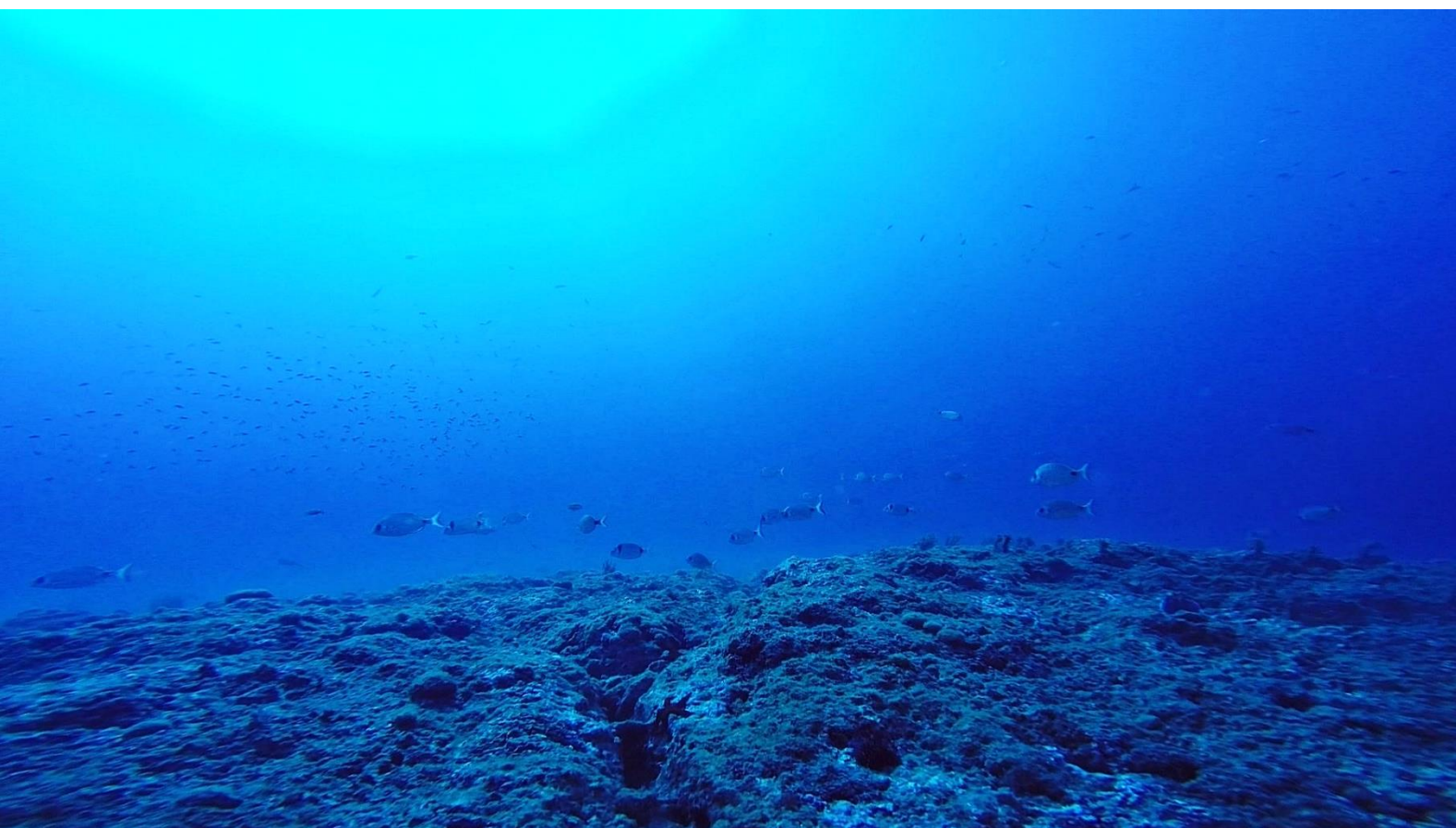




Suivi scientifique de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Suivi annuel 2024



Décembre 2024

Le présent rapport devra être cité comme suit

Jouvenel J.-Y., Picard I., Chorliet L., Jitten E., 2024. Suivi scientifique de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne, Suivi annuel 2023. AGRMCP, décembre 2024. P2A Développement (64 pages).

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	6
1.1. PRESENTATION DE LA RESERVE MARINE.....	6
1.1.1. <i>Périmètre et réglementation</i>	6
1.1.2. <i>Suivis scientifiques</i>	7
1.2. OBJECTIFS DU RAPPORT	8
2. METHODOLOGIE	9
2.1. ZONES D’ETUDES ET STATIONS DE SUIVI	9
2.2. TYPES DE SUIVIS SCIENTIFIQUES MIS EN PLACE EN 2024	11
2.2.1. <i>Suivi principal</i>	11
2.2.2. <i>Suivi complémentaire</i>	11
2.3. PROTOCOLES DE SUIVI	11
2.3.1. <i>Suivi de l’ichtyofaune et espèces associées (HVC)</i>	11
2.3.2. <i>Recherche des mérous et des corbs dans la RMCP</i>	16
2.3.3. <i>Suivi par l’ADN environnemental</i>	16
2.3.4. <i>Suivi de l’indicateur de pressions sur le fond : les gorgones blanches</i>	17
2.3.5. <i>Suivi complémentaire de l’ichtyofaune et de la faune benthique</i>	20
2.4. MOYENS ENGAGES POUR LA CAMPAGNE DE SUIVI 2024	21
3. RESULTATS.....	24
3.1. SUIVI PRINCIPAL	24
3.1.1. <i>Ichtyofaune et espèces (HVC) associées</i>	24
3.1.1.1. Richesse spécifique et diversité	24
3.1.1.2. Composition de l’ichtyofaune	29
3.1.1.3. Abondance	31
3.1.1.4. Espèces cibles	33
3.1.1.4.1. Abondance	33
3.1.1.4.2. Tailles	35
3.1.1.5. Détection des mérous et des corbs sur les tombants de Porquières et de Cousanço	38
3.1.2. <i>Détection avec l’ADN environnemental</i>	41
3.1.3. <i>Suivi de l’indicateur de pression sur le fond : les gorgones blanches</i>	41
3.1.3.1. Abondance	41
3.1.3.2. Taux de nécrose	44
3.1.3.3. Taille	46
3.1.3.4. Photogrammétrie	49
3.1.4. <i>Suivi des paramètres environnementaux</i>	51
3.2. SUIVI COMPLEMENTAIRE DE L’ICHTYOFAUNE ET DE LA FAUNE BENTHIQUE	54
4. DISCUSSION ET CONCLUSIONS	57
4.1. L’ICHTYOFAUNE	57
4.2. SUIVI DE L’INDICATEUR DE PRESSIONS SUR LE FOND : LES GORGONES BLANCHES	59
5. ANNEXES.....	61
6. BIBLIOGRAPHIE	72

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Carte de présentation de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne (source : mairie de Palavas-les-Flots).....	7
Figure 2 : Sites du suivi scientifique	10
Figure 3 : Carte de situation de la réserve marine de la côte Palavasienne avec l’emplacement des transects du suivi de l’ichtyofaune	12
Figure 4 : Représentation schématique du protocole de suivi le long de transects sur les fonds rocheux.....	13
Figure 5. Photographie du suivi des corbs et mérous à l'aide de propulseurs Divertug Sport.....	16
Figure 6. Matériel de filtration d'ADN environnemental et installation de la méthode de filtration	17
Figure 7 : Carte de situation de la réserve marine de la côte Palavasienne avec la localisation des suivis gorgone	18
Figure 8 : Représentation schématique du protocole de suivi des gorgones blanches sur les stations rocheuses	19
Figure 9 : Représentation schématique du quadrat pour le comptage et la méthode de mesure de hauteur des individus (photo de <i>Eunicella singularis</i> : source http://doris.ffessm.fr)	19
Figure 10 : 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).....	20
Figure 11 : Tablette de comptage (P2A Développement)	22
Figure 12 : Le NEEXO, navire de recherche mobilisé pour la campagne de suivi © P2A Développement.....	23
Figure 13. Indices de diversité moyens (et écart-type) de l'ichtyofaune dans les différents degrés de protection étudiés.....	27
Figure 14. Composition de l'ichtyofaune par famille et par degrés de protection.....	29
Figure 15. Photographies prises durant le suivi ichtyologique 2024 avec a) un banc de saupes (<i>Sarpa salpa</i>) ; b) une coquette (<i>Labrus mixtus</i>) ; c) La mostelle de roche (<i>Phycis phycis</i>) ; d) un banc de sar à tête noire (<i>Diplodus vulgaris</i>) et de castagnole (<i>Chromis chromis</i>) ; e) Un labre merle (<i>Labrus merula</i>) ; f) Un chapon (<i>Scorpaena scrofa</i>) g) une girelle commune mâle (<i>Coris julis</i>) ; h) la blennie de Roux (<i>Parablennius rouxi</i>).....	30
Figure 16. Sar à tête noire (<i>Diplodus vulgaris</i>) et girelle mâle (<i>Coris julis</i>) observés sur le site de Cousançà (ZR)	31
Figure 17 - Abondance moyenne (et écart-type) des individus selon le degré de protection de la zone	32
Figure 18. Abondance moyenne (et écart-type) des huit espèces cibles de poissons selon le degré de protection de la zone	33
Figure 19. Photographies des espèces cibles prises durant le suivi ichtyologiques 2024 avec a) Mulet de roche (<i>Mullus surmuletus</i>) ; b) Sar à tête noire (<i>Diplodus vulgaris</i>) et Dorade royale (<i>Sparus aurata</i>) ; c) Girelle commune mâle (<i>Coris julis</i>) et d) Serran-chevrette (<i>Serranus cabrilla</i>)	34
Figure 20. Taille des 8 espèces cibles selon le degré de protection de la zone	35
Figure 21. Structure de tailles du serran chevrette (taille moyenne en pointillés orange) selon le degré de protection de la zone	37
Figure 22. Carte de localisation des Corbs (<i>Sciaena umbra</i>) dans la Zone à Protection Renforcée	38
Figure 23. Photographie prise durant le suivi ichtyologique présentant les transects réalisés en scooter (Divertug Sport) dans l’objectif de détecter corbs communs (<i>Sciaena umbra</i>) et mérous brun (<i>Epinephelus marginatus</i>).....	40
Figure 24. Photographie de deux corbs communs (<i>Sciaena umbra</i>)	40
Figure 25. Gorgones blanches (<i>Eunicella singularis</i>).....	41
Figure 26. Abondance moyenne (et écart-type) des gorgones blanches selon le degré de protection de la zone	42

Figure 27. Photographies du protocole de suivi des gorgones (<i>Eunicella singularis</i>) comprenant le comptage des individus, leur pourcentage de nécrose et leur longueur	43
Figure 28. Taux de nécrose moyen (et écart-type) des gorgones blanches selon le degré de protection de la zone	44
Figure 29. Taux de nécrose selon les différentes classes de tailles d' <i>Eunicella singularis</i> dans les deux zones de réserve : Zone réglementée (ZR) et Zone de Protection Renforcée (ZPR).	45
Figure 30. Nécrose totale d'une gorgone blanche (<i>Eunicella singularis</i>), également colonisée par un alcyon encroûtant (<i>Alcyonium coralloides</i>)	46
Figure 31. Taille moyenne (et écart-type) des gorgones blanches selon le degré de protection de la zone	47
Figure 32. Structures de tailles des gorgones blanches selon le degré de protection de la zone. Le trait pointillé rouge représente la moyenne.	48
Figure 34. Mesure de gorgones blanches (<i>Eunicella singularis</i>)	49
Figure 35. Photographie d'une orthophotographie non réussie d'un peuplement de gorgones	50
Figure 36. Photographies avec différentes prises de vues nécessaires à l'utilisation de la photogrammétrie.	50
Figure 37. Profils de températures dans la Zone de Protection Renforcée, à Porquières Est au Nord (REN), à Porquières Est au Sud (RES), à Porquières Ouest au Nord (RON) et à Porquières Ouest au Sud (ROS).	51
Figure 38. Profils de la concentration d'oxygène (mg/L) dans la Zone de Protection Renforcée (Porquieres Sud et Porquieres Nord) et dans la Zone réglementée (Cousança Sud et Cousança Nord)	52
Figure 39. Profils de la turbidité (NTU) dans la Zone de Protection Renforcée (Porquieres Sud et Porquieres Nord) et dans la Zone réglementée (Cousança Sud et Cousança Nord)	53
Figure 40 : 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 ^{ème} année. pp 31-39	61
Figure 41 : Fiche suivi gorgones – Porquières 23.11.23	70
Figure 42 : Fiche suivi gorgones - Cousança 23.11.23	71

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.

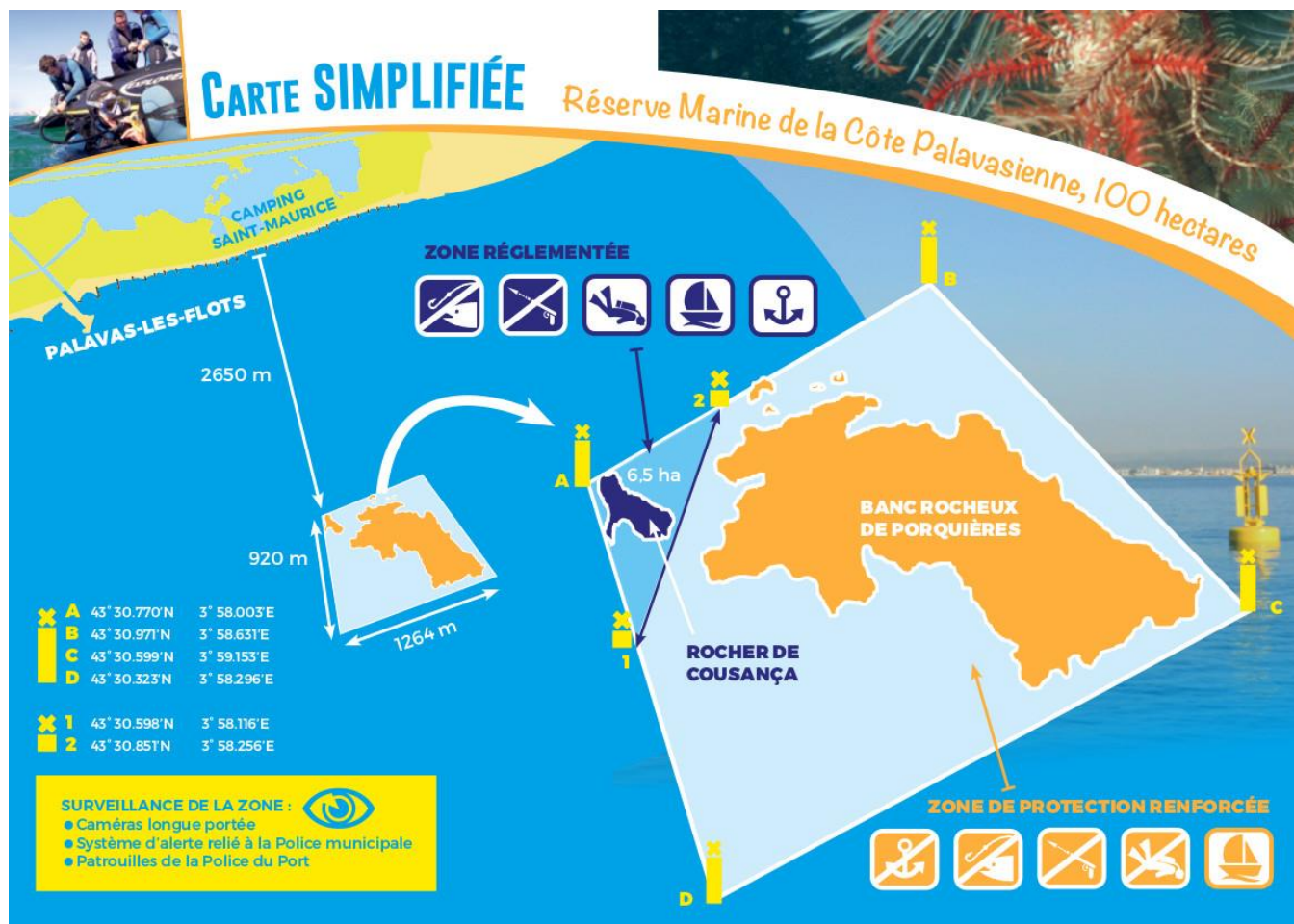


Figure 1 : Carte de présentation de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne (source : mairie de Palavas-les-Flots)

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 Cousanço ;
- 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 réplicats. 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 (ZPR)	Porquières Ouest
	Porquières Sud
Zone réglementée (ZR)	Cousança Nord
	Cousança Sud
Hors réserve (HR)	Guérites Ouest
	Guérites Est

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

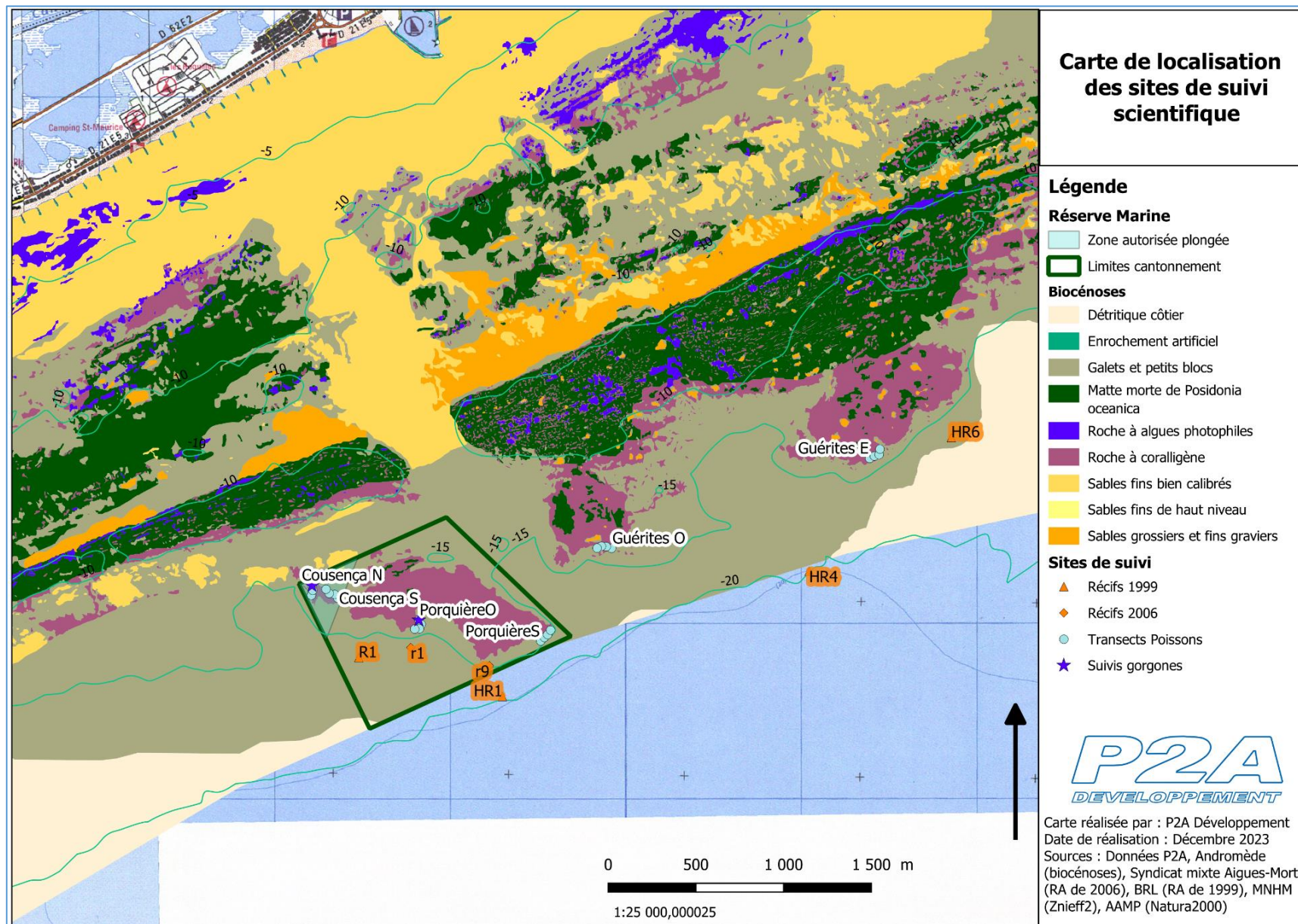


Figure 2 : Sites du suivi scientifique

2.2. Types de suivis scientifiques mis en place en 2024

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 2024 :

- Suivi de l'ichtyofaune sur fonds rocheux ;
- Suivi de l'ichtyofaune dans la colonne d'eau dans la zone de la ZPR ;
- Suivi des gorgones blanches en tant qu'indicateur de la fréquentation de la ZR (Cousança) ;
- Recherche du mérrou (*Epinephelus marginatus*) et du corb commun (*Sciaena umbra*) dans la ZR et la ZPR (parcours exhaustif du périmètre de ces 2 bancs rocheux).

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 ;
- Détection de corbs et de mérous sur les tombants de Porquières et Cousança.

Le suivi est réalisé annuellement, la campagne d'acquisition des données s'étant effectuée au mois d'août 2024. 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^{ème} 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 7 mois (de mai à novembre). 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 le plus exhaustif possible réalisé en plongée. Il s'effectue le long de transects, sur les 6 stations détaillées dans le Tableau 2, comportant 2 stations par degré de protection (ZR, ZPR et HR).

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. Il s’agit de ne pas réaliser les 2 stations d’une zone représentative le même jour mais plutôt de coupler réserve/hors-réserve au cours d’une journée.

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

Protocole	Sites	Protection
Comptages poissons	Cousança Nord (ZR1)	ZR
	Cousança Sud (ZR2)	
	Porquières Ouest (ZPR1)	ZPR
	Porquières Sud (ZPR2)	
	Guérites Ouest (HR1)	HR
	Guérites Est (HR2)	

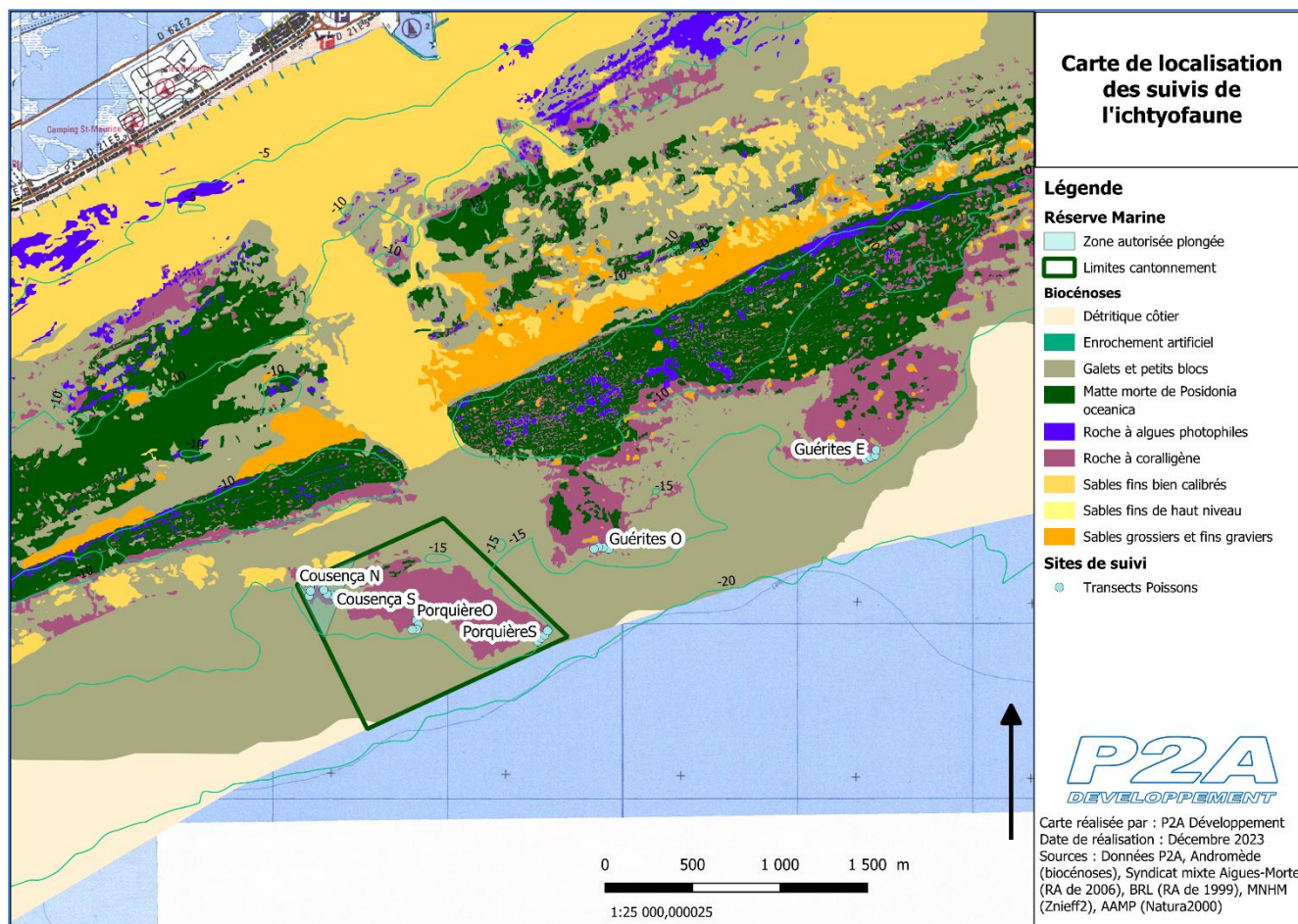


Figure 3 : Carte de situation de la réserve marine de la côte Palavasienne avec l’emplacement des transects du suivi de l’ichtyofaune

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.

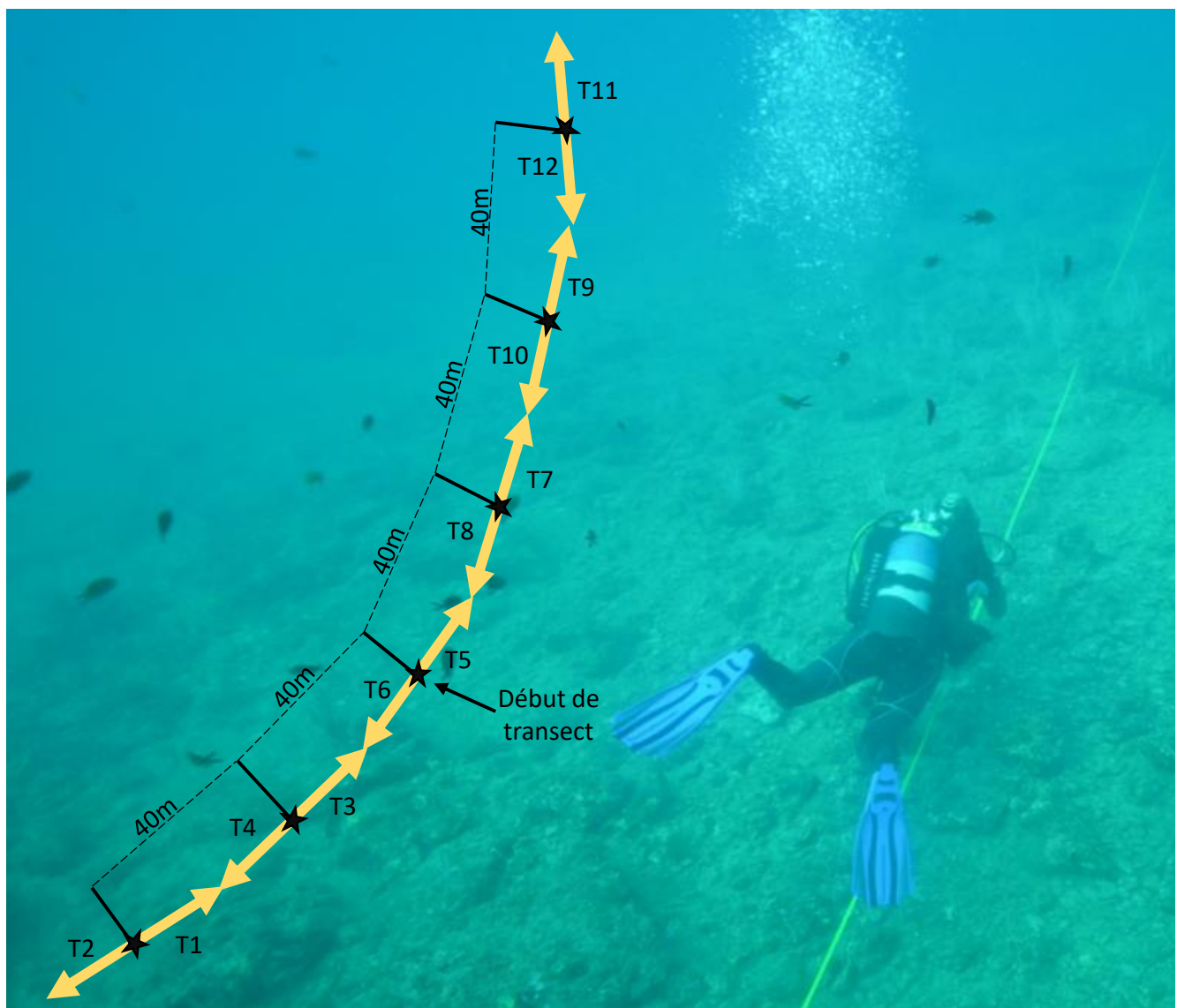


Figure 4 : Représentation schématique du protocole de suivi le long de transects sur les fonds rocheux

Le protocole de comptage de poissons a évolué depuis l'année 2023 et a subi quelques améliorations. En effet, le protocole précédent impliquait des transects 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. Or, ce type de protocole possède plusieurs aspects négatifs à commencer par la pseudo-réplication que cela peut engendrer. En effet, la pseu-replication est, selon la définition de Hulbert en 1984 considérée comme « l'utilisation de statistiques inférentielles pour

tester les effets de traitement avec des données provenant d'expériences où l'un ou l'autre des traitements ne sont pas reproduits (bien que des échantillons puissent être) ou les répliques ne sont pas statistiquement indépendantes ». En d'autres termes, cela revient à analyser des échantillons qui ne sont pas véritablement indépendants mais qui sont traités comme tels. D'un point de vue écologique, la pseudo-réplication sur une même zone géographique donne une vision biaisée de l'écosystème en ne représentant qu'une partie réduite de la biodiversité ou des conditions environnementales (Wiersma, 2022). De plus, l'utilisation de transect avec directions définies impliquaient d'aller dans des zones non propices au comptage de poissons (zones en dessous de la thermocline, réduisant la visibilité). Enfin, l'utilisation de piquets présente deux problèmes : leur usure avec le temps, ne permettant pas certaines fois de retrouver la zone et le dérangement sur le fond du fait de l'installation de ces piquets.

Le nouveau protocole de comptage de poissons s'effectue le long de 12 transects (réplicas) répartis élatoirement. Pour ce faire, les plongeurs partent à partir d'un point aléatoire choisi dans la zone de tombant, au-dessus de la thermocline, dans la zone de la station géoréférencée.

Chaque transect fait 20m de longueur sur 4m de large et ne suivent pas, comme le protocole précédent, de direction particulière, ceci afin d'éviter la pseudoreplication (Hulbert, 1984).

La surface totale recouvrant les zones de transect pour chaque station est de 480 m². Les zones de suivi de l'ichtyofaune représentent au total 1920 m² dans la réserve marine et 960 m² 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.

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 m² ;

- **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. Recherche des mérous et des corbs dans la RMCP

La recherche des mérous et des corbs dans la zone de réserve s'est effectuée par le biais de deux plongeurs scientifiques réalisant un parcours le long du tombant rocheux de Cousanço et de Porquières.

Pour la réalisation de ce suivi, les plongeurs sont équipés de propulseurs Divertug Sport, de caméras pour filmer et photographier la mission et les espèces ainsi que de plaquettes pour recenser chaque observation. Les plongeurs sont également équipés de bouées grenades, servant à localiser et repérer les observations en surface. On note ainsi sur la plaquette le numéro de la bouée grenade afin de conserver le lieu exact de l'observation. Cette même bouée grenade est récupérée en surface par l'embarcation scientifique, le NEEEXO, seulement après avoir relevé la position GPS de la bouée.

Le parcours des plongeurs est géoréférencé par le navire qui suit les plongeurs repérés à l'aide d'un flotteur en surface.

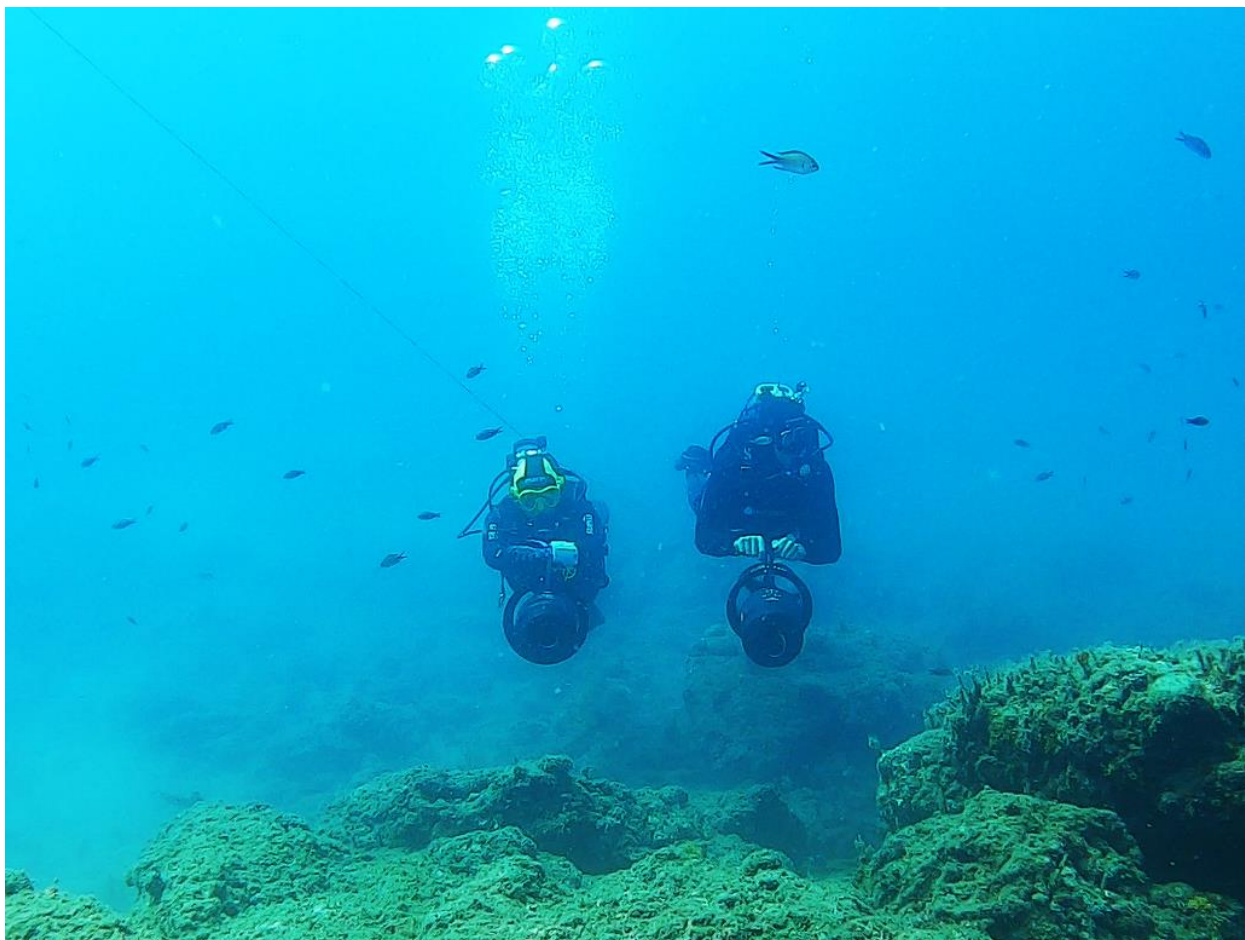


Figure 5. Photographie du suivi des corbs et mérous à l'aide de propulseurs Divertug Sport

2.3.3. Suivi par l'ADN environnemental

L'échantillonnage de l'ADNe consiste en une filtration d'eau de mer. Pour réaliser cet échantillonnage, un ensemble de matériel est nécessaire sous forme de kit de filtration SPYGEN. Dans ce kit de filtration est compris, kit de tuyaux (2,5m), kit de filtration (capsule), kit de solution tampon (buffer), une pompe 12 péristaltique Athena® – Débit à calibrer à 1L/min , des gants nitrile, un bac propre, un marqueur et des ciseaux (Figure 6).

L'échantillonnage a été réalisé sur 4 transects dans deux zones de la réserve : dans la Réserve Ouest (RO), dans la Réserve Est (RE) et dans deux zones hors de la réserve : Guérite Ouest (GO) et Guérites Est (GE). L'échantillonnage dure 30 min avec le débit de la pompe réglé à 1 litre par minute. Ainsi, 30 litres d'eau de mer sont filtrés (volume standard). Pour réaliser les transects de 2 km en 30 min, la vitesse du navire lors de l'échantillonnage doit être comprise entre 2 et 2,2 nœuds

Chaque filtration correspond à une pompe péristaltique qui aspire l'eau de mer grâce à un tuyau immergé depuis le navire, cette eau passe par une capsule de filtration et est rejetée à la mer.

A la fin de chaque filtration, le volume d'eau filtré est contenu dans la capsule pour ensuite se vider pour n'avoir que l'ADN environnemental fixé sur la membrane. La capsule est ensuite remplie de la solution tampon jusqu'à que le filtre soit entièrement dans la solution.

La capsule est ensuite stockée dans son carton, conservée à l'abri de la lumière, à température ambiante et droite. Pour chaque transect, le numéro de la capsule correspondante est notée. L'ADN est ainsi retenu par le filtre, qui sera analysé par la suite.



Figure 6. Matériel de filtration d'ADN environnemental et installation de la méthode de filtration

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

La zone du rocher de Cousança, 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 Cousança 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 m²) ;

- 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 Cousança 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 Porquières 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 Cousança (**ZR**) et celles préservées sur le site de Porquières Ouest (**ZPR**). Les sites de suivi prospectés lors du suivi présent sont référencés dans le Tableau 2 et localisés dans la Figure 7.

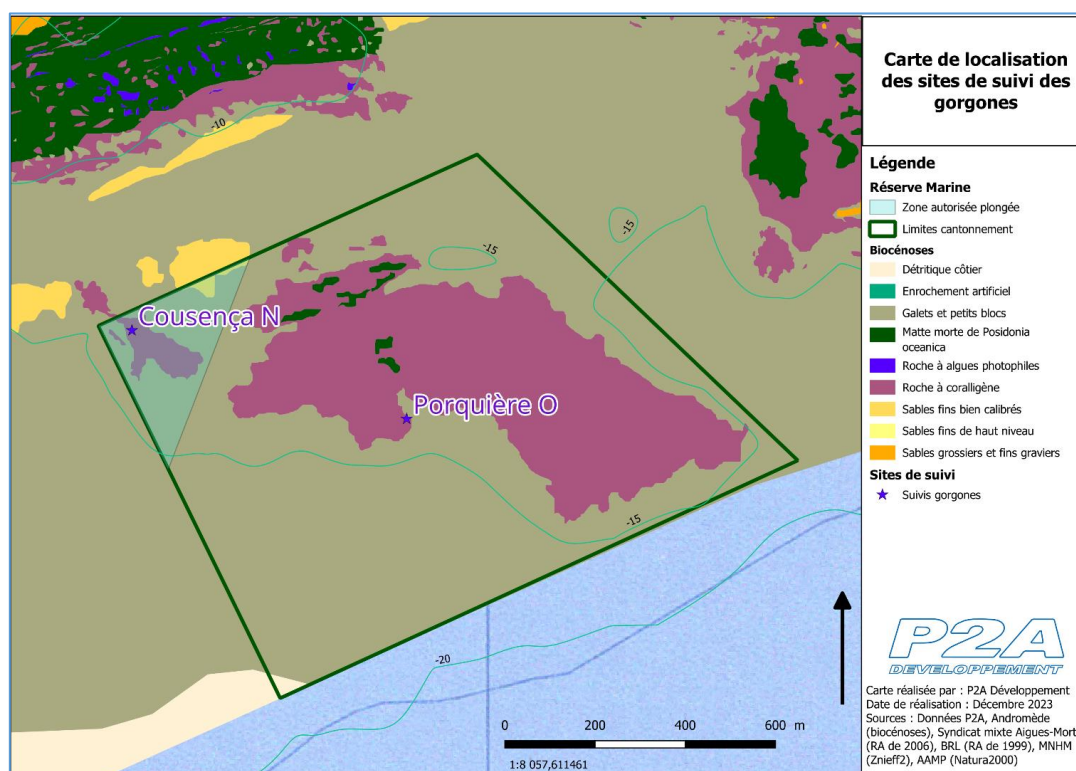


Figure 7 : Carte de situation de la réserve marine de la côte Palavasienne avec la localisation des suivis gorgone

Tableau 3 : Tableau récapitulatif du suivi scientifique des gorgones

Protocole	Sites	Protection
Comptages gorgones	Cousança Nord (ZR1)	ZR
	Porquières Ouest (ZPR1)	ZPR

Sur les deux sites, le suivi s'effectue le long d'un transect de 16 m de l'est vers l'ouest. Il consiste à positionner 4 piquets afin de former un carré de 2m² tous les 5m sur le même transect. Une fois les piquets positionnés, un quadrat est formé en entourant ces mêmes piquets à l'aide d'un décimètre, formant ainsi un quadrat de 2m² (Figure 8). Les gorgones présentes dans les quadrats sont comptées et mesurées (Figure 8). Trois réplicats sont réalisés en procédant de façon similaire. Le suivi est réalisé par un binôme de plongeurs scientifiques équipés d'un décimètre et d'un bout lesté pour délimiter le quadrat de 4 m², d'une pige graduée pour mesurer les gorgones (au demi-centimètre près) et d'une plaquette pour noter la taille des individus (Figure 9). Un état de nécrose des gorgones est facile à constater (Figure 10).

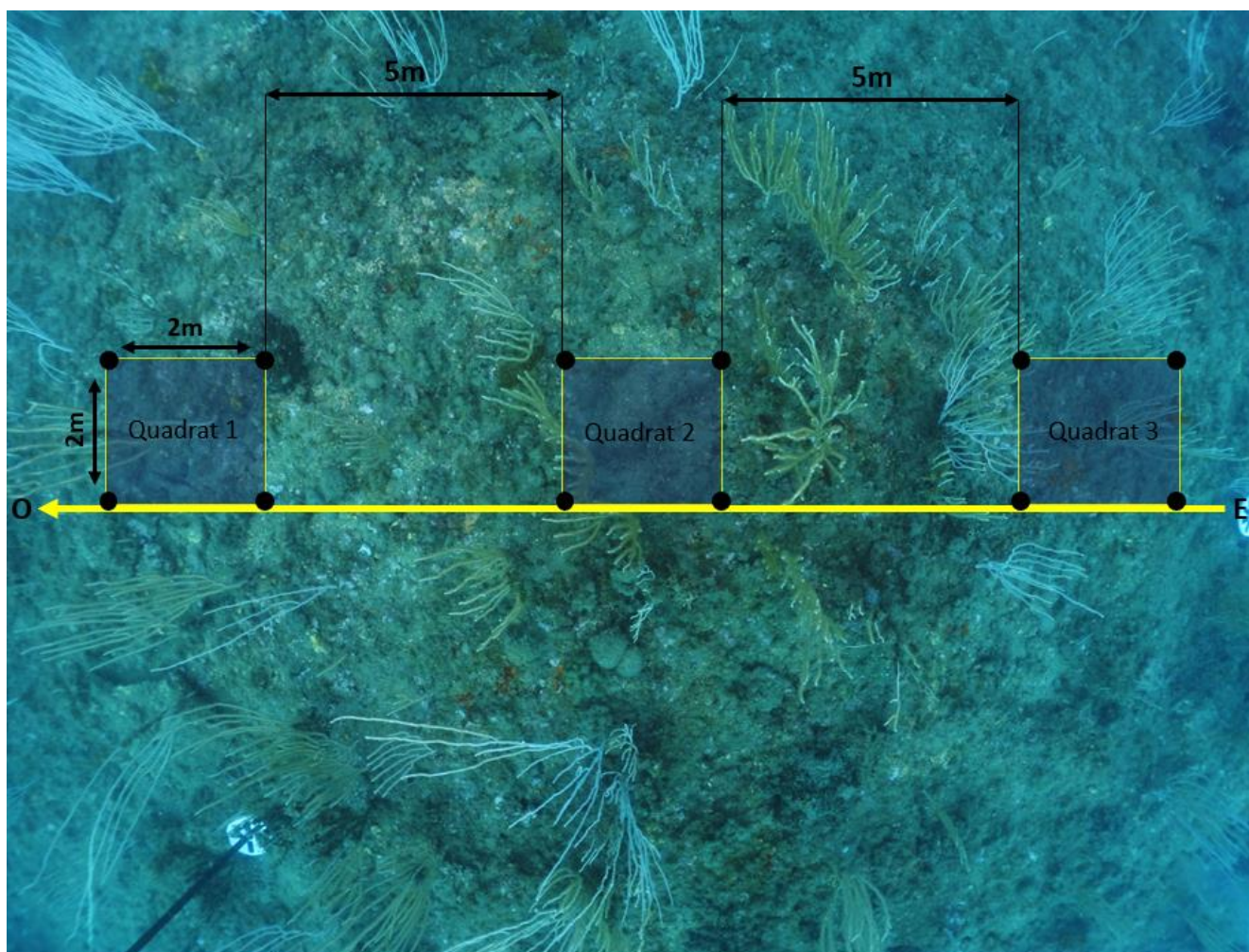


Figure 8 : Représentation schématique du protocole de suivi des gorgones blanches sur les stations rocheuses

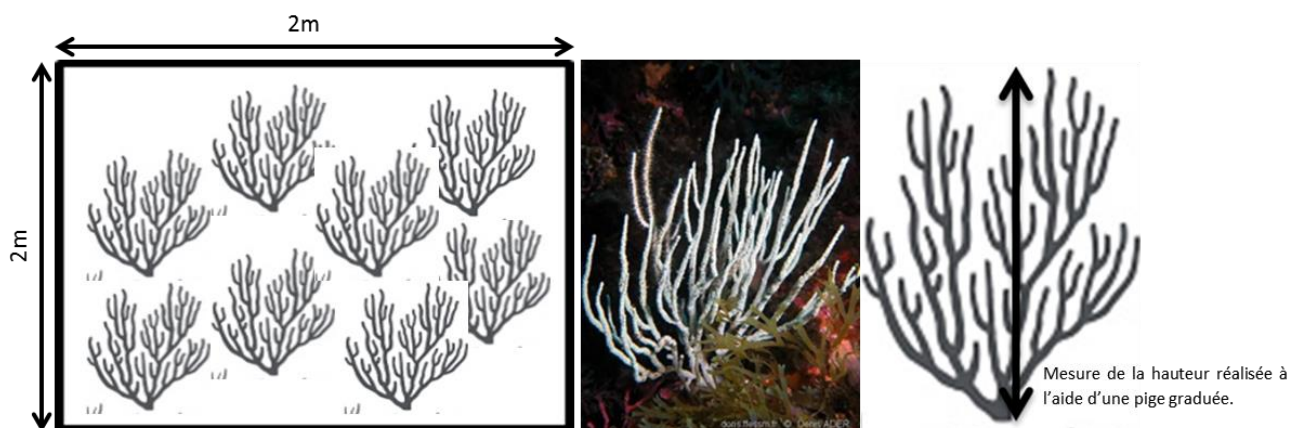


Figure 9 : Représentation schématique du quadrat pour le comptage et la méthode de mesure de hauteur des individus
(photo de *Eunicella singularis* : source <http://doris.ffessm.fr>)



Figure 10 : 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 m² ;
- **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.

2.3.5. 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 4 : Récapitulatif des plongées de suivi FFESSM 2023

Date	Nombre de palanquées	Heure	Profondeur max	Température	Visibilité	Etat mer	Durée moyenne d'observation	Notes
12/05/2024	4	9:45	15 m	14°C	3 m	calme	47 min	Fond sableux
25/05/2024	5	10:30	17 m	15°C	5 m	calme	49 min	
08/06/2024	4	10:00	15 m	18°C	4 m	calme	58 min	Fond sableux
13/07/2024	5	09:45	15 m	17°C	2 m	calme	50 min	Fond sableux
03/08/2024	4	10:25	16 m	20°C	4 m	calme	53 min	Fond sableux
21/09/2024	4	09:00	15 m	19°C	6 m	agite	57 min	
11/10/2024	3	20:05	15 m	19°C	2 m	calme	48 min	Calmars curieux
01/11/2024	4	19:45	17 m	19°C	0.5 m	calme	53 min	
02/11/2024	4	15:45	16 m	19°C	1 m	calme	52 min	

2.4. Moyens engagés pour la campagne de suivi 2024

La campagne de collecte des données des comptages de poissons, s’est déroulée sur 4 jours, le 23, 26, 27 et 28 août (Tableau 6). 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 11), et d’un enrouleur pour mesurer les transects.

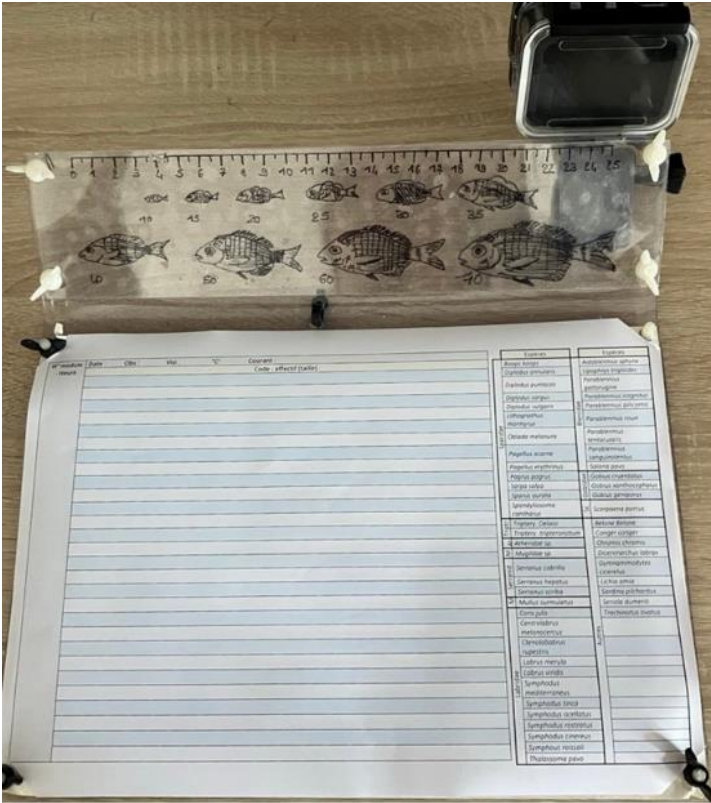


Figure 11 : Tablette de comptage (P2A Développement)

Le suivi des gorgones a été réalisé au même moment de l’année à savoir le 20 et 21 août (Tableau 6), comprenant 2 plongeurs, équipés d’une plaquette et d’une fiche submersible.

Cette campagne a sollicité au total 5 plongeurs (Tableau 5).

Tableau 5 : 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
Valentine Camille	Technicienne en milieu marin	Classe 2 mention B
Laurent Chorliet	Ingénieur écologue en milieu marin	Classe 1 mention B
Cyrille Gournay	Plongeuse professionnelle	Classe 1 mention B
Claude Barthélémy	Plongeur professionnel	Classe 2 mention B

Tableau 6 : Détail des plongées de suivi et des prélèvements d'ADNe

Nature du suivi	Lieu	Date	Profondeur max	Température	Visibilité	Etat mer
Gorgones	Cousança Sud	21/08/2024	13,6 m	20°C	6 m	Légère brise
	Porquières	20/08/2024	15,5 m	20°C	6 m	Belle
Poissons	Cousança Nord	28/08/2024	14 m	21 °C	6/7 m	
	Cousança Sud	26/08/2024	11 m	21 °C	8 m	
	Guerites Est	23/08/2024	13 m	20 °C	2/4 m	
	Guerites Ouest	27/08/2024	11,5 m	21 °C	6 m	
	Porquières Ouest	23/08/2024	13 m	19°C	5 m	
	Porquières Sud	25/08/2023	14 m	23°C	5 m	calme
ADNe	Guerites Est	29/08/2024	17 m	22°C	Sans objet	calme
	Guerites Ouest	22/08/2024	12,6 m	21°C	Sans objet	Très légère brise
	Réserve Est	22/08/2024	10,3 m	20°C	Sans objet	calme
	Réserve Ouest	22/08/2024	17,1 m	21°C	Sans objet	calme

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



Figure 12 : Le NEEEXO, navire de recherche mobilisé pour la campagne de suivi © P2A Développement

3. Résultats

3.1. Suivi principal

3.1.1. *Ichtyofaune et espèces (HVC) associées*

3.1.1.1. Richesse spécifique et diversité

Ces listes inventorient les espèces qui peuplent les différentes zones étudiées en fonction des gradients de protection.

Le nombre d'espèces cumulées est supérieure dans chacune des zones de la réserve (38 espèces en ZPR et 38 espèces en ZR), que hors de la réserve (29 espèces). En regroupant les deux zones de la réserve, on arrive à un total de 44 espèces.

Seules 2 espèces ont été observées uniquement hors de la réserve, faisant parties de la famille des Mugilidés :

- Le mulot cabot ;
- Le mulot lippu ;

A contrario, 16 espèces n'apparaissent que dans la réserve :

- Des espèces proches du fond de nature variable :
 - Gobidés : Le Gobie à joues poreuses ;
 - Labridés : Crénilabre à queue noire, la coquette, le labre vert ;
 - Serranidés : Serran écriture ;
- Des espèces d'intérêt patrimonial :
 - Sciaenidés : corb commun ;
- Des espèces d'intérêt halieutiques :
 - Sparidés : Chinchard à queue jaune, le picarel, la saupe, le sparailon, jaret, denti ;
 - Moronidae : Le loup ;
 - Osmeridae : capelan ;
- Congre, langouste rouge

Tableau 7. Liste des espèces inventoriées par degré de protection (regroupées par famille, dont le nom apparaît en gras)

Espèces		Réserve marine			Hors réserve
Nom scientifique	Nom vernaculaire	ZR	ZPR	ZPR + ZR	HR
Mullidae	Mullidés				
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche	✓	✓	✓	✓
Pomacentridae	Pomacentridés				
<i>Chromis chromis</i>	Castagnole	✓	✓	✓	✓
Sciaenidae	Sciaenidés				
<i>Corb commun</i>	Sciaena umbra		✓	✓	
Scorpaenidae	Scorpaenidés				
<i>Scorpaena porcus</i>	Rascasse brune	✓	✓	✓	✓
<i>Scorpaena notata</i>	Petite rascasse rouge	✓	✓	✓	✓
<i>Scorpaena scrofa</i>	Chapon	✓	✓	✓	✓
Serranidae	Serranidés				
<i>Epinephelus marginatus</i>	Mérou brun		✓	✓	✓
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chevrette	✓	✓	✓	✓
<i>Serranus scriba</i>	Serran écriture		✓	✓	
Sparidae	Sparidés				
<i>Boops boops</i>	Bogue	✓	✓	✓	✓
<i>Dentex dentex</i>	Denti	✓		✓	
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	Dorade grise	✓	✓	✓	✓
<i>Sparus aurata</i>	Dorade royale	✓	✓	✓	✓
<i>Spicara smaris</i>	Jarret	✓		✓	
<i>Oblada melanura</i>	Oblade	✓	✓	✓	✓
<i>Pagrus pagrus</i>	Pagre	✓	✓	✓	✓
<i>Spicara maena</i>	Picarel	✓		✓	
<i>Diplodus puntazzo</i>	Sar à museau pointu	✓	✓	✓	✓
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	✓	✓	✓	✓
<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	✓	✓	✓	✓
<i>Sarpa salpa</i>	Saupe	✓	✓	✓	
<i>Diplodus annularis</i>	Sparaillon	✓	✓	✓	
Palinuridae	Palinuridés				
<i>Palinurus elephas</i>	Langouste rouge		✓	✓	
Nombre d'espèces cumulé		38	38	44	29

Espèces		Réserve marine			Hors réserve
Nom scientifique	Nom vernaculaire	ZR	ZPR	ZPR + ZR	HR
Blenniidae	Blennidés				
<i>Parablennius rouxi</i>	Blennie de roux	✓	✓	✓	✓
<i>Blennius ocellaris</i>	Blennie ocellée	✓	✓	✓	✓
<i>Lipophrys trigloides</i>	Blennie trigloide	✓	✓	✓	✓
<i>Parablennius gattorugine</i>	Cabot	✓	✓	✓	✓
Carangidae	Carangidés				
<i>Trachurus mediterraneus</i>	Chinchard à queue jaune	✓	✓	✓	
Congridae	Congridés				
<i>Conger conger</i>	Congre	✓	✓	✓	
Gadidae	Gadidés				
<i>Phycis phycis</i>	Mostelle	✓	✓	✓	✓
<i>Trisopterus capelanus</i>	Capelan	✓		✓	
Gobiidae	Gobidés				
<i>Gobius geniporus</i>	Gobie à joues poreuses	✓	✓	✓	
<i>Gobius xanthocephalus</i>	Gobie à tête jaune	✓	✓	✓	✓
Labridae	Labridés				
<i>Centrolabrus melanocercus</i>	Crénilabre à queue noire	✓	✓	✓	
<i>Symphodus melanocercus</i>			✓	✓	✓
<i>Symphodus mediterraneus</i>	Crénilabre méditerranéen	✓	✓	✓	✓
<i>Symphodus tinca</i>	Crénilabre paon	✓	✓	✓	✓
<i>Coris julis</i>	Girelle	✓	✓	✓	✓
<i>Labrus bimaculatus</i>	Coquette	✓	✓	✓	
<i>Labrus mixtus</i>		✓		✓	
<i>Labrus merula</i>	Labre merle	✓	✓	✓	✓
<i>Labrus viridis</i>	Labre vert	✓		✓	
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Rouqué	✓	✓	✓	✓
Moronidae	Moronidés				
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Loup	✓		✓	
Mugilidae	Mugilidés				
<i>Mugil cephalus</i>	Mulet cabot				✓
<i>Chelon labrosus</i>	Mulet lippu				✓

Figure 13. Indices de diversité moyens (et écart-type) de l'ichtyofaune dans les différents degrés de protection étudiés

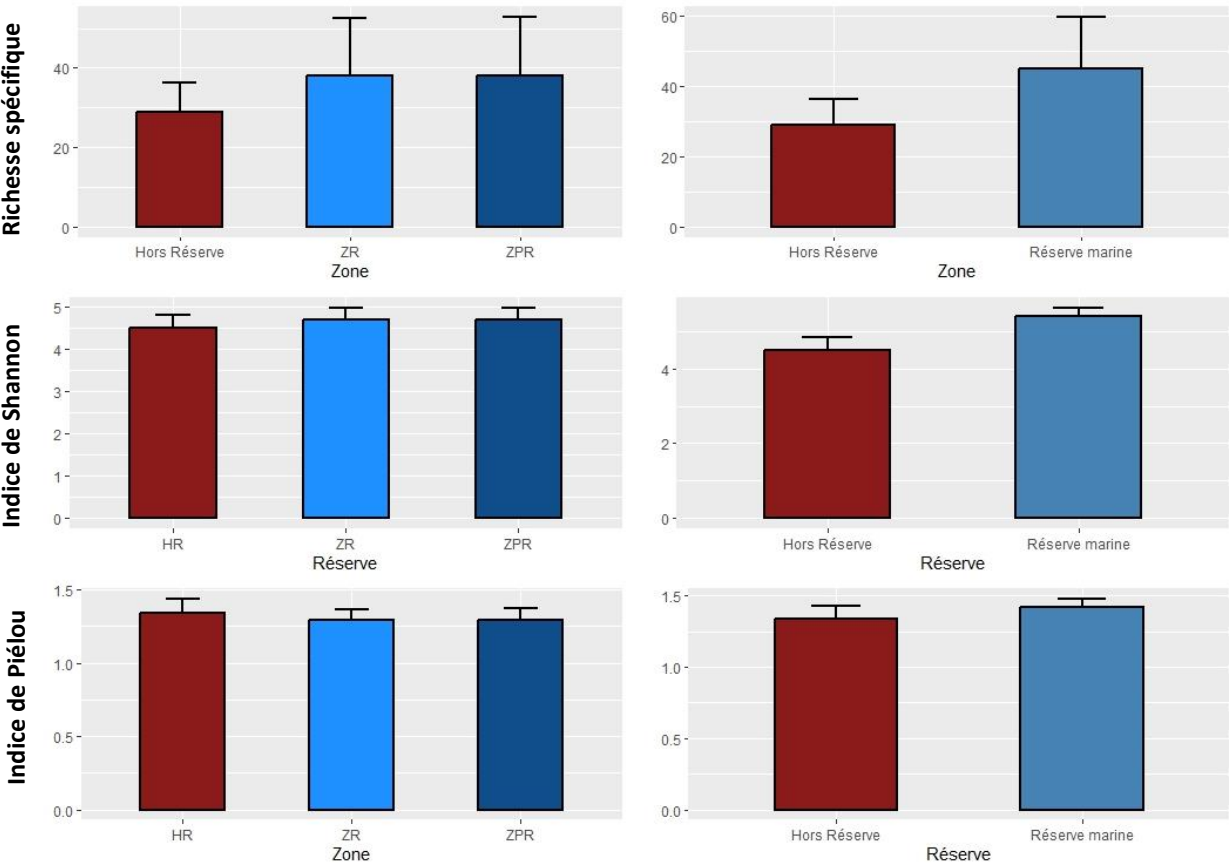


Tableau 8. Valeurs des indices de diversité des poissons dans les différents degrés de protection étudiés (moyenne et écart-type)

	HR	ZR	ZPR	Hors réserve	Réserve marine
Richesse spécifique	29 ($\pm 7,2$)	38 ($\pm 14,5$)	38 ($\pm 14,9$)	29 ($\pm 7,2$)	45 ($\pm 14,7$)
Indice de Shannon	2,17 ($\pm 0,4$)	2,44 ($\pm 0,4$)	2,13 ($\pm 0,3$)	2,17 ($\pm 0,4$)	2,36 ($\pm 0,3$)
Indice de Piélou	0,64 ($\pm 0,1$)	0,67 ($\pm 0,1$)	0,58 ($\pm 0,09$)	0,64 ($\pm 0,1$)	0,62 ($\pm 0,09$)

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 richesse spécifique est significativement plus élevée dans la réserve marine que hors de la 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 réparti de façon homogène dans les différentes zones.

16 espèces ont été inventoriées uniquement dans la réserve, comprenant des espèces d'intérêt halieutique (Le chinchard à queue jaune, le picarel, la saupe, le sparailon, le jaret, le denti, le loup, le capelan) et une espèce d'intérêt patrimoniale, le corb commun.

L'analyse de la diversité spécifique indique 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.

3.1.1.2. Composition de l'ichtyofaune

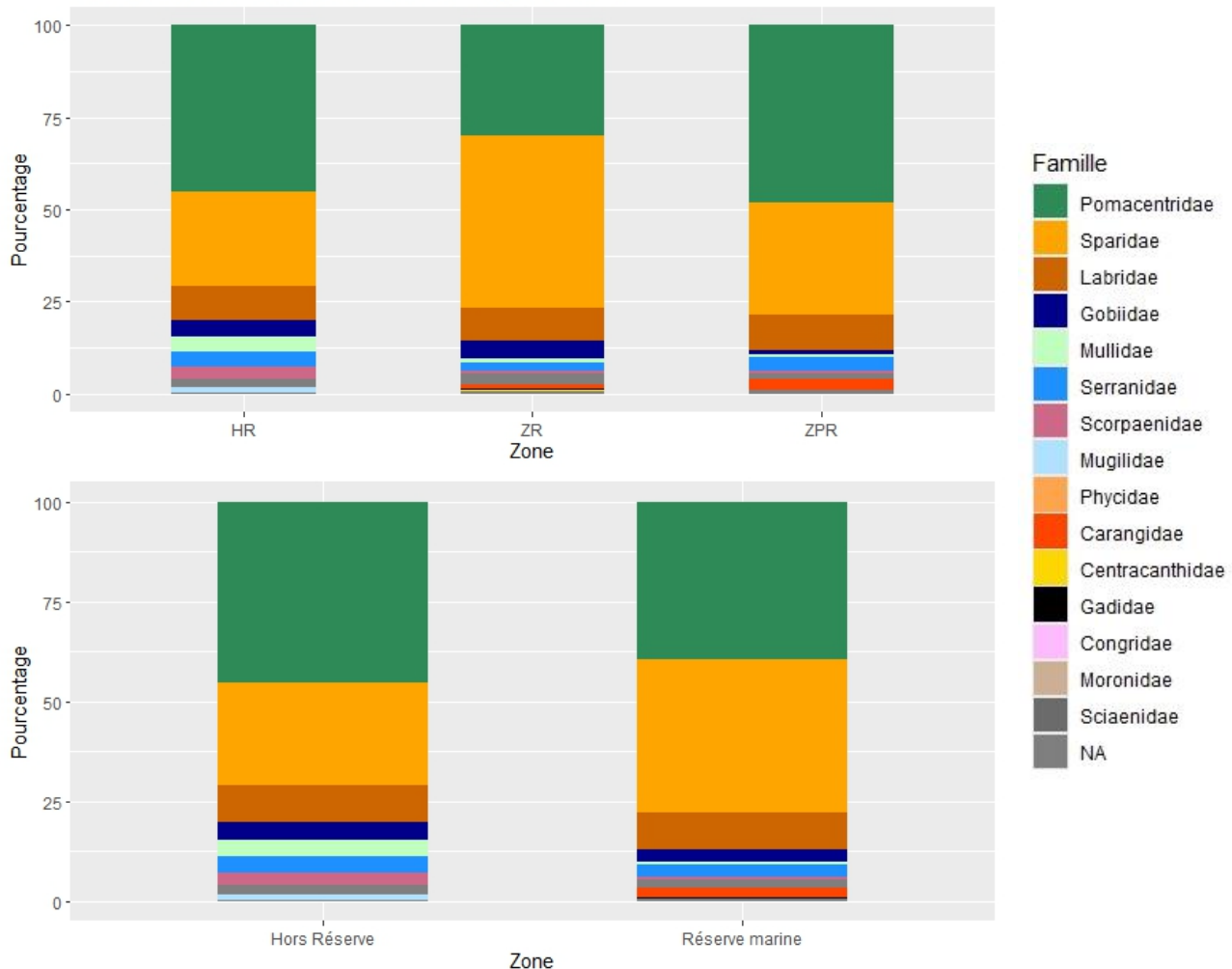


Figure 14. Composition de l'ichtyofaune par famille et par degrés de protection

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 saupe (*Sarpa salpa*), suivi du Sar à tête noir (*Diplodus vulgaris*) et du Sar commun (*Diplodus sargus*) ;
- Pomacentridés : se compose que d'une seule espèce, la castagnole (*Chromis chromis*) ;
- Labridés : avec la girelle (*Coris julis*) et le Rouquié (*Ctenolabrus rupestris*).

Ces trois groupes représentent entre 80% et 90% du peuplement dans chacune des zones avec un peu plus de 10% pour les Labridés ; de 25% à 50% pour les Sparidés et les Pomacentridés.

De légères différences semblent toutefois se dessiner dans la composition de l'ichtyofaune entre les zones protégées ou non. Ainsi, hors de la réserve, certaines espèces sont davantage présents telles que les Gobiidés, les Mullidés, les Scorpaenidae et les Mugilidés.

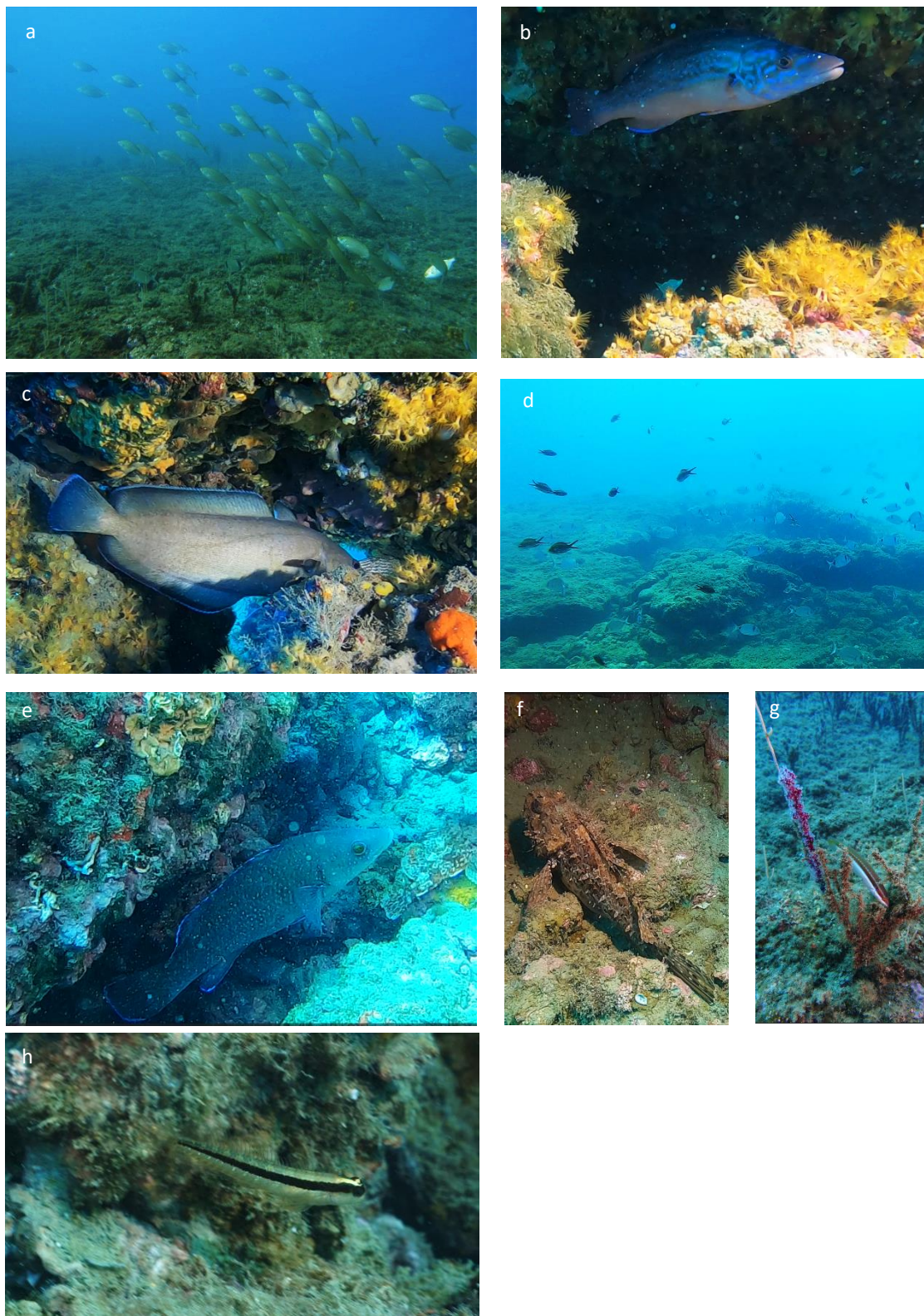


Figure 15. Photographies prises durant le suivi ichtyologique 2024 avec a) un banc de saupes (*Sarpa salpa*) ; b) une coquette (*Labrus mixtus*) ; c) La mostelle de roche (*Phycis phycis*) ; d) un banc de sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*) et de castagnole (*Chromis chromis*) ; e) Un labre merle (*Labrus merula*) ; f) Un chapon (*Scorpaena scrofa*) g) une girelle commune mâle (*Coris julis*) ; h) la blennie de Roux (*Parablennius rouxi*)



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

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

Les Gobiidés, les Mullidés, les Scorpaenidae et les Mugilidés sont davantage observés hors de la réserve, rendant le peuplement plus hétérogène.

3.1.1.3. Abondance

Les abondances cumulées montrent bien une réelle différence entre les zones protégées et les stations hors-réserve des Guérites.

L'abondance est à peu près 2 fois plus importante dans la ZR et dans la ZPR que hors-réserve (HR les Guérites).

Ces résultats bruts se doivent d'être validés par des tests statistiques qui prennent en compte la variabilité, c'est-à-dire les écarts d'abondances entre les réplicats d'une même station. Plus il y a d'écart, plus il est difficile d'affirmer certaines différences quand bien même les valeurs brutes sont très différentes. Ceci afin de prendre en compte le comportement des espèces, l'influence du milieu naturel (présence plus ou moins forte de caches), l'impact des observateurs scientifiques, etc...

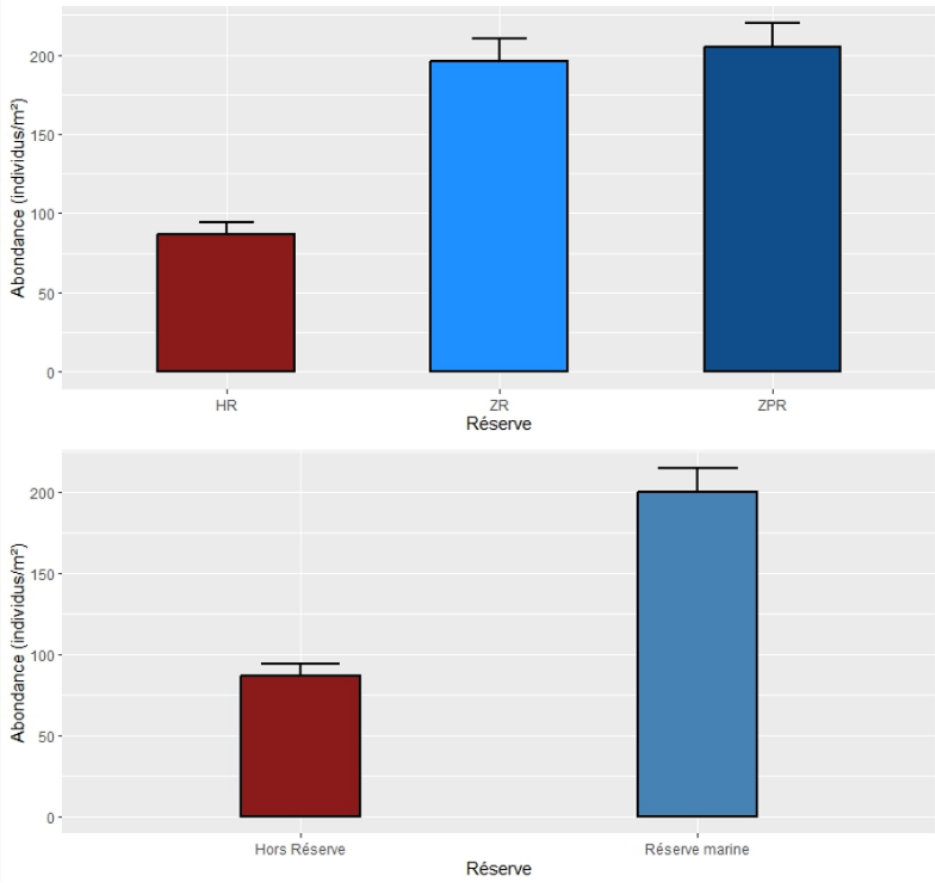


Figure 17 - Abondance moyenne (et écart-type) des individus selon le degré de protection de la zone

Tableau 9. Valeurs de l’abondance totales des poissons dans les différents degrés de protection étudiés (moyenne ± écart-type)

	HR	ZR	ZPR	Hors réserve	Réserve marine
Abondance (individus/m²)	87 (± 7,2)	196 (± 14,5)	205 (±14,9)	87 (± 7,2)	200 (± 14,7)

Tableau 10. Résultats des comparaisons d'abondance des individus. Test utilisé : Kruskal-Wallis pour les deux degrés de protection (ZR et ZPR) et hors de la réserve (HR), Wilcoxon pour l’effet « réserve » (ZR et ZPR combinés)

Zones		Effet réserve	
P-value	Comparaison	P-value	Comparaison
0,04	HR<ZPR	0,1	Pas de comparaison

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

En étudiant l'ichtyofaune de la réserve marine dans sa globalité, il n'y a pas de différence significative de l'abondance totale entre la Zone de Réserve et hors de la Réserve.

**L'analyse de l'abondance de l'ichtyofaune démontre un « effet réserve » :
l'ichtyofaune est plus abondante dans la zone de protection renforcée (ZPR) que hors de la réserve.**

3.1.1.4. Espèces cibles

3.1.1.4.1. Abondance

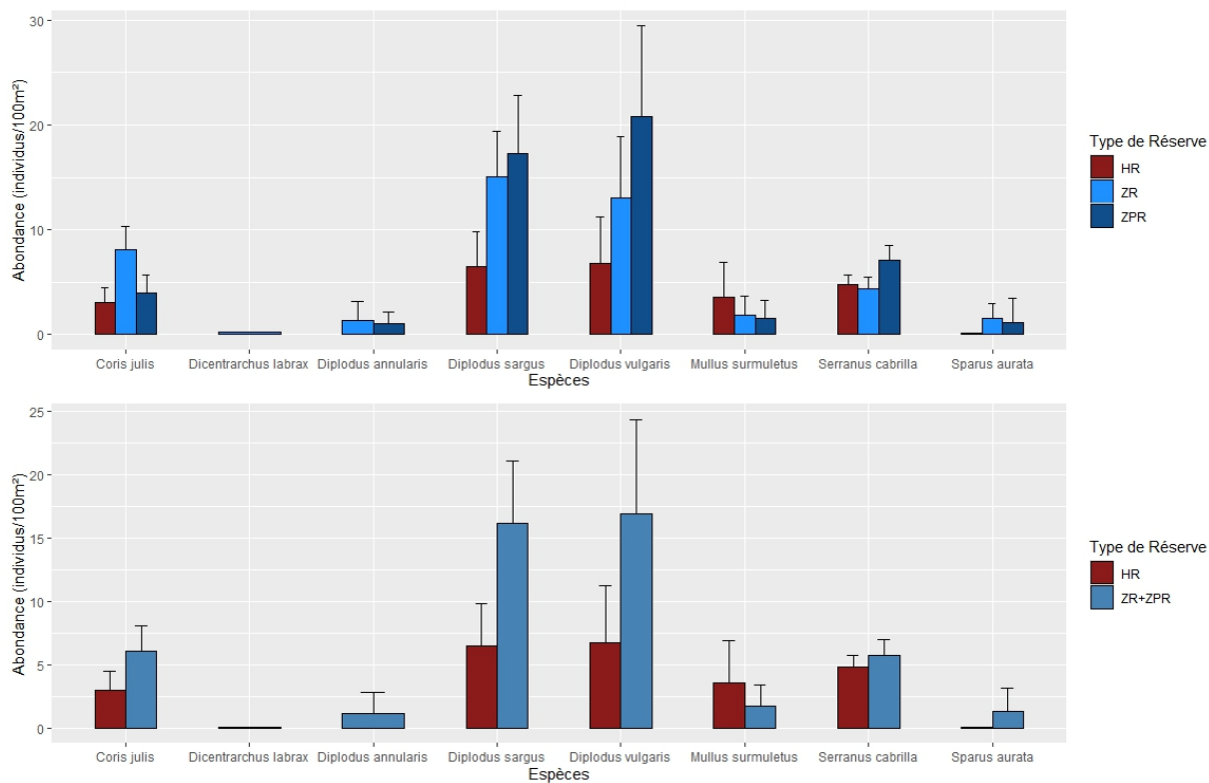


Figure 18. Abondance moyenne (et écart-type) des huit espèces cibles de poissons selon le degré de protection de la zone

Le nombre d'individus pour chacune des 8 espèces peut varier entre les types de réserve avec *Diplodus sargus* et *Diplodus vulgaris* largement plus présentes dans les zones de réserve que hors de la réserve. *Coris julis* est également davantage présent dans la zone réglementée. *Mullus surmuletus* est la seule des huit espèces étant plus présente hors de la réserve que dedans.

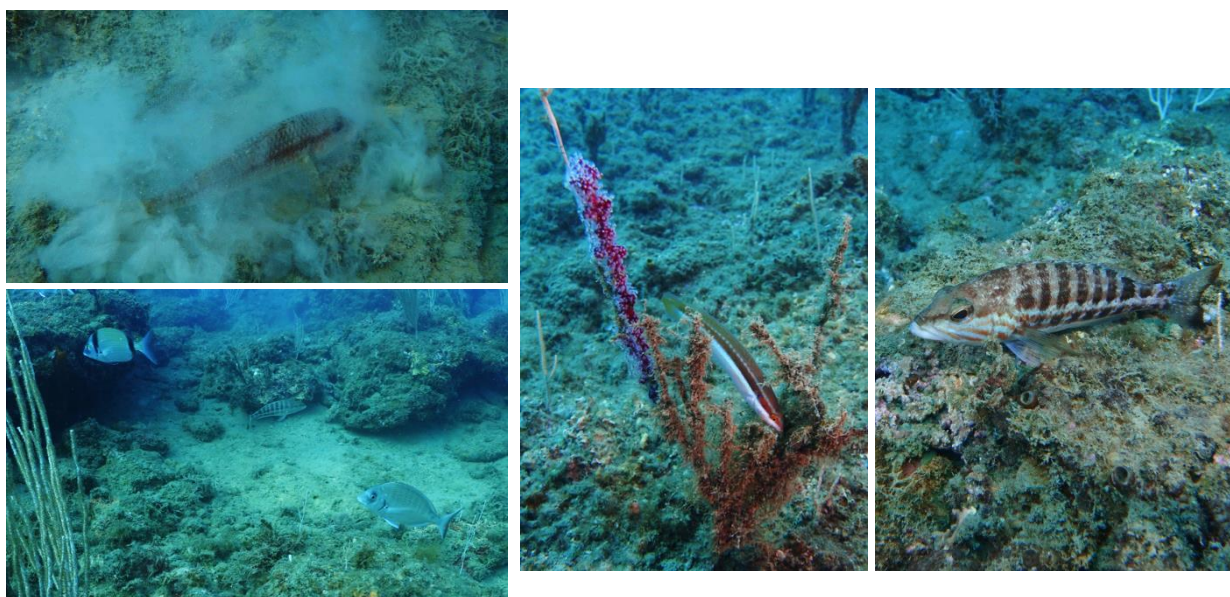


Figure 19. Photographies des espèces cibles prises durant le suivi ichtyologiques 2024 avec a) Mulet de roche (*Mullus surmuletus*) ; b) Sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*) et Dorade royale (*Sparus aurata*) ; c) Girelle commune mâle (*Coris julis*) et d) Serran-chevrette (*Serranus cabrilla*)

En comparant avec les données de 2023 (Jouvenel J.-Y *et al*, 2023), on peut voir que certaines espèces conservent leur abondance selon les réserves telles que *Mullus surmuletus*, *Serranus cabrilla*, *Sparus aurata* et *Diplodus annularis*. D'autres, en revanche, sont bien plus présentes en 2024 qu'en 2023 telles que *Diplodus sargus* et *Diplodus vulgaris* présentant, respectueusement, 4 et 5 individus/100m² dans la zone de réserve en 2023 contre plus de 15 en 2024. Il en est de même hors de la réserve pour *Diplodus vulgaris* avec 1 individus/100m² en 2023 contre 6 en 2024.

Les tests statistiques en revanche ne montrent pas de différence significative entre les zones pour toutes les espèces cibles.

Tableau 11. Résultats des comparaisons d'abondance des individus de chacune des huit espèces cibles de poissons, selon 2 modalités (HR vs ZR et ZPR) et (HR vs R). Test utilisé : Kruskal-Wallis pour les deux degrés de protection (ZR et ZPR) et hors de la réserve (HR), Wilcoxon pour l'effet « réserve » (ZR et ZPR combinés)

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Zones		Effet réserve	
		p-value	Comparaison	p-value	Comparaison
<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	0,55	Pas de comparaison	0,3	Pas de comparaison
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	0,25	Pas de comparaison	0,38	Pas de comparaison
<i>Diplodus annularis</i>	Sparaillon	0,27	Pas de comparaison		Pas de comparaison
<i>Sparus aurata</i>	Dorade royale	0,23	Pas de comparaison	0,6	Pas de comparaison
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Loup		Pas de comparaison		Pas de comparaison
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche	0,29	Pas de comparaison	0,12	Pas de comparaison
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chevrette	0,29	Pas de comparaison	0,28	Pas de comparaison
<i>Coris julis</i>	Girelle commune	0,5	Pas de comparaison	0,28	Pas de comparaison

Deux espèces sont beaucoup plus abondantes en 2024 qu'en 2023 dans les zones de la réserve telles que *Diplodus sargus* et *Diplodus vulgaris*. Cependant, suites aux tests statistiques, on n'observe pas d'effet réserve sur l'abondance des 8 espèces cibles.

3.1.1.4.2. Tailles

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 12. Effectif des espèces cibles selon le degré de protection de la zone. En rouge, les effectifs insuffisants pour permettre une comparaison (< 30).

Effectifs				
Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut de protection		
		HR	ZR	ZPR
<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	62	145	166
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	65	125	200
<i>Diplodus annularis</i>	Sparaillon		13	10
<i>Sparus aurata</i>	Dorade royale	1	15	11
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Loup		2	
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche	34	18	15
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chevette	46	42	68
<i>Coris julis</i>	Girelle commune	29	78	38

Aucune comparaison de taille ne sera donc réalisée pour le loup, la dorade royale, le sparaillon et le rouget de roche. Pour le sar commun, le sar à tête noire et le serran chevette, toutes les zones peuvent être comparées. Pour la girelle commune, seules la zone réglementée (ZR) et la zone de protection renforcée (ZPR) seront comparées.

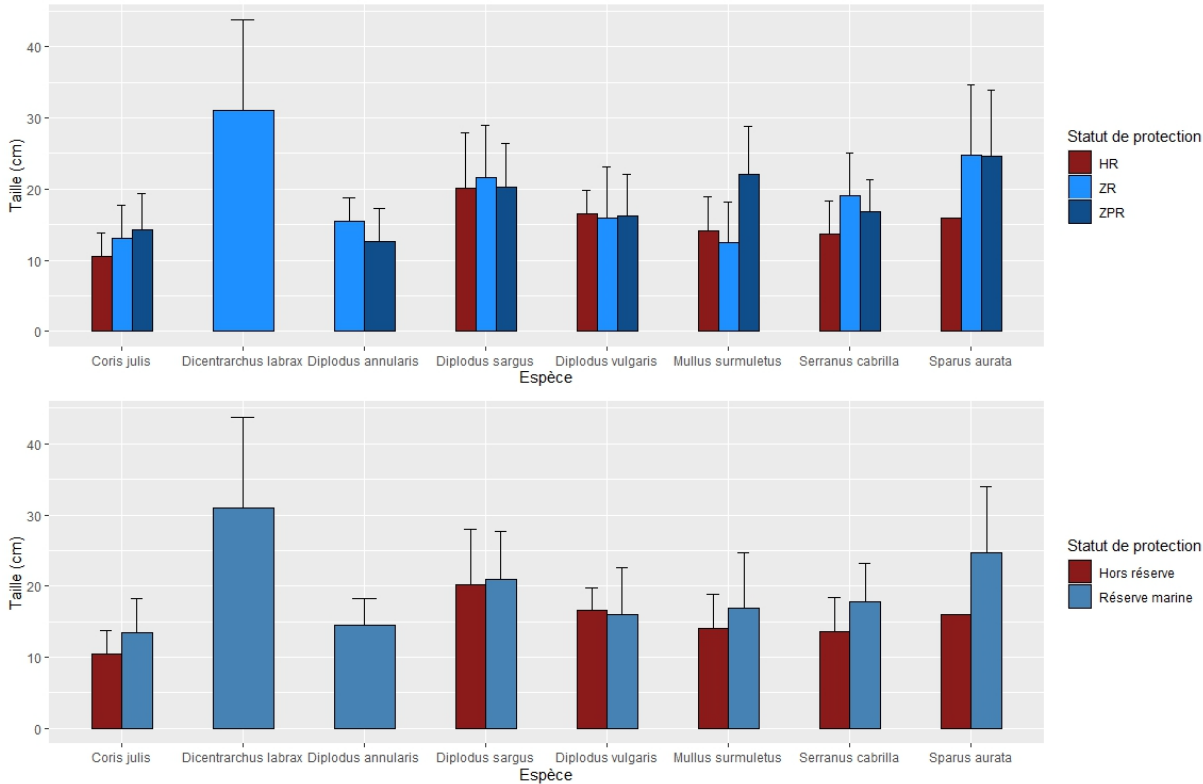


Tableau 13. Taille moyenne des espèces cibles selon le degré de protection de la zone

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut de protection			
		HR	ZR	ZPR	Réserve marine
<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	20,2 (± 7,74)	21,5 (± 7,36)	20,2 (± 6,1)	21 (± 6,76)
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	16,6 (± 3,2)	15,9 (± 7,1)	16,1 (± 5,8)	16,1 (± 6,45)
<i>Diplodus annularis</i>	Sparaillon		Effectif insuffisant	Effectif	Effectif insuffisant
<i>Sparus aurata</i>	Dorade royale	Effectif	Effectif insuffisant	Effectif	Effectif insuffisant
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Loup	Effectif	Effectif insuffisant	Effectif	Effectif insuffisant
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche	14,1 (± 4,79)	Effectif insuffisant	Effectif	16,9 (± 7,74)
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chevrette	13,6 (± 4,74)	19 (± 6)	16,7 (± 4,6)	17,8 (± 5,36)
<i>Coris julis</i>	Girelle commune	Effectif	13 (± 4,6)	14,3 (± 5)	13,5 (± 4,75)

Tableau 14. Résultats des comparaisons de taille des individus de 4 espèces cibles de poissons, selon le degré de protection de la zone. Test utilisé : Kruskal-Wallis pour les deux degrés de protection (ZR et ZPR) et hors de la réserve (HR), Wilcoxon pour l'effet « réserve » (ZR et ZPR combinés)

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Comparables	Zones		Effet réserve	
			p-value	Comparaison	p-value	Comparaison
<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	ZPR, ZR et HR	0,8	Pas de comparaison	0,7	Pas de comparaison
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	ZPR, ZR et HR	0,9	Pas de comparaison	0,9	Pas de comparaison
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche	ZR+ZPR et HR		Pas de comparaison	0,39	Pas de comparaison
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chevrette	ZPR, ZR et HR	<0,05	HR< ZPR et ZR	<0,05	Réserve>HR
<i>Coris julis</i>	Girelle commune	ZPR et ZR	0,133	Pas de comparaison	0,06	Pas de comparaison

Les tests statistiques ont démontré des différences significatives de taille entre les différentes zones pour une seule espèce : le serran chevrette.

Les résultats sont exprimés dans le

Tableau 14. Il en ressort que la taille du serran chevrette est supérieure dans la ZR (19 (± 6) cm) et dans la ZPR (16,7 (± 4,6) cm) que hors de la réserve (13,6 (± 4,7) cm). En regroupant la ZPR et ZR ensemble, on observe que les serrans chevrette sont plus grands à l'échelle de la réserve (17,8 (±5,3) cm) qu'en dehors de celle-ci (13,6 (±4,7) cm), démontrant un effet réserve de cette espèce.

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

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

En effet, on retrouve majoritairement de plus grands individus (> 7,8 cm (maturité sexuelle)) dans les deux zones de réserve. Ces individus sont le plus abondants entre 15 et 20 cm avec 14 individus pour la ZPR et 11 pour la ZR contre 7 hors de la réserve. Dans les zones de la réserve les individus peuvent atteindre jusqu'à 32 cm et sont plus abondants en ZR. Les plus grandes classes de tailles (de 15 à 30 cm) sont beaucoup plus abondantes dans les zones de la réserve avec 39 individus en réserve marine contre 8 hors de la réserve. En revanche, les plus petits individus (5 à 10 cm) sont plus abondants hors de la réserve avec 11 individus contre 7 en réserve marine. On observe donc un effet réserve favorisant la croissance des individus.

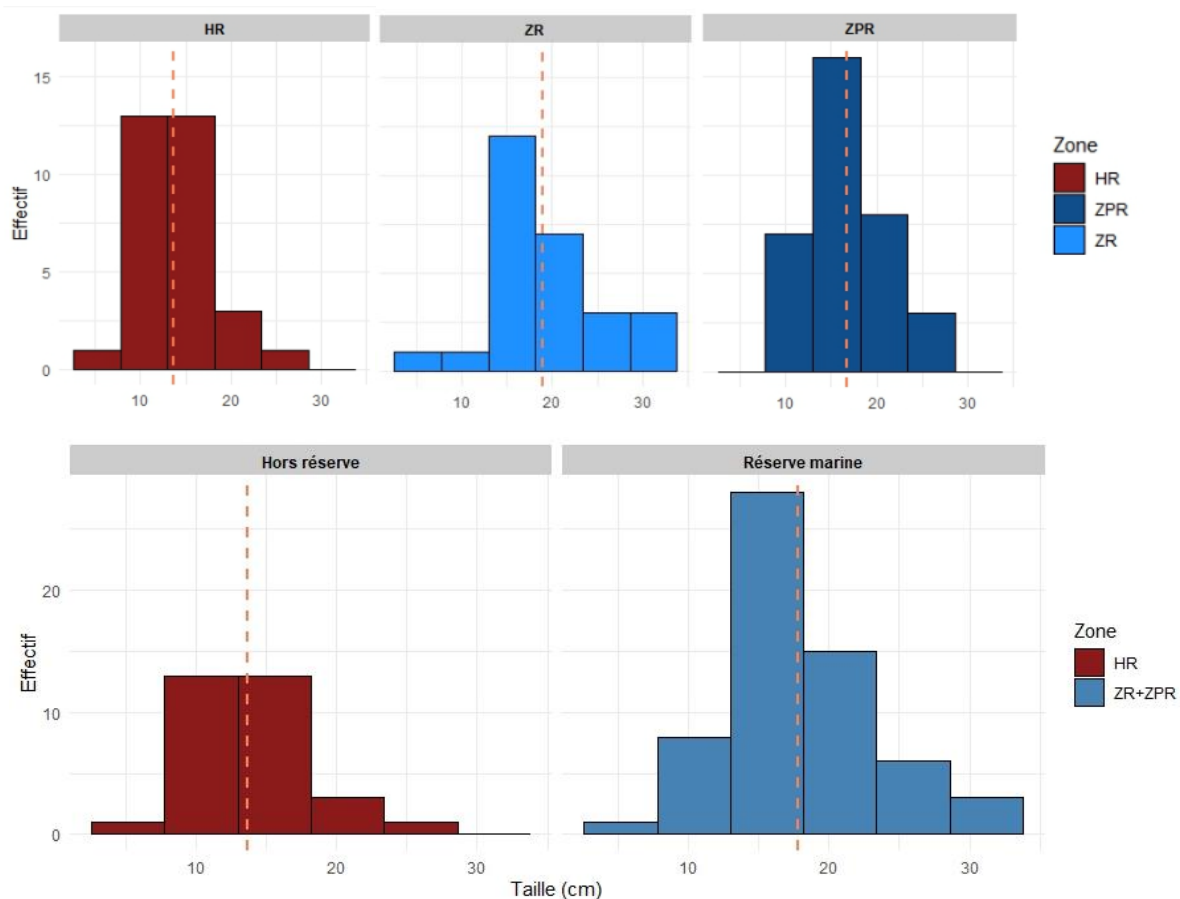


Figure 21. Structure de tailles du serran chevrette (taille moyenne en pointillés orange) selon le degré de protection de la zone

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 serran chevrette est plus importante dans la réserve (17,8 (±5,3) cm) qu'en dehors (13,6 (±4,7) 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.

3.1.1.5. Détection des mérous et des corbs sur les tombants de Porquières et de Cousança

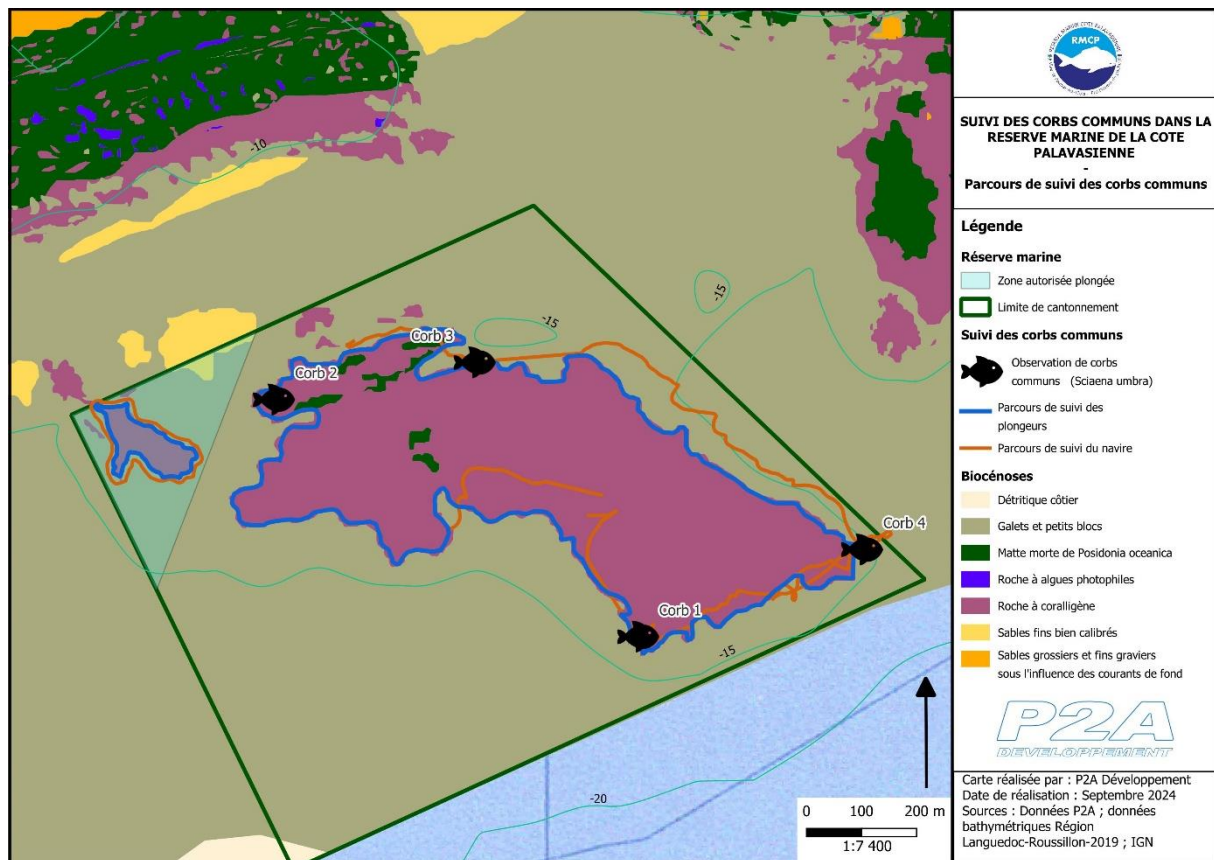


Figure 22. Carte de localisation des Corbs (*Sciaena umbra*) dans la Zone à Protection Renforcée

Sur la **Figure 22** ci-dessus, on peut apercevoir les traces réalisées en plongée dans le but de repérer des corbs communs (*Sciaena umbra*) et le mérou brun (*Epinephelus marginatus*) dans la Zone à Protection Renforcée mais également dans la Zone Réglementée banc rocheux de Cousança.

La technique nécessite une visibilité minimale pour pouvoir être efficace. Il a été estimé qu'à partir de 6 mètres de visibilité l'inventaire était valide. Les conditions minimales ont été respectées pour toutes les journées d'intervention.

Ainsi, quatre spots sont pu être recensés dans la zone de Porquières (cf. carte ci-dessus). Le mérou brun n'a pas été observé néanmoins, il a pu être inventorié lors des plongées de suivi de la Commission biologie du CODEP 34 de la FFESSM. Ceci confirme la pertinence d'un tel suivi complémentaire.

Seulement le corb a pu être observé en 4 zones situées aux angles Sud-Ouest et Sud-Est du plateau rocheux de Porquières. Deux autres sports ont été également observés sur les angles Nord-Est et Nord-Ouest du tombant.

Les 2 observateurs évoluaient à 4 à 6 mètres d'écart, ceci permettait d'appréhender la totalité des éboulis des tombants, de la tête à la cassure du plateau, aux éboulis du pied du tombant, ceci même à Porquières Sud où l'amplitude bathymétrique est la plus importante (8,5 à 16 m de profondeur).

Dans tous les cas, les corbs évoluaient par groupes de 3 à 6. Ceci est difficile à estimer car il n'avait pas été prévu de guetter « discrètement » les corbs à proximité de leur rague. Le choix méthodologique qui a été pris était

plutôt de parcourir l'ensemble du tombant sans rien oublier. Il a donc fallu parcourir en propulseur, avec une certaine vitesse. Toutefois, pour les 4 spots un arrêt a été réalisé, mais les conditions de discrétion n'y étaient clairement pas.

Un des spots, le Sud-Est correspond à la station Porquières-Sud et des corbs avaient déjà été inventoriés lors des comptages des suivis précédents. Ceci est un autre résultat important. En effet, ceci démontre la constance dans l'occupation d'un habitat dans la RMCP. En toute logique, il serait très probable d'observer à nouveau des corbs dans ces 4 spots l'année prochaine.

L'autre résultat réside dans les tailles observées. Elles sont estimées entre 25 et 35 cm et peuvent correspondre à des individus relativement âgés car leur croissance est lente. Ils peuvent se reproduire à partir de 25 à 30 cm. La question est de savoir si ces individus sont arrivés adultes ou bien si des juvéniles ont trouvé à Porquières un habitat favorable et y ont grandi.

Ensuite, il n'a pas été observé de corbs à Cousança. Ceci ne veut pas dire qu'il n'y en aurait pas, ou bien d=que les corbs de Porquières ne pourraient pas s'y déplacer mais qu'il semble acquis qu'ils soient plus rares dans la Zone Réglementée. Il n'a pas été observé de mérrou brun dans la ZR non plus.

De notre point de vue, cette opération est une réussite pour peu que la visibilité soit correcte. Elle permet d'avoir une estimation assez fiable de la présence d'espèces emblématiques comme le corb ou le mérrou. A noter également qu'en 2023 et 2022 il a été observé de gros individus.

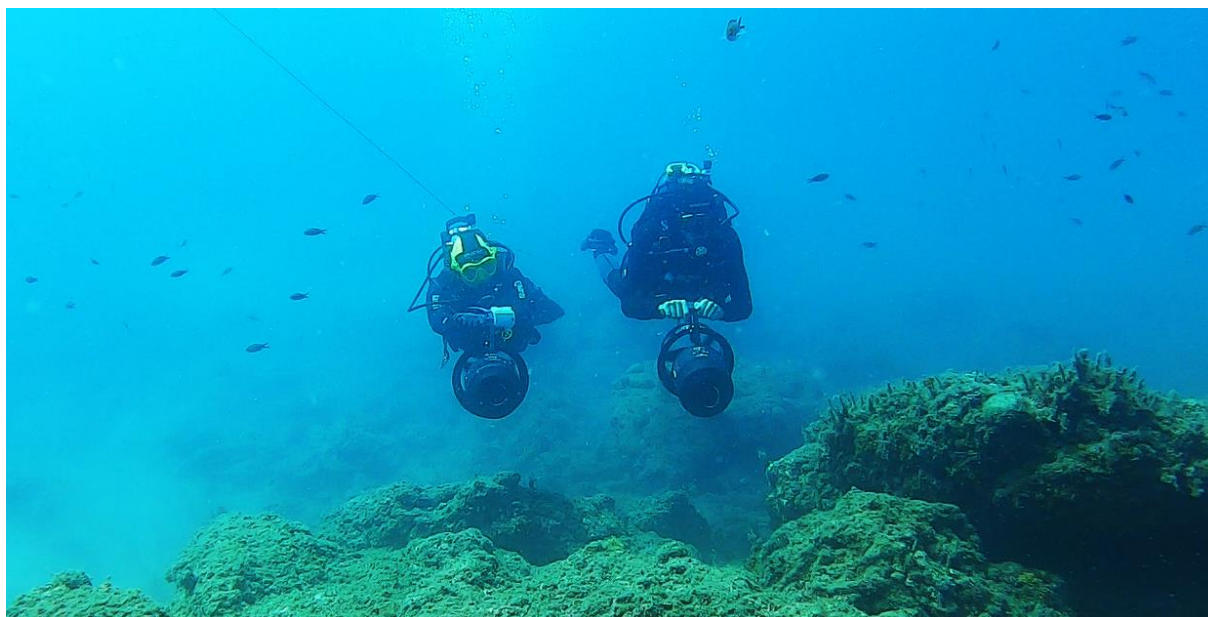


Figure 23. Photographie prise durant le suivi ichtyologique présentant les transects réalisés en scooter (Divertug Sport) dans l'objectif de détecter corbs communs (*Sciaena umbra*) et mérous brun (*Epinephelus marginatus*)



Figure 24. Photographie de deux corbs communs (*Sciaena umbra*)

3.1.2. Détection avec l'ADN environnemental

Résultats en attente de l'ETH de Zurich.

3.1.3. Suivi de l'indicateur de pression sur le fond : les gorgones blanches

3.1.3.1. Abondance



Figure 25. Gorgones blanches (*Eunicella singularis*)

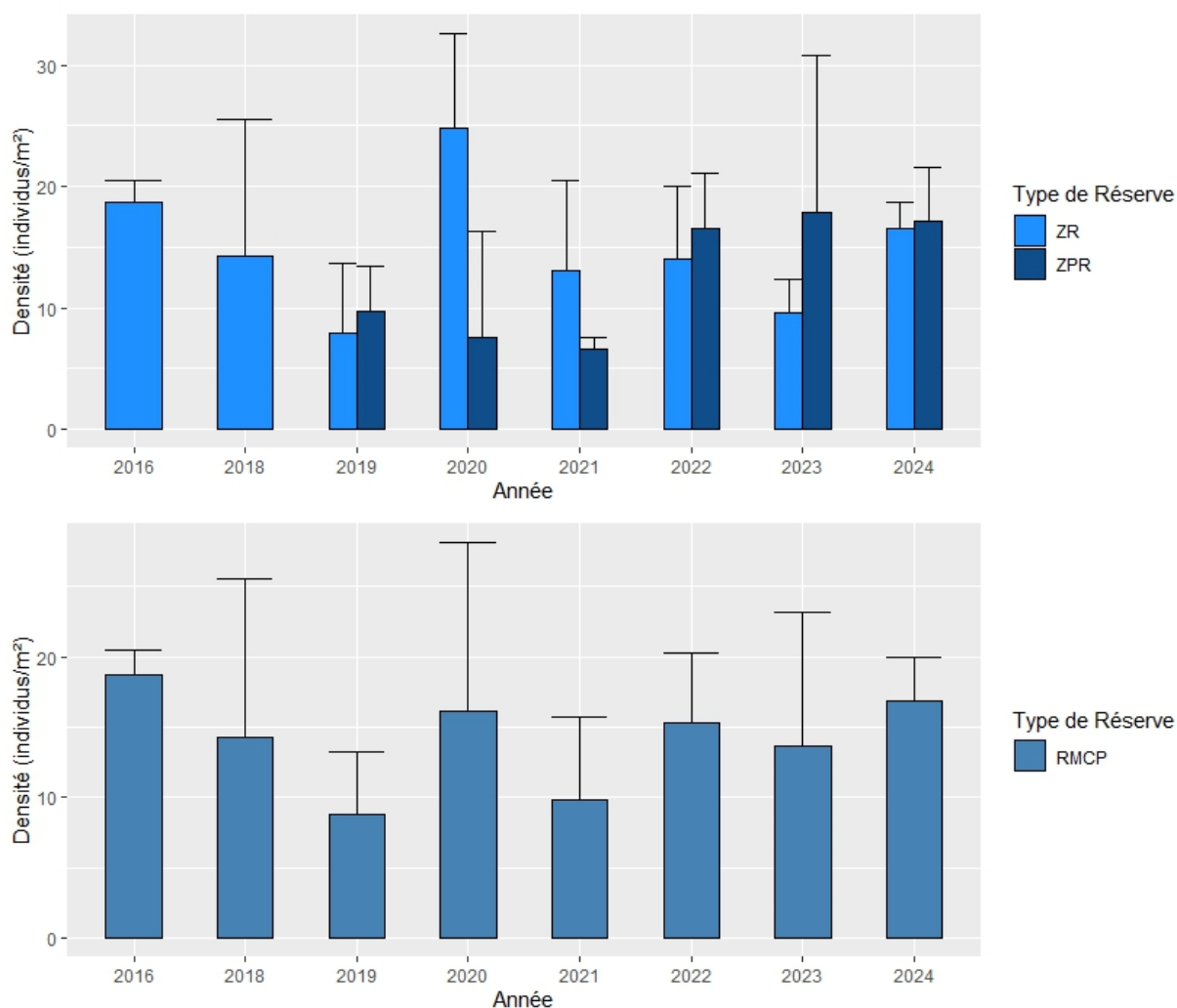


Figure 26. Abondance moyenne (et écart-type) des gorgones blanches selon le degré de protection de la zone

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, 2023 et 2024. 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 2024, on dénombre 16,8 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 13,9 ($\pm 7,48$) individus/m² entre 2016 et 2024.

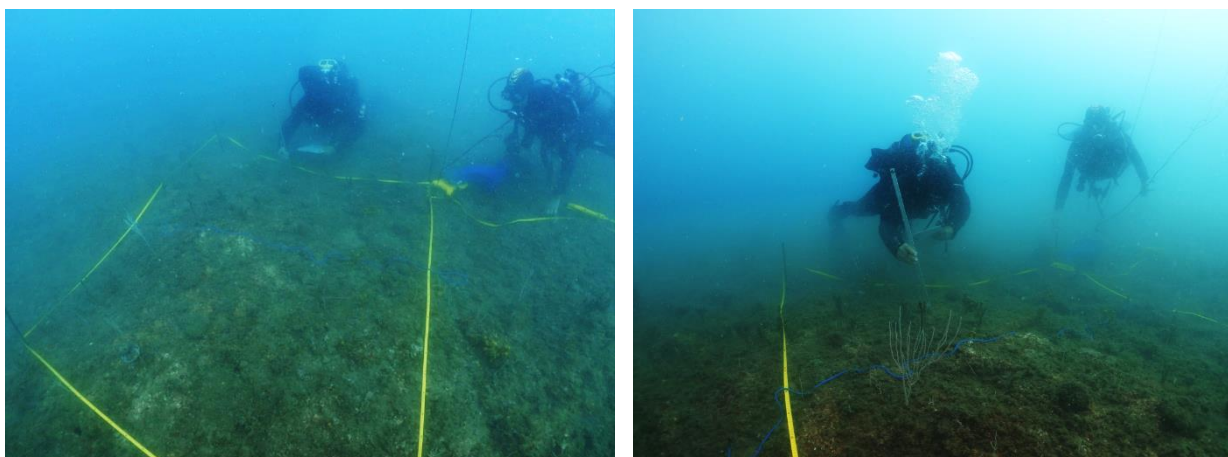


Figure 27. Photographies du protocole de suivi des gorgones (*Eunicella singularis*) comprenant le comptage des individus, leur pourcentage de nécrose et leur longueur

**L'abondance des gorgones blanches est homogène dans les deux zones de la réserve :
16.8 individus/m² en moyenne en 2024.**

**A l'échelle de la réserve, leur abondance est stable dans le temps :
13,9 individus/m² en moyenne entre 2016 et 2023.**

3.1.3.2. Taux de nécrose

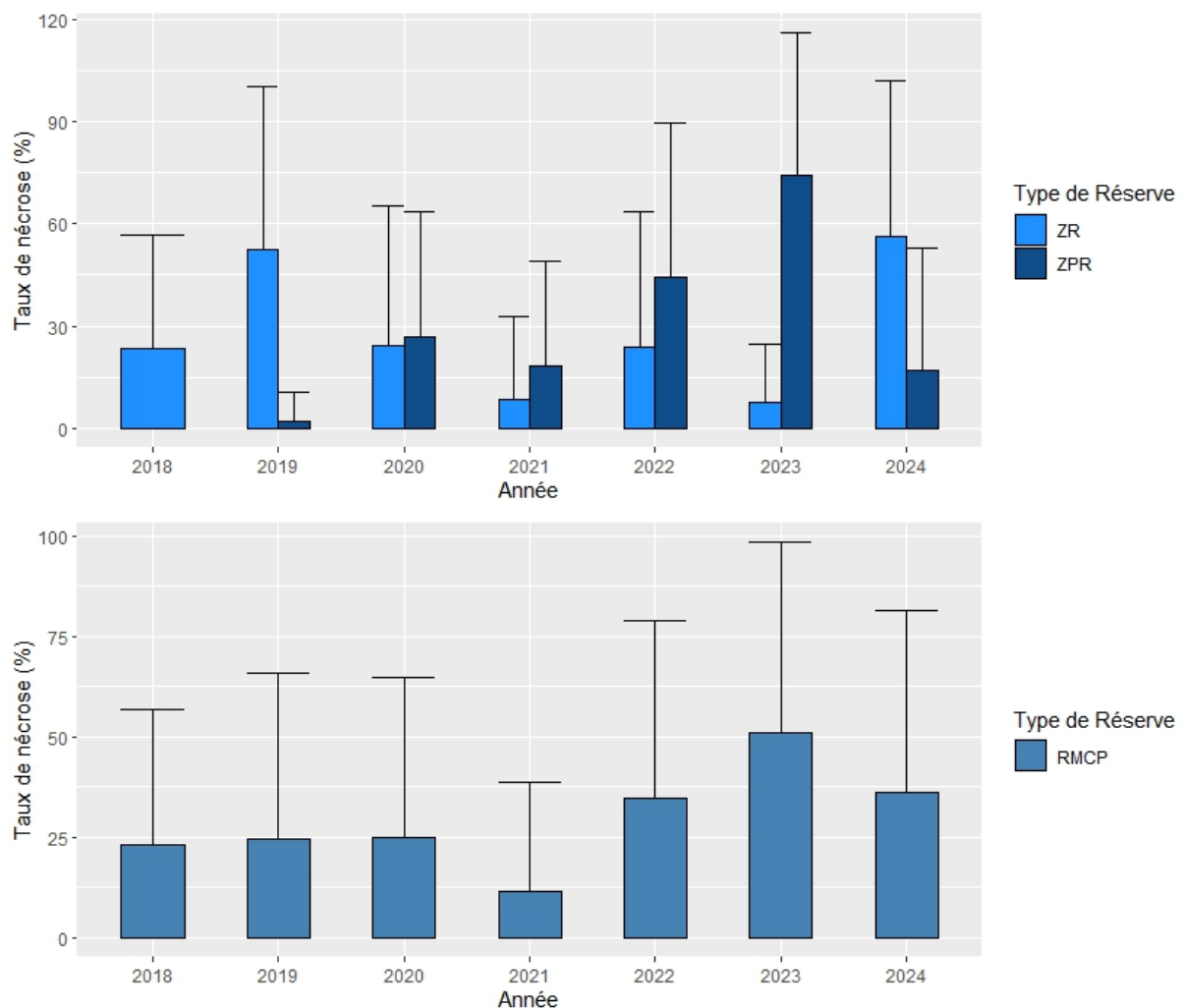


Figure 28. Taux de nécrose moyen (et écart-type) des gorgones blanches selon le degré de protection de la zone

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, 2022, 2023 et 2024. On observe un épisode de nécrose important en 2019 et en 2024 dans la ZR, où ce taux est supérieur à 50% alors qu'il est inférieur à 10% dans la ZPR en 2019 et de 15% en 2024. En revanche, c'est dans la ZPR qu'il est plus élevé et croissant de 2021 à 2023. Le taux de nécrose moyen en 2024 est de 17,2 ($\pm 35,6$) % en ZPR et de 56,4 ($\pm 45,6$) % en ZR.

A l'échelle de la réserve, on voit graphiquement que le taux de nécrose est stable de 2018 à 2020 avec un taux moyen de 25%. Il chute ensuite de moitié en 2021 pour atteindre 12,5% puis augmente à nouveau en 2022 et 2023 pour atteindre 50%. Il redescend à nouveau en 2024 avec un taux de nécrose moyen de 37%. Les tests statistiques montrent en effet que l'année 2021 est significativement plus faible en termes de nécrose que toutes les autres années exceptées pour l'année 2019. L'année 2023 est également significativement supérieure à toutes les autres années. A l'échelle de la réserve, le taux de nécrose moyen est de 36,3 % ($\pm 45,2$) en 2024.

La Figure 29 présente le taux de nécrose selon les différentes classes de tailles pour *Eunicella singularis*. Sur cette figure on peut voir que pour la zone réglementée (ZR), ce sont les plus petites classes de tailles qui sont le plus impactées par la nécrose avec plus de 25% de nécrose pour les individus de 0 à 10cm en ZR contre 10% pour la ZPR. Dans cette même zone, ce sont davantage les individus de grandes tailles qui sont impactés avec 25% de nécrose pour les individus de 80 à 90cm contre 0 en ZPR.

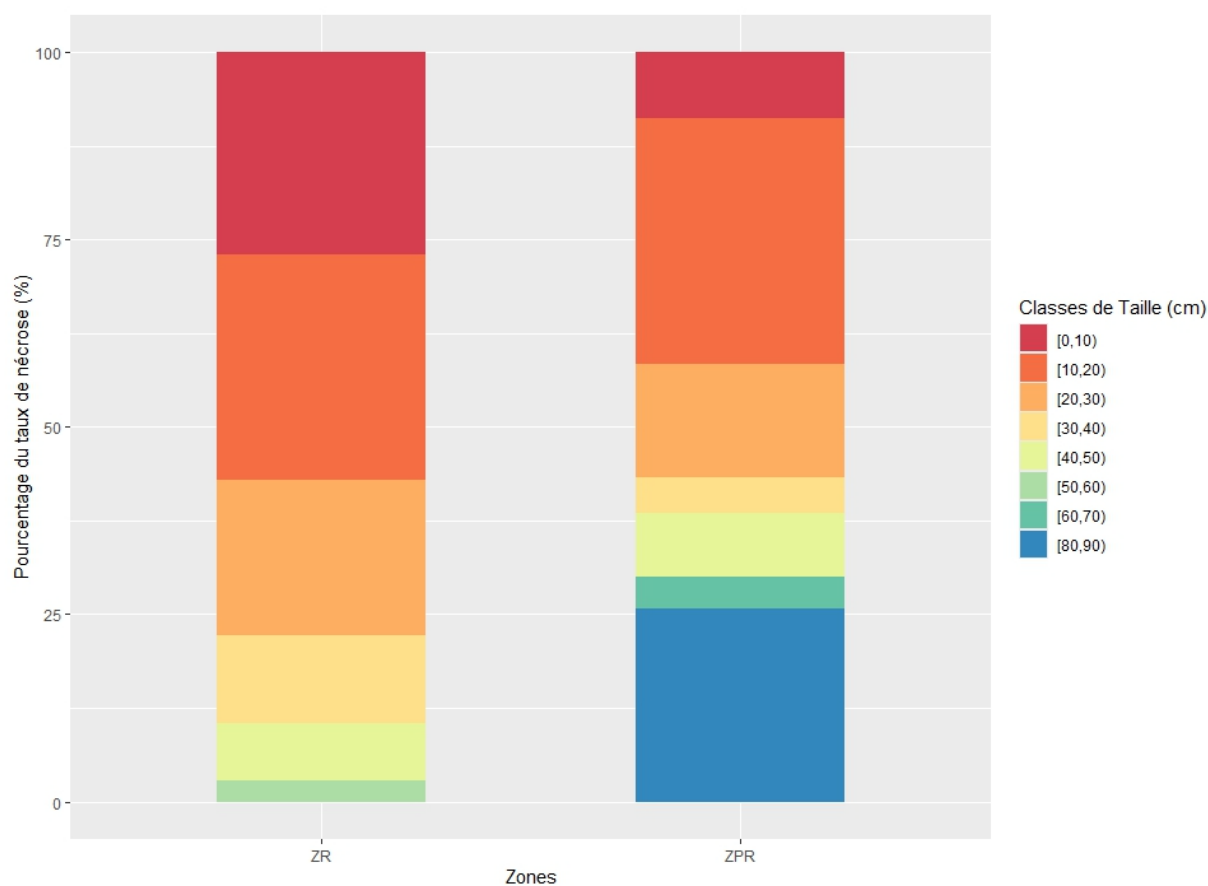


Figure 29. Taux de nécrose selon les différentes classes de tailles d'*Eunicella singularis* dans les deux zones de réserve : Zone réglementée (ZR) et Zone de Protection Renforcée (ZPR).



Figure 30. Nécrose totale d'une gorgone blanche (*Eunicella singularis*), également colonisée par un alcyon encroûtant (*Alcyonium coralloides*)

Le taux de nécrose est croissant au niveau de la ZPR pour chuter considérablement en 2024 à l'inverse de la ZR.

Les gorgones de la réserve subissent une pression importante depuis 2021 sauf pour l'année 2024 qui montre un taux de nécrose plus faible.

3.1.3.3. Taille

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 en 2023 est moins élevée dans la ZPR que dans la ZR : une grande majorité de juvéniles a été trouvée sur le site de Porquières. En 2024, la taille moyenne entre les deux zones se stabilise avec une taille moyenne assez similaire de 17 ($\pm 13,5$) cm en ZPR et 17,7 ($\pm 10,4$) cm en 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 2022, ni entre 2022 et 2023 et ni entre 2023 et 2024. 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 2024 est de 17,4 cm ($\pm 12,1$).

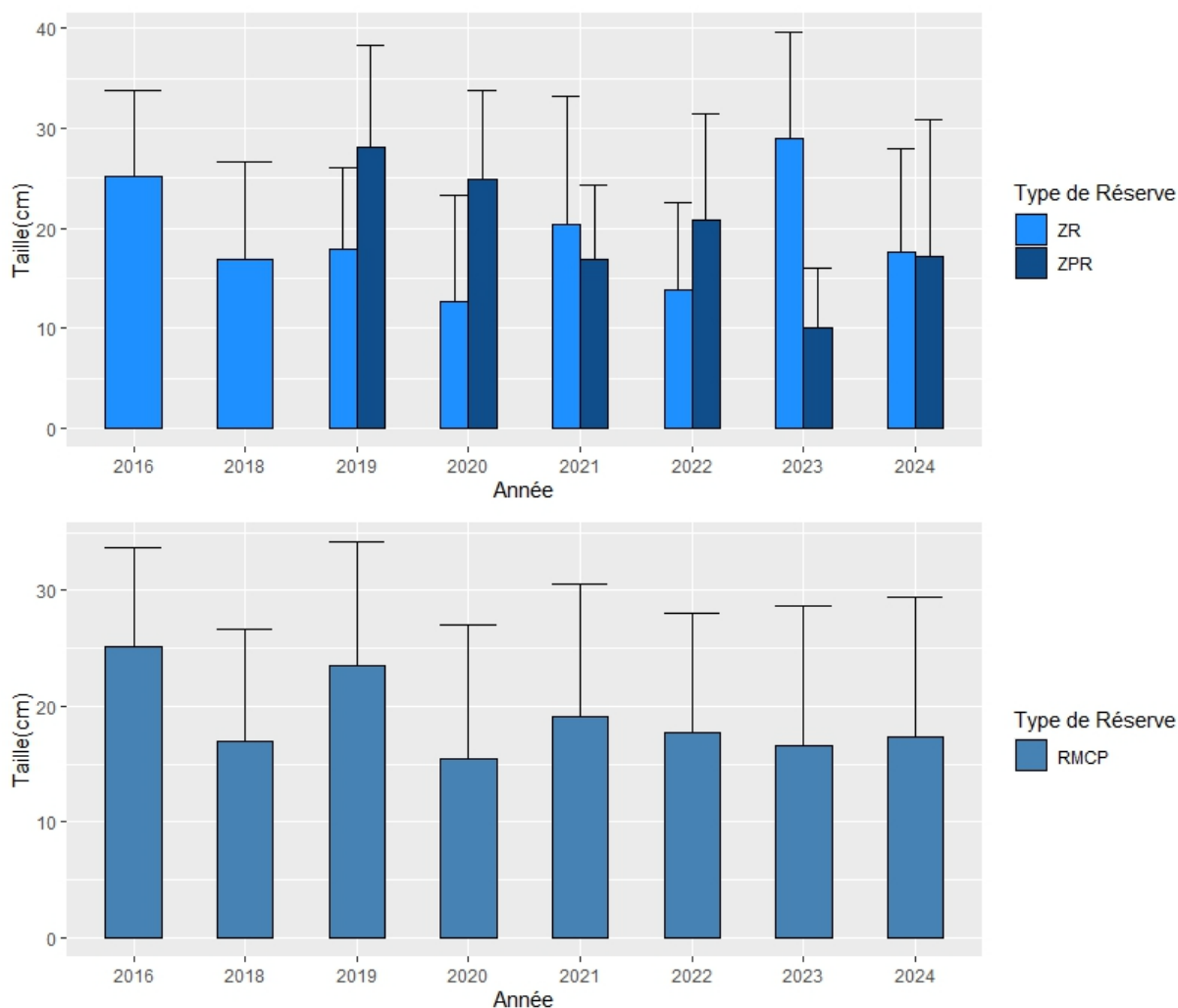


Figure 31. Taille moyenne (et écart-type) des gorgones blanches selon le degré de protection de la zone

L'analyse graphique des figures ci-dessous 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). En 2024, on observe plus d'individus de grandes tailles avec la moyenne plus élevée qu'en 2023. On observe ici une réduction progressive de la taille moyenne des gorgones dans la ZPR avec une légère augmentation dans la dernière année. 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 2022, 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. En 2024, les classes de tailles plus petites dominent à nouveau (0-10 et 10-20 cm) avec une diminution progressive des individus de grandes tailles. 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.

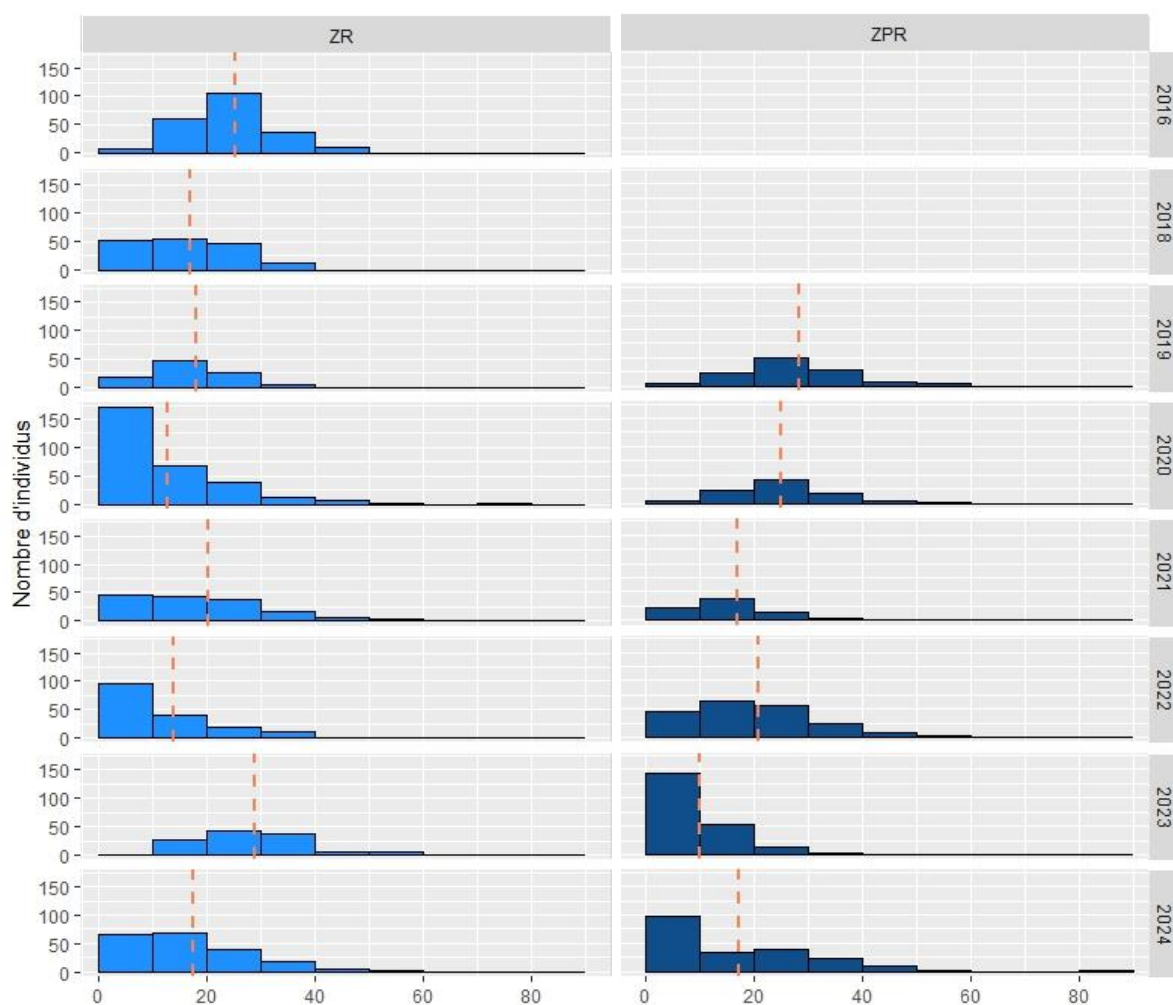


Figure 32. Structures de tailles des gorgones blanches selon le degré de protection de la zone. Le trait pointillé rouge représente la moyenne.

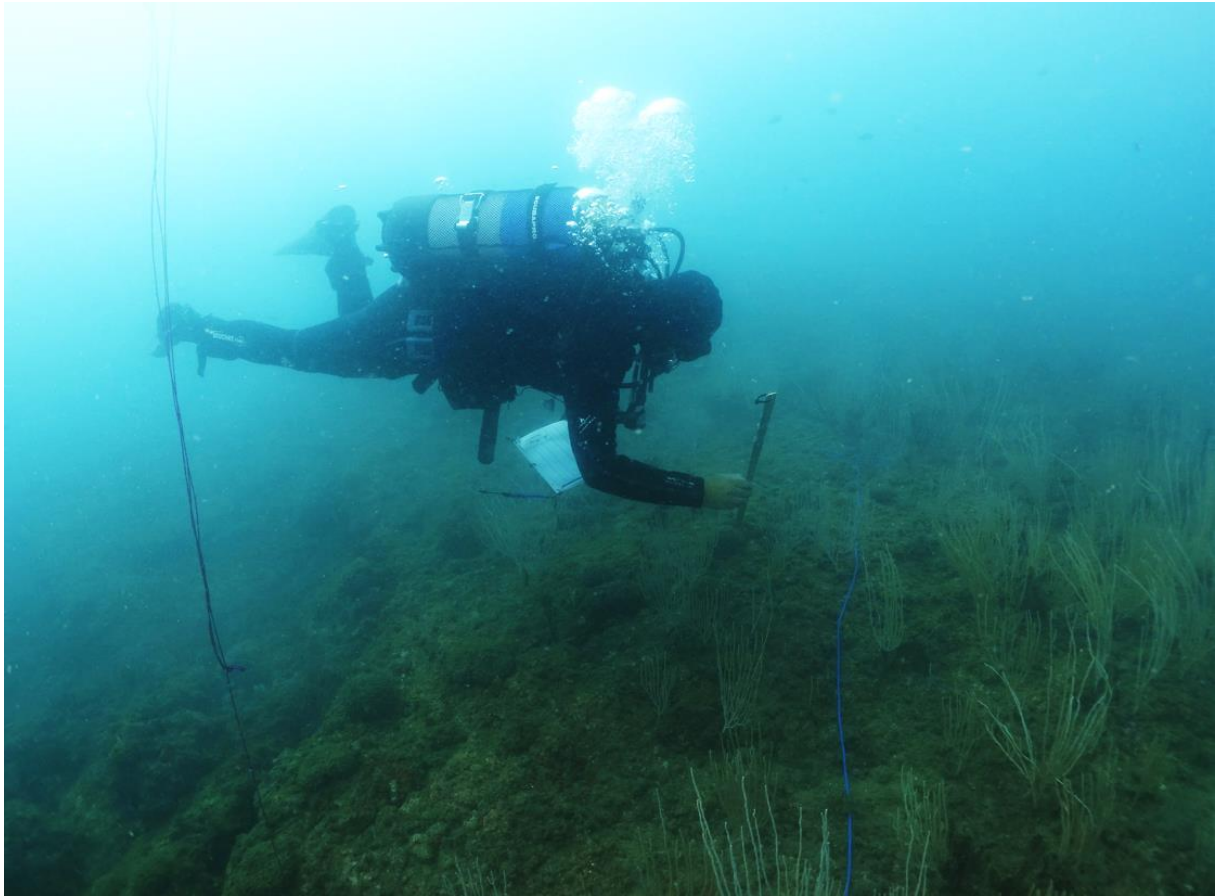


Figure 33. Mesure de gorgones blanches (*Eunicella singularis*)

3.1.3.4. Photogrammétrie

Un protocole de photogrammétrie a également été mis en place afin d'étudier la population de gorgones dans les deux zones de réserves. La photogrammétrie permet de mesurer les individus sessiles fixés dans les trois dimensions de l'espace, permettant d'augmenter considérablement la précision de la mesure. Elle permet également d'obtenir une plus grande quantité de données sans perturber l'écosystème. Cependant, la photogrammétrie sur les populations de gorgones n'est pas pertinente du fait de 1) la trop grande densité d'individus sur un espace donné, 2) la faible visibilité et 3) bien que ce soit un organisme sessile fixé, la gorgone possède une morphologie la faisant onduler aux grès des courants. Or, les organismes mêmes légèrement mobiles ne sont pas adéquats pour la photogrammétrie, cela faussant les résultats (Figure 34).

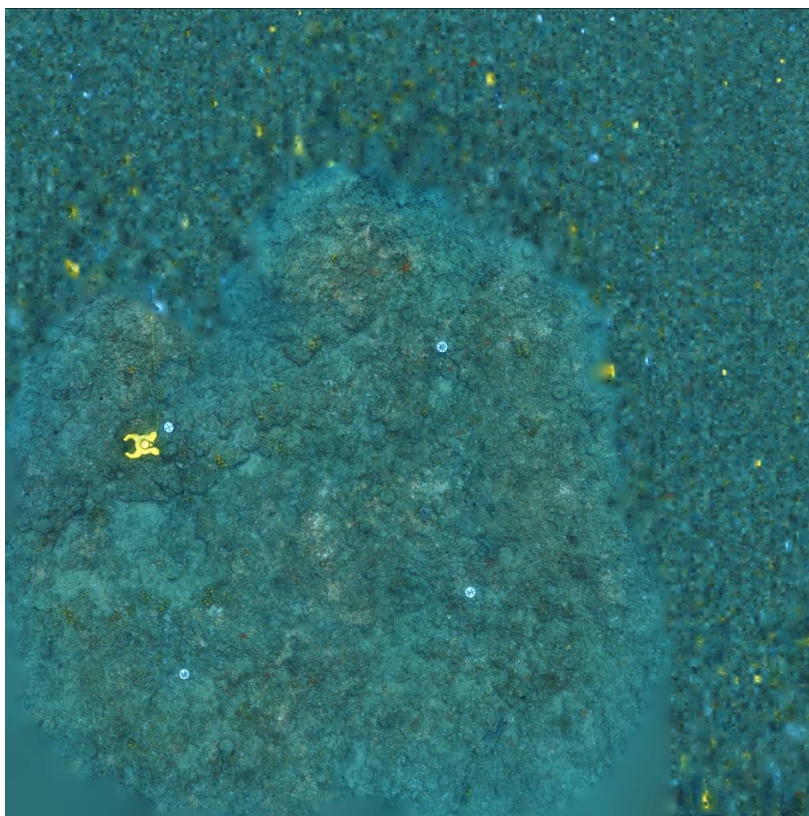


Figure 34. Photographie d'une orthophotographie non réussie d'un peuplement de gorgones

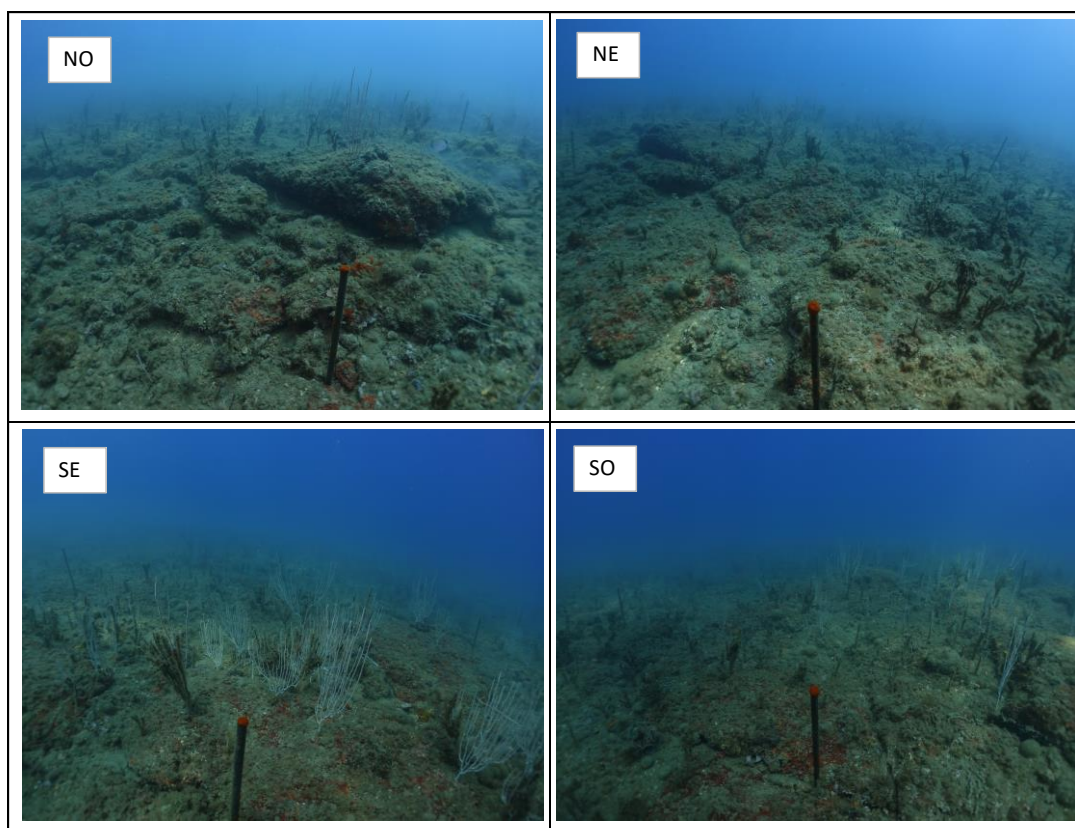


Figure 35. Photographies avec différentes prises de vues nécessaires à l'utilisation de la photogrammétrie.

3.1.4. Suivi des paramètres environnementaux

Dans la zone de Porquières, quatre prélèvements d'eau ont été réalisés, un à Porquières Est au Nord (REN), un à Porquières Est au Sud (RES), un à Porquières Ouest au Nord (RON) et un à Porquières Ouest au Sud (ROS). De ces prélèvements d'eau, trois profils ont été réalisés : profil de température, profil de la concentration d'oxygène et profil de la turbidité selon la profondeur.

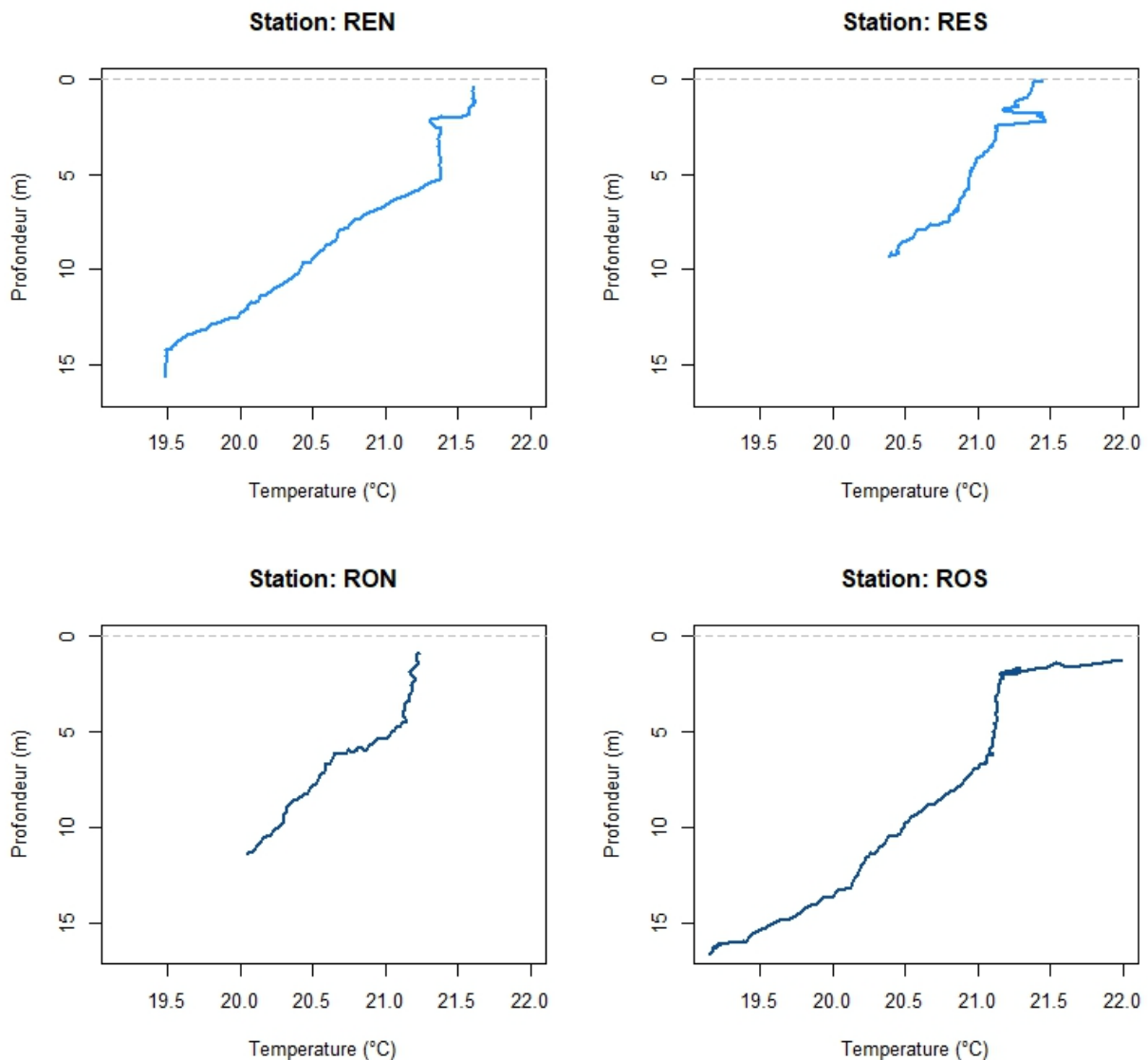


Figure 36. Profils de températures dans la Zone de Protection Renforcée, à Porquières Est au Nord (REN), à Porquières Est au Sud (RES), à Porquières Ouest au Nord (RON) et à Porquières Ouest au Sud (ROS).

Dans la Figure 36, on aperçoit des profils de température assez semblables entre les stations, avec une température plus élevée en surface atteignant jusqu'à 22°C dans la zone ROS. Dans les deux zones présentant une profondeur plus élevée (REN et ROS) la thermocline est présente aux alentours de 2m de profondeur, profondeur à partir de laquelle la température stagne entre 21 °C et 21,5°C pour ensuite chuter progressivement jusqu'à atteindre moins de 19,5 °C. Dans les deux autres zones à faible profondeur, la température de surface est également plus élevée avec des températures comprises entre 21 et 21°C. La thermocline n'est pas

sensiblement la même entre ces deux zones, avec une thermocline commençant à 5m dans la zone RON pour ensuite stagner jusqu'à atteindre 20,5°C et chuter progressivement jusqu'à 20°C. Dans la zone RES cela est légèrement différent avec une thermocline atteinte à 2m pour ensuite voir ses températures remonter à 2,5m puis rechuter progressivement jusqu'à moins de 20,5°C.

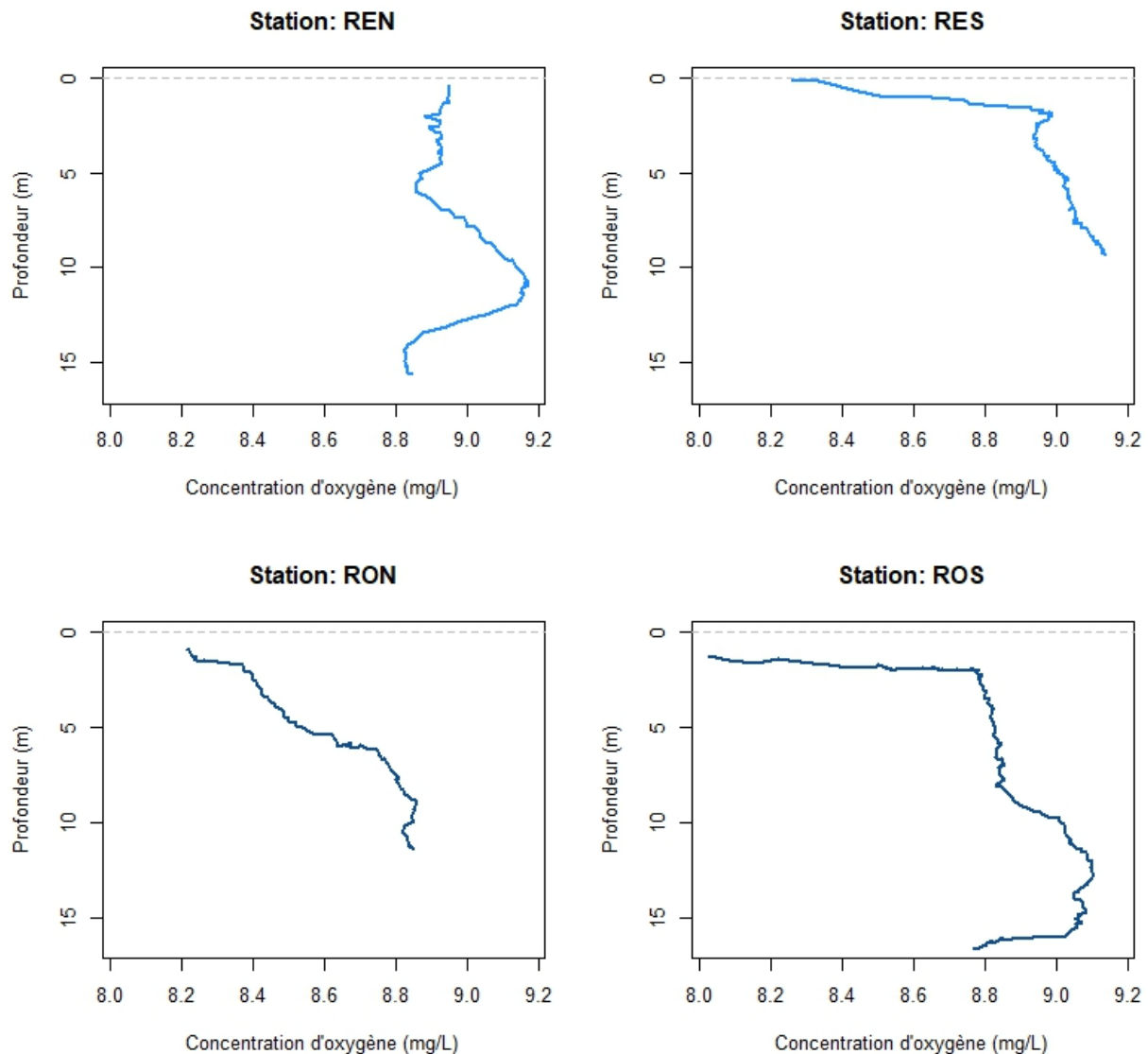


Figure 37. Profils de la concentration d'oxygène (mg/L) dans la Zone de Protection Renforcée (Porquieres Sud et Porquieres Nord) et dans la Zone réglementée (Cousanço Sud et Cousanço Nord)

Dans la Figure 37, les profils de concentration d'oxygène (mg/L) se trouvent être assez différents entre les stations. En effet, dans la station REN, la concentration d'oxygène est stable en surface jusqu'à 5m de profondeur avec une concentration comprise entre 8,8 mg/L et 9mg/L pour ensuite augmenter jusqu'à atteindre 9,2 mg/L à 10m de profondeur et rechute jusqu'à 15m de profondeur avec une concentration de 8,8 mg/L. L'autre station présentant une profondeur plus élevée présente presque le même profil excepté que la concentration d'oxygène commence à 8 mg/L jusqu'à 8,8mg/L à 2m de profondeur. La concentration stagne à cette même valeur jusqu'à 8m de profondeur pour ensuite augmenter et chuter de la même manière que la station REN. Les deux stations présentant des profondeurs plus faibles (RES et RON), les profils sont également assez semblables entre elles avec une concentration en surface de 8,2 mg/L. La concentration augmente progressivement mais

pas de la même manière avec, pour RES, la concentration atteignant 9 mg/L à 2,5m de profondeur pour ensuite augmenter légèrement mais plus en profondeur avec une concentration atteignant 9,2 mg/L à 9m de profondeur. Pour RON, l'augmentation de la concentration d'oxygène augmente avec la profondeur jusqu'à atteindre 8,9 mg/L à 12m de profondeur.

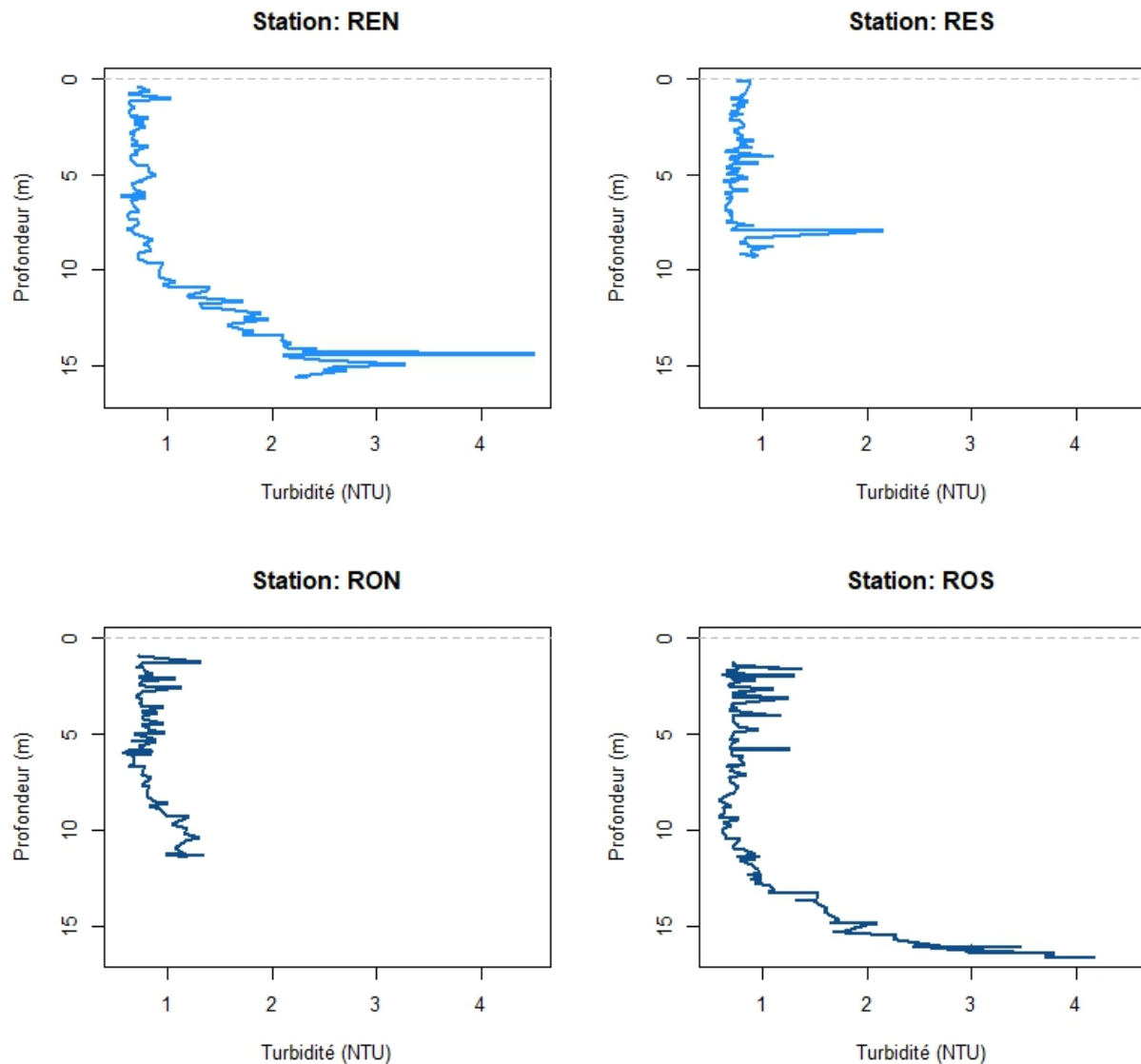


Figure 38. Profils de la turbidité (NTU) dans la Zone de Protection Renforcée (Porquieres Sud et Porquieres Nord) et dans la Zone réglementée (Cousança Sud et Cousança Nord)

Dans la Figure 38, les profils de turbidité sont semblables entre les stations avec une turbidité comprise entre 0 et 1 NTU jusqu'au fond avec une turbidité dépassant les 4 NTU pour REN et ROS et dépassant les 2NTU pour RES. Pour la station RON, la turbidité dépasse légèrement les 1 NTU.

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

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

Tableau 15. Liste des espèces d'invertébrés benthiques inventoriées par journée de suivi et indicateur de nombre d'observations

Nom scientifique	Nom vernaculaire	12-mai	25-mai	08-juin	13-juil	03-août	21-sept	11-oct	01-nov	02-nov	Nombre d'observations
Arthropodes											
<i>Pagurus bernhardus</i>	Bernard-l'ermite	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	17
<i>Necora puber</i>	Etrille				✓	✓		✓			3
<i>Galathea sp.</i>	Galathée		✓	✓				✓			6
<i>Palinurus elephas</i>	Langouste								✓	✓	4
	Cigale							✓	✓		3
Ascidies											
<i>Phallusia mammillata</i>	Ascidie blanche	✓		✓	✓	✓	✓				9
<i>Aplidium elegans</i>	Ascidie coloniale Fraise de mer			✓	✓	✓					4
<i>Phallusia fumigata</i>	Ascidie Noire	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			16
<i>Halocynthia papillosa</i>	Ascidie Rouge	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	33
<i>Microcosmus polymorphus</i>	Ascidie Violet	✓	✓	✓	✓	✓					8
Bryozoaires											
<i>Reteporella grimaldii</i>	Dentelle de Neptune		✓	✓		✓	✓	✓		✓	9
<i>Myriapora truncata</i>	Faux corail			✓	✓						2
<i>Pentapora foliacea</i>	Rose de mer		✓	✓	✓		✓	✓		✓	14
Cnidaires											
<i>Maasella edwardsi</i>	Alcyon brun	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	33
<i>Alcyonium coralloides</i>	Alcyon encroûtant	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	35
<i>Alcyonium acaule</i>	Alcyon Méditerranéen/ digité	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	18
<i>Aiptasia mutabilis</i>	Anémone aiptasie verte	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	26
<i>Cribinopsis crassa</i>	Anémone charnue	✓	✓							✓	7
<i>anemonia viridis</i>	Anémone verte	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	33
	Anémones jaunes										
<i>Parazoanthus axinellae</i>	Encroûtantes	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	19
<i>Cerianthus membranaceus</i>	Cérianthe	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	23
<i>Eunicella singularis</i>	Gorgone blanche	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	38
<i>Eunicella cavolini</i>	Gorgone jaune	✓									1
<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	Gorgone sarmenteuse									✓	1
Echinodermes											
<i>Marthasterias glacialis</i>	Etoile de mer glaciale	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	12
<i>Echinaster sepositus</i>	Etoile de mer rouge	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	39
<i>Holothuria forskali</i>	Holothurie noire	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	39
<i>Holothuria tubulosa</i>	Holothurie tubuleuse	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	24
<i>Ophiura ophiura</i>	Ophiure	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	37
<i>Paracentrotus lividus</i>	Oursin brun	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	26
<i>Sphaerechinus granularis</i>	Oursin granuleux	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	37
<i>Arbacia lixula</i>	Oursin noir	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	26
Eponges											
<i>Axinella polypoides</i>	Axinelle		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	13
<i>Cloathrina clathrus</i>	Clathrine jaune		✓		✓				✓		3
<i>Cliona celata</i>	Clione jaune	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	23
<i>Cliona viridis</i>	Clione verte	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	31
<i>Spongia officinalis</i>	Eponge de toilette			✓	✓	✓					4
<i>Crambe crambe</i>	Eponge encroûtante orange	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	21
<i>Petrosia ficiformis</i>	Eponge Pierre	✓	✓		✓	✓	✓				7
<i>Chondrosia reniformis</i>	Eponge Rognon	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	27
<i>Aplysina aerophoba</i>	Eponge Verongia	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	32
Mollusques											
<i>Bolma rugosa</i>	Astrée rudeuse	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	22
<i>Loligo forbesii</i>	Calmar							✓	✓		5
<i>Flabellina affinis</i>	Flabelline mauve	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	23
<i>Lithophaga lithophaga</i>	Lithophage/datte de mer				✓					✓	2
<i>Bolinus brandaris</i>	Murex	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	19
<i>Octopus vulgaris</i>	Poulpe	✓	✓		✓			✓	✓		7
<i>Thuridilla spp.</i>	Thuridille	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	17
Végétal											
<i>Codium bursa</i>	Codium en boule	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	39
<i>Dictyota spp.</i>	Dictyote	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	15
<i>Padina pavonica</i>	Padine		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		15
<i>Sphaerococcus spp.</i>	Sphaerocoque	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	31
Vers											
<i>Bispira volutacornis</i>	bispire	✓	✓	✓	✓	✓		✓			10
<i>Bonellia spp.</i>	Bonellie	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			22
<i>Euryleptidae spp.</i>	Ver plat	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		17
<i>Protula spp.</i>	Protule	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	23
<i>Sabella spp.</i>	sabelle	✓			✓	✓	✓	✓		✓	10
<i>Serpula spp.</i>	Serpule	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			21
<i>Sabella spallanzanii</i>	spirographe	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	17
Nombre d'espèces cumulées		124	154	154	137	126	92	91	95	15	1078
											69

Tableau 16. Liste des espèces de poissons recensées lors du suivi complémentaire

Nom scientifique	Nom vernaculaire	12-mai	25-mai	08-juin	13-juil	03-août	21-sept	11-oct	01-nov	02-nov	Nombre d'observations
Apogonidés											
<i>Apogon spp.</i>	Apogon	✓		✓		✓	✓	✓	✓		9
Blennidés											
<i>Parablennius rouxi</i>	Blennie de roux	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	26
<i>Parablennius gattorugine</i>	Blennie gattorugine			✓	✓	✓	✓			✓	12
<i>Parablennius pilicornis</i>	Blennie pilicorne	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	9
Pomacentridés											
<i>Chromis chromis</i>	Castagnole	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	51
Congridés											
<i>Conger conger</i>	Congre	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	15
Sciaenidés											
<i>Sciaena umbra</i>	Corb							✓			1
Labridés											
<i>Centrolabrus melanocercus</i>	Crénilabre à queue noire		✓			✓	✓			✓	4
<i>Symphodus mediterraneus</i>	Crénilabre méditerranéen	✓	✓		✓				✓	✓	6
<i>Symphodus ocellatus</i>	Crénilabre ocellé						✓				1
<i>Thalassoma pavo</i>	Crenilabre paon		✓								3
<i>Labrus mixtus</i>	Coquette	✓	✓	✓						✓	11
<i>Coris julis</i>	Girelle	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	20
<i>Labrus merula/viridis</i>	Labre merle/vert	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	12
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Labre rupestre ou Rouquié	✓	✓	✓	✓	✓				✓	18
Gobiidés											
<i>Gobius xanthocephalus</i>	Gobie à tête jaune	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	29
<i>Gobius spp.</i>	Gobie (autre)		✓	✓	✓		✓	✓		✓	8
Gadidés											
<i>Phycis phycis</i>	Mostelle		✓	✓	✓	✓		✓			7
<i>Trisopterus luscus</i>	Tacaud/Capelan					✓	✓				2
Mullidés											
<i>Mullus barbatus</i>	Rouget				✓	✓	✓	✓	✓	✓	12
Sparidés											
<i>Oblada melanura</i>	Oblade		✓	✓			✓				3
<i>Boops boops</i>	Bogue			✓							1
<i>Spicara maena / smaris</i>	Mendole/Picarel							✓			1
<i>Diplodus annularis</i>	Sparailon				✓			✓			2
<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	28
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar tête noire		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	25
<i>Sarpa salpa</i>	Saupe						✓				3
<i>Spondylusoma cantharus</i>	Dorade grise		✓	✓							6
<i>Pagrus pagrus</i>	Pagre							✓			1
<i>Lithognathus mormyrus</i>	Marbré							✓			1
Scorpaenidés											
<i>Scorpaena notata</i>	Petite Rascasse rouge	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	36
<i>Scorpaena porcus</i>	Rascasse brune	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	29
<i>Scorpaena scorfa</i>	Chapon		✓	✓	✓	✓	✓			✓	14
Serranidés											
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chevrette	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	35
<i>Serranus scriba</i>	Serran écriture			✓							1
Tripterygiidés											
<i>Tripterygion spp.</i>	Triptérygion			✓	✓	✓	✓	✓			12
	Poisson plat							✓			1
Nombre d'espèces cumulées		39	88	74	52	45	54	34	2	49	455

54

Au total, ce sont 69 espèces d'invertébrés benthiques et 54 espèces de poissons qui ont été recensées par le suivi complémentaire mené par les plongeurs volontaires de la FFESSM. Parmi les espèces d'invertébrés benthiques, la gorgone blanche (*Eunicella singularis*), l'étoile de mer rouge (*Echinaster sepositus*), l'holothurie noire (*Holothuria forskali*) et la codium en boule (*Codium bursa*) sont celles les plus observées. Concernant les poissons, différentes espèces d'intérêt halieutique comme le chapon (*Scorpaena scorfa*), le serran écriture (*Serranus scriba*) ou le rouget de vase (*Mullus barbatus*), le sar commun (*Diplodus sargus*) et le sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*) pour les poissons. En revanche, cette année aucune espèce d'invertébré d'intérêt halieutique n'est recensée. Quelques espèces ont été détectées à l'ensemble des suivis réalisés telles que la castagnole (*Chromis chromis*), le sar commun (*Diplodus sargus*), la petite rascasse rouge (*Scorpaena notata*), la petite rascasse brune (*Scorpaena porcus*) et le serran chevrette (*Serranus cabrilla*).

Deux plongées de nuit ont été réalisées le 11 octobre et le 1^{er} novembre malgré une visibilité réduite. Certaines espèces de poissons ont été dénombrées uniquement la nuit telles que le pagre (*Pagrus pagrus*), le marbré (*Lithognathus mormyrus*), la mendole (*Spicara maena*) et le corb commun (*Sciaena umbra*). Cette dernière espèce est par ailleurs protégée par moratoire depuis 2013.

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 39 palanquées en 2024 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 et conclusions

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 ($\pm 14,7$) et 87 individus ($\pm 7,2$). Ces résultats sont sensiblement les mêmes qu'en 2023 mais moins élevés qu'en 2022. Cependant, la variabilité est bien plus faible en 2024 que les autres années. Cela peut s'expliquer par la présence plus régulière d'espèces dans ces zones, mêmes celles étant erratiques telles que la bogue (Boops boops), l'oblade (*Oblada melanura*) et d'espèces sédentaires telle que la castagnole (*Chromis chromis*) (Harmelin, 2008).

Afin d'étudier plus en détail l'effet de la réserve, huit espèces cibles ont été sélectionnées. Les abondances de quatre de ces huit espèces sont supérieures au sein de la réserve : celles du sar commun, du sar à tête noire, de la dorade royale et de la girelle commune. Certaines espèces voient leur abondance augmenter par rapport à l'année 2023 telles que *Diplodus sargus* et *Diplodus vulgaris* présentant, respectueusement, 4 et 5 individus/100m² dans la zone de réserve en 2023 contre plus de 15 en 2024. Il en est de même hors de la réserve pour *Diplodus vulgaris* avec 1 individu/100m² en 2023 contre 6 en 2024. Cependant, sur les 8 espèces cibles, aucune de ces espèces ne sont significativement plus abondantes dans la réserve qu'en dehors bien que *Diplodus sargus* et *Diplodus vulgaris* présentent une abondance plus importante dans la réserve, elles présentent aussi un écart-type important, montrant une forte variabilité dans l'espace. Ces espèces ne sont donc pas régulières au sein de la réserve.

La richesse spécifique est plus élevée au sein de la réserve avec une richesse spécifique moyenne de 45 ($\pm 7,2$) qu'en dehors avec 29 ($\pm 7,2$), mais est toutefois seulement significativement plus élevée en zone réglementée ($38 \pm 14,5$) plutôt qu'en zone de protection renforcée ($38 \pm 14,9$). Cela peut s'expliquer par l'accoutumance des individus aux plongeurs, favorisant ainsi le comptage des poissons en zone réglementée plutôt qu'en zone de protection renforcée où l'activité de plongée est proscrite (Molinier *et al.*, 2023). Ainsi, la technique d'identification des espèces par le biais de l'ADN environnemental est préférable de par son utilisation non-invasive. La richesse spécifique plus faible hors de la réserve que dedans peut être induite par une plus grande complexité structurelle de l'habitat au sein de la réserve du fait du plateau rocheux, offrant davantage de petits abris (Huston, 1979 ; Harmelin-Vivien, Harmelin and Leboulleux, 1995 ; Francour, 1997). Les indices de Shannon et de Pielou en revanche ne présentent pas de différences entre les zones contrairement aux années précédentes. L'ichtyofaune est donc autant diversifiée et équitable dans la réserve qu'en dehors. Cependant, malgré un indice d'équité de Pielou similaire entre les deux zones, on peut remarquer que la composition spécifique est légèrement différente dans et hors de la réserve. En effet, dans la réserve et hors de la réserve, les familles dominantes sont : les sparidés (principalement par la saupe, 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 Gobiidés, de Mullidés, de Scorpaenidae et de Mugilidés, le peuplement y est plus hétérogène.

Les suivis ont également montré la présence de deux espèces rares répondant à l'effet réserve tels que le mérour (*Epinephelus marginatus*) et le corb (*Sciaena umbra*). La confirmation de la présence de ces espèces est encourageante pour la gestion de la réserve et témoigne d'un éventuel effet refuge.

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. De plus, la taille minimale de capture du serran chevette est de 15cm. Force est de constater que hors de la réserve la taille moyenne est

de 13,6 ($\pm 4,7$) tandis que dans la réserve elle est de 17,8 ($\pm 5,3$), ce qui est plus élevée que pour l'année 2023. La réserve permet donc aux espèces cibles de se développer.

En revanche, pour les espèces comme le sar commun, le sar à tête noire et le rouget de roche, aucune différence de taille n'a été observée. La taille moyenne du sar commun est de 20,2($\pm 7,7$) cm hors de la réserve et 21 ($\pm 6,7$) cm dans la réserve, en sachant que leur taille minimale de capture en méditerranée est de 23 cm. L'absence d'individus de taille supérieure à cette maille dans la réserve, est révélateur d'un possible prédation de cette espèce. Pour le rouget de roche, cela est différent de l'année 2023 avec une taille moyenne plus élevée dans la réserve (16,9 $\pm 7,7$) et de 14,1 ($\pm 4,7$) hors de la réserve, sachant que la taille minimale de capture en méditerranée est de 15cm. Ainsi, il y a bien eu un effet réserve entre l'année 2023 et 2024 sur cette espèce. Cependant, il n'existe pour ces deux espèces aucune différence significative entre les deux zones, ce qui est contraire à ce qu'indique l'article de Molinier P et al., 2020 qui indique avoir connu 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). Il en va de même pour le sar à tête noire. Dans la réserve cette espèce fait 16,11 ($\pm 6,4$) cm, et 16,6 ($\pm 3,2$) cm hors de la réserve, en sachant que la taille minimale de capture en méditerranée est de 18 cm.

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. Cette même espèce est typique de la pêche de plaisance tandis que les autres sont typiques de la pêche professionnelle. Ainsi, on peut en déduire que la pêche plaisancière semble avoir un impact significatif sur la taille des individus hors de la 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 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 de gorgones blanches, semblable dans la ZR et la ZPR, varie dans le temps à l'échelle de la réserve. Elle est de 13,9 individus/m² en moyenne entre 2016 et 2024, et de 16,8 individus/m² en 2024.

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. En 2024, les tailles s'égalisent entre les deux zones. 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 pour baisser en 2024 : Les tests statistiques montrent en effet que l'année 2021 est significativement plus faible en termes de nécrose que toutes les autres années exceptées pour l'année 2019. L'année 2023 est également significativement supérieure à toutes les autres années, 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. Cette perturbation peut être induite par un certain hydrodynamisme particulier, fragilisant les populations de gorgones blanches de par la mise en suspension de sédiment pouvant impacter les gorgones par abrasion. La taille des individus peut aussi influencer leur mortalité. En effet, plus l'individu est petit, plus il est sensible à certaines perturbation (prolifération d'algues, stress thermique, abrasion...) (Weinberg & Weinberg, 1979). Cela expliquerait alors pourquoi à certaines années en ZPR, lorsque les populations sont plus grandes elles sont moins touchées par la nécrose (2019, 2020, 2023). A cela peut également s'ajouter les conditions hydrodynamiques variant d'une année sur l'autre et pouvant expliquer d'une autre façon les taux de nécroses selon les années.

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. Cependant, étant donné que les gorgones de petites tailles sont davantage touchées par la nécrose en ZR, à l'inverse de la ZPR où ce sont les individus de grandes tailles (Figure 29), cela pourrait s'expliquer par l'abrasion des plongeurs, celle-ci étant plus impactante sur les individus de petites tailles (Rouanet et al., 2017, Weinberg & Weinberg, 1979). 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.

5. Annexes

Figure 39 : 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^{ème} 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. MOLINIER¹, A. MALLET², J.-Y. JOUVENEL^{3*}

¹ Réserve naturelle de Cerbère/Banyuls-sur-Mer – Banyuls-sur-Mer

² Ingerop – Pérols

³ 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^e 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^e 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^e 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

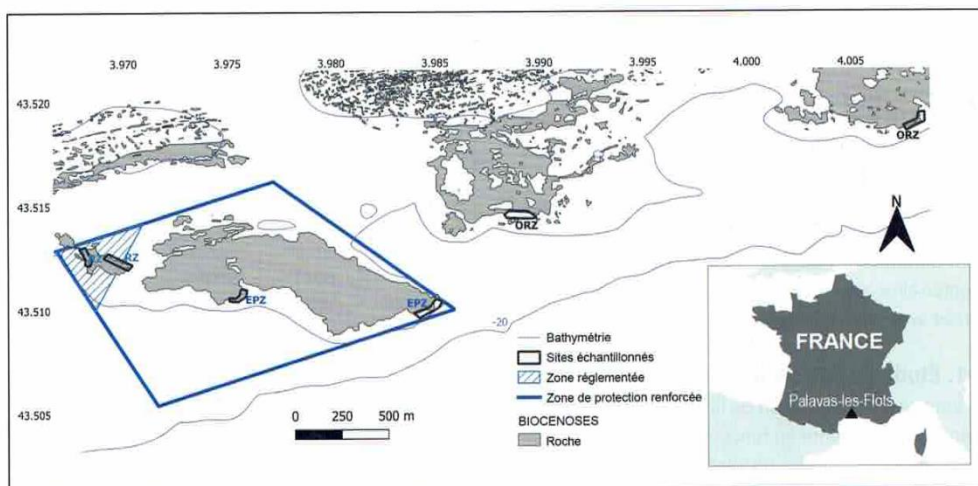


Figure 1. Carte localisant les sites d'échantillonnages dans la zone réglementée (RZ), la zone de protection renforcée (EPZ) et la zone hors réserve (ORZ). Sources : Prud'homme de Palavas, Agence des aires marines protégées, Andromède Océanologie, IGN, Cépralmar, Ifremer, P2A Développement

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 m². 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

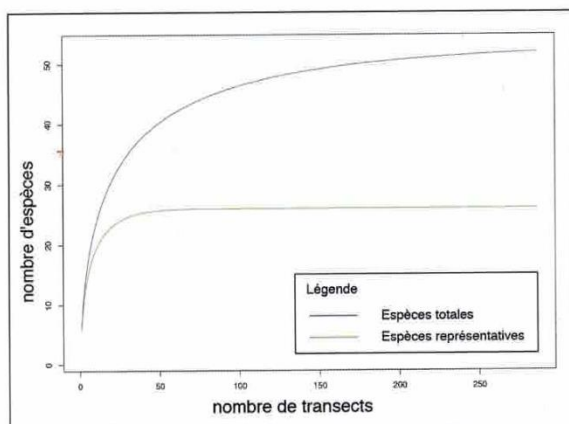
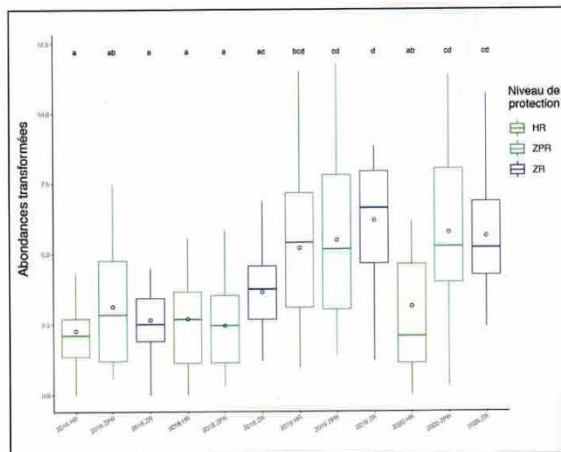


Figure 2. Richesse spécifique cumulée en fonction du nombre de transects. La courbe des espèces totales représente la richesse spécifique cumulée de toutes les espèces identifiées. La courbe des espèces représentatives donne la richesse spécifique cumulée des espèces présentes dans au minimum 10 transects



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

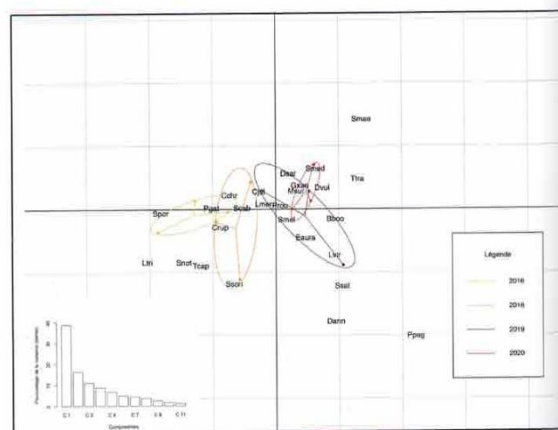


Figure 4. Plan C1-C2 biplot de l'AFC des assemblages d'abondance des espèces sélectionnées en fonction du temps. Ce plan résume 53,13 % d'inertie du tableau et les ellipses comprennent 67 % des stations sous l'hypothèse d'une distribution normale

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 capelanus</i>	Trisopterus capelanus	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

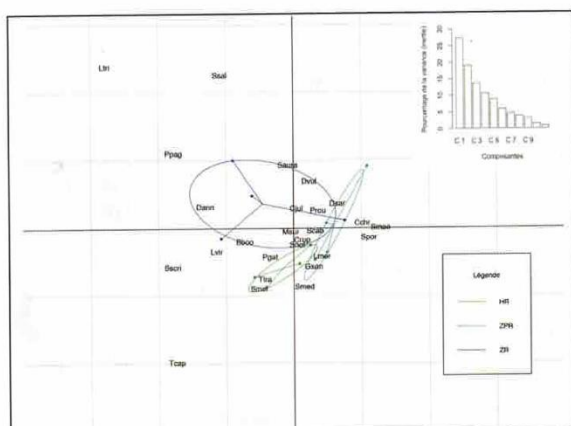
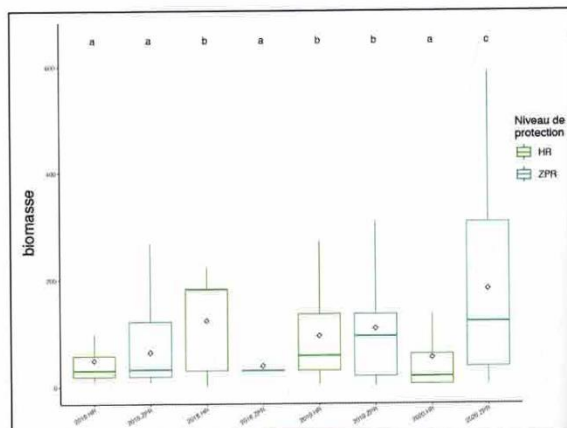


Figure 5. Plan biplot C1-C2 de l'AFC des abondances des espèces sélectionnées, des années 2019-2020, en fonction du niveau de protection (HR : hors réserve, ZPR : zone de protection renforcée, ZR : zone réglementée). Ce plan résume 46,44 % d'inertie du tableau et les ellipses comprennent 67 % des stations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

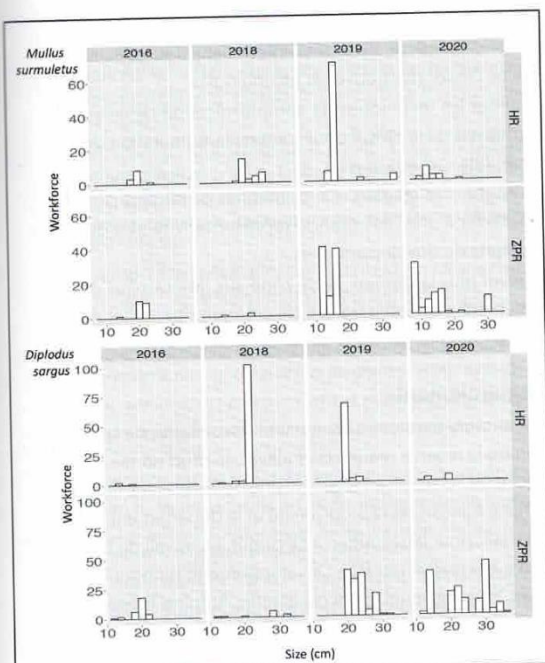


Figure 7. Analyse démographique de *M. surmuletus* et *D. sargus* sur la zone HR et la ZPR

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^e 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^e 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^e 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.

tsm DOSSIER | SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE

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 Tabeaud 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 40 : Fiche suivi gorgones – Porquières 23.11.23

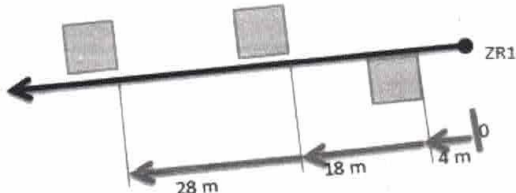
Quadrat 1			Quadrat 2			Quadrat 3			Quadrat 1			Quadrat 2			Quadrat 3								
N°	taille	% nécro	N°	taille	% nécro	N°	taille	% nécro	N°	taille	% nécro	N°	taille	% nécro	N°	taille	% nécro						
1	28	50	1	10	50	1	35	0	51	10	0	51	11	100	51	7	100						
2	18	50	2	13	100	2	14	80	52	8	100	52	9	100	52	2	50						
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	100	70	6	100						
21			21	7	100	21	7	100	71	11	100	71	11	100	71	10	100						
22			22	25	60	22	6	80	72	11	100	72	9	100	72	5	100						
23			23	9	100	23	12	80	73	12	100	73	5	100	73	3	100						
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	100						
27			27	8	100	27	15	90	77	15	100	77	11	100	77	4	100						
28			28	11	100	28	8	100	78	15	100	78	11	100	78	11	100						
29			29	5	100	29	12	80	79	18	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 41 : 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	35	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											

6. 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'.
- Francour, P. 1997. Fish assemblages of *Posidonia oceanica* beds at Port-Cros (France, NW Mediterranean): Assessment of composition and long-term fluctuations by visual census. *PSZNI. Marine Ecology* 18: 157-173.
- 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, Jean-Georges. (2008). Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rocheuse protégée en Méditerranée (Parc national de Port-Cros, France). *Marine Ecology*. 8. 263 - 284. 10.1111/j.1439-0485.1987.tb00188.x.
- 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.
- Harmelin-Vivien, M., J. G. Harmelin and V. Leboulleux. 1995. Microhabitat requirements for settlement of juvenile sparid fishes on Mediterranean rocky shores. *Hydrobiologia* 300-301, 309-320
- Hurlbert, S.H. (1984) Pseudoreplication and the Design of Ecological Field Experiments. *Ecological Monographs*, 54,187-211. <https://doi.org/10.2307/1942661>
- Huston, Michael. (1979). A General Hypothesis OF Species Diversity. *amnat*. 113. 81-101. 10.1086/283366
- 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, Airmé 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 ichtyologique. *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.crvi.2013.06.008>.

Roberts C, Hawkins JP, WWF Endangered Seas Campaign. Fully-protected marine reserves: a guide. Washington, DC: WWF Endangered Seas Campaign. 2000.

ROUANET E., BELLONI B., ASTRUCH P., de MONBRISON D., GOUJARD A., LETEURTOIS M., BERTHIER L., 2017. Etat des connaissances des activités de plongée subaquatiques sur la façade méditerranéenne et appui à l'élaboration d'une stratégie de gestion durable des sites de plongée. Contrat d'étude Agence Française pour la Biodiversité – Direction Interrégionale de la Mer Méditerranée & GIS Posidonie – BRL ingénierie, GIS Posidonie publ., FR. : 1 – 184 + 12 annexes + 2 volumes annexes.

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.

Weinberg, S., & Weinberg, F. (1979). The life cycle of a gorgonian: Eunicella singularis (Esper, 1794). *Bijdragen tot de dierkunde*, 48(2), 127–137.

Wiersma, Y.F. (2022). Replication vs. Pseudoreplication: Are We Making Too Big a Deal of This?. In: *Experimental Landscape Ecology*. Landscape Series, vol 29. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95189-4_4