pm 57$ ), tendant à confirmer un « effet réserve ». La forte variabilité observée, exprimée par les écart-types, est liée à la présence ponctuelle et localisée de bancs de poissons grégaires vivants dans la colonne d'eau comme la bogue et la castagnole.

Afin d'étudier plus en détail l'effet de la réserve, huit espèces cibles ont été sélectionnées. Le nombre d'individus pour chacune des 8 espèces cibles est plus faible lors du suivi 2023 comparé au suivi de 2022 (Jouvenel J.-Y et al, 2022), avec en moyenne 5 individus supplémentaires par 100 m<sup>2</sup> pour chaque espèce. Une cause possible peut être la visibilité. Lors du suivi de 2022, la visibilité était d'environ 15 m alors que cette année elle était de 2 à 6 m, limitant l'observation d'individus.

Les abondances de seulement deux de ces huit espèces sont supérieures au sein de la réserve : le sar à tête noire d'intérêt halieutique et la girelle commune. L'augmentation de l'abondance de ces 2 espèces montre bien que les espèces mobiles peuvent profiter des réserves, ce qui a déjà été observé ailleurs (Gell et Roberts, 2003) et l'année précédente (auquel s'ajoute le sar commun et la dorade royale).

Concernant les indices de diversité ils sont variables. La richesse spécifique moyenne est plus élevée dans la réserve, comptant 9,2 espèces ( $\pm 3,3$ ), contre 6,8 espèces ( $\pm 3,3$ ) hors réserve. Les espèces observées uniquement dans la réserve sont entre autres des espèces d'intérêt halieutique (dorade grise, dorade royale, saupe) et une espèce patrimoniale répondant à l'effet réserve, le corb commun.

Le suivi complémentaire a également permis l'observation de cette espèce rare, le corb commun, tout comme la posidonie, également protégée. La confirmation de la présence du corb est encourageante pour la gestion de la réserve et témoigne d'un éventuel effet refuge. Ce suivi complémentaire a également permis de confirmer la présence d'espèces d'intérêt halieutique avec le chapon, le rouget, le sar commun, le sar à tête noire, le serran écriture. Quant aux mollusques, sont présents par exemple, le poulpe, le calmar, le murex et l'astrée rugueuse, d'intérêt halieutique.

L'indice de Piélou, qui reflète la répartition des individus au sein des espèces, est également différent selon le statut de protection. L'étude de la composition du peuplement rejoint cette dernière observation puisque dans la réserve ou hors réserve, la contribution des différentes familles de poissons à l'effectif total sont légèrement variables en nombre d'individus mêmes si les mêmes familles dominent. Les familles dominantes sont : les sparidés (principalement par la bogue, le sar à tête noire et le sar commun), les Pomacentridés (castagnole), ainsi que les labridés (principalement la girelle commune et le rouquié). Néanmoins, hors de la réserve le peuplement se compose davantage de Serranidés, de Mullidés et de Labridés, le peuplement y est plus hétérogène.

Toujours est-il que la diversité spécifique, démontrée par l'indice de Shannon, prenant en compte le nombre d'espèces et la proportion de ces différentes espèces, est similaire entre les zones, dans et hors réserve. L'ichtyofaune est donc autant diversifiée dans la réserve qu'en dehors.

Concernant la taille des poissons, les faibles effectifs ne permettent pas de comparer la taille de toutes les espèces cibles. Pour ce qui est comparable, il est observé une taille moyenne supérieure du serran chevette dans la réserve, avec la présence de gros individus adultes, qu'en dehors de la réserve. La réserve permet donc aux espèces cibles de se développer. En revanche, pour les espèces comme le sar commun et le rouget de roche, aucune différence de taille n'a été observée. La taille moyenne du rouget est de 11,4 ( $\pm 3,6$ ) cm HR et 12,6 ( $\pm 3,5$ )

cm dans la ZPR, en sachant que leur taille minimale de capture en méditerranée est de 15 cm. L'absence d'individus de taille supérieure à cette maille dans la réserve, est révélateur d'un possible prédation de cette espèce. Il en va de même pour le sar commun. Dans la réserve cette espèce fait 21,1 ( $\pm 5,5$ ) cm, et 20,9 ( $\pm 5,9$ ) cm hors de la réserve, en sachant que la taille minimale de capture en méditerranée est de 23 cm. En effet, lorsque l'on compare ces résultats pour ces 2 espèces de l'article de Molinier P et al, 2023, en 2020 il a pourtant été observée des différences significatives dans la structure démographique de ces espèces dans la réserve par rapport à l'extérieur. Il y a eu l'apparition au bout de 5 ans d'individus de grande taille par à la zone de réserve ou il n'y en avait pas (Molinier P et al, 2023). Cette évolution qui était prometteuse, semble effectivement avoir été stoppée en 2023. Les causes possibles seraient des prédateurs réguliers (pêche illégale), un biais du au mauvaises conditions environnementales de la campagne 2023, avec une visibilité diminuée (2 à 6 m).

L'absence de gros individus de ces espèces diminue leur potentiel reproducteur, puisque les gros poissons sont plus féconds (Berkeley *et al.*, 2004). Un potentiel reproducteur plus élevé permet de maintenir une certaine résilience face à la variabilité des conditions environnementales. Par exemple, lorsque le recrutement est mauvais une année, une réserve intégrale permet aux poissons de maintenir leurs caractéristiques démographiques jusqu'à l'année suivante. Le maintien, grâce aux réserves, des individus plus âgés, assure un rétablissement plus rapide de la population (Gell et Roberts, 2002).

Il est donc décevant d'avoir des tailles moyennes d'espèces d'intérêt halieutique similaire entre et en dehors de la réserve, de taille inférieure à la maille de capture. La possible prédation de la réserve va à l'encontre de son fonctionnement. Si la pêche illégale était absente envers ces espèces, les résultats seraient proches d'autres espèces comme le serran chevrette. Le serran chevrette a une taille moyenne plus grande dans la réserve, avec de gros individus qui composent cette population, contrairement à la zone étudiée hors réserve.

Ces observations, concourent en partie à la même conclusion, il y a un « effet réserve » pour l'ichtyofaune globale de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne. Ceci est confirmé par l'accroissement de l'abondance et du nombre d'espèce dans la réserve. Néanmoins, les espèces cibles, sont peu sujettes à cet effet réserve (seulement 2 sur 8 espèces cibles). Leurs abondances et leur taille dans la réserve, sont majoritairement similaires à celles des individus hors de la réserve. Ceci va à l'encontre de nombreuses publications scientifiques, qui démontrent que les réserves marines intégrales ont bien des effets positifs sur les populations protégées, en accroissant notamment leur abondance et leur taille, donc leur biomasse (Gell et Roberts, 2003 ; Lester *et al.*, 2009 ; Halpern, 2003). Une explication est le respect de la réglementation de la réserve, notamment de la pêche.

## 4.2. Suivi sur les récifs artificiels

Le suivi sur les récifs artificiels 2023 souligne une disparité importante entre les récifs à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve : l'abondance moyenne sur les récifs de la réserve ( $106,7 \pm 100$ ) est plus de 30 fois supérieure à celle des récifs hors réserve ( $3 \pm 1$ ). Il en va de même pour la richesse spécifique, plus de 6 fois supérieure dans la réserve ( $20,3 \pm 14,8$ ) que hors réserve ( $2,7 \pm 0,6$ ). Ces résultats suggèrent la présence d'un effet refuge de la réserve.

On peut souligner la présence du corb (*Sciaena umbra*), espèce quasi menacée, ainsi que certaines espèces d'intérêt halieutique, comme la langouste rouge (*Palinurus elephas*), la mostelle de roche (*Phycis phycis*) ou le pagre (*Pagrus pagrus*), sur les récifs au sein de la réserve. La présence d'espèces d'intérêt halieutique est encourageante pour la gestion future de la réserve.

## 4.3. Suivi de l'indicateur de pressions sur le fond : les gorgones blanches

L'évaluation de l'état de l'habitat dans la zone de plongée de Cousanço porte sur l'espèce épigée la plus représentée localement : la gorgone blanche (*Eunicella singularis*).

Le suivi des gorgones permet de comparer l'état moyen de la population de gorgones entre les zones de Porquières (Zone de Protection Renforcée) et Cousanço (Zone Réglementée autorisée à la plongée), ainsi que leur évolution au cours du suivi.

L'abondance des gorgones blanches, semblable dans la ZR et la ZPR, est stable dans le temps à l'échelle de la réserve. Elle est de 13,4 individus/m<sup>2</sup> en moyenne entre 2016 et 2023, et de 13,7 individus/m<sup>2</sup> en 2023. En étudiant l'évolution de leur taille, on observe toutefois une dynamique particulière : au niveau de la ZPR, les grands individus ont tendance à disparaître et de nombreux juvéniles à apparaître. Cette tendance semble moins marquée au niveau de la ZR au vu des résultats du suivi 2023 : l'échantillon étudié inclus des individus de taille moyenne plus importante. Cela s'explique en partie par la variabilité liée au protocole de suivi, mais invite tout de même à relativiser la disparition des individus de grande taille au niveau de la ZR. L'apparition des juvéniles est visible dans les deux zones protégées, et est signe d'un bon recrutement lors des dernières années.

Le taux de nécrose est, quant à lui, en croissance au niveau de la réserve : les tests statistiques indiquent une différence significative entre 2021, 2023 et 2023, et cela tout particulièrement au niveau de la ZPR. Il semblerait donc qu'une perturbation, qui reste encore à identifier, entraîne une mortalité élevée au niveau du site de Porquières. Etant donné que les gorgones les plus touchées se situent dans la zone de protection renforcée, il est possible d'exclure une perturbation d'origine humaine et suggérer une cause extérieure. Les gorgones blanches (*Eunicella singularis*) sont sensibles aux changements de température importants : à partir de 26°C, elles peuvent présenter des signes de nécrose (Pey et al., 2013). Un lien entre le taux de nécrose croissant au niveau de la ZPR et les épisodes caniculaires de ces derniers étés, notamment 2023, n'est donc pas à exclure.

Les résultats obtenus au cours de ces années de suivi ne permettent pas d'établir un lien entre les activités de plongée et une détérioration des colonies de gorgones blanches au niveau du site de Cousanço. Il semblerait donc que les activités au sein de la zone de réserve n'exercent pas une pression significative sur cette espèce érigée fragile.

Sa sensibilité aux pressions humaines mais également environnementales (événement météorologique extrême, changement global), fait de la gorgone blanche un indicateur très intéressant des changements que connaissent l'écosystème marin local. C'est pourquoi cette espèce, étudiée depuis 2016 dans la réserve, présente un intérêt fort pour un suivi à long terme.

#### 4.4. Recommandations

La mise en réserve d'une aire marine de 100 hectares au large de Palavas a pu porter ses fruits. On observe aujourd'hui un effet réserve significatif concernant les poissons en général, mais avec une érosion des abondances pour les espèces cibles d'intérêt halieutique. Afin que cet effet réserve puisse avoir lieu envers ces espèces cibles, il paraît pertinent de lutter activement contre le braconnage.

Un suivi annuel de la réserve marine est indispensable pour évaluer l'effet de la réserve. La continuité du suivi actuel, avec ses protocoles, permet de récolter des données standardisées au fil des années et donc de les comparer sur du long terme. Ce genre de suivi est extrêmement intéressant pour détecter des changements dans l'environnement, et évaluer s'il s'agit de variations d'origine naturelle ou humaine.

Pour compléter ces suivis biologiques, le suivi de paramètres physico-chimiques (température, salinité) pourraient permettre de détecter les changements environnementaux. Afin d'enrichir le suivi, l'utilisation de l'ADN environnemental serait une technique intéressante afin de saisir plus précisément la biodiversité. En effet, les techniques d'échantillonnage habituelles (comptages en plongée), peuvent créer un biais en effarouchant

certaines espèces plus que d'autres. **L'ADN environnemental**, prélevé dans un échantillon d'eau ou de sédiment, permet grâce à des outils génétiques de savoir quelles espèces sont présentes dans le milieu, notamment celles difficilement visibles comme les espèces cryptobenthiques ou bien les grands pélagiques, et ainsi de mieux appréhender les impacts humains sur les populations de poissons exploitées (Sanchez *et al.*, 2023).

Le protocole d'échantillonnage des gorgones blanches est perfectible, notamment au regard des résultats observés. Les quadrats sont censés être exactement les mêmes d'une année sur l'autre mais cela est difficilement applicable avec ce protocole. En effet, il suffit d'un peu de courant ou d'un cap légèrement modifié pour que les quadrats n°2 et 3 de chaque transect soient décalés de quelques centimètres à plusieurs mètres. Ainsi, cela peut donner lieu à des écarts notables d'abondance et/ou de taille moyenne, comme en 2020 et 2023 dans la ZR. Le protocole de suivi des gorgones est améliorable par l'implantation de carrés permanents, qui permettraient de suivre différentes colonies avec grande précision. Ceci se concrétiserait par l'implantation de petits piquets pour délimiter les angles. L'opération nécessite de réaliser de simples trous de 10 mm de diamètre sur 10 cm de profondeur sans impacter les espèces alentours.

Un lien entre des épisodes de fortes chaleurs et la mortalité croissante des gorgones blanches sur la zone de Porquières est suspecté. Cependant, cette mortalité des grands individus n'est pas du tout observée à 600 m de la station dans la ZR à Cousançà Sud. Installer des capteurs de température au niveau des différents quadrats fixes précédemment mentionnés permettrait de se prononcer sur l'effet des variations de température sur le taux de survie des gorgones. Il se peut, que la différence de profondeur entre les 2 stations de suivi, ou bien même la différence de position géographique puisse expliquer des températures significativement différentes au point d'occasionner des mortalités sur un site et pas sur l'autre.

## 5. Conclusion

---

Les données issues de la campagne de suivi de 2023, soit 7 ans après la création de la réserve, permettent de démontrer la persistance d'un effet réserve pour l'ichtyofaune. En effet, l'abondance et la richesse spécifique des poissons est significativement supérieure au sein de la réserve marine. Cependant, cet effet est peu intense pour les espèces cibles d'intérêt halieutique qui devraient en priorité en bénéficier.

Bien que les conditions de visibilité aient été particulièrement défavorables, pour l'ensemble des stations observées en 2023, les données obtenues montrent des abondances supérieures sur le site de Cousanço en Zone Réglementée accessible à la plongée. Il est possible, que la fréquentation continue sur ce site soit une explication même partielle à ces observations. Ce phénomène est suspecté par les scientifiques, au point qu'en 2021 un programme de recherche international, Biodiversa, a été proposé à financement, impliquant la France, le Portugal, la Hollande, le Danemark et le Brésil sur cette thématique.

Dans l'attente d'éléments de réponse, il est observé une érosion de la progression du renforcement des espèces cibles de la Zone de Protection renforcée, alors que cela n'est pas observé sur la Zone réglementée.

Concernant l'indicateur de l'état du milieu, la gorgone blanche, il semble que la population au sein de la ZPR subit une pression importante depuis 2022 : le taux de nécrose des gorgones est significativement supérieur en 2022 par rapport à 2021, et en 2023 par rapport à 2022. Pourtant, la station en Zone de Protection Renforcée, n'est pas censée subir de l'érosion par mouillages ou autres activités. En plus du taux de nécrose, il est observé la chute de la taille moyenne, montrant ainsi que les grandes gorgones disparaissent de la station (les grandes gorgones sont les plus vulnérables à l'arrachage) et les squelettes ne sont pas observés. Les résultats de 2020 à 2023 dans la zone de Cousanço ne suggèrent pas d'impact des plongeurs sur la population de gorgones blanches.

Pour ces raisons, il nous semble nécessaire de renforcer « techniquement » le suivi sur les gorgones afin de trouver l'explication de cette tendance négative de l'espèce sur le banc rocheux de Porquières.

Une concordance est possible entre les résultats obtenus pour l'ichtyofaune (érosion en ZPR) et pour les gorgones (baisse des abondances et chute des tailles moyennes en ZPR). Une explication serait une émergence de la pression de pêche sur la zone. Depuis quelques années, la Prud'homie de pêche de Palavas se plaint d'intrusion dans la RMCP de pêcheurs professionnels, notamment des Prud'homies voisines mais pas exclusivement. D'autre part, il est observé, malgré la surveillance effective menée par l'AGRMCP, des actions de pêche à la ligne par des pêcheurs plaisanciers sont régulièrement observées.

Cette réserve marine fonctionne et devrait profiter aux zones adjacentes, donc aux pêcheurs locaux. La prolongation de cette mise en réserve est à recommander afin que les efforts mis en place depuis 2016 continuent à porter leurs fruits.

Cependant, des actions ciblées devraient être envisagées afin de quantifier et de lutter contre une prédation illégale, ceci dans l'intérêt de tous.

## 6. Annexes

Figure 32 : P. Molinier, A. Mallet, J.-Y. Jouvenel. Effets de la création de la réserve marine de la côte palavasienne sur le peuplement ichthyologique. Technique Sciences Méthodes, N°11 – 2023 – 188<sup>ème</sup> année. pp 31-39

### Effets de la création de la réserve marine de la côte palavasienne sur le peuplement ichthyologique

#### Effects on fishes of the new marine reserve of Palavas

■ P. MOLINIER<sup>1</sup>, A. MALLET<sup>2</sup>, J.-Y. JOUVENEL<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Réserve naturelle de Cerbère/Banyuls-sur-Mer – Banyuls-sur-Mer

<sup>2</sup> Ingerop – Pérols

<sup>3</sup> P2A Développement – Frontignan

Projet lauréat du Prix national du Génie écologique 2022 – Catégorie « Restauration d'écosystèmes, de populations »

#### Mots-clés :

Aire marine protégée  
Pêche  
Effet réserve  
Peuplement  
ichthyologique

#### RÉSUMÉ

Les aires marines protégées sont considérées comme un outil adapté pour la protection et la conservation de la bande littorale, mais aussi pour la reconstitution ou le maintien des stocks des populations de poissons surexploitées. En 2011, une étude de faisabilité pour la création d'un cantonnement de pêche a été réalisée par P2A Développement pour maintenir les stocks de poissons ciblés par la pêche locale. Cette étude a été transmise à la prud'homie de pêche de Palavas-les-Flots qui a voté la création de la réserve marine de la côte palavasienne (RMCP) en 2013. La RMCP est devenue effective en juin 2016. Aujourd'hui, le but du présent travail de recherche est d'étudier les premiers effets de mise en place de ce cantonnement de pêche sur le peuplement ichthyologique. Pour ce faire, les populations ont été suivies à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve, d'abord avec un point zéro en 2016, et durant quatre années suivant sa création, de 2016 à 2020. Une augmentation significative de l'abondance globale et de la biomasse des espèces cibles, ainsi qu'une évolution des assemblages de populations sont mises en évidence à partir de la 3<sup>e</sup> année. Les résultats témoignent d'une sensibilité à la mise en réserve malgré un non-respect de la zone de cantonnement déclaré par les pêcheurs eux-mêmes. Les prochains relevés permettront de confirmer un effet réserve.

#### Keywords:

Marine protected area  
Marine fishing reserve  
Reserve effect  
Fish population

#### ABSTRACT

Marine protected areas are considered a suitable tool for the protection and conservation of the coastal area, but also for the recovery or sustainability of fish assemblages of overexploited populations. To maintain the stocks of populations targeted by local fisheries, the Palavasian Coast Marine Reserve (PCMR) was set up in 2016 at the request of the fishermen of the Palavas-les-Flots prud'homie. The aim of this study is to study the initial effects of the management of this area on the fish population. To do this, fish populations were monitored inside and outside the reserve for 4 years. A significant increase of the overall abundance and biomass of the target species, as well as changes in the population assemblages, were observed from the third year. The results show a sensitivity to the setting aside of the reserve, despite the fact that the fishermen declared that sometime they did not respect the closed area. The next surveys will allow us to confirm the reserve effect.

### Introduction

Dans un contexte de surpêche et de dégradation des habitats marins, les aires marines protégées (AMP) sont considérées comme la solution appropriée pour atteindre les objectifs de protection de la nature à long terme. En particulier, les AMP intégrant des « zones de non-prélèvements », où généralement seule la navigation est autorisée, sont reconnues comme un outil de conservation efficace [WORM *et al.*, 2006; EDGAR *et al.*, 2014], mais aussi pour la reconstitution ou le maintien des stocks des populations surexploitées [HASTINGS et BOTSFORD, 1999; HALPERN et WARNER, 2003]. Pour autant, en 2021, seulement 2,7 % des AMP sont des zones de non-prélèvements [MARINE CONSERVATION INSTITUTE, 2021]. L'une des explications de ce très faible recouvre-

ment à travers le monde est liée au délai de la mise en place d'une réserve. Celui-ci ne peut pas être défini à l'avance et dépend de plusieurs facteurs comme la taille de la réserve [MCNEILL et FAIRWEATHER, 1993], l'état initial de l'écosystème, son biotope, son niveau de protection [SALA et GIAKOUIMI, 2018], les possibilités de recrutement du biote, la présence d'un personnel dévoué [FRANCOUR *et al.*, 2001], les moyens financiers nécessaires à la surveillance et à la logistique en mer, le niveau de connectivité avec les zones de pêche situées à proximité, l'implication des usagers et opérateurs maritimes, l'exposition aux vagues ou encore la bathymétrie [EDGAR *et al.*, 2007].

Les effets de la mise en réserve ont des incidences majeures. La mortalité par la pêche étant limitée dans les zones de non-prélèvements, ces zones influencent directement la dynamique des populations et plusieurs

\* Auteur correspondant – Courriel : jouvenel@p2adev.com

phénomènes en découlent. Ces phénomènes se mettent en place au cours du temps, plus ou moins rapidement. L'un des effets directs, le plus rapide à se mettre en place, est « l'effet refuge ». Certaines espèces de hauts niveaux trophiques viennent se réfugier dans cette zone [BOULANGER *et al.*, 2021]. Cet effet a été observé dans la réserve marine de Poor Knights Islands (Nouvelle-Zélande), où l'abondance de *Pagrus auratus* a été multipliée par 7 en quatre ans de mise en réserve grâce à l'installation d'individus âgés de 14 ans [DENNY *et al.*, 2004].

La diminution de la pression de pêche permet un vieillissement de certaines espèces cibles, ayant pour conséquence une augmentation de leurs densités, de leurs biomasses et de la taille des individus [MOSQUERA *et al.*, 2000; HALPERN, 2003; LESTER *et al.*, 2009; MOLLOY *et al.*, 2009], et aussi de leur fécondité. Plusieurs études témoignent de ces évolutions, celles-ci pouvant être détectées dès la 3<sup>e</sup> année de protection [HALPERN et WARNER 2003; RUSS *et al.*, 2004]. Dans la réserve de Carry-le-Rouet, par exemple, la fréquence d'occurrence, l'abondance, la taille individuelle et la biomasse de 18 espèces cibles ont augmenté significativement en trois années de protection [HARMELIN *et al.*, 1995]. Les stocks de population halieutique peuvent toutefois mettre un certain temps à se stabiliser. En effet, plusieurs AMP aux Philippines montrent des augmentations significatives de biomasse à partir de la 3<sup>e</sup> année. Parmi elles, la réserve de l'île d'Apo montre une augmentation continue de la biomasse de ces espèces, même après 18 années de protection [RUSS *et al.*, 2004]. Les stocks ciblés par la pêche, généralement situés dans les hauts niveaux trophiques, augmentent et provoquent un effet « top-down » sur les stocks de population de bas niveaux trophiques [SHEARS et BABCOCK, 2003]. Ce phénomène peut mettre plus longtemps pour être efficient, comme dans la réserve marine de Leigh, où les cascades trophiques prédateurs-oursins-algues ont été visibles seulement après 20 ans de protection [SHEARS et BABCOCK, 2003].

Enfin, des individus aux stades larvaires, juvéniles ou adultes peuvent également être exportés de la réserve. Cette recolonisation des zones adjacentes, effet « spill over », est visible après plusieurs dizaines d'années de protection. Par exemple, la densité et la taille de *Naso vlamingii* augmentent jusqu'à 300 m autour de la zone de non-prélèvement de l'île d'Apo, après 20 années de protection [ABESAMIS et RUSS, 2005].

De manière générale, ces adaptations permettent, sur le long terme, une stabilisation des stocks de populations dans le temps et une atténuation des fluctuations saisonnières.

L'objectif de cette étude est de mettre en avant la sensibilité des peuplements ichthyologiques à la mise en réserve d'une zone de 100 hectares sur un temps court de quatre années, et de caractériser ainsi les premiers effets directs visibles dans cette zone, notamment l'augmentation de l'abondance globale, de la taille et la biomasse de certaines espèces cibles.

La zone de non-prélèvement étudiée dans cette étude est la réserve marine de la côte palavasienne (RMCP). Elle est établie en 2016 à la demande des pêcheurs de la Prud'homme de Palavas, dans le but de soutenir la pêche locale.

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1. Présentation du site

La zone d'étude se situe dans la réserve de la côte palavasienne (N 43°30,6845, E 3°58,4635), et les zones adjacentes, à 2,6 km au large des côtes de Palavas-les-Flots (Occitanie, France) (figure 1).

La RMCP possède deux niveaux de protection : la zone de protection renforcée balisée (ZPR) soit 93,5 hectares, où seule la navigation est autorisée. La zone de protection réglementée également balisée (ZR), sur 6,5 hectares, où la plongée en scaphandre autonome, le mouillage, la navigation et la baignade sont autorisés. Ainsi, contrairement aux cas les plus courants, la zone la plus étendue présente le niveau de restriction le plus élevée. Plus précisément, il s'agit d'un cantonnement de pêche défini par un arrêté ministériel, sur lequel se superpose un arrêté de la préfecture maritime pour réglementer les usages. Le contrôle du respect de la réglementation est assuré par les unités de la direction à la mer et au littoral de l'Hérault et des brigades nautiques de gendarmerie de Sète et de Port-Camargue. Et par ailleurs, au niveau local, la patrouille de police municipale du littoral de Palavas et la présence appuyée d'un écoparc de la RMCP en été soutiennent le dispositif tout en étant essentiellement dissuasifs.

La réserve recouvre différents types de substrats compris entre 10 et 20 m de profondeur qui offrent une diversité d'habitats, mais cette étude s'intéresse seulement au substrat rocheux, car les espèces cibles sont inféodées à ce substrat.

### 1.2. Échantillonnage

Pour cette étude, pour chaque niveau de protection (ZPR, ZR et hors réserve, HR), deux stations rocheuses sont échantillonnées, soit un total de six stations à raison d'une campagne par an depuis 2018. Un état initial a aussi été réalisé lors de la mise en place de la réserve

## Effets de la création de la réserve marine de la côte palavasienne sur le peuplement ichthyologique

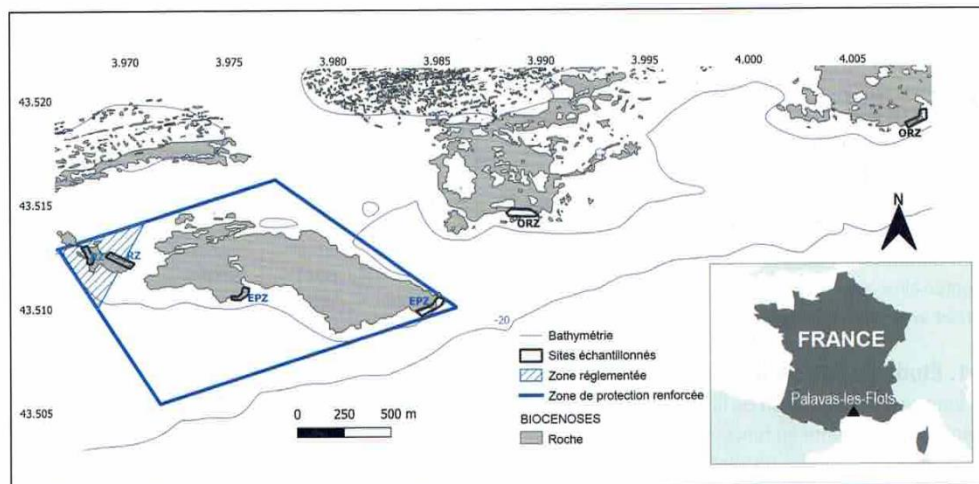


Figure 1. Carte localisant les sites d'échantillonnages dans la zone réglementée (RZ), la zone de protection renforcée (EPZ) et la zone hors réserve (ORZ). Sources : Prud'homme de Palavas, Agence des aires marines protégées, Andromède Océanologie, IGN, Cépralmar, Ifremer, P2A Développement

en juin 2016. Les observations ont été réalisées par comptages visuels en scaphandre autonome pendant la saison estivale (août), car les conditions météorologiques et la visibilité sont plus favorables. Pour ce suivi, les comptages ont porté non seulement sur l'ichtyofaune, mais aussi sur les invertébrés jugés d'importance patrimoniale ou commerciale : langouste *Palinurus elephas*, cigale *Scyllarus arctus*, homard *Homarus gammarus*, poulpe *Octopus vulgaris*, seiche *Sepia officinalis*, calamar *Loligo vulgaris*. Pour chaque individu rencontré, l'espèce et la taille ont été déterminées.

La méthode d'échantillonnage utilisée pour le suivi est la méthode des transects décrite par HARMELIN-VIVIEN et al. [1985]. Pour chaque station, 12 transects de 20 m de long et balisés par des piquets permanents ont été réalisés par deux plongeurs (six chacun). Chaque observateur accroche une ligne de 20 m au piquet, puis réalise un premier passage pour inventorier et dénombrer les espèces pélagiques et necto-benthiques. Le retour, second passage, est consacré aux espèces benthiques et aux espèces cryptiques à l'aide d'un éclairage. La réalisation d'un transect dure 10 minutes en moyenne, soit 60 minutes pour une station de 12 réplicats à deux observateurs. Les conditions de visibilité imposent de réduire la largeur du transect à 2 m. Les transects sont géoréférencés et démarqués sur le substrat afin qu'ils soient les mêmes lors des différentes campagnes. La surface totale recouvrant les zones de transects pour chaque station est de 480 m<sup>2</sup>. Un unique transect pour le macrobenthos épigé est réalisé entre deux piquets distants de 28 mètres sur 1 mètre de largeur une fois que le comptage des poissons est terminé.

Enfin, la position GPS (WGS84), la date, l'heure, ainsi que les paramètres environnementaux comme la profondeur, la température au fond (ordinateur de plongée), la visibilité (estimée en mètres) et les conditions météorologiques (couverture nuageuse, vagues, courant) ont été relevés sur les fiches de terrain.

### 1.3. Statistiques

L'analyse statistique a été effectuée avec le logiciel R, Version 1.1.463 (R Development Core Team, 2011).

Pour évaluer et valider l'effort d'échantillonnage, une étude de la richesse spécifique a été effectuée en utilisant les courbes d'accumulations du package Vegan [OKSANEN et al., 2017].

Afin d'avoir un effort d'échantillonnage plus satisfaisant, une sélection d'espèces est réalisée. Les espèces avec les occurrences les plus aléatoires sont exclues.

Pour caractériser les associations d'assemblages d'abondances en fonction du niveau de protection des relevés (1) ou du temps (2), l'analyse factorielle des correspondances (AFC) est appliquée sur les données d'abondances après transformation en  $\log_{10}(N+1)$ .

Les biomasses de plusieurs espèces cibles sélectionnées (*Serranus cabrilla*, *Coris julis*, *Labrus merula*, *Pagrus pagrus*, *Scorpaena porcus*, *Scorpaena notata*, *Mullus surmuletus*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*, *Diplodus annularis*) ont été comparées entre la zone HR et la ZPR, qui représente 90 % de la surface de la réserve. Les biomasses sont reconstituées à partir des tailles en utilisant les relations longueur-poids de MOREY et al. [2003].

## 2. Résultats

Les quatre années de prospections sur l'ensemble des six stations ont généré un total de 288 transects validés, 24 transects (deux stations) ont été refaits en raison de conditions de visibilité défavorables en 2018 et en 2020. Au total, 53 espèces ont été déterminées sur ce suivi (tableau I). Parmi elles, 43 espèces sont observées pour les stations HR. Pour la zone mise en réserve, 47 espèces sont dénombrées dans les stations de la zone réglementée ainsi que 44 espèces en zone de protection renforcée avec un nombre global de 52 espèces.

### 2.1. Étude de l'effort d'échantillonnage

La courbe d'accumulation de la richesse des espèces identifiées augmente en fonction du nombre de transects jusqu'à atteindre un plateau à 53 espèces (figure 2). Pour sélectionner les espèces bien échantillonnées, un seuil de présence dans dix transects au minimum a été défini. Ainsi, les espèces avec les occurrences les plus aléatoires ont été retirées comme certaines espèces pélagiques telles que *Sardina pilchardus*, *Engraulis encrasicolus* ou certaines espèces rares comme *Dentex dentex* ou *Phycis phycis*.

Avec ce seuil, la courbe d'accumulation de la richesse atteint le plateau de 27 espèces à environ 30 transects, soit la moitié d'une campagne d'échantillonnage. La qualité d'échantillonnage est considérée comme satisfaisante.

### 2.2. Étude de l'abondance

Les abondances des espèces sélectionnées augmentent au cours du temps (figure 3). Les années 2019

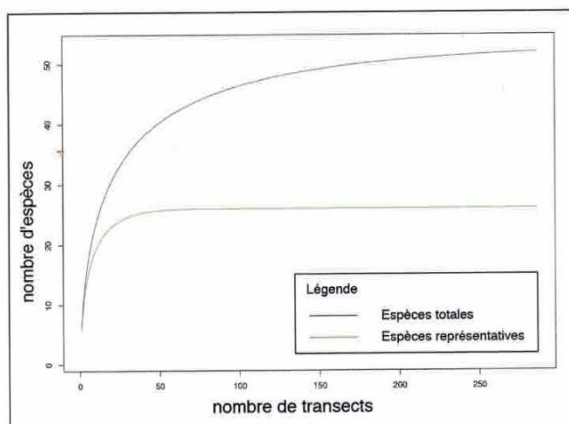
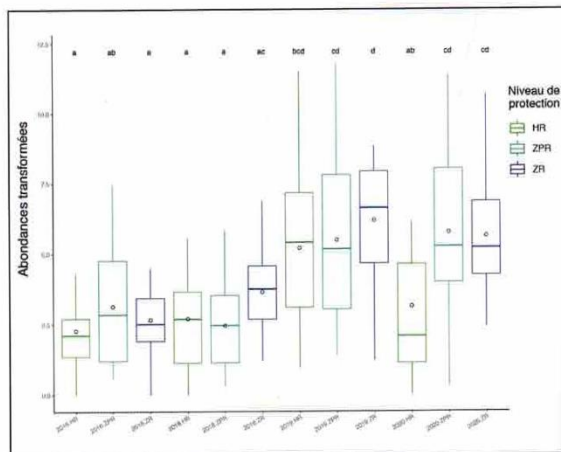


Figure 2. Richesse spécifique cumulée en fonction du nombre de transects. La courbe des espèces totales représente la richesse spécifique cumulée de toutes les espèces identifiées. La courbe des espèces représentatives donne la richesse spécifique cumulée des espèces présentes dans au minimum 10 transects



Le cercle représente la moyenne, la barre horizontale en trait épais désigne la médiane et les moustaches correspondent aux valeurs extrêmes. Les lettres différentes indiquent une différence significative (Tukey,  $P < 0,05$ ).

Figure 3. Évolution des abondances annuelles des espèces sélectionnées selon chaque niveau de protection (année suivie du code HR : hors réserve, ZPR : zone de protection renforcée, ZR : zone réglementée)

et 2020 sont significativement plus abondantes que les années 2016 et 2018.

De plus, les abondances fluctuent en fonction du niveau de protection. En 2019, les abondances dans la ZPR ou la ZR tendent à être plus importantes, mais il n'existe pas de différence significative. En revanche, cette tendance se confirme bien en 2020, année où l'abondance de la zone HR est significativement plus faible que celle des zones situées au sein de la réserve.

Le premier plan de l'AFC des abondances (figure 4) représente 55,13 % de l'inertie avec un premier axe qui

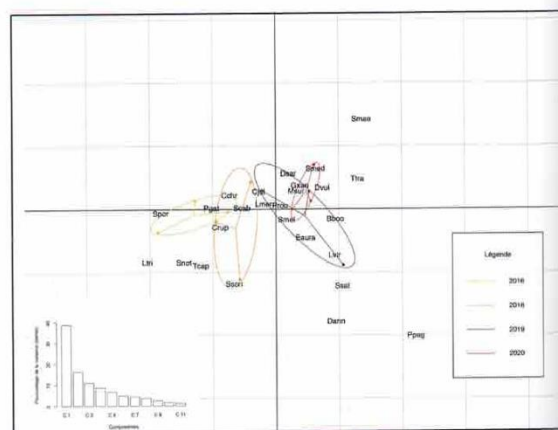


Figure 4. Plan C1-C2 biplot de l'AFC des assemblages d'abondance des espèces sélectionnées en fonction du temps. Ce plan résume 53,13 % d'inertie du tableau et les ellipses comprennent 67 % des stations sous l'hypothèse d'une distribution normale

Effets de la création de la réserve marine de la côte palavassienne sur le peuplement ichthyologique

| Listes des espèces présentes |                                   |                              |                     |      |                         |            |
|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------|------|-------------------------|------------|
| Taxa code                    | Noms scientifiques                | Noms usuels                  | Sources             | Date | Espèces représentatives | Occurrence |
| Bboo                         | <i>Boops boops</i>                | Bogue                        | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 29,17      |
| Boce                         | <i>Blennius ocellaris</i>         | Butterfly blenny             | Linnaeus            | 1758 | NO                      | 1,04       |
| Cchr                         | <i>Chromis chromis</i>            | Damselfish                   | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 52,78      |
| Ccon                         | <i>Conger conger</i>              | European conger              | Linnaeus            | 1758 | NO                      | 1,39       |
| Cjul                         | <i>Coris julis</i>                | Rainbow wrasse               | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 47,57      |
| Clab                         | <i>Chelon labrosus</i>            | Thick-lipped mullet          | Risso               | 1827 | NO                      | 1,04       |
| Crup                         | <i>Ctenolabrus rupestris</i>      | Goldsinny wrasse             | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 71,53      |
| Dann                         | <i>Diplodus annularis</i>         | Annular seabream             | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 14,58      |
| Dden                         | <i>Dentex dentex</i>              | Common dentex                | Linnaeus            | 1758 | NO                      | 1,04       |
| Dlab                         | <i>Dicentrarchus labrax</i>       | Seabass                      | Linnaeus            | 1758 | NO                      | 2,08       |
| Dsar                         | <i>Diplodus sargus</i>            | White seabream               | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 26,74      |
| Dvul                         | <i>Diplodus vulgaris</i>          | Two-banded bream             | Geoffroy St-Hilaire | 1817 | YES                     | 30,21      |
| Eenc                         | <i>Engraulis encrasicolus</i>     | European anchovy             | Linnaeus            | 1758 | NO                      | 1,39       |
| Gcru                         | <i>Gobius cruentatus</i>          | Red-mouthed goby             | Gmelin              | 1789 | NO                      | 0,35       |
| Gmin                         | <i>Gobius minutus</i>             | Sand goby                    | Pallas              | 1770 | NO                      | 1,74       |
| Gxan                         | <i>Gobius xanthocephalus</i>      | Yellow-headed goby           | Heymer & Zander     | 1992 | YES                     | 38,54      |
| Lmer                         | <i>Labrus merula</i>              | Brown wrasse                 | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 8,68       |
| Lmix                         | <i>Labrus mixtus</i>              | Cuckoo wrasse                | Linnaeus            | 1758 | NO                      | 0,69       |
| Ltri                         | <i>Lipophrys trigloides</i>       | Lipophrys trigloides         | Valenciennes        | 1836 | YES                     | 5,21       |
| Lvir                         | <i>Labrus viridis</i>             | Green wrasse                 | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 4,86       |
| Mcep                         | <i>Mugil cephalus</i>             | Flathead grey mullet         | Linnaeus            | 1758 | NO                      | 1,74       |
| Msur                         | <i>Mullus surmuletus</i>          | Striped red mullet           | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 28,13      |
| Mvil                         | <i>Mallotus villosus</i>          | Capelin                      | Müller              | 1776 | NO                      | 1,74       |
| Omel                         | <i>Oblada melanura</i>            | Saddled seabream             | Linnaeus            | 1758 | NO                      | 3,82       |
| Ovul                         | <i>Octopus vulgaris</i>           | Common octopus               | Cuvier              | 1797 | NO                      | 3,47       |
| Pble                         | <i>Phycis blennoides</i>          | Greater forkbeard            | Brünnich            | 1768 | NO                      | 0,35       |
| Pele                         | <i>Palinurus elephas</i>          | Spiny lobster                | Fabricius           | 1787 | NO                      | 3,13       |
| Pgat                         | <i>Parablennius gattorugine</i>   | Tompot blenny                | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 5,90       |
| Ppag                         | <i>Pagrus pagrus</i>              | Common seabream              | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 7,29       |
| Pphy                         | <i>Phycis phycis</i>              | Forkbeard                    | Linnaeus            | 1766 | NO                      | 1,74       |
| Prou                         | <i>Parablennius rouxi</i>         | Long-striped blenny          | Cocco               | 1833 | YES                     | 31,60      |
| Saura                        | <i>Sparus aurata</i>              | Gilthead seabream            | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 7,29       |
| Scab                         | <i>Serranus cabrilla</i>          | Comber                       | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 76,04      |
| Scan                         | <i>Spondylusoma cantharus</i>     | Black seabream               | Linnaeus            | 1758 | NO                      | 0,69       |
| Sdod                         | <i>Symphodus doderleini</i>       | Symphodus doderleini         | Jordan              | 1890 | NO                      | 2,08       |
| Smae                         | <i>Spicara maena</i>              | Big picarel                  | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 5,56       |
| Smied                        | <i>Symphodus mediterraneus</i>    | Axillary wrasse              | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 13,54      |
| Smel                         | <i>Symphodus melanocercus</i>     | Black-tailed wrasse          | Risso               | 1810 | YES                     | 14,24      |
| Snot                         | <i>Scorpaena notata</i>           | Small red scorpionfish       | Rafinesque          | 1810 | YES                     | 11,81      |
| Soce                         | <i>Symphodus ocellatus</i>        | Ocellated wrasse             | Linnaeus            | 1758 | NO                      | 2,78       |
| Spil                         | <i>Sardina pilchardus</i>         | European pilchard            | Walbaum             | 1792 | NO                      | 1,39       |
| Spor                         | <i>Scorpaena porcus</i>           | Black Scorpionfish           | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 13,89      |
| Sroi                         | <i>Symphodus roissali</i>         | Five-spotted wrasse          | Risso               | 1810 | NO                      | 1,04       |
| Ssal                         | <i>Sarpa salpa</i>                | Saunders's tern              | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 6,94       |
| Sscri                        | <i>Serranus scriba</i>            | Painted comber               | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 5,90       |
| Sscro                        | <i>Scorpaena scrofa</i>           | Large-scaled scorpionfish    | Linnaeus            | 1758 | NO                      | 2,78       |
| Ssma                         | <i>Spicara smaris</i>             | Picarel                      | Linnaeus            | 1758 | NO                      | 2,78       |
| Stin                         | <i>Symphodus tinca</i>            | East Atlantic peacock wrasse | Linnaeus            | 1758 | NO                      | 3,13       |
| Tcap                         | <i>Trisopterus capellanus</i>     | Trisopterus capellanus       | Lacepède            | 1800 | YES                     | 6,25       |
| Teph                         | <i>Thorogobius ephippiatus</i>    | Leopard-spotted goby         | Lowe                | 1839 | NO                      | 2,78       |
| Tlus                         | <i>Trisopterus luscus</i>         | Whiting-pout                 | Linnaeus            | 1758 | NO                      | 0,35       |
| Ttra                         | <i>Trachurus trachurus</i>        | Atlantic horse mackerel      | Linnaeus            | 1758 | YES                     | 9,38       |
| Ttri                         | <i>Tripterygion tripteronotum</i> | Red-black triplefin          | Risso               | 1810 | NO                      | 0,69       |

Tableau I. Liste des espèces présentes avec précision de leur code, nom scientifique, autorité, date de description et occurrence. Les « espèces représentatives » sont correctement échantillonnées

emporte à lui seul 38,87 % et classe les années dans l'ordre chronologique.

Ce premier axe oppose les espèces *S. porcus*, *S. notata*, *Lipophrys trigloides*, *Trisopterus capellanus*, associées au début du suivi (2016 et 2018) à *P. pagrus*, *Trachurus trachurus*, *Spicara maena*, *Sarpa salpa* et *D. annularis* associées à la fin du suivi (2019 et 2020). Il y a donc une évolution de l'assemblage d'abondance au cours du temps. Aussi, les espèces *D. sargus*, *D. vulgaris*, *P. pagrus*, *Sparus aurata* et *M. surmuletus*, associées aux années 2019 et 2020, sont des espèces cibles. C'est pourquoi l'étude des assemblages d'abondances en fonction du niveau de protection est réalisée uniquement sur cette dernière période.

Le premier plan de l'AFC des abondances, réalisé à partir des abondances des espèces sélectionnées et des années 2019 et 2020 seulement (figure 5), représente 46,44 % de l'inertie avec un premier axe qui emporte à lui seul 27,41 %. Les assemblages d'abondances sont aussi influencés par les niveaux de protection du milieu. La zone hors réserve, caractérisée par *T. trachurus* et *Symphodus melanocercus* est significativement différente des deux autres (Wilcoxon, HR-ZPR  $P = 0,001$ , HR-ZR  $P = 1.4e-08$ ).

Au sein de la réserve, la ZPR est caractérisée par *S. maena*, *D. annularis* et *S. aurata* alors que la ZR est plutôt caractérisée par la présence de *M. surmuletus*, *D. vulgaris*, *C. julis* et *P. pagrus*. La ZR est la zone la plus diversifiée.

### 2.3. Étude de la biomasse des espèces cibles

La biomasse moyenne augmente au sein de la réserve au cours du temps (figure 6). Elle est significativement

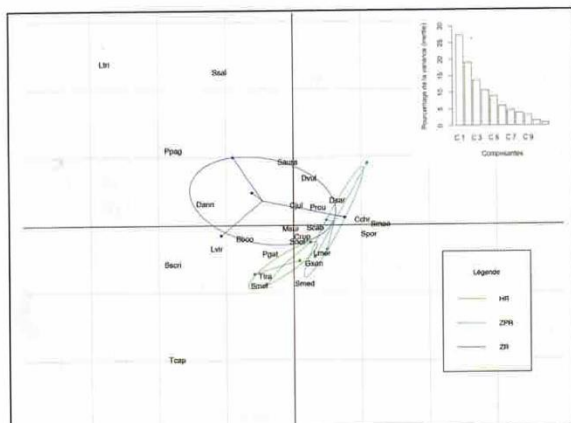
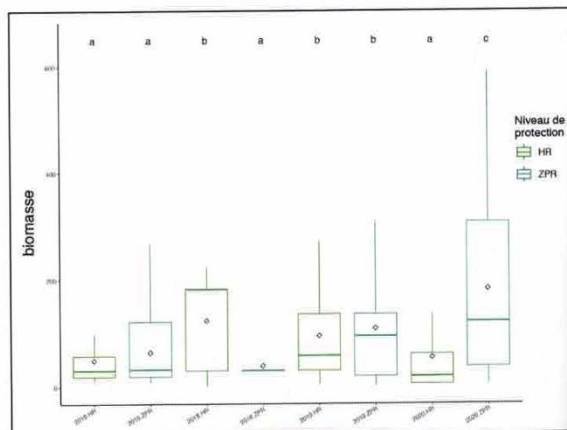


Figure 5. Plan biplot C1-C2 de l'AFC des abondances des espèces sélectionnées, des années 2019-2020, en fonction du niveau de protection (HR : hors réserve, ZPR : zone de protection renforcée, ZR : zone réglementée). Ce plan résume 46,44 % d'inertie du tableau et les ellipses comprennent 67 % des stations sous l'hypothèse d'une distribution normale



Le losange représente la moyenne, la barre horizontale en trait épais désigne la médiane et les moustaches correspondent aux valeurs extrêmes. Les lettres différentes indiquent une différence significative (Tukey,  $P < 0,05$ ).

Figure 6. Évolution des biomasses annuelles des espèces cibles déterminées à partir de leurs tailles (MOREY et al. [2003]; Année suivie du code HR : hors réserve, ZPR : zone de protection renforcée)

plus élevée en 2020 que les autres années en ZPR, elle est multipliée par 3,1 entre 2016 et 2020 au sein de ZPR. La biomasse de la zone HR augmente significativement en 2018, et diminue significativement en 2020. De plus, la biomasse est significativement plus importante au sein de la ZPR en 2020.

### 2.4. Étude des tailles

La répartition de taille des individus *M. surmuletus* est relativement stable en zone HR, or la présence d'un banc provoque une augmentation brutale de l'abondance en 2019 (figure 7). Au sein de la réserve, un étalement de la pyramide des âges à partir de 2020 est visible, avec l'apparition de gros individus, mesurant jusqu'à 30 cm et âgés entre 6 et 7 ans [BENSEBAINI et al., 2019]. Des juvéniles sont aussi dénombrés cette année-là, pouvant témoigner d'un recrutement important en 2020. Cependant, la cohorte de 1 an mesurant environ de 15 cm en 2019 devrait mesurer environ 20 cm l'année suivante. Celle-ci n'est pas visible sur le suivi de l'année 2020.

Les effectifs de *D. sargus* dans la zone HR témoignent de la présence de bancs. Le nombre d'individus augmente au sein de la ZPR à partir de 2019. La taille des individus augmente significativement au cours du temps au sein de la réserve (Wilcoxon,  $P = 0,003$ ). L'année 2020, présente une répartition des tailles tri-modales correspondant à trois cohortes. Un premier mode situé entre 12 et 15 cm correspond aux individus âgés d'environ 1 à 2 ans, un autre entre 22 et 25 cm correspondant à des individus de 3 et 4 ans et une dernière modalité à 30 cm pouvant correspondre à des individus âgés de 6 et 8 ans [MANWAI et QUIGNARD, 1984; BENSEBAINI et al., 2019].

## Effets de la création de la réserve marine de la côte palavasienne sur le peuplement ichthyologique

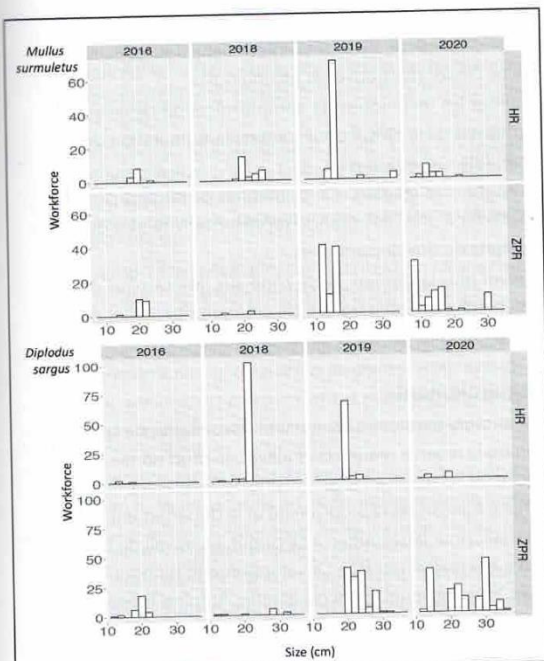


Figure 7. Analyse démographique de *M. surmuletus* et *D. sargus* sur la zone HR et la ZPR

### 3. Discussion

Le suivi de la RMCP sur les premières années de protection révèle une sensibilité de la zone à la mise en réserve à partir de la 3<sup>e</sup> année de protection. Ce résultat est cohérent avec la littérature [HALPERN et WARNER 2003; RUSS et al., 2004].

Des augmentations significatives de l'abondance globale (x1,74) et de la biomasse des espèces cibles (x3,1) sont mises en évidence dès la 3<sup>e</sup> année de protection. Ces observations, sur une courte période, peuvent être liées à l'immigration d'individus au sein de la réserve. En effet, le dénombrement d'individus de *D. sargus* et de *M. surmuletus*, âgés entre 6 et 8 ans, témoigne de l'effet refuge de cette zone. L'augmentation de la biomasse est aussi liée à l'étalement de la pyramide des âges. En effet, les populations de *M. surmuletus* et *D. sargus* présentent trois cohortes distinctes au sein de la réserve en 2020. Cette évolution témoigne d'une zone propice au recrutement et au vieillissement des cohortes au sein de la réserve. Ces adaptations permettront une stabilisation des stocks de populations dans le temps. En HR, l'échantillonnage dépend aussi de la pose de filet, qui pourrait expliquer la diminution brutale de la biomasse des espèces cibles en HR en 2020.

Les assemblages d'abondance évoluent progressivement sur les quatre années de suivi. Les populations d'es-

pèces cibles s'accroissent à partir de la 3<sup>e</sup> année de protection, notamment les populations de sparidés, espèces de haut niveau trophique favorisées par la mise en place d'une AMP [BOULANGER et al., 2021], sont significativement représentées à partir de l'année 2019 (figure 4).

Le niveau de protection au sein de la réserve influence la répartition des espèces (figure 5). Les abondances des espèces sélectionnées et les biomasses des espèces cibles sont significativement plus importantes en ZR et ZPR qu'en HR. Au sein de la réserve, la ZPR apparaît moins diversifiée que la ZR où la plongée loisir est autorisée. Ce résultat est surprenant, il était attendu que la zone avec le niveau de protection le plus élevé soit la plus diversifiée [LESTER et al., 2009]. La mise en réserve de cet espace suscite un engouement de la part d'une dizaine de clubs de plongée pour le site de Cousanço d'avril à octobre. La présence des plongeurs sur le site de Cousanço peut influencer le comportement des poissons. Certains individus peuvent s'habituer à la présence de l'homme, limitant le comportement de fuites [NEILL, 1966]. IBORRA et al. ont aussi montré que les mérours (*Epinephelus marginatus*) inférieurs à 50 cm peuvent être curieux et attirer par les plongeurs. Ainsi, les individus de la ZR, habitués à la présence de plongeurs, seraient moins craintifs et donc plus accessibles pour le dénombrement. Ainsi, il n'y aurait pas plus d'espèces rares associées à la ZR qu'à la ZPR. Le suivi de la RMCP par des caméras fixes à partir de 2019, présenté dans le rapport annuel du suivi de la réserve [JOUVENEL et al., 2021], soutient cette hypothèse.

Des enquêtes pêches, réalisées en avril 2020 auprès des pêcheurs locaux, révèlent un non-respect de l'interdiction de pêche de la part de certains professionnels. La réserve étant bien balisée mais située au large, il est difficile d'assurer sa sécurité et de quantifier ce braconnage. En dehors des missions régaliennes des autorités maritimes, une surveillance complémentaire est assurée l'été en journée par un écogarde, le dispositif peut sembler insuffisant. L'efficacité d'une AMP dépend essentiellement du respect des règles par ces utilisateurs, et des moyens mis en œuvre pour les faire respecter [CAMPBELL et al., 2012]. Ce biais pourrait expliquer la répartition des cohortes de *M. surmuletus* dans la RMCP en 2020. Une cohorte de deux ans et une de quatre ans devraient être visibles sur les résultats de l'étude démographique de l'année 2020.

### Conclusion

La RMCP peut être un lieu d'étude prospective pour plusieurs aspects. Elle a un intérêt scientifique de par sa configuration. Cette réserve marine de 100 ha est située à plus de 2 km de la côte, ce qui est rare en Méditerranée.

Il sera intéressant de comparer ces effets à des réserves côtières, par exemple, la réserve marine de Cap Couronne utilise le même protocole de suivi. La réserve suscite un intérêt de la part des pêcheurs, qui sont à l'origine de sa mise en place et souhaitent préserver la ressource. Enfin, elle est aussi un avantage pour les clubs de plongées locaux qui se concentrent dans cette zone. Malgré un braconnage connu, le suivi de la RMCP révèle des effets directs visibles à la mise en place d'une réserve, en seulement trois années de protection. L'abondance totale, la biomasse des espèces cibles augmentent significativement et l'assemblage d'abondances. Ainsi, on espère une intensification des différences spatio-temporelles dans les années à venir. Les prochains suivis pourraient permettre de révéler des différences spatio-temporelles, pouvant être interprétées comme une réponse à l'effet réserve. Il faut aussi espérer que l'augmentation des abondances au sein de la réserve profite aux zones adjacentes.

Ce phénomène ne sera possible que si la pérennité et la protection de la réserve sont assurées, ainsi plusieurs recommandations peuvent être proposées :

- répondre aux inquiétudes des prud'hommes de la pêche côtière de Palavas en intensifiant la surveillance avec l'essor des nouvelles technologies ;
- utiliser les techniques de complexification des récifs artificiels de la RMCP pour soutenir la restauration des habitats rocheux voisins ;
- intégrer des réseaux d'aires marines protégées pour accéder à une plus grande représentativité et à des projets de développement ;
- ouvrir plus largement cette zone aux laboratoires de recherche scientifique afin de créer un site atelier de suivi des changements globaux à venir.

### Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'Association de gestion de la réserve marine de Palavas, la prud'homie de pêche de Palavas-les-Flots, la mairie de Palavas-les-Flots, l'Office français de la biodiversité et le département de l'Hérault pour leur soutien à ce projet. Le travail de terrain a été réalisé par P2A Développement, plongeurs : Jean-Yves Jouvenel, François Baraffe, Antoine Tabéaud et Thomas Barros.

### Bibliographie

- ABESAMIS R.A., RUSS G.R. (2005) : « Density-dependent spillover from a marine reserve: long-term evidence ». *Ecological Applications*; 15 : 1798-812.
- BENSEBAINI C.M., BILLET N., CERTAIN G., JADAUD A., LE ROY E. (2019) : Archimer - Archive institutionnelle de l'Ifremer.
- BOULANGER E., LOISEAU N., VALENTINI A., ARNAL V., BOISSEY P., DEJEAN T., DETER J., GUELLETTI N., HOLON F., JUHEL J.-B., LENFANT P., MANEL S., MOUILLOT D. (2021) : « Environmental DNA metabarcoding reveals and unpacks a biodiversity conservation paradox in Mediterranean marine reserves ». *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*; 288(1949), rsob.
- CAMPBELL S.J., HOEY A.S., MAYNARD J., KARTAWIJAYA T., CINER J., GRAHAM N.A.J., BAIRD A.H. (2012) : « Weak compliance undermines the success of no-take zones in a large government-controlled marine protected area ». *PLOS ONE* 7; e50074. DOI : 10.1371/journal.pone.0050074
- DENNY C.M., WILLIS T.J., BABCOCK R.C. (2004) : « Rapid recolonisation of snapper *Pagrus auratus*: Sparidae within an offshore island marine reserve after implementation of no-take status ». *Marine Ecology Progress Series*; 272 : 183-90.
- EDGAR G.J., RUSS G.R., BABCOCK R.C. (2007) : « Marine protected areas ». Chapter 19, in : S.D. Connell, B.M. Gillanders, eds. *Marine Ecology*, p. 534-565. Oxford : Oxford University Press.
- EDGAR G.J., STUART-SMITH R.D., WILLIS T.J., KINIMONTH S., BAKER S.C., BANKS S., BARRETT N.S., BECERRO M.A., BERNARD A.T.F., BERKHOUT J., BUXTON C.D., CAMPBELL S.J., COOPER A.T., DAVEY M., EDGAR S.C., FÖRSTERRA G., GALVÁN D.E., IRIGOYEN A.J., KUSHNER D.J., MOURA R., PARNELL P.E., SHEARS N.T., SOLER G., STRAIN E.M.A., THOMSON R.J. (2014) : « Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features ». *Nature*; 506 : 216-20.
- FRANCOUR P., HARMELIN J.-G., POLLARD D., SARTORETTO S. (2001) : « A review of marine protected areas in the north-western Mediterranean region: siting, usage, zonation and management ». *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*; 11(3) : 155-88.
- HALPERN B.S. (2003) : « The impact of marine reserves: do reserves work and does reserve size matter? ». *Ecological Applications*; 13(sp1) : 117-37.
- HALPERN B.S., WARNER R.R. (2003) : « Review paper: Matching marine reserve design to reserve objectives ». *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*; 270(1527) : 1871-8.
- HARMELIN J.-G., BACHET F., GARCIA F. (1995) : « Mediterranean marine reserves: fish indices as tests of protection efficiency ». *Marine Ecology*; 16(3) : 233-50.
- HARMELIN-VIVIEN M.L., HARMELIN J.-G., CHAUVET C., DUVAL C., GALZIN R., LEJEUNE P., BARNABÉ G., BLANC F., CHEVALIER R., DUCLERC J., LASERRE G. (1985) : « Évaluation visuelle des peuplements et des populations de poissons : méthodes et problèmes ». *Revue d'écologie (La Terre et la Vie)*; 40(4) : 467-539.
- HASTINGS A., BOTSFORD L.W. (1999) : « Equivalence in yield from marine reserves and traditional fisheries management ». *Science*; 284(5419) : 1537-8.
- JOUVENEL J.-Y., MALLET A., MOLINIER P., TESSIER P. (2021) : *Suivi scientifique de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne 2016-2021. Suivi annuel 2020*.

Effets de la création de la réserve marine de la côte palavasienne sur le peuplement ichthyologique

LESTER S.E., HALPERN B.S., GRORUD-COLVERT K., LUBCHENCO J., RUTTENBERG B.I., GAINES S.D., AIRAMÉ S., WARNER R.R. (2009) : « Biological effects within no-take marine reserves: a global synthesis ». *Marine Ecology Progress Series*; 384 : 33-46.

MAN-WAI R., QUIGNARD J.-P. (1984) : « Les sars *Diplodus sargus* (Linnaeus, 1758) du Golfe du Lion. Croissance et caractéristiques des débarquements aux criées de Sète et du Grau-du-Roi ». *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*; 46(3) : 173-94.

MARINE CONSERVATION INSTITUTE (2021) : *Marine Protection Atlas*. Consultable en ligne : <https://mpatlas.org>

MCNEILL S.E., FAIRWEATHER P.G. (1993) : « Single large or several small marine reserves? An experimental approach with seagrass fauna ». *Journal of Biogeography*; 20(4) : 429-40.

MOLLOY P.P., MCLEAN I.B., CÔTÉ I.M. (2009) : « Effects of marine reserve age on fish populations: a global meta-analysis ». *Journal of Applied Ecology*; 46(4) : 743-51.

MOREY G., MORANTA J., MASSUTÍ E., GRAU A., LINDE M., RIERA F., MORALES-NIN B. (2003) : « Weight-length relationships of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean ». *Fisheries Research*; 62(1) : 89-96.

MOSQUERA I., CÔTÉ I.M., JENNINGS S., REYNOLDS J.D. (2000) : « Conservation benefits of marine reserves for fish populations ». *Animal Conservation*; 3(4) : 321-32.

NEILL S.R.S.J. (1966) : « Observations on the behaviour of the grouper species *Epinephelus guaza* and *E. alexandrinus* (Serranidae) ». In: J. Lythgoe, J. Woods, eds. *Report, 1966-67*. Surry, UK.

OKSANEN J., BLANCHET F.G., FRIENDLY M., KINDT R., LEGENDRE P., MCGLINN D., MINCHIN P., O'HARA R., SIMPSON G., SOLYMOS P., STEVENS H., SZÖCS E., WAGNER H. (2017) : « Vegan community ecology package. Ordination methods, diversity analysis and other functions for community and vegetation ecologists ». Version 2.4-4. The Comprehensive R Archive Network.

RUSS G.R., ALCALA A.C., MAYPA A.P., CALUMPONG H.P., WHITE A.T. (2004) : « Marine reserve benefits local fisheries ». *Ecological Applications*; 14(2) : 597-606.

SALA E., GIAKOUMI S. (2018) : « No-take marine reserves are the most effective protected areas in the ocean ». *ICES Journal of Marine Science*; 75(3) : 1166-8.

SHEARS N.T., BABCOCK R.C. (2003) : « Continuing trophic cascade effects after 25 years of no-take marine reserve protection ». *Marine Ecology Progress Series*; 246 : 1-16.

WORM B., BARBIER E.B., BEAUMONT N., DUFFY J.E., FOLKE C., HALPERN B.S., JACKSON J.B.C., LOTZE H.K., MICHELI F., PALUMBI S.R., SALA E., SELKOE K.A., STACHOWICZ J.J., WATSON R. (2006) : « Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services ». *Science*; 314(5800) : 787-90.

Figure 33 : Fiche suivi gorgones – Porquières 23.11.23

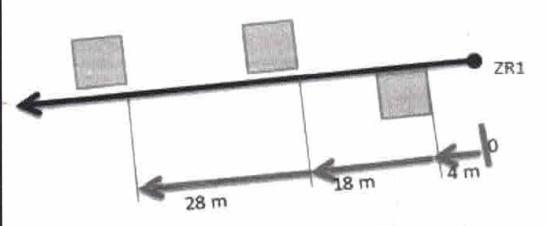
| Quadrat 1 |        |         | Quadrat 2 |        |         | Quadrat 3 |        |         | Quadrat 1                                                                            |        |         | Quadrat 2 |        |         | Quadrat 3 |        |         |  |  |  |  |  |  |
|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|--|--|--|--|--|--|
| N°        | taille | % nécro | N°        | taille | % nécro | N°        | taille | % nécro | N°                                                                                   | taille | % nécro | N°        | taille | % nécro | N°        | taille | % nécro |  |  |  |  |  |  |
| 1         | 28     | 50      | 1         | 10     | 50      | 1         | 35     | 0       | 51                                                                                   | 10     | 0       | 51        | 11     | 100     | 51        | 7      | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 2         | 18     | 50      | 2         | 13     | 100     | 2         | 14     | 80      | 52                                                                                   | 8      | 100     | 52        | 9      | 100     | 52        | 2      | 50      |  |  |  |  |  |  |
| 3         | 22     | 0       | 3         | 6      | 0       | 3         | 15     | 100     | 53                                                                                   | 9      | 100     | 53        | 10     | 100     | 53        | 8      | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 4         | 13     | 0       | 4         | 5      | 100     | 4         | 30     | 20      | 54                                                                                   | 12     | 100     | 54        | 7      | 0       | 54        | 11     | 0       |  |  |  |  |  |  |
| 5         | 16     | 100     | 5         | 7      | 100     | 5         | 19     | 100     | 55                                                                                   | 9      | 0       | 55        | 10     | 0       | 55        | 11     | 0       |  |  |  |  |  |  |
| 6         | 7      | 0       | 6         | 4      | 0       | 6         | 12     | 100     | 56                                                                                   | 4      | 0       | 56        | 11     | 0       | 56        | 2      | 0       |  |  |  |  |  |  |
| 7         | 7      | 50      | 7         | 6      | 100     | 7         | 10     | 100     | 57                                                                                   | 8      | 0       | 57        | 9      | 100     | 57        | 18     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 8         | 9      | 100     | 8         | 6      | 100     | 8         | 10     | 100     | 58                                                                                   | 6      | 70      | 58        | 7      | 0       | 58        | 3      | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 9         | 20     | 0       | 9         | 9      | 100     | 9         | 12     | 100     | 59                                                                                   | 6      | 100     | 59        | 12     | 100     | 59        | 7      | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 10        | 18     | 0       | 10        | 4      | 100     | 10        | 30     | 0       | 60                                                                                   | 5      | 100     | 60        | 12     | 30      | 60        | 13     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 11        | 22     | 0       | 11        | 6      | 100     | 11        | 12     | 100     | 61                                                                                   | 20     | 40      | 61        | 11     | 100     | 61        | 5      | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 12        | 10     | 100     | 12        | 7      | 100     | 12        | 10     | 100     | 62                                                                                   | 12     | 100     | 62        | 6      | 100     | 62        | 15     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 13        | 21     | 0       | 13        | 10     | 100     | 13        | 7      | 100     | 63                                                                                   | 14     | 100     | 63        | 2      | 0       | 63        | 8      | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 14        | 25     | 0       | 14        | 5      | 100     | 14        | 6      | 100     | 64                                                                                   | 10     | 100     | 64        | 14     | 0       | 64        | 3      | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 15        | 9      | 80      | 15        | 6      | 100     | 15        | 7      | 100     | 65                                                                                   | 7      | 100     | 65        | 12     | 30      | 65        | 3      | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 16        | 6      | 0       | 16        | 12     | 100     | 16        | 10     | 0       | 66                                                                                   | 12     | 100     | 66        | 4      | 0       | 66        | 4      | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 17        | 4      | 100     | 17        | 2,5    | 0       | 17        | 4      | 100     | 67                                                                                   | 6      | 100     | 67        | 5      | 100     | 67        | 11     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 18        |        |         | 18        | 6      | 100     | 18        | 10     | 100     | 68                                                                                   | 10     | 80      | 68        | 11     | 100     | 68        | 10     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 19        |        |         | 19        | 5      | 100     | 19        | 7      | 100     | 69                                                                                   | 6      | 100     | 69        | 4      | 0       | 69        | 10     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 20        |        |         | 20        | 4      | 0       | 20        | 5      | 100     | 70                                                                                   | 18     | 100     | 70        | 10     | 30      | 70        | 6      | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 21        |        |         | 21        | 7      | 100     | 21        | 7      | 100     | 71                                                                                   | 11     | 100     | 71        | 11     | 0       | 71        | 10     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 22        |        |         | 22        | 25     | 60      | 22        | 6      | 80      | 72                                                                                   | 11     | 100     | 72        | 9      | 100     | 72        | 5      | 0       |  |  |  |  |  |  |
| 23        |        |         | 23        | 9      | 100     | 23        | 12     | 80      | 73                                                                                   | 12     | 100     | 73        | 5      | 0       | 73        | 5      | 0       |  |  |  |  |  |  |
| 24        |        |         | 24        | 8      | 100     | 24        | 15     | 60      | 74                                                                                   | 9      | 100     | 74        | 9      | 100     | 74        | 3      | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 25        |        |         | 25        | 4      | 100     | 25        | 12     | 100     | 75                                                                                   | 12     | 100     | 75        | 11     | 100     | 75        | 3      | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 26        |        |         | 26        | 13     | 100     | 26        | 15     | 100     | 76                                                                                   | 15     | 100     | 76        | 11     | 100     | 76        | 7      | 0       |  |  |  |  |  |  |
| 27        |        |         | 27        | 8      | 100     | 27        | 15     | 90      | 77                                                                                   | 15     | 100     | 77        | 11     | 100     | 77        | 4      | 0       |  |  |  |  |  |  |
| 28        |        |         | 28        | 11     | 100     | 28        | 8      | 100     | 78                                                                                   | 15     | 100     | 78        | 11     | 100     | 78        | 11     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 29        |        |         | 29        | 5      | 100     | 29        | 12     | 80      | 79                                                                                   | 15     | 100     | 79        | 11     | 100     | 79        | 11     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 30        |        |         | 30        | 4      | 0       | 30        | 23     | 0       | 80                                                                                   | 18     | 100     | 80        | 11     | 100     | 80        | 11     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 31        |        |         | 31        | 9      | 100     | 31        | 11     | 100     | 81                                                                                   | 18     | 100     | 81        | 11     | 100     | 81        | 11     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 32        |        |         | 32        | 9      | 0       | 32        | 9      | 100     | 82                                                                                   | 18     | 100     | 82        | 11     | 100     | 82        | 11     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 33        |        |         | 33        | 9      | 100     | 33        | 10     | 100     | 83                                                                                   | 18     | 100     | 83        | 11     | 100     | 83        | 11     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 34        |        |         | 34        | 9      | 100     | 34        | 17     | 60      | 84                                                                                   | 18     | 100     | 84        | 11     | 100     | 84        | 11     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 35        |        |         | 35        | 7      | 100     | 35        | 22     | 0       | 85                                                                                   | 18     | 100     | 85        | 11     | 100     | 85        | 11     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 36        |        |         | 36        | 9      | 8       | 36        | 6      | 100     | 86                                                                                   | 18     | 100     | 86        | 11     | 100     | 86        | 11     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 37        |        |         | 37        | 9      | 8       | 37        | 6      | 100     | 87                                                                                   | 18     | 100     | 87        | 11     | 100     | 87        | 11     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 38        |        |         | 38        | 5      | 100     | 38        | 10     | 100     | 88                                                                                   | 18     | 100     | 88        | 11     | 100     | 88        | 11     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 39        |        |         | 39        | 6      | 100     | 39        | 32     | 40      | 89                                                                                   | 18     | 100     | 89        | 11     | 100     | 89        | 11     | 100     |  |  |  |  |  |  |
| 40        |        |         | 40        | 12     | 100     | 40        | 5      | 100     | DATE                                                                                 |        |         | OBS       |        |         |           |        |         |  |  |  |  |  |  |
| 41        |        |         | 41        | 6      | 100     | 41        | 10     | 100     |  |        |         |           |        |         |           |        |         |  |  |  |  |  |  |
| 42        |        |         | 42        | 7      | 100     | 42        | 14     | 100     |                                                                                      |        |         |           |        |         |           |        |         |  |  |  |  |  |  |
| 43        |        |         | 43        | 9      | 0       | 43        | 9      | 100     |                                                                                      |        |         |           |        |         |           |        |         |  |  |  |  |  |  |
| 44        |        |         | 44        | 7      | 100     | 44        | 14     | 100     |                                                                                      |        |         |           |        |         |           |        |         |  |  |  |  |  |  |
| 45        |        |         | 45        | 11     | 100     | 45        | 31     | 100     |                                                                                      |        |         |           |        |         |           |        |         |  |  |  |  |  |  |
| 46        |        |         | 46        | 8      | 100     | 46        | 23     | 100     |                                                                                      |        |         |           |        |         |           |        |         |  |  |  |  |  |  |
| 47        |        |         | 47        | 7      | 100     | 47        | 9      | 100     |                                                                                      |        |         |           |        |         |           |        |         |  |  |  |  |  |  |
| 48        |        |         | 48        | 14     | 0       | 48        | 4      | 100     |                                                                                      |        |         |           |        |         |           |        |         |  |  |  |  |  |  |
| 49        |        |         | 49        | 5      | 0       | 49        | 5      | 100     |                                                                                      |        |         |           |        |         |           |        |         |  |  |  |  |  |  |
| 50        |        |         | 50        | 2      | 0       | 50        | 7      | 100     |                                                                                      |        |         |           |        |         |           |        |         |  |  |  |  |  |  |

Figure 34 : Fiche suivi gorgones - Cousanço 23.11.23

COUSANÇO 190°  
Porquères QUEST P2 260°

| Quadrat 1 |        |         | Quadrat 2 |        |         | Quadrat 3 |        |         | Quadrat 1 |        |         | Quadrat 2 |        |         | Quadrat 3 |        |         |
|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|
| N°        | taille | % nécro | N°        | taille | % nécro | N°        | taille | % nécro | N°        | taille | % nécro | N°        | taille | % nécro | N°        | taille | % nécro |
| 1         | 28     | 0       | 1         | 32     | 60      | 1         | 28     | 0       | 51        |        |         | 51        |        |         | 51        |        |         |
| 2         | 14     | 0       | 2         | 19     | 0       | 2         | 14     | 0       | 52        |        |         | 52        |        |         | 52        |        |         |
| 3         | 21     | 0       | 3         | 13     | 0       | 3         | 24     | 0       | 53        |        |         | 53        |        |         | 53        |        |         |
| 4         | 20     | 0       | 4         | 15     | 0       | 4         | 23     | 0       | 54        |        |         | 54        |        |         | 54        |        |         |
| 5         | 30     | 0       | 5         | 16     | 0       | 5         | 24     | 0       | 55        |        |         | 55        |        |         | 55        |        |         |
| 6         | 21     | 0       | 6         | 22     | 0       | 6         | 28     | 0       | 56        |        |         | 56        |        |         | 56        |        |         |
| 7         | 22     | 10      | 7         | 19     | 0       | 7         | 39     | 0       | 57        |        |         | 57        |        |         | 57        |        |         |
| 8         | 26     | 0       | 8         | 25     | 20      | 8         | 36     | 0       | 58        |        |         | 58        |        |         | 58        |        |         |
| 9         | 31     | 10      | 9         | 20     | 0       | 9         | 32     | 0       | 59        |        |         | 59        |        |         | 59        |        |         |
| 10        | 24     | 0       | 10        | 40     | 0       | 10        | 34     | 0       | 60        |        |         | 60        |        |         | 60        |        |         |
| 11        | 29     | 40      | 11        | 22     | 5       | 11        | 38     | 30      | 61        |        |         | 61        |        |         | 61        |        |         |
| 12        | 36     | 0       | 12        | 27     | 10      | 12        | 36     | 10      | 62        |        |         | 62        |        |         | 62        |        |         |
| 13        | 32     | 40      | 13        | 14     | 0       | 13        | 24     | 70      | 63        |        |         | 63        |        |         | 63        |        |         |
| 14        | 38     | 0       | 14        | 32     | 0       | 14        | 35     | 0       | 64        |        |         | 64        |        |         | 64        |        |         |
| 15        | 43     | 0       | 15        | 20     | 0       | 15        | 30     | 0       | 65        |        |         | 65        |        |         | 65        |        |         |
| 16        | 34     | 5       | 16        | 14     | 0       | 16        | 32     | 0       | 66        |        |         | 66        |        |         | 66        |        |         |
| 17        | 39     | 0       | 17        | 26     | 0       | 17        | 29     | 0       | 67        |        |         | 67        |        |         | 67        |        |         |
| 18        | 40     | 30      | 18        | 26     | 0       | 18        | 19     | 90      | 68        |        |         | 68        |        |         | 68        |        |         |
| 19        | 30     | 0       | 19        | 31     | 0       | 19        | 22     | 0       | 69        |        |         | 69        |        |         | 69        |        |         |
| 20        | 52     | 5       | 20        | 34     | 0       | 20        | 37     | 0       | 70        |        |         | 70        |        |         | 70        |        |         |
| 21        | 20     | 0       | 21        | 21     | 0       | 21        | 76     | 5       | 71        |        |         | 71        |        |         | 71        |        |         |
| 22        | 13     | 0       | 22        | 22     | 80      | 22        | 38     | 0       | 72        |        |         | 72        |        |         | 72        |        |         |
| 23        | 34     | 0       | 23        | 30     | 5       | 23        | 30     | 10      | 73        |        |         | 73        |        |         | 73        |        |         |
| 24        | 32     | 0       | 24        | 21     | 80      | 24        | 58     | 20      | 74        |        |         | 74        |        |         | 74        |        |         |
| 25        | 13     | 0       | 25        | 41     | 0       | 25        | 30     | 0       | 75        |        |         | 75        |        |         | 75        |        |         |
| 26        | 20     | 0       | 26        | 19     | 0       | 26        | 39     | 0       | 76        |        |         | 76        |        |         | 76        |        |         |
| 27        | 34     | 10      | 27        | 22     | 0       | 27        |        |         | 77        |        |         | 77        |        |         | 77        |        |         |
| 28        | 41     | 0       | 28        | 34     | 5       | 28        |        |         | 78        |        |         | 78        |        |         | 78        |        |         |
| 29        | 42     | 0       | 29        | 24     | 20      | 29        |        |         | 79        |        |         | 79        |        |         | 79        |        |         |
| 30        | 55     | 40      | 30        | 24     | 0       | 30        |        |         | 80        |        |         | 80        |        |         | 80        |        |         |
| 31        | 33     | 20      | 31        | 24     | 0       | 31        |        |         | 81        |        |         | 81        |        |         | 81        |        |         |
| 32        | 18     | 0       | 32        | 33     | 5       | 32        |        |         | 82        |        |         | 82        |        |         | 82        |        |         |
| 33        | 23     | 0       | 33        | 27     | 10      | 33        |        |         | 83        |        |         | 83        |        |         | 83        |        |         |
| 34        | 58     | 30      | 34        | 20     | 0       | 34        |        |         | 84        |        |         | 84        |        |         | 84        |        |         |
| 35        | 16     | 0       | 35        | 39     | 0       | 35        |        |         | 85        |        |         | 85        |        |         | 85        |        |         |
| 36        | 26     | 20      | 36        | 24     | 0       | 36        |        |         | 86        |        |         | 86        |        |         | 86        |        |         |
| 37        | 36     | 20      | 37        | 21     | 70      | 37        |        |         | 87        |        |         | 87        |        |         | 87        |        |         |
| 38        | 37     | 0       | 38        | 28     | 0       | 38        |        |         | 88        |        |         | 88        |        |         | 88        |        |         |
| 39        | 29     | 0       | 39        | 32     | 0       | 39        |        |         | 89        |        |         | 89        |        |         | 89        |        |         |
| 40        | 22     | 0       | 40        | 20     | 0       | 40        |        |         |           |        |         |           |        |         |           |        |         |
| 41        | 40     | 10      | 41        | 34     | 0       | 41        |        |         |           |        |         |           |        |         |           |        |         |
| 42        |        |         | 42        | 18     | 10      | 42        |        |         |           |        |         |           |        |         |           |        |         |
| 43        |        |         | 43        | 18     | 0       | 43        |        |         |           |        |         |           |        |         |           |        |         |
| 44        |        |         | 44        | 39     | 0       | 44        |        |         |           |        |         |           |        |         |           |        |         |
| 45        |        |         | 45        | 20     | 0       | 45        |        |         |           |        |         |           |        |         |           |        |         |
| 46        |        |         | 46        | 16     | 0       | 46        |        |         |           |        |         |           |        |         |           |        |         |
| 47        |        |         | 47        | 26     | 0       | 47        |        |         |           |        |         |           |        |         |           |        |         |
| 48        |        |         | 48        | 22     | 0       | 48        |        |         |           |        |         |           |        |         |           |        |         |
| 49        |        |         | 49        |        |         | 49        |        |         |           |        |         |           |        |         |           |        |         |
| 50        |        |         | 50        |        |         | 50        |        |         |           |        |         |           |        |         |           |        |         |

## 7. Bibliographie

---

- Berkeley S.A., Chapman C., Sogard S.M. Maternal age as a determinant of larval growth and survival in a marine fish, *Sebastes melanops*. *Ecology*, vol. 85, n°5, pp. 1258-1264. 2004.
- Crec'hriou, R. and Lenfant, P. (2015) 'Atlas des Post-Larves de poissons de Méditerranée Occidentale'.
- Gell F.R. et Roberts C.M. Benefits beyond boundaries : the fishery effects of marine reserves. *Trends in ecology and evolution*, vol. 18, N°9, pp. 448-455. 2003.
- Gell F.R. et Roberts C.M. The fishery effects of marine reserves and fishery closures. 2002.
- Garcia-Rubies, A. and Macpherson, E. (1995) 'Substrate use and temporal pattern of recruitment in juvenile fishes of the Mediterranean littoral', *Marine Biology*, 124(1), pp. 35–42. Available at: <https://doi.org/10.1007/BF00349144>.
- Grall J, Coïc N. Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. 2006. p. 91.
- Halpern B, Warner R. Marine Reserves Have Rapid and Lasting Effects. *Ecology Letters*. 5:361-6. 2002.
- Halpern B.S. The impact of marine reserves : do reserves work and does reserve size matter ? *Ecological Applications*, vol. 13 (1), suppl., pp.S117-S137. 2003.
- Harmelin-Vivien M, Harmelin J-G, Chauvet C, Duval C, Galzin R, Lejeune P, Barnabé G, Blanc F, Chevalier R, Duclerc J, Lasserre G. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons méthodes et problèmes. 1985.
- Harmelin-Vivien M, Harmelin J-G. L'inventaire des richesses faunistiques et floristiques des parcs nationaux est une des tâches essentielles incombant aux naturalistes appelés à travailler dans ces zones protégées. 1975. P.6.
- Jouvenel J.-Y., Lowenstein A., Picard I., 2022. Suivi scientifique de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne, Suivi annuel 2022. AGRMCP, décembre 2022. P2A Développement (61 pages).
- Katell G. Roc Connect : Connectivité des populations d'invertébrés benthiques de l'habitat rocheux du Golfe du Lion. Rapport final. Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer. 2016.
- Lester SE, Halpern BS, Grorud-Colvert K, Lubchenco J, Ruttenberg BI, Gaines SD, Airamé S, Warner R. Biological effects within no-take marine reserves: a global synthesis. *Marine Ecology Progress Series*. 2009 ; 384:33-46.
- Molinier P., Mallet A., Jouvenel J-Y., 2023. Effets de la création de la réserve marine de la côte palavasienne sur le peuplement ichthyologique. TSM n°11. 31-39 pages.
- Pey, Alexis, Jérôme Catanéo, Didier Forcioli, Pierre-Laurent Merle, et Paola Furla. « Thermal Threshold and Sensitivity of the Only Symbiotic Mediterranean Gorgonian *Eunicella singularis* by Morphometric and Genotypic Analyses ». *Comptes Rendus Biologies* 336, n° 7 (juillet 2013): 331-41. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2013.06.008>.
- Roberts C, Hawkins JP, WWF Endangered Seas Campaign. Fully-protected marine reserves: a guide. Washington, DC: WWF Endangered Seas Campaign. 2000.
- Vigliola, L. *et al.* (1998) 'Spatial and temporal patterns of settlement among sparid fishes of the genus *Diplodus* in the northwestern Mediterranean', *Marine Ecology Progress Series*, 168, pp. 45–56. Available at: <https://doi.org/10.3354/meps168045>.
- Vigliola, L. and Harmelin, M. (2001) 'post-settlement ontogeny in three Mediterranean reef fish species of the Genus *Diplodus*', *Bulletin of Marine Science*, 68, pp. 271–286.

Sordello R., Bertheau Y., Coulon A., Jeusset A., Ouédraogo D.Y., Vanpeene S., Vargac M., Villemey A., Witté I., Reyjol Y., Touroult J. (2019). Les protocoles expérimentaux en écologie. Principaux points clefs. UMS PatrNat, CESCO, Irstea. 32 pages.