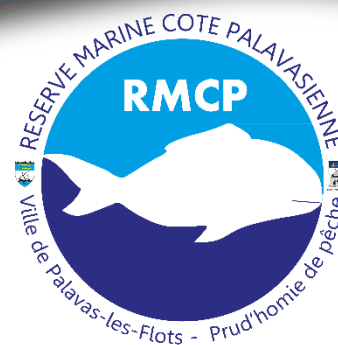
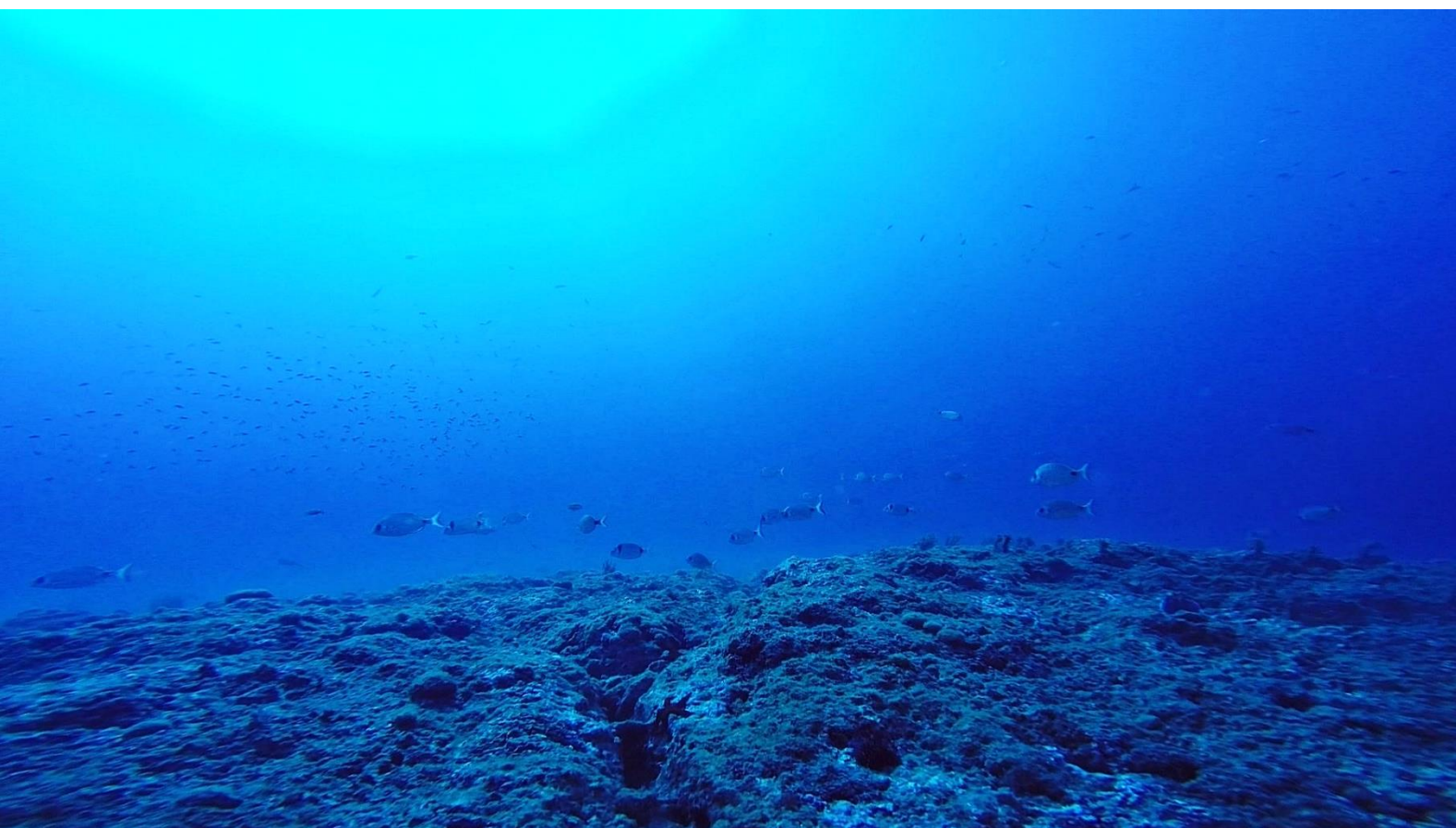




Suivi scientifique de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Suivi annuel 2022



Décembre 2022

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	5
1.1. CONTEXTE DE LA CREATION DE LA RESERVE MARINE	5
1.2. PRESENTATION DE LA RESERVE MARINE	6
1.2.1. <i>Périmètre et réglementation</i>	6
1.2.2. <i>Suivis scientifiques</i>	7
1.3. 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	11
2.2.1. <i>Suivi principal</i>	11
2.2.2. <i>Suivi complémentaire</i>	11
2.3. PROTOCOLES DE SUIVI	12
2.3.1. <i>Suivi des fonds rocheux</i>	12
2.3.1.1. Suivi de l'ichtyofaune	12
2.3.1.2. Suivi de la faune épibenthique	15
2.3.1.3. Suivi de l'indicateur de pressions sur le fond : les gorgones blanches.....	16
2.3.2. <i>Suivi des fonds meubles</i>	18
2.3.3. <i>Synthèse du suivi principal</i>	19
2.3.4. <i>Suivi complémentaire de l'ichtyofaune et de la faune benthique</i>	19
2.4. CAMPAGNE DE SUIVI 2022	20
3. RESULTATS	21
3.1. SUIVI DES FONDS ROCHEUX	21
3.1.1. <i>Ichtyofaune</i>	21
3.1.1.1. Abondance	21
3.1.1.2. Richesse spécifique et diversité	22
3.1.1.3. Composition de l'ichtyofaune.....	26
3.1.1.4. Espèces cibles	28
3.1.1.4.1. Abondance	28
3.1.1.4.2. Taille	29
3.1.2. <i>La faune épibenthique</i>	34
3.1.2.1. Abondance	34
3.1.2.2. Richesse spécifique et diversité	35
3.1.2.3. Composition de la faune épibenthique	38
3.1.3. <i>Suivi de l'indicateur de pressions sur le fond : les gorgones blanches</i>	40
3.1.3.1. Abondance	40
3.1.3.2. Taux de nécrose.....	41
3.1.3.1. Taille	43
3.2. SUIVI DES FONDS MEUBLES	47
3.2.1. <i>Diversité</i>	47
3.2.2. <i>Abondance</i>	48
3.2.3. <i>Taille des gorgones</i>	48
3.3. SUIVI COMPLEMENTAIRE DE L'ICHTYFAUNE ET DE LA FAUNE BENTHIQUE	52
4. DISCUSSION.....	56
4.1. L'ICHTYFAUNE	56
4.2. LA FAUNE EPIBENTHIQUE	57
4.3. SUIVI DE L'INDICATEUR DE PRESSIONS SUR LE FOND : LES GORGONES BLANCHES	57
4.4. LES FONDS MEUBLES	58
4.5. RECOMMANDATIONS	58
5. CONCLUSION	60
6. BIBLIOGRAPHIE	61

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 : points bleus : suivis sur fonds rocheux, traits rouges discontinus : suivis sur fonds meubles, étoiles violettes : suivi des gorgones blanches.	10
Figure 3. Représentation schématique du protocole de suivi le long de transects sur les fonds rocheux.....	12
Figure 4. Représentation schématique du protocole de suivi des gorgones blanches sur les stations rocheuses	17
Figure 5. 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).....	17
Figure 6. Photographies sous-marine d'individus sains (à gauche) sur le site de Porquières Ouest et d'individus nécrosés (à droite) sur le site de Cousanço Sud	17
Figure 7 : Le NEEXO, navire mobilisé pour la campagne de suivi	20
Figure 8 : Abondance totale moyenne (et écart-type) de l'ichtyofaune dans les différentes zones étudiées	21
Figure 9 : Indices de diversité moyens (et écart-type) de l'ichtyofaune dans les différentes zones étudiées	24
Figure 10 : Composition de l'ichtyofaune par famille et par zone.....	26
Figure 11 : Sar à tête noire (<i>Diplodus vulgaris</i>) et girelle mâle (<i>Coris julis</i>) observés sur le site de Cousanço (ZR)	27
Figure 12 : Abondance moyenne (et écart-type) des huit espèces cibles de poissons selon la zone	28
Figure 13 : Taille moyenne (et écart-type) de six espèces cibles de poissons selon la zone.....	30
Figure 14 : Au premier plan, un banc de rougets de roche (<i>Mullus surmuletus</i>), au second plan un serran-chevrette (<i>Serranus cabrilla</i>)	32
Figure 15 : Structure de tailles du rouget de roche (taille moyenne en pointillés).....	32
Figure 16 : Structure de tailles du serran chevrette (taille moyenne en pointillés)	33
Figure 17 : Abondance totale moyenne (et écart-type) des espèces épibenthiques dans les différentes zones étudiées ...	34
Figure 18 : Indices de diversité moyens (et écart-type) de la faune épibenthique dans les différentes zones étudiées.....	37
Figure 19 : Composition de la faune épibenthique par famille et par zone	38
Figure 20 : Abondance moyenne (et écart-type) des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve.....	40
Figure 21 : Taux de nécrose moyen (et écart-type) des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve	41
Figure 22 : Banc de saupes (<i>Sarpa salpa</i>) nageant au-dessus de gorgones blanches (<i>Eunicella singularis</i>) du site de Cousanço (ZR)	42
Figure 23 : Taille moyenne (et écart-type) des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve	43
Figure 24 : Structures de tailles des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve (ZR et ZPR). Le trait pointillé rouge représente la moyenne.	44
Figure 25 : Structures de tailles des gorgones blanches dans la réserve. Le trait pointillé rouge représente la moyenne. ...	45
Figure 26 : Images de poissons repérés lors des caméras tractées de 2022. a) Petite rascasse rouge (<i>Scorpaena notata</i>), b) Raie torpille (<i>Torpedo marmorata</i>), c) Pot à poulpe avec gobie indéterminé, spirographe (<i>Sabella spallanzanii</i>) et hydraire indéterminé, d) Grondin morrude (<i>Chelidonichthys obscurus</i>), e) Rouget de roche (<i>Mullus surmuletus</i>), f) Gobie indéterminé	49
Figure 27 : Images d'invertébrés repérés lors des caméras tractées de 2022. a) Vérétille (<i>Veretillum cynomorium</i>), b) Gorgone blanche (<i>Eunicella singularis</i>) et alcyon méditerranéen (<i>Alcyonium acaule</i>), c) Étoile de mer rouge (<i>Echinaster sepositus</i>), d) Murex tuberculé (<i>Hexaplex trunculus</i>), e) Ascidie blanche (<i>Phallusia mammillata</i>), f) Coquille Saint-Jacques (<i>Phallusia mammillata</i>), g) Espèce indéterminée (probablement éponge), h) Huître creuse (<i>Crassostrea gigas</i>)	50
Figure 28: Images de substrats présents lors des caméras tractées de 2022. a) Sablo-vaseux coquillé à forte densité de cailloux/galets, b) Sablo-vaseux coquillé, c) Amas rocheux coralligène, d) Dunes sablo-vaseuses, e) Amas rocheux, f) Amas rocheux	51

Le présent rapport devra être cité comme suit

Jouvenel J.-Y., Lowenstein A., Picard I., 2022. Suivi scientifique de la Réserve Marine de la Côte Palavasiennne, Suivi annuel 2022. AGRMCP, décembre 2022. P2A Développement (61 pages).

1. Introduction

1.1. Contexte de la création de la réserve marine

La situation pour les stocks de poisson en Méditerranée, à l'exception du thon rouge, reste très préoccupante (Ifremer, 2021). Ce récent rapport de l'Ifremer définit quatre statuts pour les 8 stocks évalués :

- reconstituables / en reconstitution : le thon rouge de l'Atlantique – Méditerranée, l'anchois du golfe du Lion, la sardine du golfe du Lion et l'espadon ;
- surpêchés : le rouget de vase du golfe du Lion ;
- surpêchés et dégradés : le thon germon ;
- effondrés : le merlu du golfe du Lion et l'anguille.

Le rapport précise également que parmi les espèces non évaluées, on trouve : le poulpe, le maquereau, la dorade royale et la baudroie.

Les débarquements totaux en Méditerranée française sont passées de 33 000 tonnes en 2000 à 20 000 tonnes en 2020, soit une diminution de près de 40% en 20 ans. La conséquence de cette diminution de la ressource impacte directement les métiers de la pêche. En France, le nombre total de marins et de navires ne cesse de diminuer. Le bon état écologique du milieu marin et le développement d'activités durables d'exploitation des ressources halieutiques est incontournable et primordial si l'on souhaite pérenniser le métier de pêcheur. « Il n'y a pas d'avenir durable pour le secteur des pêches en France ou en Europe sans restauration d'un état de bonne santé écologique des écosystèmes et sans doute pas de conservation possible de la biodiversité sans l'implication de pêcheurs qui retrouvent toute leur place dans les écosystèmes. Cela implique un changement assez radical des modes de gestion des pêches maritimes. » (Gascuel *et al.*, 2009). Dans ce contexte, la mise en place d'aires marines protégées constitue un axe de réponse à la restauration des écosystèmes marins et au renouvellement des stocks halieutiques.

En effet, les répercussions des réserves en mer sont habituellement caractérisées par quatre effets positifs sur les écosystèmes marins :

- L'effet refuge : la diminution de la pression anthropique sur le milieu a pour conséquence d'augmenter la biodiversité, les tailles moyennes et maximales des individus et l'efficacité de la reproduction. Elle permet également l'exportation de biomasse aux abords de la réserve ainsi que la protection des zones de frayères et des nurseries (Lester *et al.*, 2009 ; Roberts et Hawkins, 2000 ; Halpern, 2003 ; Berkeley *et al.*, 2004) ;
- L'effet tampon : c'est une conséquence de l'effet refuge. L'étalement de la pyramide des âges et l'amélioration du potentiel reproducteur des individus permet d'augmenter la résilience des populations face à la variabilité des conditions environnementales. L'effet tampon permet une stabilisation des stocks de populations dans le temps. Certaines études montrent par ailleurs que la diversité génétique des poissons croît dans les zones de réserve, ce qui augmente la résilience des populations vis-à-vis de facteurs environnementaux (Gell et Roberts, 2002 ; Pérez-Ruzafa *et al.*, 2006) ;
- L'effet cascade : c'est une conséquence des deux effets précédents. La mise en réserve profite surtout aux maillons trophiques les plus élevés (ceux au sommet de la chaîne alimentaire) et aux espèces ayant des stratégies de reproduction K (durée de vie longue et une reproduction rare et

tardive). La biomasse des prédateurs augmente, ce qui implique une diminution de l'effectif de leurs proies comme décrit par le modèle de Lokta-Volterra (Shears et Babcock, 2003) ;

- L'effet de « spillover » (ou de colonisation) : cela correspond favorise la colonisation des zones autour de la réserve due à l'augmentation des populations au sein de la réserve.

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.

1.2. Présentation de la réserve marine

1.2.1. Périmètre et réglementation

L'arrêté ministériel du 30 mai 2016 officialise la création du cantonnement de pêche du banc rocheux de Porquières, devant la commune de Palavas-les-Flots, pour une durée de 5 années. C'est ce cantonnement de pêche que l'on nomme Réserve Marine de la Côte Palavasienne. L'arrêté du 8 juin 2021 prolonge l'existence de cette réserve de 2 années supplémentaires.

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). L'exercice de la pêche maritime sous toutes ses formes y est interdit 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.

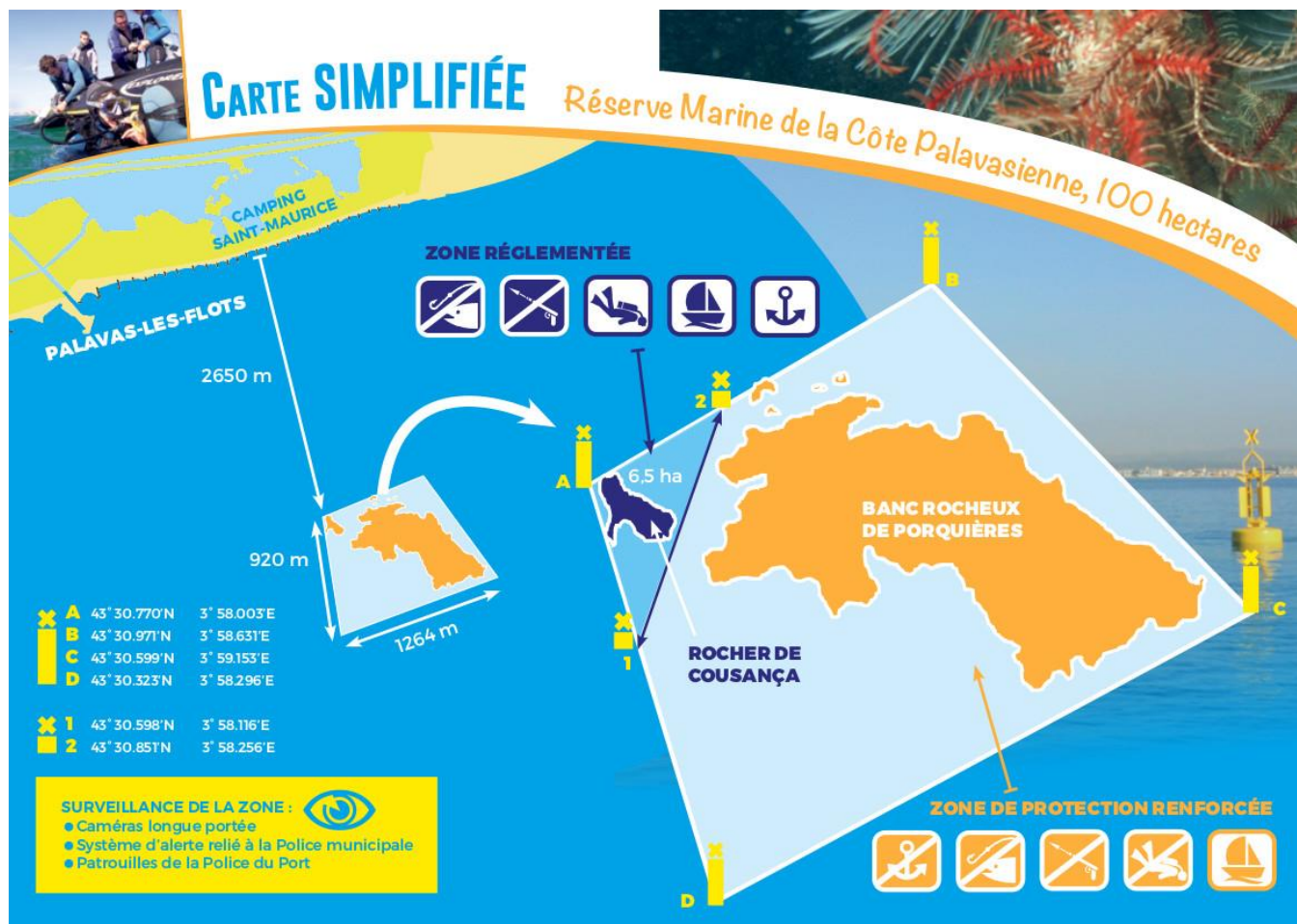


Figure 1 : Carte de présentation de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne (source : mairie de Palavas-les-Flots)

1.2.2. Suivis scientifiques

Les suivis scientifiques annuels sont un outil indispensable de gestion de la réserve et permettent d'appréhender les indicateurs d'évolution des différentes zones.

Plusieurs axes d'études ont été engagés afin d'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 réglementée** (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).

Le suivi scientifique fait 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 afin d'en tirer 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 et ils n'autorisent en aucun cas les prélèvements dans la zone en cantonnement.

1.3. Objectifs du rapport

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

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

Afin de contribuer à répondre à ces objectifs, ce présent rapport expose les résultats de la campagne de suivi 2022. Après avoir rappelé les protocoles utilisés lors du suivi scientifique de 2022, 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 afin de mettre en évidence, si c'est le cas, un 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 6 ans après sa mise en réserve.

L'analyse de l'évolution temporelle des différents compartiments étudiés, qui était l'objet du rapport de 2021, ne sera pas traitée dans ce rapport. Cependant, dans le contexte particulier d'une mortalité importante des gorgones sur la façade méditerranéenne cette année, due à des températures anormalement élevées de la mer, les données relatives aux gorgones blanches sont comparées aux années précédentes afin de détecter un éventuel changement.

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).

De plus, deux types de fonds différents, présents dans la réserve, sont suivis : les fonds meubles et les fonds rocheux.

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	
	Fonds rocheux	Fonds meubles
Zone de protection renforcée (ZPR)	Porquières Ouest	A
	Porquières Sud	B
Zone réglementée (ZR)	Cousança Nord	
	Cousança Sud	
Hors réserve (HR)	Guérites Ouest	C
	Guérites Est	D
		E

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

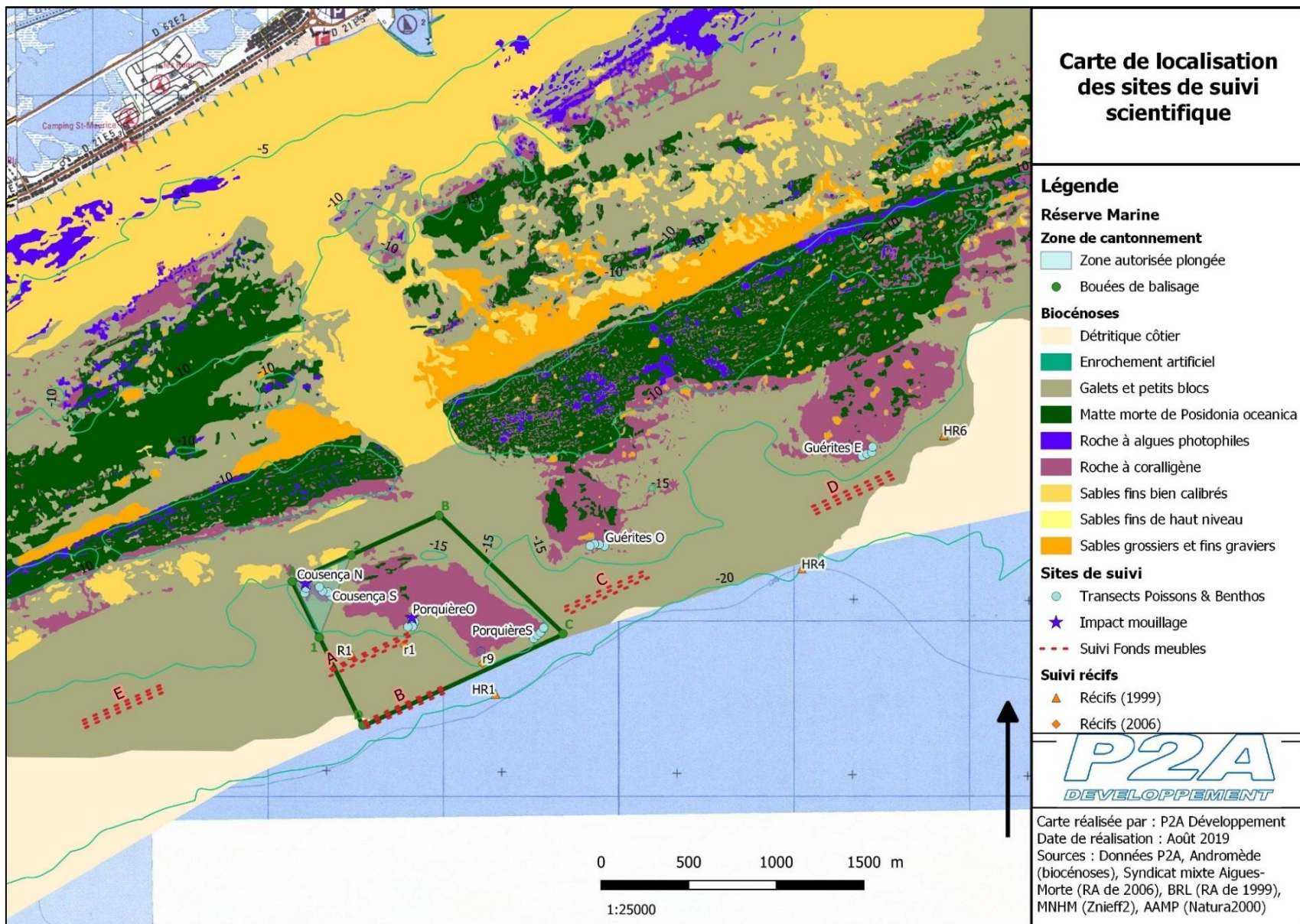


Figure 2 : Sites du suivi scientifique : points bleus : suivis sur fonds rocheux, traits rouges discontinus : suivis sur fonds meubles, étoiles violettes : suivi des gorgones blanches.

2.2. Types de suivis scientifiques mis en place

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 du Comité Départemental de l'Hérault de la FFESSM (Commission Biologie).

2.2.1. Suivi principal

Deux types de substrat sont étudiés :

- fonds rocheux : suivi de l'ichtyofaune, des espèces épibenthiques et des gorgones blanches ;
- fonds meubles : suivi de l'ichtyofaune et des espèces épibenthiques.

Plusieurs composantes sont étudiées :

- Icthyofaune et espèces mobiles associées à haute valeur commerciale (langoustes, cigales, seiches, ...) ;
- Faune macrobenthique épigée des substrats durs (éponges, tuniciers, hydraires, octocoralliaires et hexacoralliaires, etc...),
- Faune macrobenthique épigée des substrats meubles (éponges, tuniciers, hydraires, octocoralliaires et hexacoralliaires, etc...),
- Populations de gorgones blanches sur des stations permanentes à Cousança et Porquières.

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

A noter que des résultats acquis entre 2016 et 2020 sur les espèces dites « cibles », car importantes pour la pêche professionnelle et amateur, vont être très prochainement publiés dans la revue scientifique Hydrobiologia (The International Journal of Aquatic Sciences).

2.2.2. Suivi complémentaire

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

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. Ainsi des espèces patrimoniales telles que le corb (*Sciaena umbra*) et le mérou brun (*Epinephelus marginatus*) ont pu être observés avec ce suivi alors qu'ils n'ont pas pu être inventoriés dans le suivi principal.

2.3. Protocoles de suivi

2.3.1. Suivi des fonds rocheux

2.3.1.1. Suivi de l'ichtyofaune

Le suivi de l'ichtyofaune consiste en un comptage exhaustif réalisé en plongée. Il s'effectue le long de transects, sur les 6 stations détaillées dans le Tableau 1 : 2 stations en zone de protection renforcée (**ZPR**), 2 stations en zone réglementée ouverte aux activités de plongée (**ZR**), et 2 stations témoin, hors réserve (**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. Les transects suivis pour chacune de ces stations sont représentés par des points bleus sur la carte de la page précédente (Figure 2).

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.

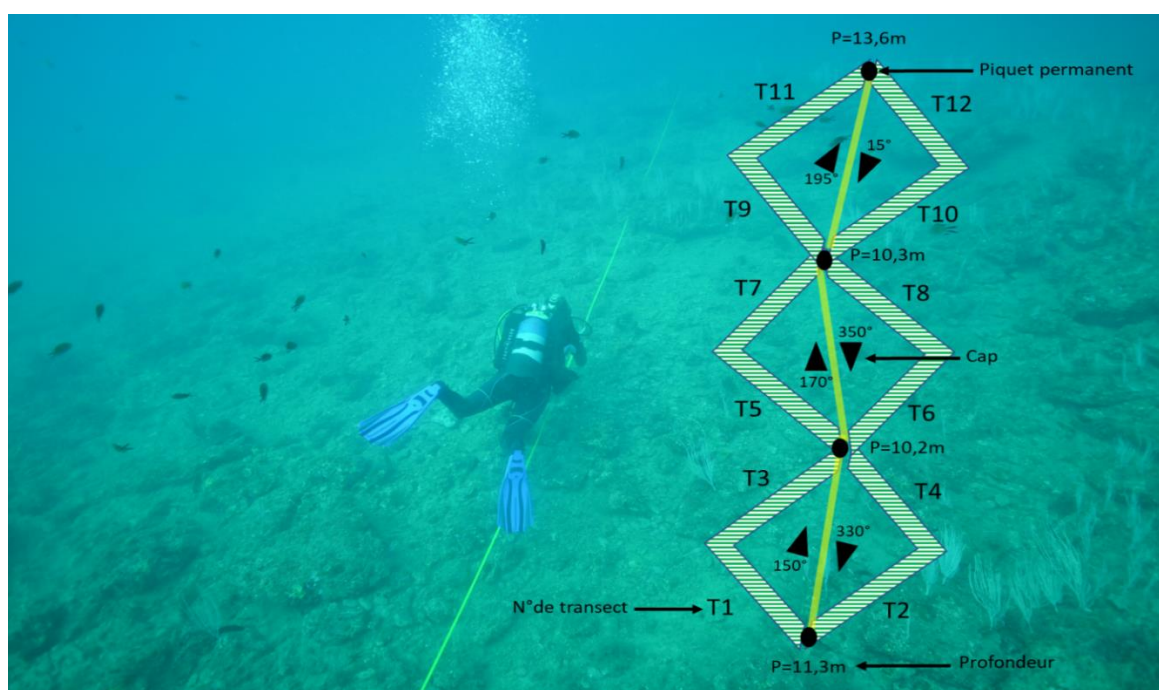


Figure 3. Représentation schématique du protocole de suivi le long de transects sur les fonds rocheux

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

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

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

Tableau 2 : Position des piliers délimitant les transects « ichtyofaune » dans les différentes stations

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

Analyse des données

L'analyse des données est réalisée par P2A Développement. Le calcul d'indices synthétiques est réalisé dans le but de comparer les zones d'étude, afin de 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**) et la zone hors réserve (**HR**). Ensuite, les deux zones faisant partie de la réserve sont réunies afin de comparer la **réserve** dans sa globalité avec la zone **hors réserve**. 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.

2.3.1.2. Suivi de la faune épibenthique

Les organismes benthiques sont fondamentaux au bon fonctionnement de la chaîne trophique. La zone de réserve abrite une mosaïque d'habitats soumis aux pressions anthropiques tels que les ancres ou les passages des plongeurs. Les biocénoses type « coralligène » recouvrent une grande surface de la zone de Porquières. De nombreuses gorgones blanches (*Eunicella singularis*), potentiellement vulnérables aux ancres, recouvrent le plateau.

Le suivi de la faune épibenthique consiste, comme pour l'ichtyofaune, en un comptage exhaustif réalisé en plongée. Il s'effectue le long de transects, sur les 6 stations détaillées dans le Tableau 1 : 2 stations en zone de protection renforcée (**ZPR**), 2 stations en zone réglementée ouverte aux activités de plongée (**ZR**), et 2 stations témoin, hors réserve (**HR**). Pour chacune de ces stations, un transect de 28 m de long par 1 mètre de large est suivi. Un plongeur effectue un recensement visuel des espèces présentes.

Les données collectées concernent :

- L'identification de chaque espèce rencontrée ;
- L'abondance par espèce ;

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 surface totale recouvrant les zones de transect pour chaque station est de 28 m². Les zones de suivi de l'ichtyofaune représentent au total 112 m² dans la réserve marine et 56 m² hors de la réserve.

Le tableau ci-dessous reprend les piquets utilisés comme points de départ et d'arrivée des transects.

Tableau 3 : Position des piliers délimitant les transects « faune épibenthique » dans les différentes stations

Station	Piliers
Cousança Nord	P2 à P3
Cousança Sud	P2 à P3
Porquières Ouest	P3 à P2
Porquières Sud	P3 à P2
Guérites Ouest	P3 à P4
Guérites Est	P2 à P1

Analyse des données

La même analyse de données que pour l'ichtyofaune a été appliquée à la faune épibenthique, à la différence près qu'il n'y a pas d'espèces cibles qui ont été sélectionnées pour la faune épibenthique.

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

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

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

- Abondance (nombre d'individus au 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 Cousanço Sud lors des campagnes de suivi de 2016 et 2018. Ce suivi a été complété, depuis la campagne de 2019, par un suivi sur une zone témoin, sur le site de 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 Cousanço (**ZR**) et celles préservées sur le site de Porquières Ouest (**ZPR**). Les sites de suivi sont visibles sur la carte de la Figure 2 (représentées par des étoiles violettes).

Sur les deux sites, le suivi s'effectue le long d'un transect de 60 m. Il consiste à positionner un quadrat de 2 m de côté puis compter et mesurer individuellement chacune des gorgones présentes dans ce quadrat (Figure 4). Trois réplicats sont réalisés en procédant de façon similaire. Le suivi est réalisé par un binôme de plongeurs scientifiques équipés d'un décamètre et d'un bout lesté pour délimiter le quadrat de 4 m², d'une pige graduée pour mesurer les gorgones (au demi-centimètre près) et d'une plaquette pour noter la taille des individus (Figure 5). Un état de nécrose des gorgones est facile à constater (Figure 6).

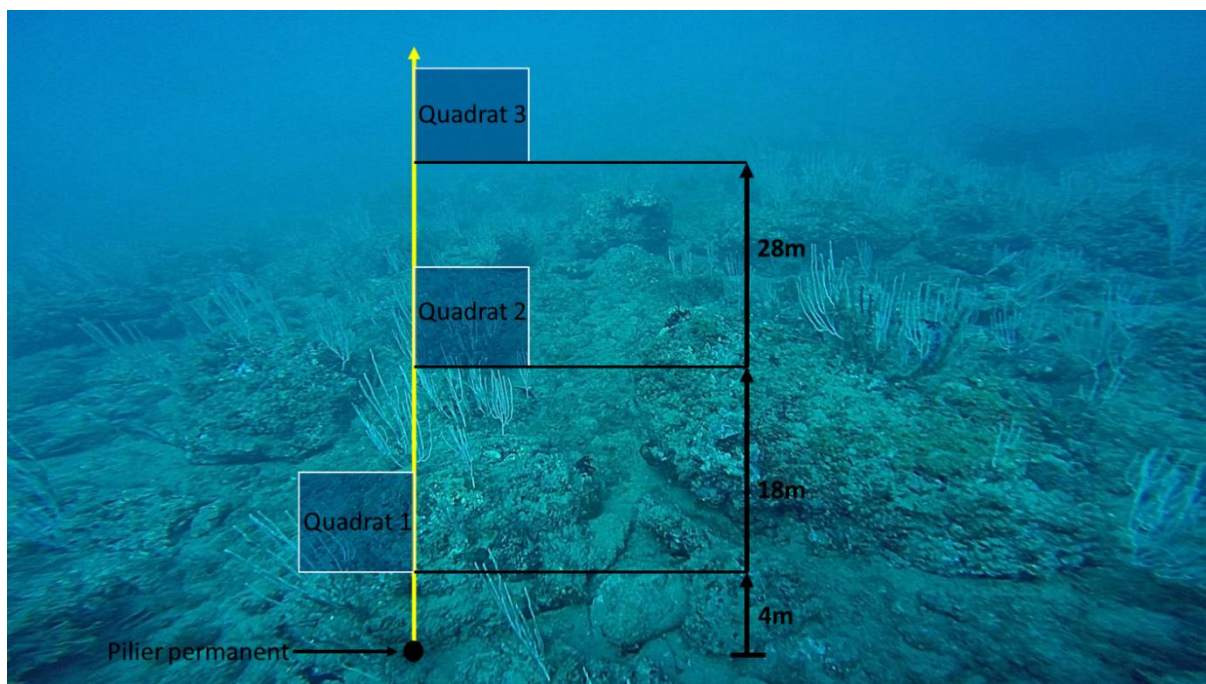


Figure 4. Représentation schématique du protocole de suivi des gorgones blanches sur les stations rocheuses

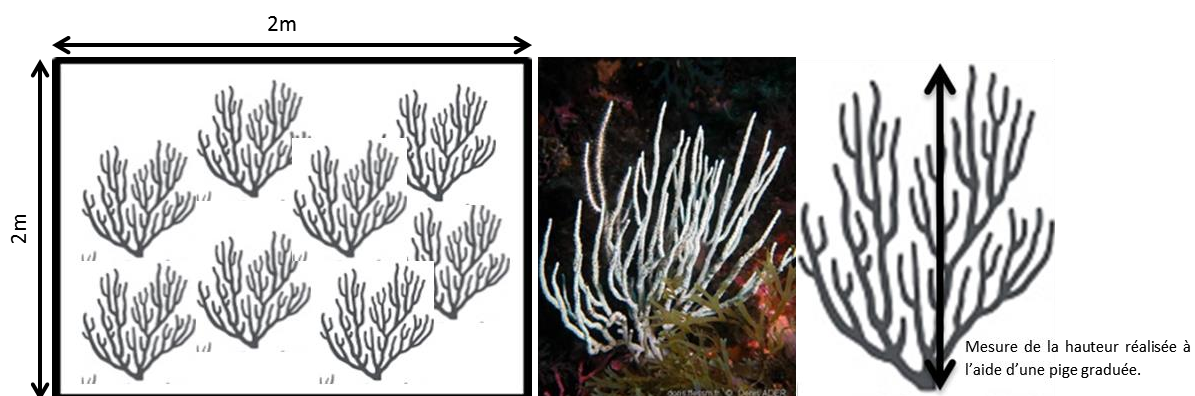


Figure 5. Représentation schématique du quadrat pour le comptage et la méthode de mesure de hauteur des individus
(photo de *Eunicella singularis* : source <http://doris.ffesm.fr>)

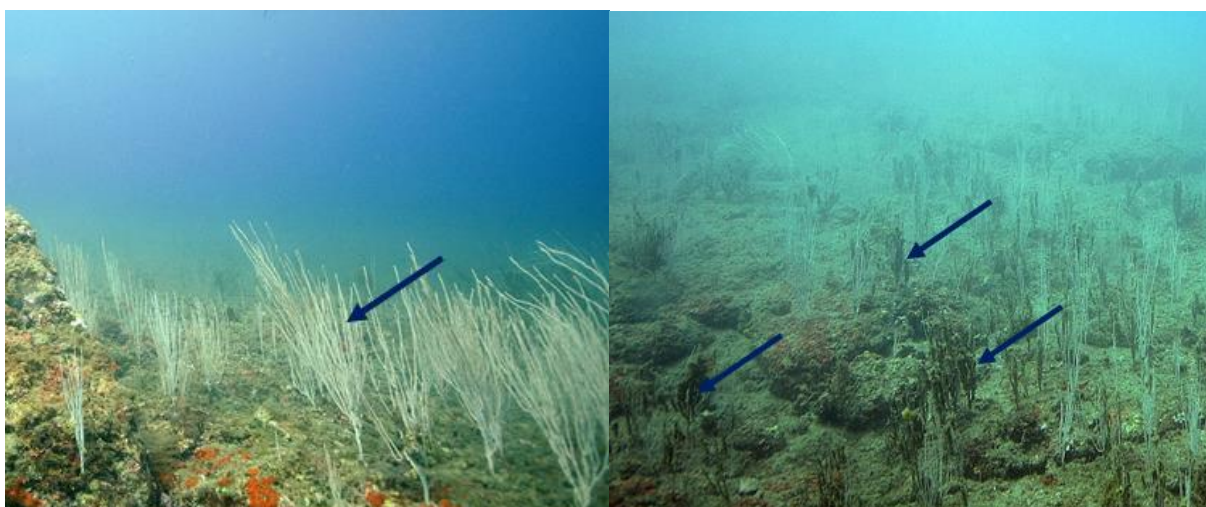


Figure 6. Photographies sous-marines d'individus sains (à gauche) sur le site de Porquière Ouest et d'individus nécrosés (à droite) sur le site de Cousançà Sud

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 (toutes espèces confondues) d'individus par unité de surface. L'unité de surface choisie, car couramment utilisée, est de 1 m² ;
- **Taux de nécrose** : taux de nécrose de chaque individu (en %) ;
- **Taille** : taille de chaque individu (en cm).

2.3.2. Suivi des fonds meubles

Les fonds meubles représentent les deux-tiers de la biocénose de la réserve marine. Très peu étudiés jusqu'à présent, ils représentent un domaine d'investigation des fonds marins grandissant.

Afin de suivre l'évolution du peuplement benthique des fonds meubles de la réserve marine, des vidéos par caméra tractée ont été réalisées sur des transects situés dans et en dehors de la RMCP lors de la campagne de 2022. Cinq stations sont suivies, trois hors de la réserve et deux dans la réserve (Tableau 1). La longueur d'un transect est de 800 m, la largeur moyenne est d'un mètre selon les conditions de visibilité de la station au moment de l'échantillonnage. 3 réplicats sont réalisés pour chaque station. La localisation des transects est visible sur la carte de la Figure 2 (représentés par des traits rouges discontinus).

Chaque espèce de l'ichtyofaune et de la faune épibenthique sont identifiées et comptabilisées lors du visionnage des vidéos. A chaque espèce détectée, l'heure exacte de détection des organismes sur la vidéo est notée.

Analyse des données

L'analyse se concentre sur deux espèces cibles : la gorgone blanche (*Eunicella singularis*) et la vérétille (*Veretillum cynomorium*). Ces deux espèces sont sélectionnées car il est facile de les identifier et de les dénombrer sur les vidéos des caméras tractées, sans risque d'erreur et ce peu importe la visibilité (qui peut être très variable d'un site à l'autre). Les gorgones blanches ont été classées en trois catégories de taille : juvénile, moyenne, adulte.

L'abondance est calculée afin d'exposer de manière synthétique les données collectées et d'évaluer l'effet éventuel de la mise en réserve.

2.3.3. Synthèse du suivi principal

L'ensemble des suivis réalisés est synthétisé dans le tableau 4. Le nombre de réplicats pour chaque compartiment et pour chaque station sont décrits dans le tableau 5.

Tableau 4 : Récapitulatif des protocoles suivis et des données collectées pour chaque suivi

	FONDS ROCHEUX		FONDS MEUBLES	
	Ichtyofaune	Faune épibenthique	Gorgone blanche	Ichtyofaune et faune épibenthique
Protocole	Comptages visuels en plongée	Comptages visuels en plongée	Comptages visuels en plongée	Caméras tractées
Données récoltées	Abondance, diversité et taille	Abondance et diversité	Abondance, taux de nécrose et taille	Abondance et diversité

Tableau 5 : Récapitulatif du nombre de réplicats pour chaque suivi

			FONDS ROCHEUX			FONDS MEUBLES
Statut de protection		Site	Ichtyofaune	Faune épibenthique	Gorgone blanche	Ichtyofaune et faune épibenthique
ZPR	Réserve marine	Porquières Ouest	12	1	3	3
		Porquières Sud	12	1	-	3
ZR		Cousança Nord	12	1	3	-
		Cousança Sud	12	1	-	-
HR	Hors réserve	Guérites Ouest	12	1	-	3
		Guérites Est	12	1	-	3
		Bosse	-	-	-	3

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

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

Lors de chaque sortie, plusieurs palanquées de 2 à 3 plongeurs (maximum 12 plongeurs au total) réalisent des inventaires sur des sites choisis de façon aléatoire, au sein de la zone de protection renforcée. Pour les inventaires, chaque palanquée de plongeur est équipée d'une plaquette et d'une fiche submersible sur laquelle sont répertoriées les principales espèces benthiques et ichtyologiques. Le plongeur relève les espèces qu'il observe. La durée de recensement est de 20 minutes. La donnée collectée est une donnée qualitative (présence/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.

2.4. Campagne de suivi 2022

Tableau 6 : 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
Romain Thumerel	Ingénieur écologue en milieu marin	Classe 1 mention B
Déborah Delnesse	Technicienne en milieu marin	Classe 1 mention B
Nicolas Bassols	Technicien en milieu marin	Classe 1 mention B
Thomas Barros	Technicien en milieu marin	Classe 1 mention B

Tableau 7 : Équipe d'intervention pour les suivis par caméras tractées (sur fonds meubles)

Nom	Poste
Jean-Yves Jouvenel	Docteur en océanologie
Adrien Lowenstein	Ingénieur écologue en milieu marin
Garance Marlier	Ingénieure hydrodynamicienne

Tableau 8 : Calendrier d'intervention pour les différents suivis

Site	FONDS ROCHEUX			FONDS MEUBLES
	Ichtyofaune	Faune épibenthique	Gorgone blanche	Ichtyofaune et faune épibenthique
Porquières Ouest	25/08/2022	25/08/2022	03/09/2022	01/12/2022
Porquières Sud	31/08/2022	31/08/2022	-	01/12/2022
Cousança Nord	24/08/2022	24/08/2022	03/09/2022	01/12/2022
Cousança Sud	31/08/2022	31/08/2022	-	01/12/2022
Guérites Ouest	25/08/2022	25/08/2022	-	01/12/2022
Guérites Est	24/08/2022	24/08/2022	-	01/12/2022

L'embarcation mobilisée pour tous les suivis est le NEE XO, propriété de la société P2A développement.



Figure 7 : Le NEE XO, navire mobilisé pour la campagne de suivi

3. Résultats

Cette partie présente les résultats de la campagne de suivi 2022. L'objectif étant de comparer différents indicateurs entre les zones de la réserve, les données de différentes stations ont été regroupées. Le Tableau 1 décrit les stations regroupées par zone pour l'analyse de données et les abréviations utilisées. Pour rappel :

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

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

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

3.1. Suivi des fonds rocheux

3.1.1. Ichtyofaune

3.1.1.1. Abondance

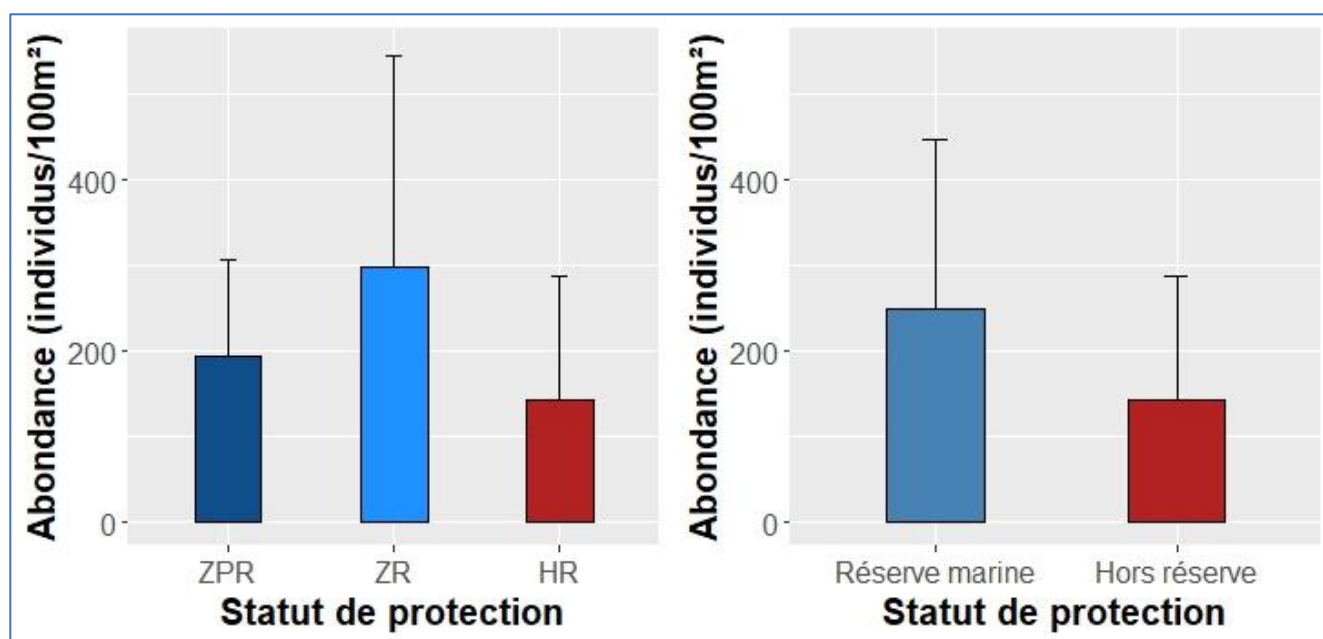


Figure 8 : Abondance totale moyenne (et écart-type) de l'ichtyofaune dans les différentes zones étudiées

Tableau 9 : Valeurs de l'abondance totale des poissons dans les différentes zones étudiées (moyenne ± écart-type)

	ZPR	ZR	HR	Réserve marine	Hors réserve
Abondance (individus/100m²)	194 (± 113)	298 (± 246)	144 (± 145)	248 (± 199)	144 (± 145)

Les tests statistiques démontrent que l'abondance totale de poissons est supérieure dans la Zone Réglementée (ZR) que Hors Réserve (HR). En revanche, il n'y a pas de différence significative entre la Zone de Protection Renforcée (ZPR) et la zone HR. En étudiant l'ichtyofaune de la réserve marine dans sa globalité, on y note une abondance totale significativement supérieure que hors de la réserve.

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

3.1.1.2. Richesse spécifique et diversité

Tableau 10 : Liste des espèces inventoriées par zone (regroupées par famille, dont le nom apparaît en gras)

Espèce		Réserve marine			Hors réserve
Nom scientifique	Nom vernaculaire	ZPR	ZR	ZPR + ZR	HR
Sparidae	Sparidés	✓	✓	✓	✓
<i>Boops</i>	Bogue	✓	✓	✓	✓
<i>Diplodus annularis</i>	Sparaillon	✓	✓	✓	✓
<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	✓	✓	✓	✓
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	✓	✓	✓	✓
<i>Oblada melanura</i>	Oblade	✓	✓	✓	
<i>Pagrus pagrus</i>	Pagre commun		✓	✓	✓
<i>Sarpa salpa</i>	Saupe	✓	✓	✓	
<i>Sparus aurata</i>	Dorade royale	✓	✓	✓	
<i>Spicara maena</i>	Mendole		✓	✓	
<i>Spicara smaris</i>	Picarel		✓	✓	✓
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	Dorade grise	✓	✓	✓	
Pomacentridae	Pomacentridés	✓	✓	✓	✓
<i>Chromis chromis</i>	Castagnole	✓	✓	✓	✓
Labridae	Labridés	✓	✓	✓	✓
<i>Coris julis</i>	Girelle commune	✓	✓	✓	✓
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Rouquié	✓	✓	✓	✓
<i>Labrus merula</i>	Labre merle	✓	✓	✓	✓
<i>Labrus mixtus</i>	Coquette	✓	✓	✓	
<i>Labrus viridis</i>	Labre vert		✓	✓	
<i>Symphodus doderleini</i>	Crénilabre de Doderlein	✓	✓	✓	✓
<i>Symphodus mediterraneus</i>	Crénilabre méditerranéen	✓	✓	✓	✓
<i>Symphodus melanocercus</i>	Crénilabre à queue noire		✓	✓	✓
<i>Symphodus ocellatus</i>	Crénilabre ocellé	✓	✓	✓	✓
<i>Symphodus roissali</i>	Crénilabre à cinq taches	✓		✓	
<i>Symphodus rostratus</i>	Sublet		✓	✓	
<i>Symphodus tinca</i>	Crénilabre paon	✓	✓	✓	✓

Carangidae	Carangues	✓	✓	✓	✓
<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard commun	✓	✓	✓	✓
Gobiidae	Gobiidés	✓	✓	✓	✓
<i>Gobius cruentatus</i>	Gobie à bouche rouge		✓	✓	
<i>Gobius xanthocephalus</i>	Gobie à tête jaune	✓	✓	✓	✓
Blenniidae	Blennies	✓	✓	✓	✓
<i>Blennius ocellaris</i>	Blennie papillon		✓	✓	
<i>Lipophrys trigloides</i>	Blennie trigloïde		✓	✓	
<i>Parablennius gattorugine</i>	Cabot	✓	✓	✓	✓
<i>Parablennius pilicornis</i>	Blennie pilicorne		✓	✓	
<i>Parablennius rouxi</i>	Blennie de roux	✓	✓	✓	
Serranidae	Serranidés	✓	✓	✓	✓
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chevrette	✓	✓	✓	✓
<i>Serranus scriba</i>	Serran écriture	✓	✓	✓	
Mullidae	Mullidés	✓	✓	✓	✓
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche	✓	✓	✓	✓
Scorpaenidae	Scorpaenidés	✓	✓	✓	✓
<i>Scorpaena notata</i>	Petite rascasse rouge	✓	✓	✓	✓
<i>Scorpaena porcus</i>	Rascasse brune	✓	✓	✓	✓
Crustacea	Crustacés	✓	✓	✓	✓
<i>Palinurus elephas</i>	Langouste rouge	✓	✓	✓	✓
Gadidae	Gadidés		✓	✓	✓
<i>Phycis phycis</i>	Mostelle de roche		✓	✓	✓
Cephalopoda	Céphalopodes	✓	✓	✓	✓
<i>Octopus vulgaris</i>	Poulpe commun	✓	✓	✓	✓
Moronidae	Moronidés				✓
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Loup				✓
Gastropoda	Gastropodes	✓		✓	
<i>Charonia lampas</i>	Triton	✓		✓	
Tripterygiidae	Tripterygiidés	✓		✓	
<i>Tripterygion tripteronotum</i>	Triptérygion rouge	✓		✓	
Nombre d'espèces cumulé		31	39	42	26

Cette liste inventorie les espèces qui peuplent les différentes zones étudiées. Le nombre d'espèces cumulées est supérieur dans chacune des zones de la réserve (31 en ZPR et 39 et ZR) que hors de la réserve. En regroupant les deux zones de la réserve, on arrive à un total de 42 espèces. Seule une espèce a été observée hors de la réserve mais pas dedans : le loup. A l'inverse, ce sont 17 espèces qui ont observées dans la réserve mais pas en dehors : oblade, saupe, dorade royale, mendole et dorade grise pour la famille des Sparidés, coquette, labre vert, crénilabre à cinq taches et sublet pour les Labridés, gobie à bouche rouge pour les Gobiidés, blennie papillon, blennie trigloïde, blennie pilicorne et blennie de roux pour les Blennies, serran écriture pour les

Serranidés, triton pour les Gastropodes et triptérygion rouge pour les Tripterygiidés. C'est la première année que le triton (*Charonia lampas*) est observé dans la réserve.

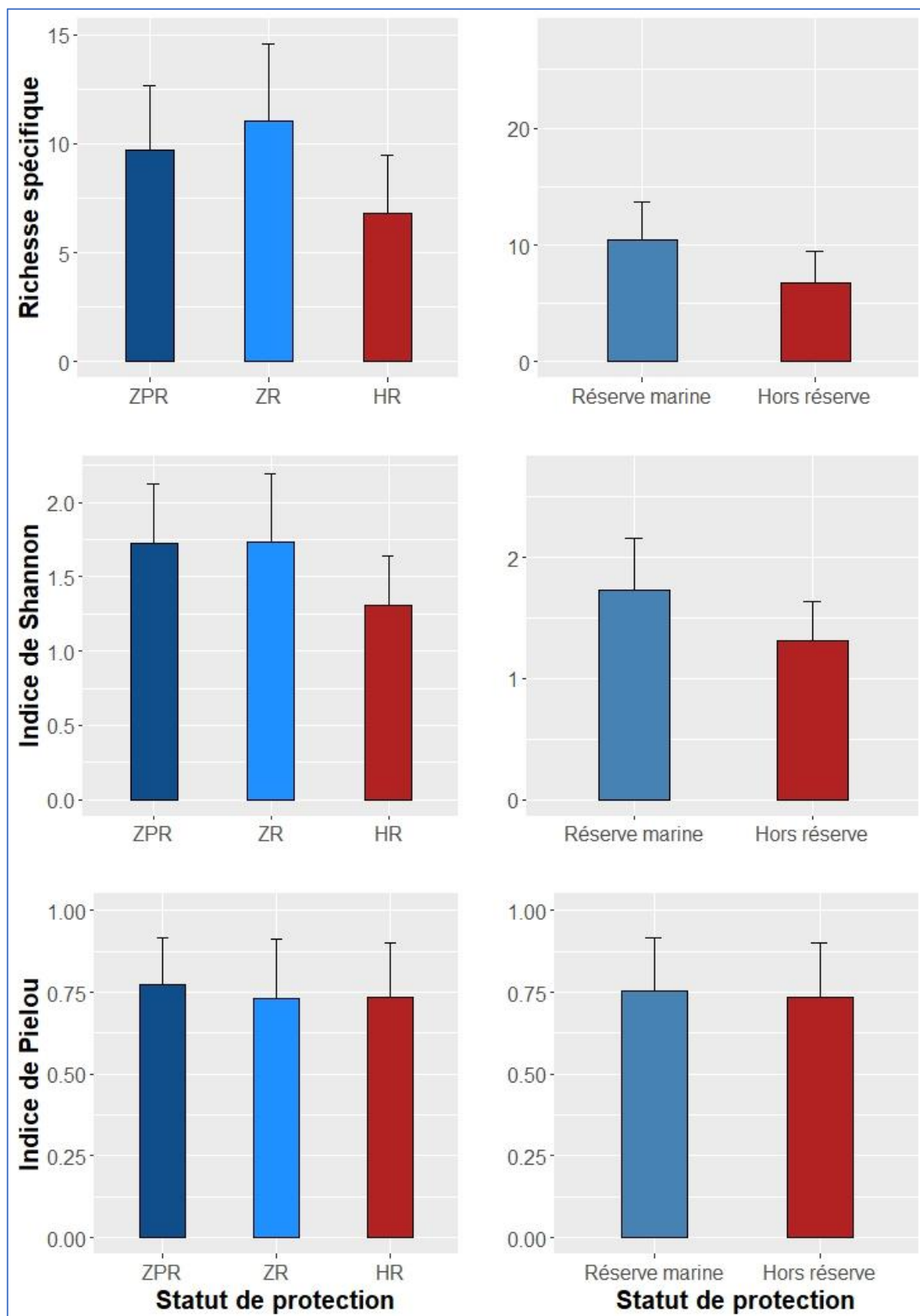


Figure 9 : Indices de diversité moyens (et écart-type) de l'ichtyofaune dans les différentes zones étudiées

Tableau 11 : Valeurs des indices de diversité des poissons dans les différentes zones étudiées (moyenne $\pm$ écart-type)

	ZPR	ZR	HR	Réserve marine	Hors réserve
Richesse spécifique	9,7 ($\pm$ 2,9)	11,0 ($\pm$ 3,5)	6,8 ($\pm$ 2,7)	10,4 ($\pm$ 3,3)	6,8 ($\pm$ 2,7)
Indice de Shannon	1,7 ($\pm$ 0,4)	1,7 ($\pm$ 0,5)	1,3 ($\pm$ 0,3)	1,7 ($\pm$ 0,4)	1,3 ($\pm$ 0,3)
Indice de Pielou	0,8 ($\pm$ 0,1)	0,7 ($\pm$ 0,2)	0,7 ($\pm$ 0,2)	0,8 ($\pm$ 0,2)	0,7 ($\pm$ 0,2)

Les tests statistiques ont démontré des différences de certains indices de diversité de poissons entre les différentes zones. A l'instar de l'abondance totale, la richesse spécifique et l'indice de Shannon de l'ichtyofaune sont plus élevés dans la zone réglementée que hors réserve mais ne sont pas significativement plus élevés dans la zone de protection renforcée que hors réserve. En combinant les deux zones de la réserve ensemble, la richesse spécifique et l'indice de Shannon sont plus élevés au sein de la réserve marine que hors de la réserve. Concernant l'indice d'équitabilité de Pielou, reflétant la répartition des individus au sein des espèces, aucune différence n'a été démontrée entre les zones.

Il y a donc un « effet réserve » en termes de diversité de poissons. En revanche, l'équilibre du peuplement est sensiblement le même entre les différentes zones.

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

En revanche, la diversité est similaire sur toutes les zones.

3.1.1.3. Composition de l'ichtyofaune

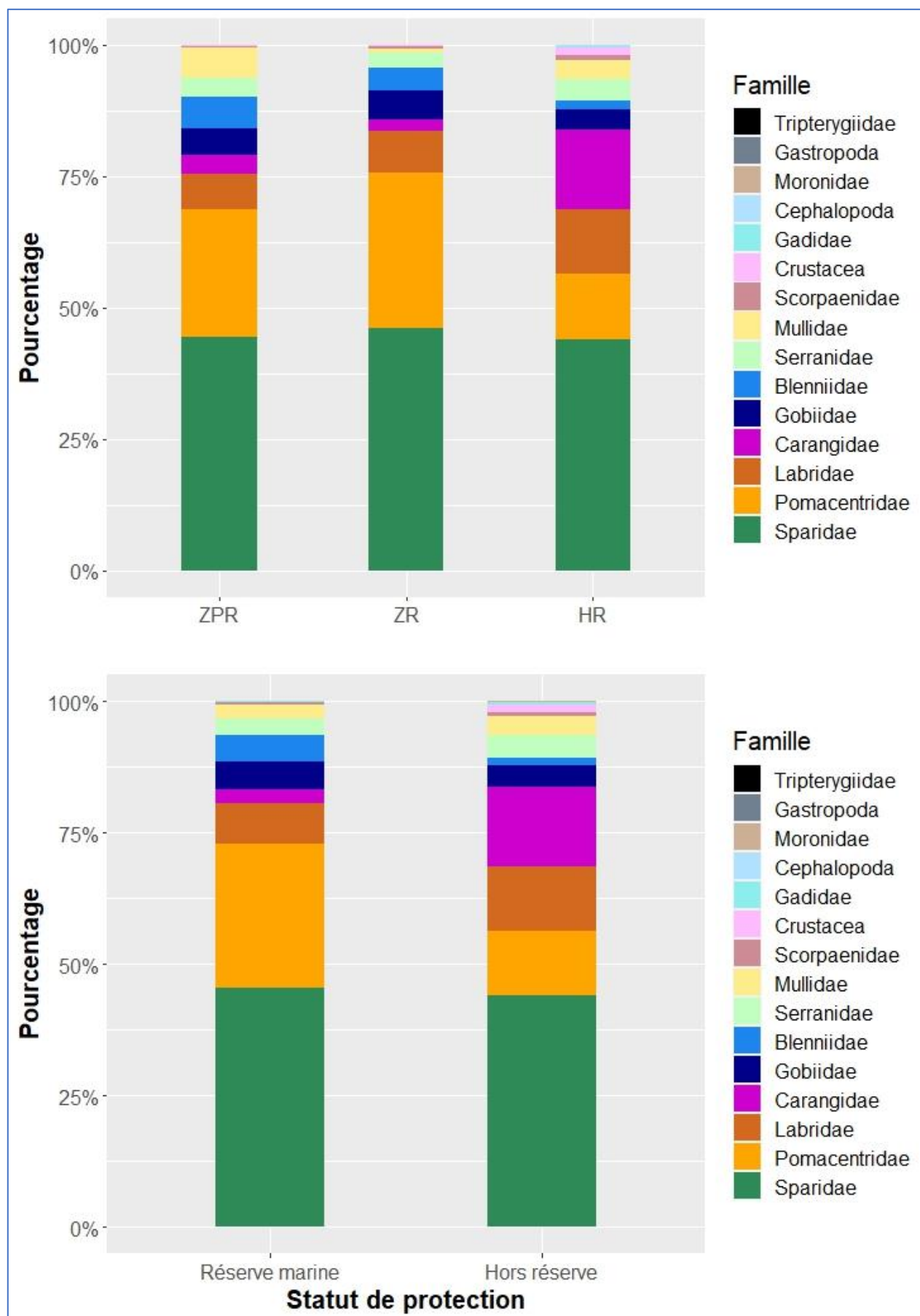


Figure 10 : Composition de l'ichtyofaune par famille et par zone

On observe que la composition de l'ichtyofaune est semblable entre les différentes zones d'étude. En effet, le peuplement est toujours dominé par deux familles : les Sparidés et les Pomacentridés. L'espèce largement dominante chez les Sparidés est la bogue (*Boops*). Le sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*) et le sar commun (*Diplodus sargus*) sont ensuite les espèces les plus représentées chez les Sparidés. La famille des Pomacentridés ne se compose que d'une seule espèce, la castagnole (*Chromis chromis*). Ces deux familles représentent plus de 55% du peuplement dans chacune des zones. Les Labridés occupent également une place relativement importante dans chaque zone, leur proportion étant toujours supérieure à 5%. Ce sont le rouquié (*Ctenolabrus rupestris*) et la girelle commune (*Coris julis*) qui composent en grande majorité cette famille.

De légères différences semblent toutefois se dessiner dans la composition de l'ichtyofaune entre les zones protégées ou non. Ainsi, le peuplement se compose de davantage de Pomacentridés (c'est-à-dire de castagnoles) dans la réserve marine que hors de la réserve, alors que la proportion de Carangidés (composées d'une seule espèce : le chinchard commun) est plus faible dans la réserve qu'en dehors. Il semble aussi y avoir une proportion légèrement supérieure de Blenniidés au sein la réserve.

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

2 familles sont dominantes :

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

Les Labridés sont également relativement bien représentés (rouquié et girelle commune).

Les Carangidés (représentées par le chinchard) sont sensiblement plus présentes hors réserve.



Figure 11 : Sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*) et girelle mâle (*Coris julis*) observés sur le site de Cousanço (ZR)

3.1.1.4. Espèces cibles

3.1.1.4.1. Abondance

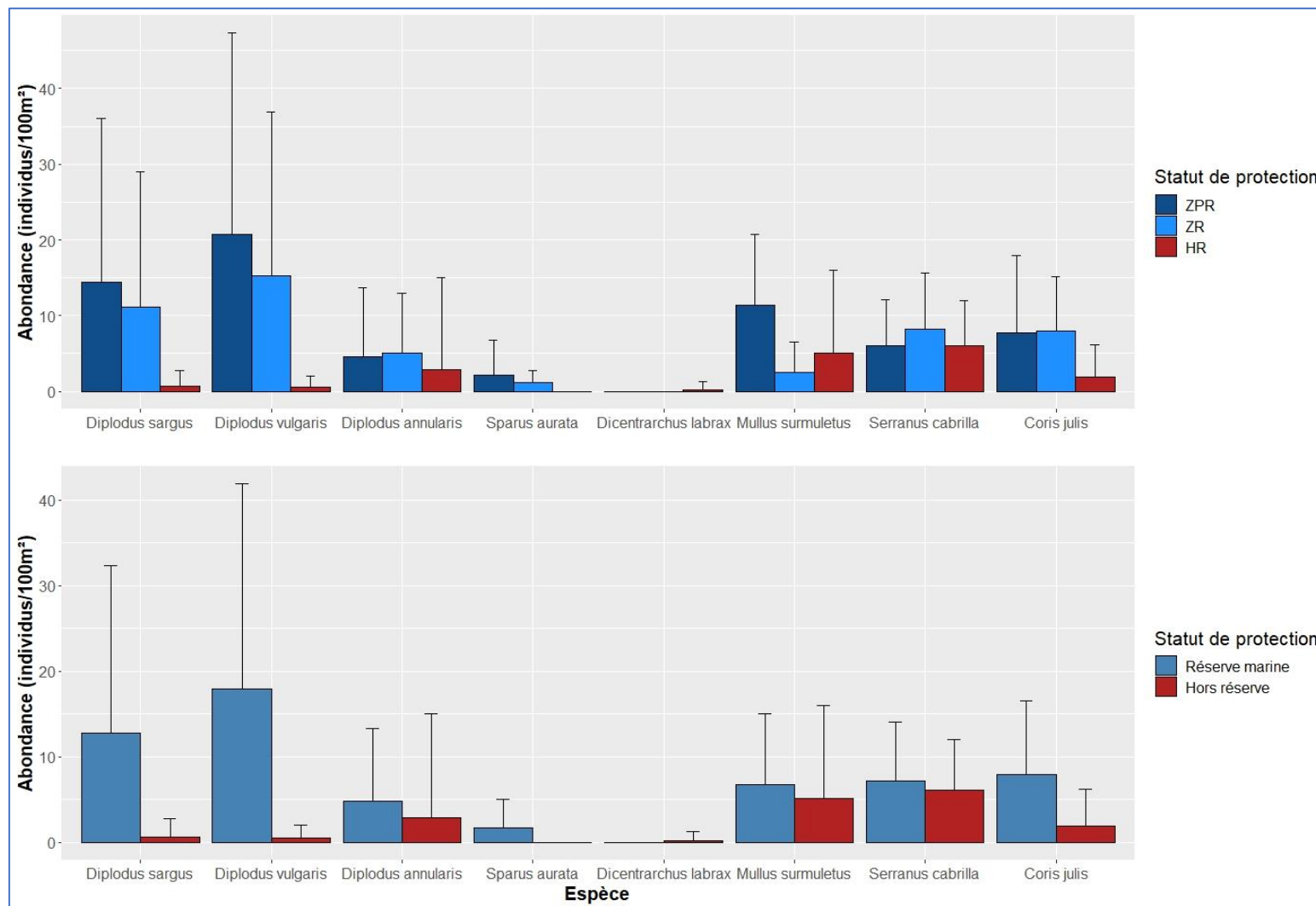


Figure 12 : Abondance moyenne (et écart-type) des huit espèces cibles de poissons selon la zone

Tableau 12 : Résultats des comparaisons d'abondance des individus de chacune des huit espèces cibles de poissons, par zone. Test utilisé : Kruskal-Wallis pour les zones, Wilcoxon pour l'effet « réserve ».

Nom vernaculaire	Zones		Effet réserve	
	p-value	Comparaison	p-value	Comparaison
Sar commun	1.651e-05	ZPR et ZR > HR	3.217e-06	Réserve > Hors réserve
Sar à tête noire	1.075e-05	ZPR et ZR > HR	2.235e-06	Réserve > Hors réserve
Sparaillon	0.09294	Pas de différence	0.071	Pas de différence
Dorade royale	0.007	ZPR et ZR > HR	0.002	Réserve > Hors réserve
Loup	0.384	Pas de différence	0.176	Pas de différence
Rouget de roche	5.339e-05	ZPR > ZR et HR	0.060	Pas de différence
Serran chevrette	0.406	Pas de différence	0.522	Pas de différence
Girelle commune	4.771e-05	ZPR et ZR > HR	1.49e-05	Réserve > Hors réserve

Les tests statistiques ont démontré des différences d'abondance significatives entre les différentes zones pour certaines espèces cibles. En effet, le sar commun, le sar à tête noire, la dorade royale et la girelle commune sont plus abondants dans la réserve qu'en dehors. Pour ces quatre espèces, leur abondance est plus élevée dans la ZPR ainsi que dans la ZR que hors de la réserve. Pour le rouget de roche, son abondance est plus élevée dans la ZPR que dans la ZR et que hors réserve. En revanche, en combinant l'abondance de cette espèce des deux zones de la réserve, on n'observe pas d'effet réserve. Aucune différence statistique significative n'est constatée pour l'abondance du sparaillon, du loup et du serran chevrette, malgré le fait que les abondances moyennes sont supérieures.

On observe un « effet réserve » pour 4 espèces cibles : le sar commun, le sar à tête noire, la dorade royale et la girelle commune sont plus abondants dans la réserve que hors de la réserve.

3.1.1.4.2. Taille

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

Tableau 13 : Effectif des espèces cibles dans chaque zone. En rouge, les effectifs insuffisants pour permettre une comparaison (< 30).

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut de protection		
		HR	ZPR	ZR
<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	6	117	103
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	5	181	143
<i>Diplodus annularis</i>	Sparaillon	27	40	48
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche	49	96	19
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chevrette	53	38	77
<i>Coris julis</i>	Girelle commune	18	68	74
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Loup	2	0	0
<i>Sparus aurata</i>	Dorade royale	0	18	11

Aucune comparaison de taille ne sera donc réalisée pour le loup et la dorade royale. Pour le sar commun le sar à tête noire, le sparillon et la girelle commune, seules les tailles de la ZPR et de la ZR peuvent être comparées. Pour le rouget de roche, les tailles de la zone hors réserve et de la ZPR peuvent être comparées. Pour le serran chevrette, toutes les zones peuvent être comparées. Les tailles des individus de la réserve (effectifs de la ZPR et de la zone hors réserve réunis) peuvent être comparées pour le rouget de roche et le serran chevrette.

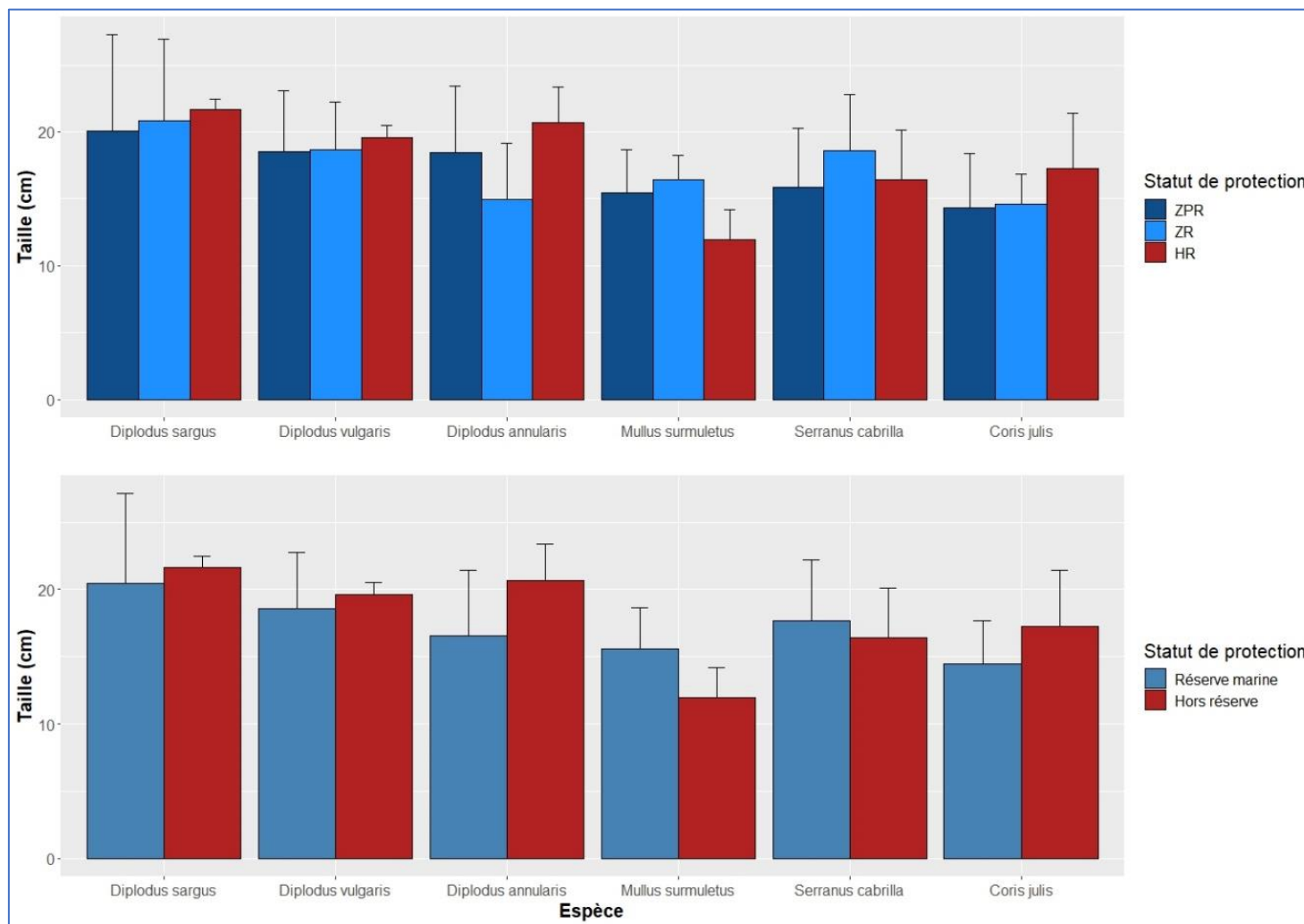


Figure 13 : Taille moyenne (et écart-type) de six espèces cibles de poissons selon la zone

Tableau 14 : Taille moyenne des espèces cibles

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut de protection			
		ZPR	ZR	Réserve marine (ZPR + ZR)	HR
<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	20,1 (±7,2) cm	20,9 (±6,0) cm	20,4 (± 6,7) cm	effectif insuffisant
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	18,5 (± 4,6) cm	18,7 (±3,6) cm	18,6 (± 4,2) cm	effectif insuffisant
<i>Diplodus annularis</i>	Sparaillon	18,5 (± 5,0) cm	15,0 (± 4,2) cm	16,6 (± 4,9) cm	effectif insuffisant
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche	15,4 (± 3,3) cm	effectif insuffisant	15,6 (± 3,1) cm	12,0 (±2,2) cm
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chevrette	15,9 (± 4,4) cm	18,6 (± 4,2) cm	17,7 (± 4,5) cm	16,4 (±3,7) cm
<i>Coris julis</i>	Girelle commune	14,3 (± 4,0) cm	14,6 (± 2,2) cm	14,5 (± 3,2) cm	effectif insuffisant
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar commun	effectif insuffisant	effectif insuffisant	effectif insuffisant	effectif insuffisant
<i>Sparus aurata</i>	Dorade royale	effectif insuffisant	effectif insuffisant	28,2 (± 5,5) cm	effectif insuffisant

Tableau 15 : Résultats des comparaisons de taille des individus de six espèces cibles de poissons, par zone. Test utilisé : Kruskal-Wallis pour les zones, Wilcoxon pour l'effet « réserve ».

Nom vernaculaire	Comparables	Zones		Effet réserve	
		p-value	Comparaison	p-value	Comparaison
Sar commun	ZPR et ZR	0.279	Pas de différence	-	Non comparable
Sar à tête noire	ZPR et ZR	0.787	Pas de différence	-	Non comparable
Sparaillon	ZPR et ZR	1.254e-08	ZPR > ZR	-	Non comparable
Rouget de roche	ZPR et HR	2.171e-10	ZPR > HR	1.495e-10	Réserve > Hors réserve
Serran chevrette	ZPR, ZR et HR	0.003	ZR > ZPR et HR	0.0462	Pas de différence
Girelle commune	ZPR et ZR	0.002	HR > ZPR et ZR	-	Non comparable

Les tests statistiques ont démontré des différences significatives de taille entre les différentes zones pour certaines espèces cibles. Les résultats sont exprimés dans le tableau précédent. Il en ressort que la taille du rouget de roche est supérieure dans la ZPR (15,4 (± 3,3) cm) que hors de la réserve (12,0 (± 2,2) cm). En regroupant la ZPR et la ZR, on observe que les rougets de roche sont plus grands à l'échelle de la réserve (15,6 (± 3,1) cm) qu'en dehors de celle-ci (12,0 (± 2,2) cm), démontrant un effet réserve pour cette espèce. La taille du sparaillon est plus élevée dans la ZPR que dans la ZR. Pour le serran chevrette, sa taille est plus élevée dans la ZR que dans la ZPR et HR. Il n'y a pas de différence de taille entre les deux zones de la réserve pour le sar commun et le sar à tête noire.

Étant donné que les effectifs de seulement deux espèces (rouget de roche et serran chevrette) permettent de tester un « effet réserve » concernant leur taille, une analyse supplémentaire est proposée. Les structures de taille de ces deux espèces cibles sont présentées ci-après. Elles permettront d’analyser la répartition des individus par catégories de tailles.

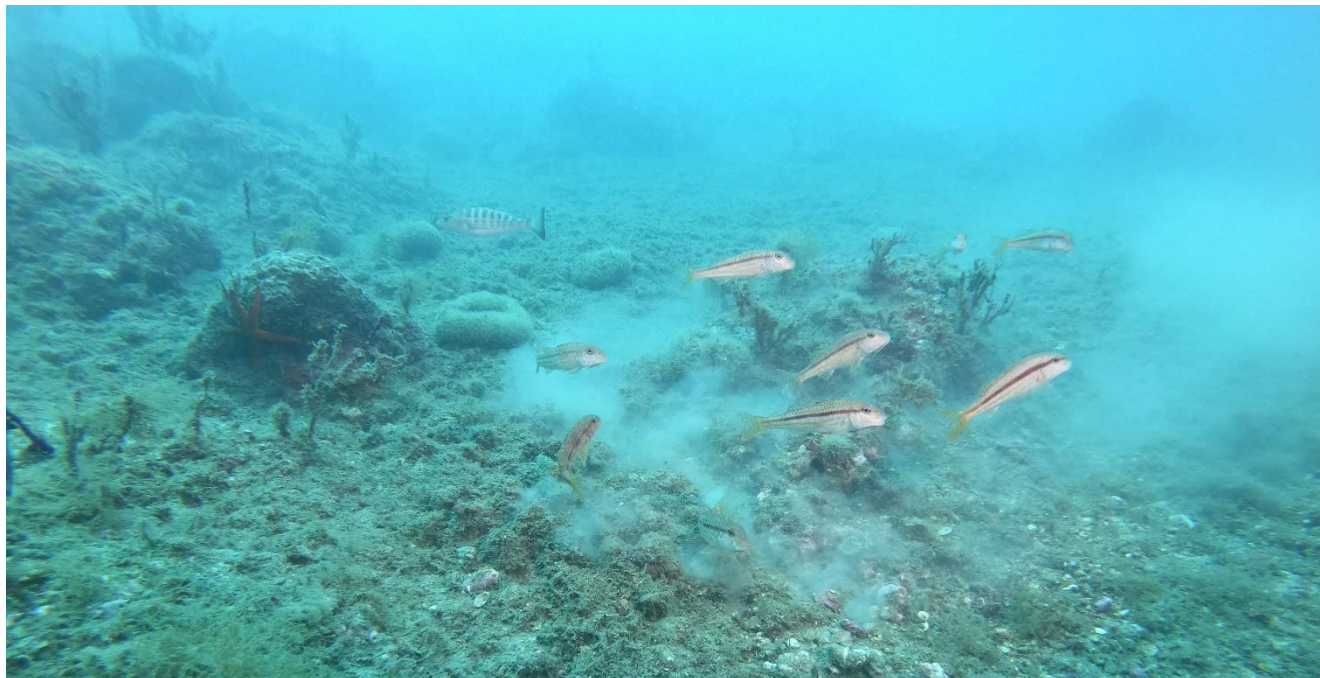


Figure 14 : Au premier plan, un banc de rougets de roche (*Mullus surmuletus*), au second plan un serran-chevrette (*Serranus cabrilla*)

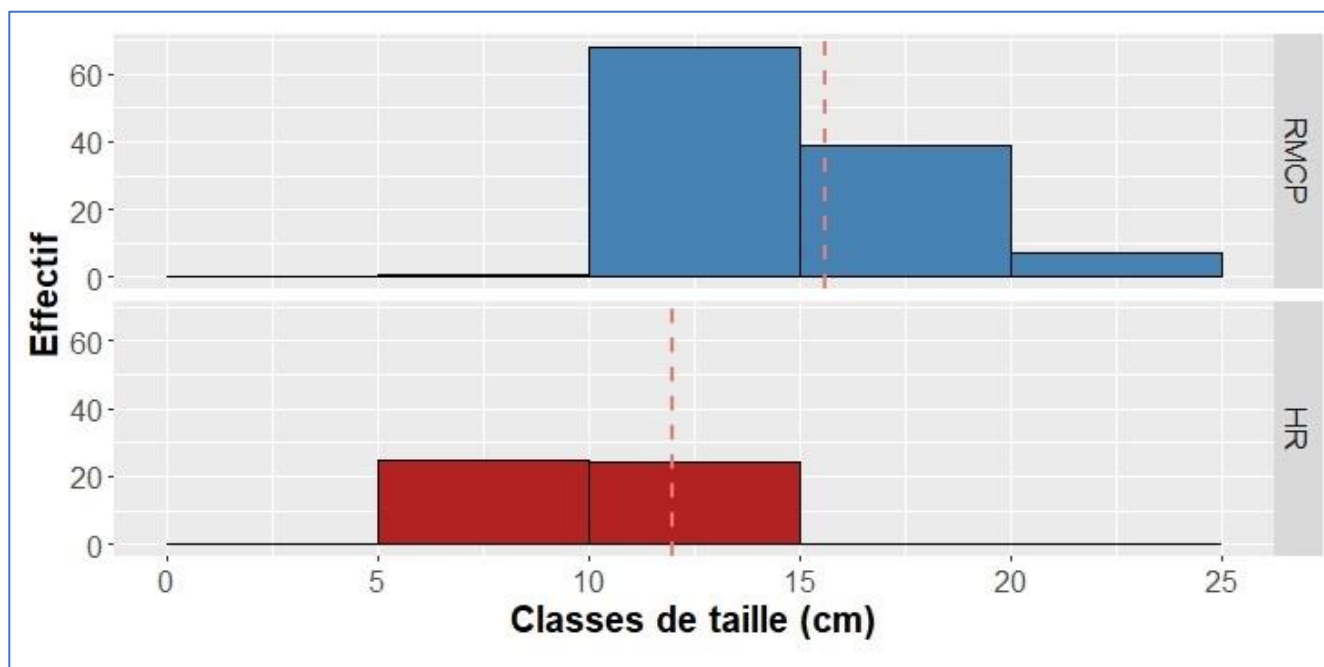


Figure 15 : Structure de tailles du rouget de roche (taille moyenne en pointillés)

Pour le rouget de roche, on note que des individus plus gros sont recensés dans la réserve. Deux classes de taille d’individus adultes (15-20 cm et 20-25 cm) sont présentes dans la réserve mais pas en dehors. En revanche, beaucoup moins de juvéniles ont été observés dans la réserve qu’en dehors.

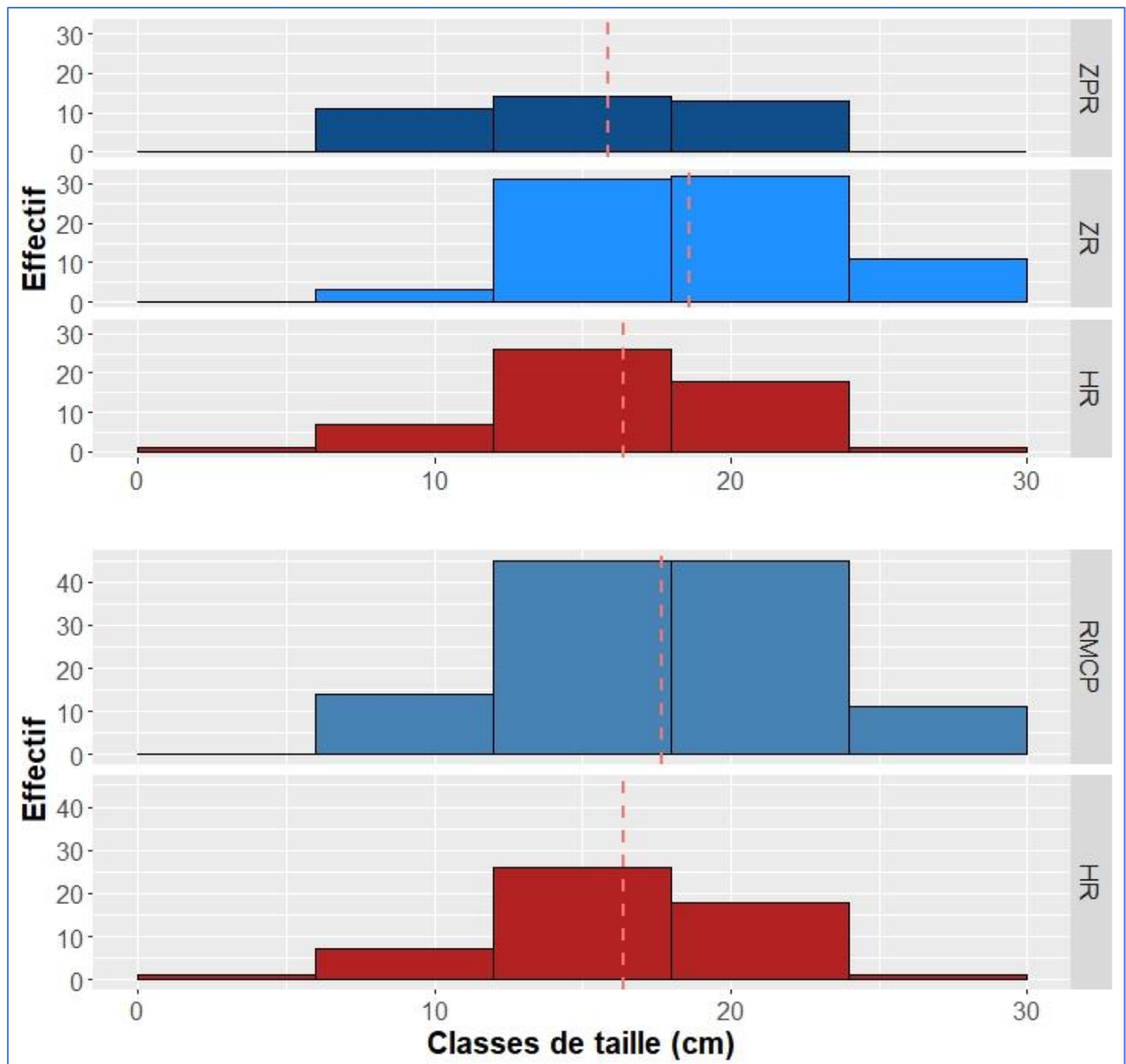


Figure 16 : Structure de tailles du serran chevrette (taille moyenne en pointillés)

Ce graphique n'indique pas de différence notable dans la répartition des tailles du serran chevrette entre les individus de la réserve et ceux hors de la réserve. On retrouve des individus adultes et des juvéniles dans les deux zones, bien que des individus plus jeunes aient été recensés hors de la réserve mais pas à l'intérieur. Les gros individus sont plus représentés dans la ZR que dans la ZPR.

La taille moyenne du rouget de roche est plus importante dans la réserve (15,6 cm) qu'en dehors (12,0 cm).

Il y a davantage de gros individus dans la réserve mais plus de juvéniles à l'extérieur de la réserve.

3.1.2. La faune épibenthique

3.1.2.1. Abondance

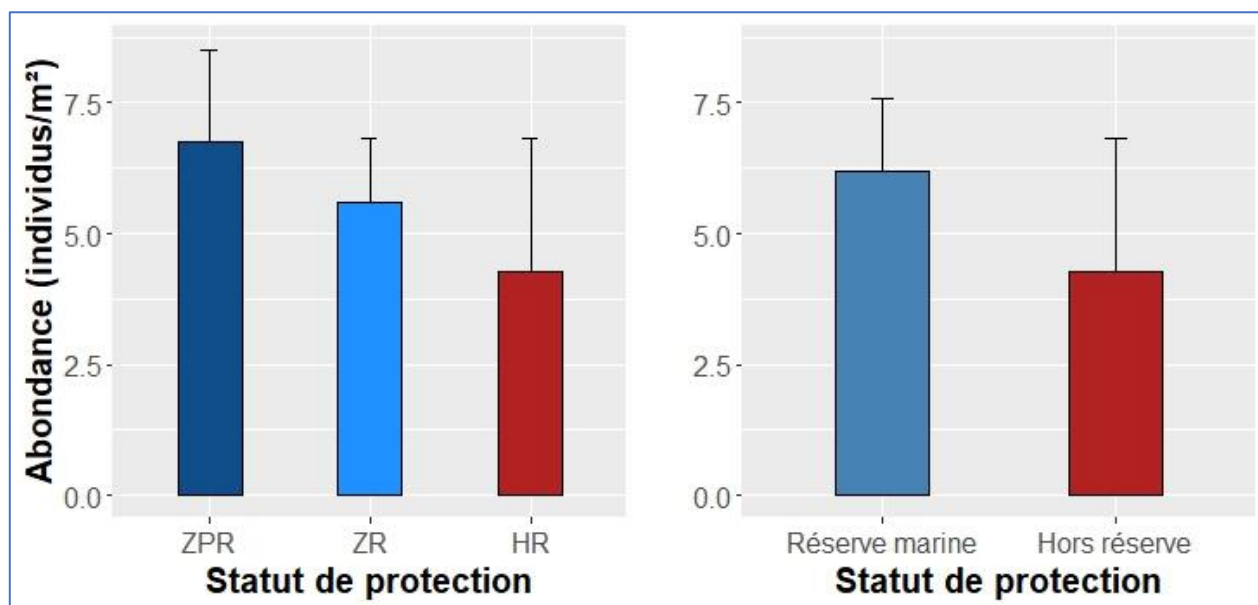


Figure 17 : Abondance totale moyenne (et écart-type) des espèces épibenthiques dans les différentes zones étudiées

Tableau 16 : Abondance totale moyenne (et écart-type) des espèces épibenthiques dans les différentes zones étudiées

	ZPR	ZR	HR	Réserve marine	Hors réserve
Abondance (individus/m²)	6,8 (± 1,8)	5,6 (± 1,2)	4,3 (± 2,6)	6,2 (± 1,4)	4,3 (± 2,6)

L'abondance semble supérieure dans la réserve que hors réserve, pourtant aucune différence significative de l'abondance des espèces épibenthiques entre les zones n'a été démontrée par l'analyse statistique.

L'abondance des espèces épibenthiques est semblable à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve.

3.1.2.2. Richesse spécifique et diversité

Tableau 17: Liste des espèces inventoriées par zone (regroupées par famille dont le nom apparaît en gras)

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Réserve marine			Hors réserve
		ZPR	ZR	ZPR+ZR	HR
Annélides		✓	✓	✓	✓
Apomatus similis	Protule				✓
Serpula vermicularis	Serpule	✓	✓	✓	
Anthozoaires		✓	✓	✓	✓
Alcyonium acaule	Alcyon méditerranéen		✓	✓	
Alcyonium coralloides	Alcyon coralloïde	✓	✓	✓	✓
Eunicella singularis	Gorgone blanche	✓	✓	✓	✓
Bryozoaires		✓	✓	✓	✓
Pentapora fascialis	Rose de mer		✓	✓	
Reteporella grimaldi	Dentelle de Vénus		✓	✓	
Schizobrachiella sanguinea	Bryozoaire encroûtante rouge				✓
Smittina cervicornis	Bois de cerf	✓		✓	
Cnidaires			✓	✓	✓
Aiptasia mutabilis	Aiptasie verte		✓	✓	✓
Échinodermes		✓	✓	✓	✓
Arbacia lixula	Oursin noir	✓	✓	✓	✓
Echinaster sepositus	Étoile de mer rouge	✓	✓	✓	✓
Holothuria forskali	Holothurie noir	✓	✓	✓	✓
Holothuria tubulosa	Holothurie tubuleuse		✓	✓	
Marthasterias glacialis	Astérie glaciaire				✓
Ophiothrix fragilis	Ophiure fragile	✓	✓	✓	✓
Paracentrotus lividus	Oursin violet	✓		✓	✓
Sphaerechinus granularis	Oursin granuleux	✓	✓	✓	✓
Mollusques		✓	✓	✓	
Bolma rugosa	Astrée rugueuse		✓	✓	
Hexaplex trunculus	Murex tuberculé	✓		✓	
Spongiaires		✓	✓	✓	✓
Acanthella acuta	Éponge épineuse orange	✓	✓	✓	
Agelas oroides	Agélas orangée		✓	✓	
Aplysina aerophoba	Vérongia		✓	✓	✓
Axinella damicornis	Axinelle plate	✓		✓	✓
Chondrosia reniformis	Éponge rognion	✓	✓	✓	✓
Clathrina contorta	Clathrine blanche		✓	✓	
Cliona celata	Clione jaune				✓
Cliona viridis	Clione verte	✓	✓	✓	✓
Corticium candelabrum	Eponge coussinet orange				✓
Crambe crambe	Éponge encroûtante orange	✓	✓	✓	✓

<i>Haliclona spp.</i>	Haliclones indéterminées	✓	✓	✓	✓
<i>Mycale contarenii</i>	Mycale de Contarini				✓
<i>Oscarella lobularis</i>	Oscarelle bleu-violet		✓	✓	✓
<i>Petrosia ficiformis</i>	Éponge-pierre	✓		✓	
<i>Porifera spp.</i>	Spongiaires indéterminés	✓	✓	✓	
<i>Spongia officinalis</i>	Éponge de toilette				✓
Tuniciers		✓	✓	✓	✓
<i>Halocynthia papillosa</i>	Ascidie rouge	✓	✓	✓	
<i>Phallusia fumigata</i>	Ascidie noire	✓	✓	✓	✓
<i>Polysyncatron lacazei</i>	Synascidie rouge	✓	✓	✓	
Nombre d'espèces cumulé		22	27	32	24

Cette liste identifie les espèces peuplant les différentes zones étudiées. On peut noter que le nombre d'espèces cumulé est assez semblable dans les différentes étudiées. Ce nombre est de 22 espèces dans la ZPR, 24 espèces hors de la réserve et de 27 espèces dans la ZR. En regroupant les deux zones de la réserve, on arrive à un total de 32 espèces épibenthiques. Il y a 14 espèces qui ont été inventoriées dans la réserve mais pas en dehors : serpule pour les Annélides, alcyon méditerranéen pour les Anthozoaires, rose de mer, dentelle de Vénus et bois de cerf pour les Bryozoaires, holothurie tubuleuse pour les Échinodermes, astrée rugueuse et murex tuberculé pour les Mollusques, éponge épineuse orange, agélas orangée, clathrine blanche, éponge-pierre et spongiaires indéterminés pour les Spongiaires, et ascidie rouge, synascidie rouge pour les Tuniciers. A l'inverse, ce sont 7 espèces qui ont été identifiées hors de la réserve mais pas à l'intérieur, ni dans la ZPR ni dans la ZR : protule, bryzoaire encroûtant rouge, astérie glaciale, clone jaune, éponge coussinet orange, mycale de Contarini, éponge de toilette.

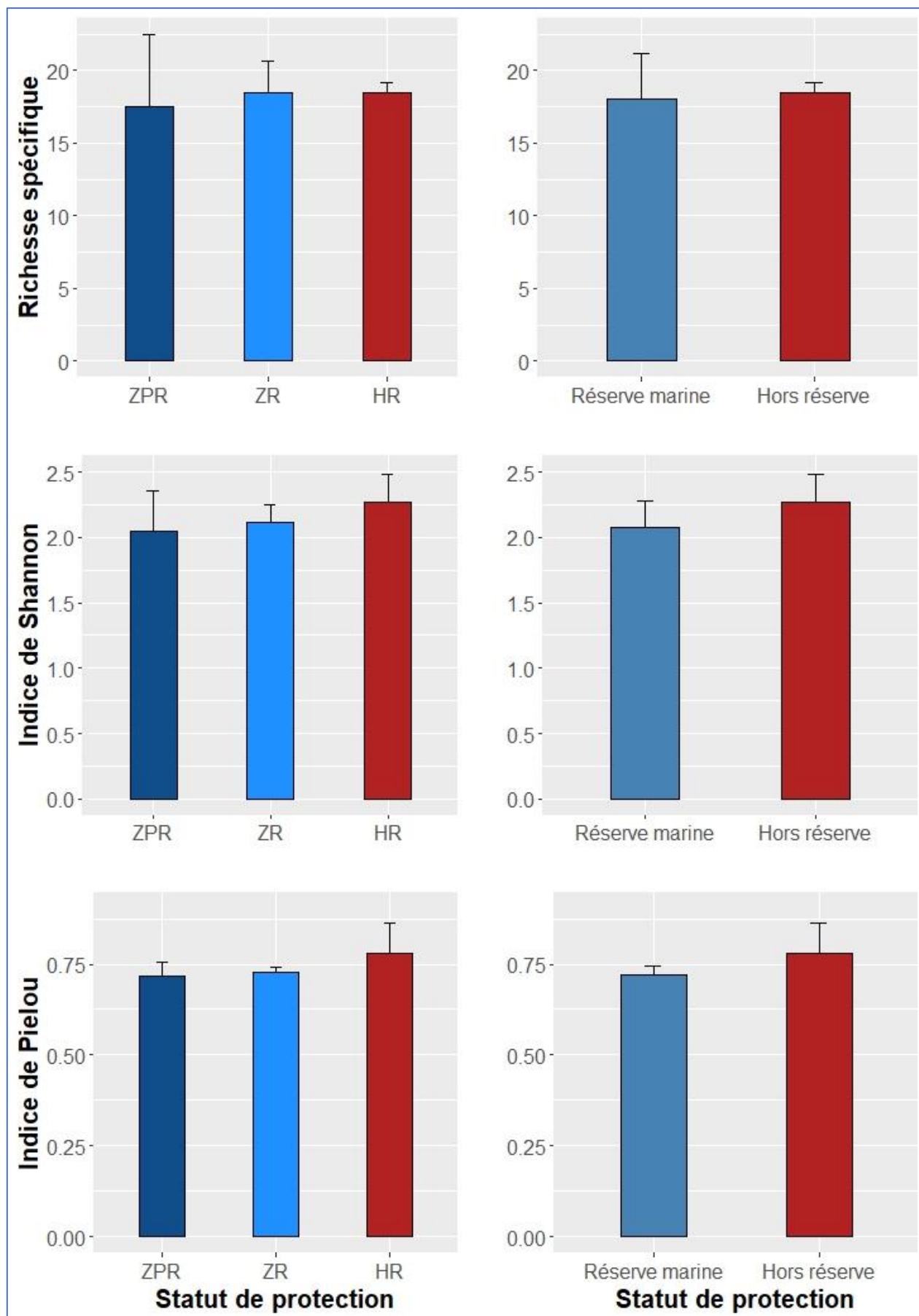


Figure 18 : Indices de diversité moyens (et écart-type) de la faune épibenthique dans les différentes zones étudiées

Aucune différence des indices de diversité des espèces épibenthiques entre les zones n'a été démontré par l'analyse statistique.

La diversité des espèces épibenthiques est semblable à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve.

3.1.2.3. Composition de la faune épibenthique

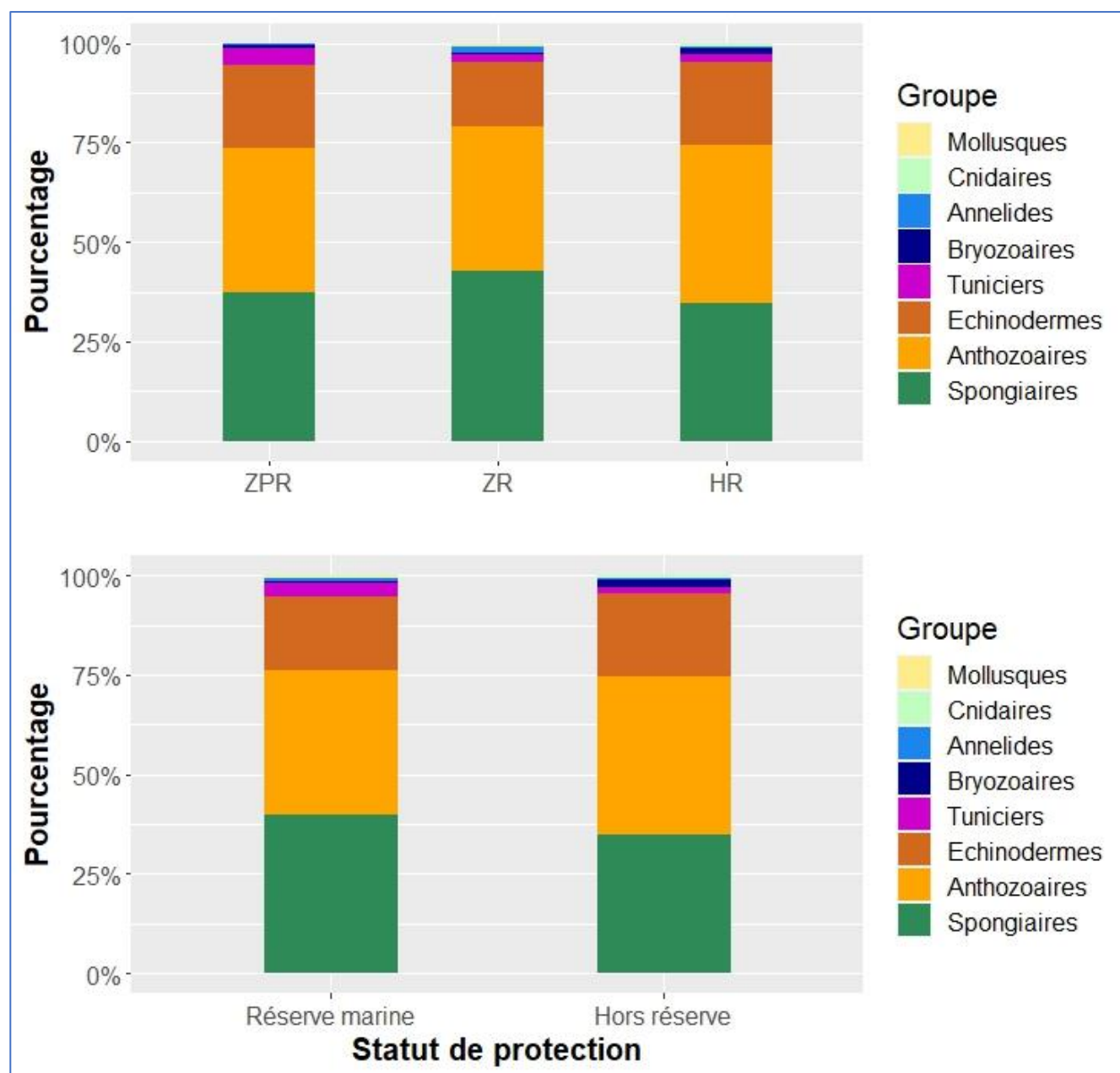


Figure 19 : Composition de la faune épibenthique par famille et par zone

On observe que la composition de la faune épibenthique entre les différentes zones est homogène. En effet, trois groupes taxonomiques dominant largement le peuplement : les Spongiaires, les Anthozoaires et les Échinodermes. Dans chacune des zones étudiées, ces trois groupes représentent plus de 90% de la proportion du peuplement. Les deux espèces dominantes chez les Spongiaires sont la clione verte (*Cliona viridis*) et l'éponge encroûtante orange (*Crambe crambe*). Pour les Anthozoaires, c'est principalement la gorgone blanche (*Eunicella singularis*) et l'alcyon coralloïde (*Alcyonium coralloïdes*) qui composent ce groupe. La gorgone blanche est d'ailleurs l'espèce dominante du peuplement. Les Échinodermes sont quant à eux majoritairement représentés par l'ophiure fragile (*Ophiothrix fragilis*) et l'étoile de mer rouge (*Echinaster sepositus*).

La composition de la faune épibenthique est semblable dans les différentes zones.

Trois groupes sont largement dominants :

- Spongiaires : clione verte et éponge encroûtante orange ;
- Anthozoaires : gorgone blanche et alcyon coralloïde ;
- Échinodermes : ophiure fragile et étoile de mer rouge.

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

3.1.1.1. Abondance

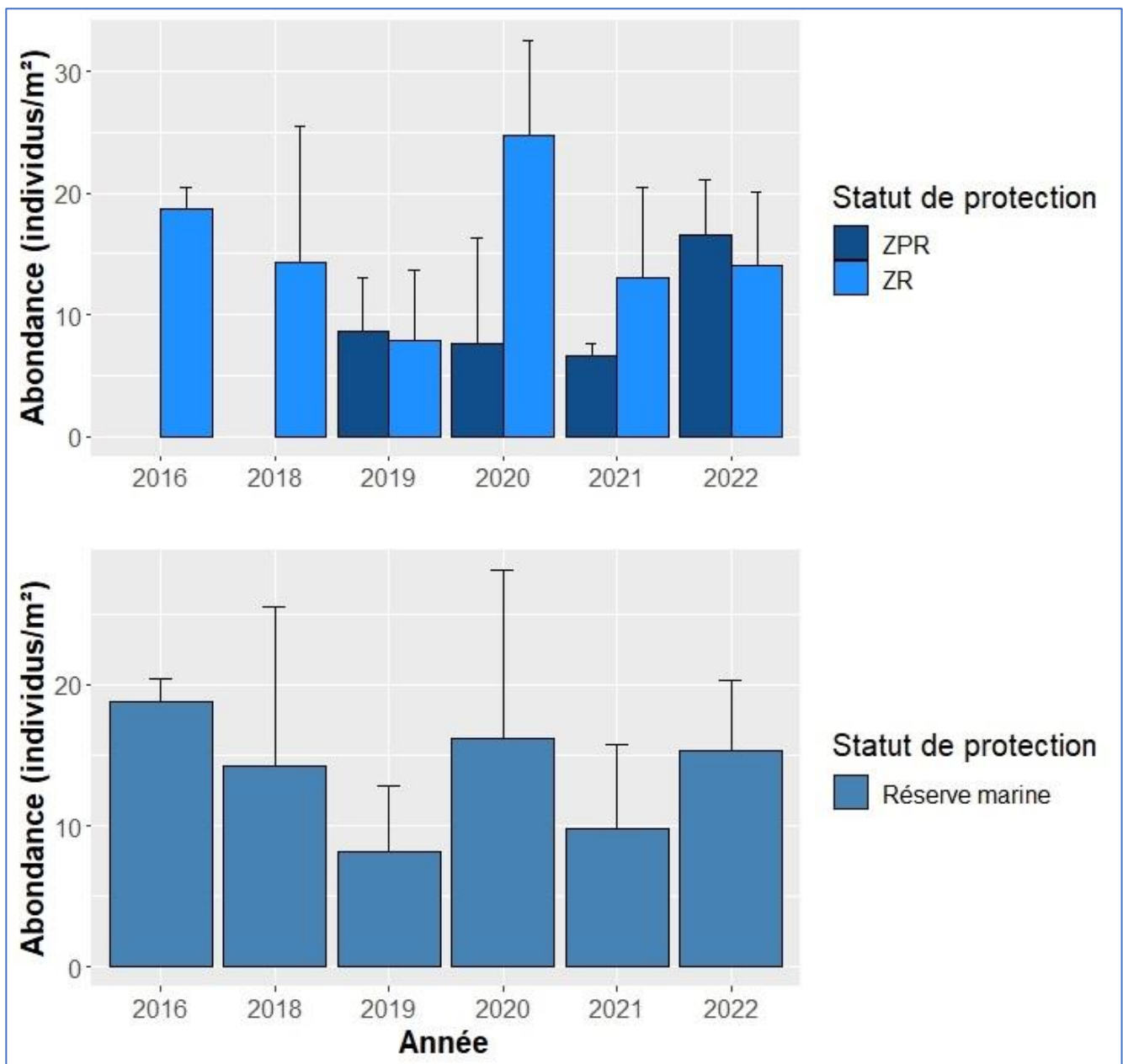


Figure 20 : Abondance moyenne (et écart-type) des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve

Le suivi des gorgones dans une deuxième zone, la ZPR, a débuté en 2019. Il n'est donc possible de comparer les deux zones de la réserve qu'à partir de cette année-là. L'abondance moyenne des gorgones blanches semble être plus élevée dans la ZR que dans la ZPR en 2020. Cependant, l'analyse statistique ne révèle pas de différence significative, ni pour 2020, ni pour 2019, 2021 et 2022. 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 2022, on dénombre 15,3 individus/m². Le nombre des gorgones blanches semble varier dans le temps mais les tests statistiques ne démontrent aucune

différence significative. L'abondance des gorgones blanches dans la réserve peut donc être qualifiée de stable. Sa valeur moyenne est de 13,4 ($\pm 7,9$) individus/m² entre 2016 et 2022.

**L'abondance des gorgones blanches est homogène dans les deux zones de la réserve :
15,3 individus/m² en moyenne en 2022.**

**A l'échelle de la réserve, leur abondance est stable dans le temps :
13,4 individus/m² en moyenne entre 2016 et 2022.**

3.1.1.2. Taux de nécrose

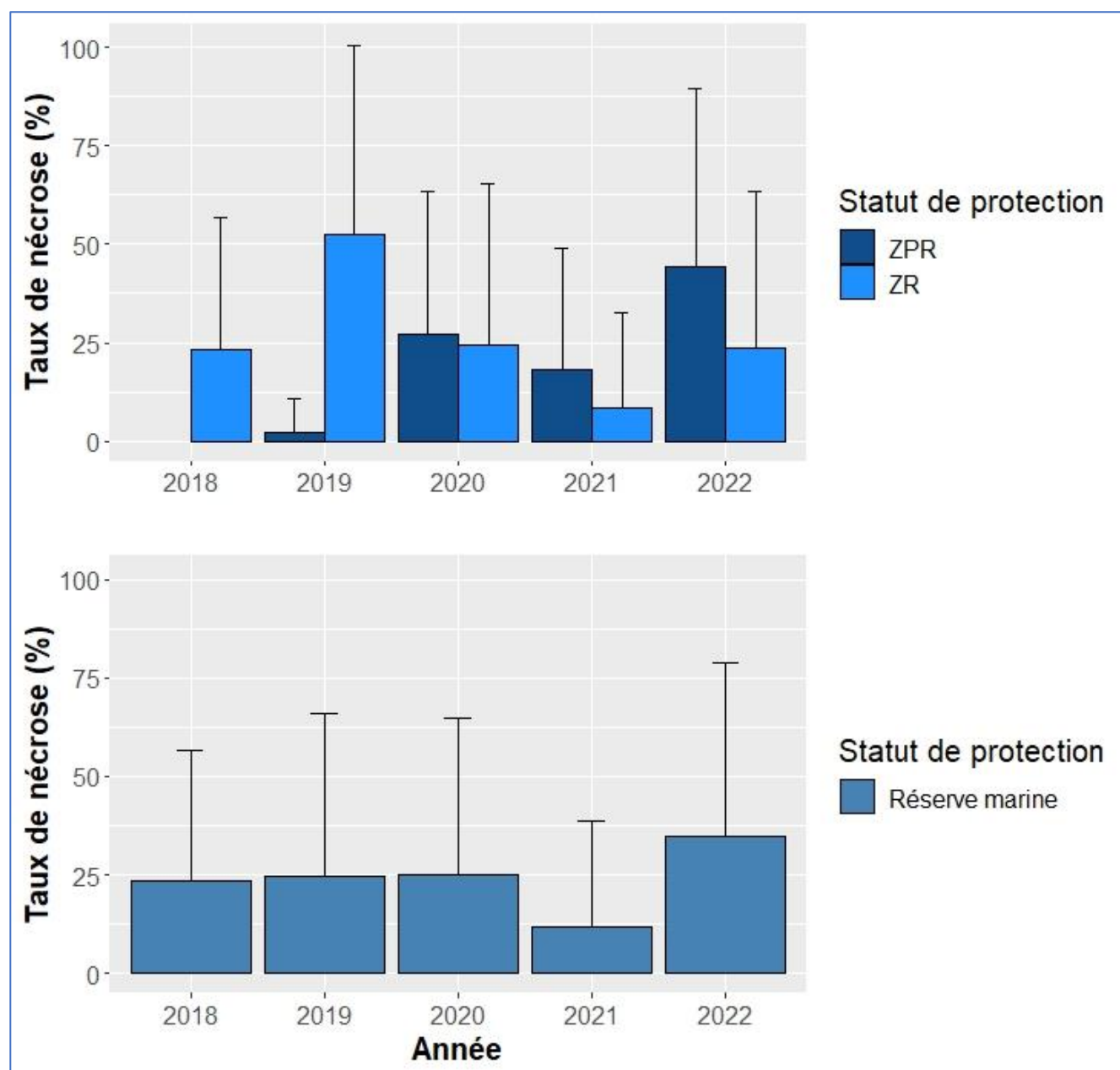


Figure 21 : Taux de nécrose moyen (et écart-type) des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve

Le taux de nécrose des gorgones blanches semble varier entre les deux zones de la réserve selon les années. Les tests statistiques révèlent en effet des différences pour 2019, 2021 et 2022. On observe un épisode de nécrose important en 2019 dans la ZR, où ce taux est supérieur à 50% alors qu'il est inférieur à 10% dans la ZPR. En revanche, c'est dans la ZPR qu'il est plus élevé en 2021 et 2022. Ces résultats ne permettent pas de déceler une tendance quant à la zone la plus affectée par une nécrose des gorgones blanches, mais montrent bien un pic de nécrose en 2019 dans la ZR. Le taux de nécrose moyen en 2022 est de 44,2% ($\pm 45,4$) dans la ZPR et de 23,7% ($\pm 39,8$) dans la ZR.

A l'échelle de la réserve, on voit graphiquement que le taux de nécrose est stable de 2018 à 2020. Il chute ensuite en 2021 puis augmente à nouveau en 2022. Ces observations sont confirmées par l'analyse statistique. Cette analyse indique que le taux de nécrose en 2022 est supérieur à celui de 2021, mais il n'est pas supérieur à celui des années précédentes (2018, 2019 et 2020). On ne peut donc pas parler d'un phénomène de mortalité particulièrement marqué en 2022, même si le taux de nécrose des gorgones blanches a augmenté par rapport à l'année précédente. A l'échelle de la réserve, ce taux de nécrose moyen est de 34,8% ($\pm 44,0$) en 2022.

**Il n'y a pas de tendance franche de l'évolution du taux de nécrose dans le temps.
Les gorgones de la réserve ne semblent pas avoir souffert d'un événement de mortalité
particulièrement marqué en 2022, mais plutôt en 2019, dans la ZR.**

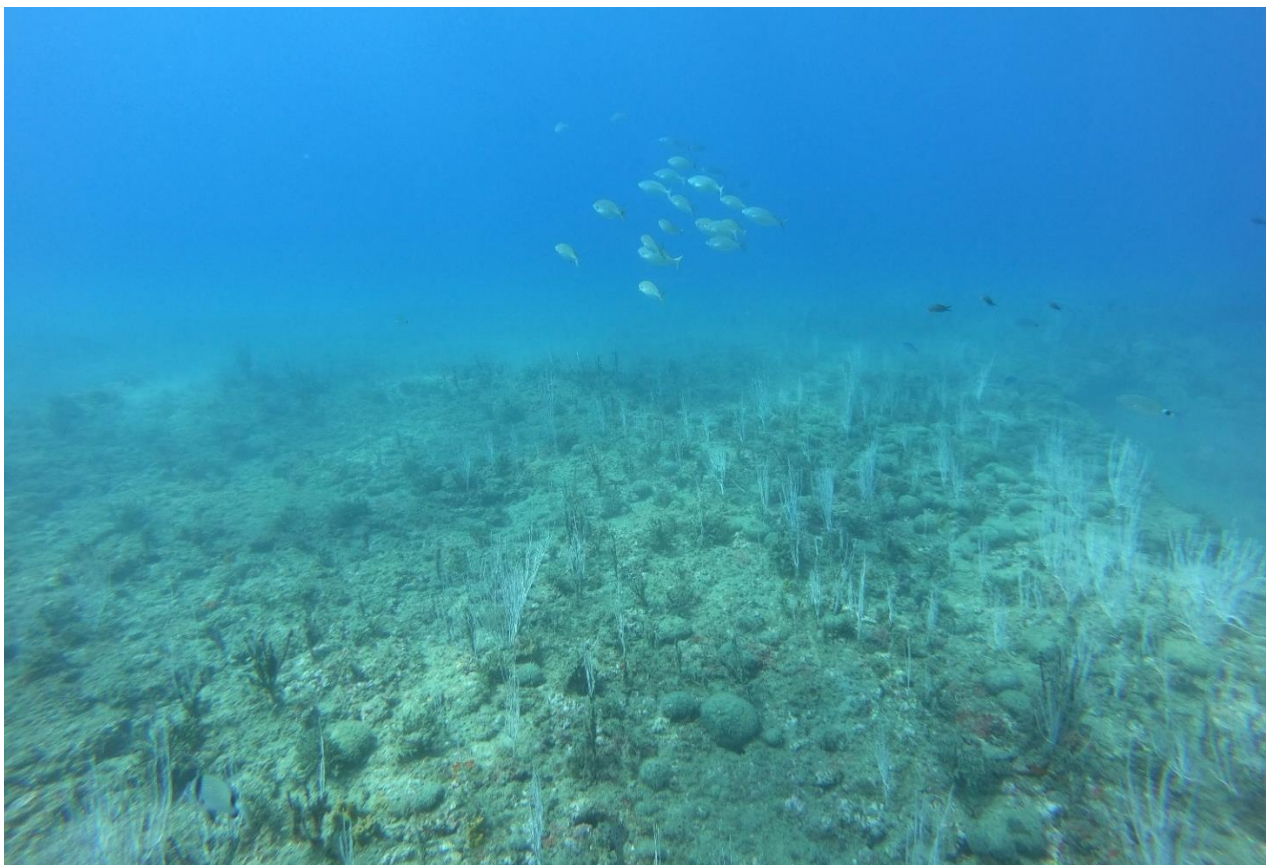


Figure 22 : Banc de saupes (*Sarpa salpa*) nageant au-dessus de gorgones blanches (*Eunicella singularis*) du site de Cousanço (ZR)

3.1.1.1. Taille

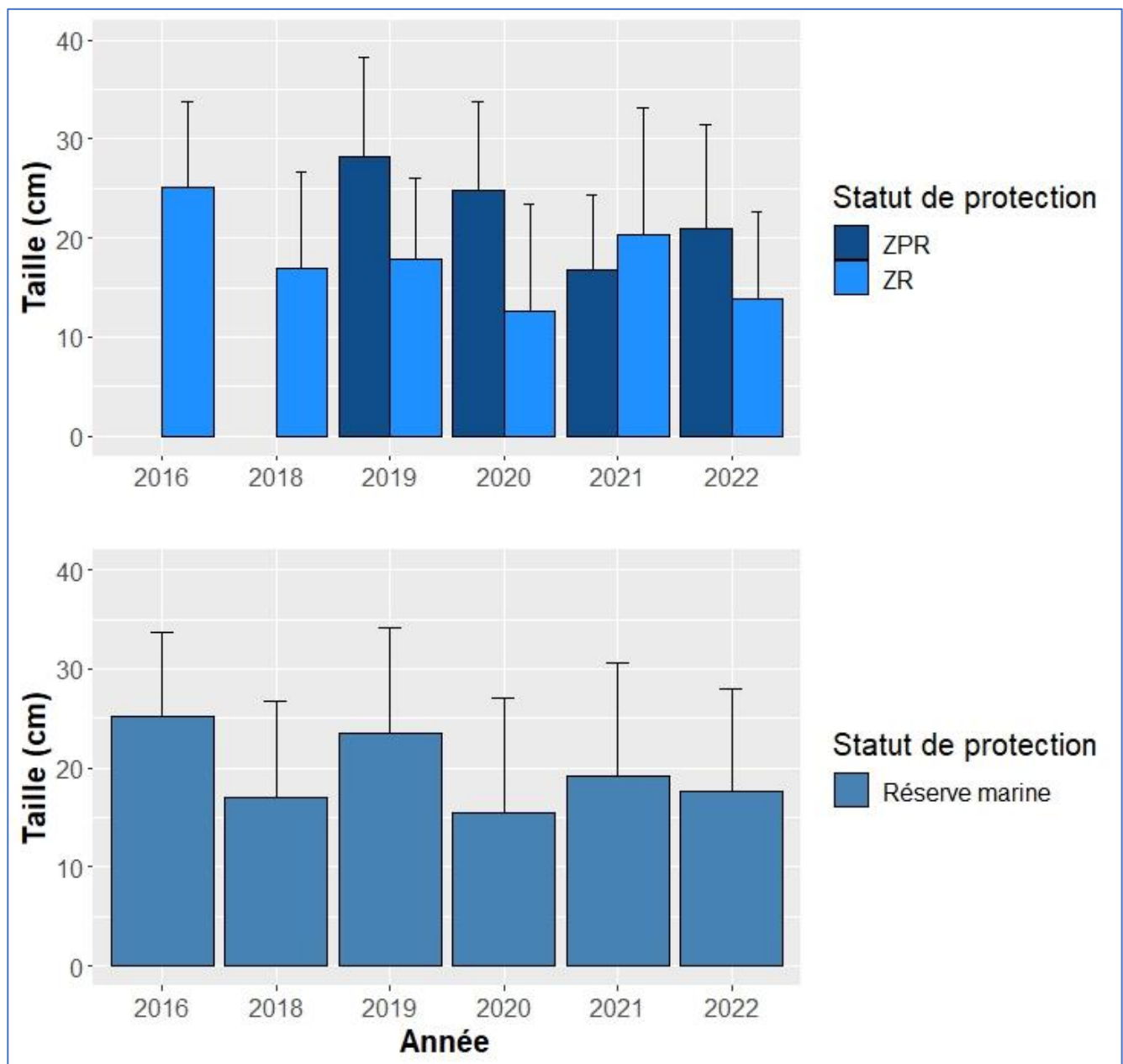


Figure 23 : Taille moyenne (et écart-type) des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve

L'analyse de la taille des gorgones blanches révèle des différences entre les deux zones de la réserve pour les années 2019, 2020 et 2022. Pour ces trois années, la taille des gorgones est plus élevée dans la ZPR que dans la ZR. La taille moyenne des gorgones blanches en 2022 est de 20,9 cm ($\pm 10,6$) dans la ZPR et de 13,9 cm ($\pm 8,4$) dans la ZR.

A l'échelle de la réserve, la taille des gorgones blanches semble fluctuer en fonction des années. C'est ce que confirment les tests de comparaison. La taille des gorgones diminue entre 2016 et 2018 puis augmente entre 2018 et 2019 pour diminuer à nouveau entre 2019 et 2020 et ré-augmenter entre 2020 et 2021. Il n'y a pas de différence entre 2021 et 2022. 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 est de 17,7 cm ($\pm 10,4$).

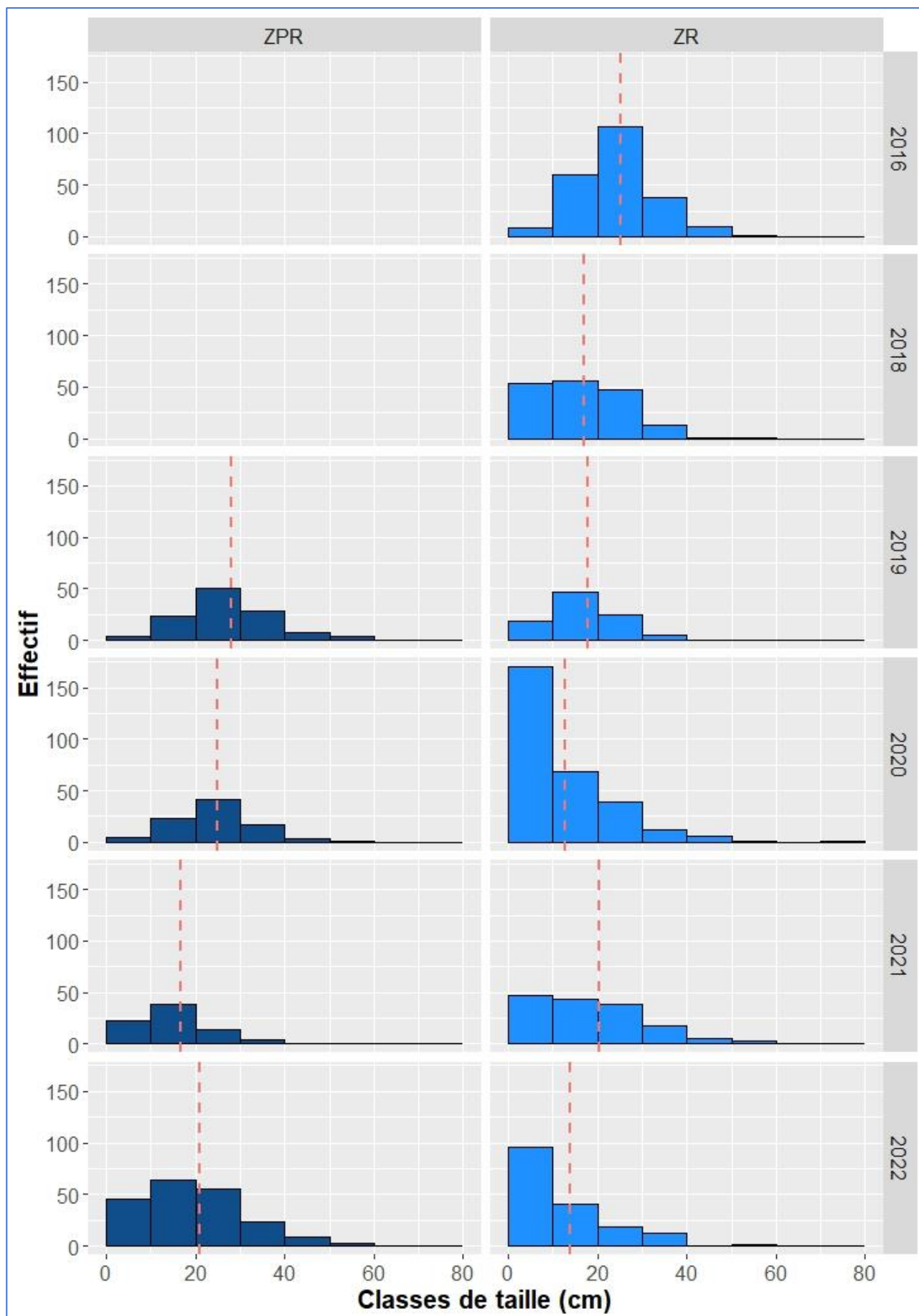


Figure 24 : Structures de tailles des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve (ZR et ZPR). Le trait pointillé rouge représente la moyenne.

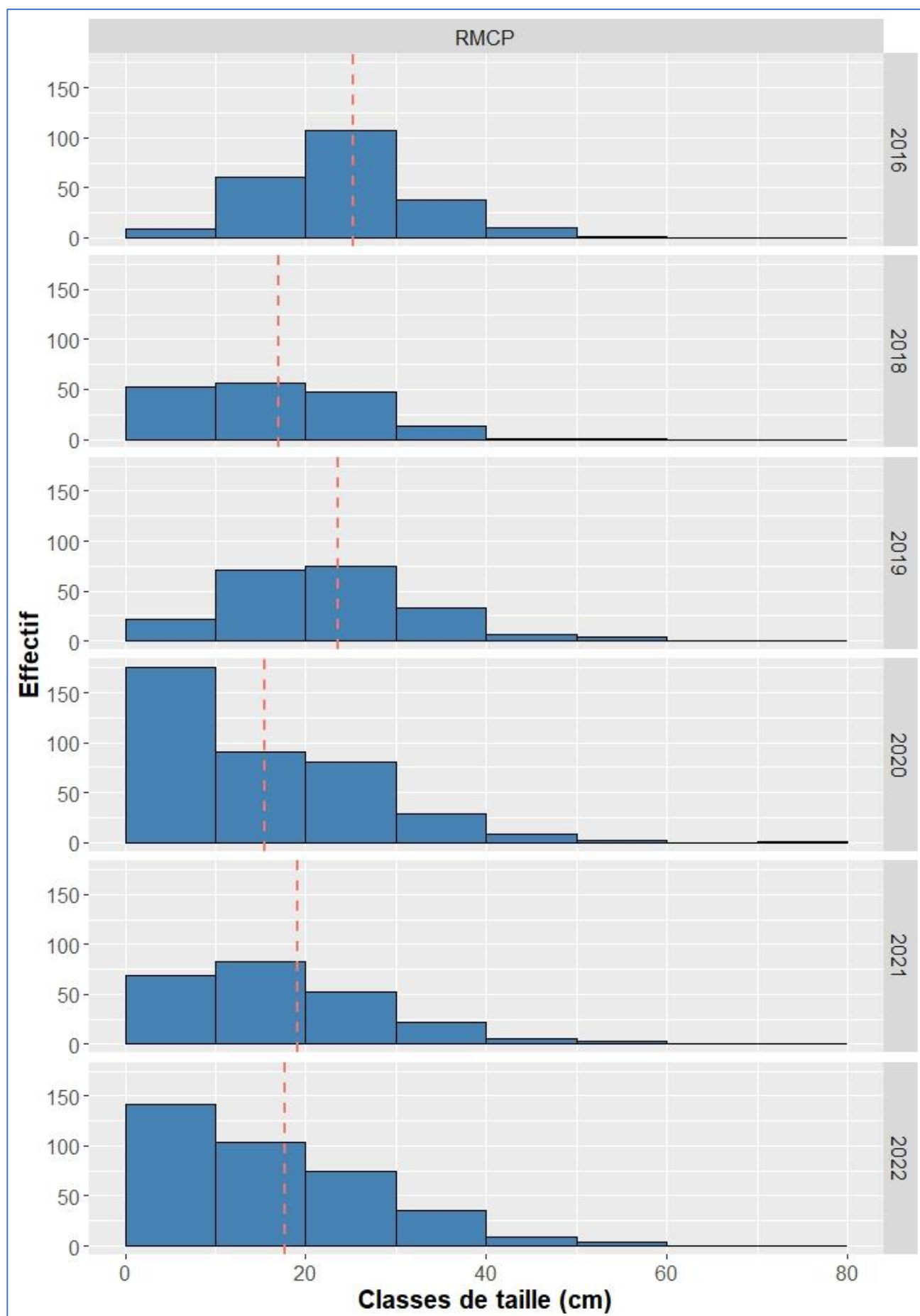


Figure 25 : Structures de tailles des gorgones blanches dans la réserve. Le trait pointillé rouge représente la moyenne.

L'analyse graphique des figures ci-dessus permet de comparer l'évolution de la structure de tailles des gorgones blanches dans les deux zones de la réserve à partir de 2019. Dans la ZPR, en 2019 et 2020, c'est la classe de tailles 20-30 cm qui compte la plus forte abondance de gorgones. En 2021 et 2022, c'est la classe de taille inférieure (10-20 cm) qui est majoritaire. 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. D'une manière générale, les deux zones montrent donc une tendance similaire : le nombre de petits individus tend à augmenter au cours du temps. En comparant les deux zones, on note que l'abondance de petits individus est plus importante dans la ZR que dans la ZPR. En revanche, le nombre de grands individus tend à diminuer dans la ZR, phénomène moins marqué dans la ZPR.

En regroupant les deux zones (Figure 25), on constate effectivement que la structure de taille change au cours du temps : l'abondance des gorgones juvéniles à l'échelle de la réserve augmente.

**La structure de tailles des gorgones évolue dans le temps :
les grands individus ont tendance à disparaître et de nombreux juvéniles à apparaître.
L'apparition des juvéniles est visible dans les deux zones protégées, mais est la disparition des
grandes gorgones est plus marquée dans la ZR.**

3.2. Suivi des fonds meubles

3.2.1. Diversité

L'étude des vidéos issues des caméras tractées permet de dresser une liste d'espèces benthiques érigées observées à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve. L'identification et la quantification de certaines espèces étant parfois impossible, seule l'absence ou la présence de chaque espèce est présentée. L'analyse quantitative se limitera aux 2 espèces principalement rencontrées, identifiables et quantifiables de manière sûre : la gorgone blanche (*Eunicella singularis*) et la vérétille (*Veretillum cynomorium*).

	Hors réserve	Réserve marine
Poissons		
Callionyme (<i>Callionymus lyra</i>)	✓	
Petite rascasse rouge (<i>Scorpaena notata</i>)	✓	
Raie torpille (<i>Torpedo marmorata</i>)	✓	
Grondin morrude (<i>Chelidonichthys obscurus</i>)	✓	
Gobie indéterminé	✓	✓
Rouget de roche (<i>Mullus surmuletus</i>)	✓	✓
Poisson indéterminé	✓	✓
Cnidaires		
Alcyon méditerranéen (<i>Alcyonium acaule</i>)	✓	
Gorgone blanche (<i>Eunicella singularis</i>)	✓	✓
Vérétille (<i>Veretillum cynomorium</i>)	✓	✓
Hydraire indéterminé	✓	✓
Échinodermes		
Étoile de mer rouge (<i>Echinaster sepositus</i>)	✓	✓
Etoile de mer glaciale (<i>Marthasterias glacialis</i>)	✓	
Holothurie tubuleuse (<i>Holothuria tubulosa</i>)		✓
Arthropodes		
Pagure (bernard l'ermite) indéterminé	✓	
Gonfaron (<i>Pagurus prideaux</i>)	✓	
Tuniciers		
Ascidie blanche (<i>Phallusia mammillata</i>)		✓
Mollusques		
Coquille Saint-Jacques (<i>Phallusia mammillata</i>)	✓	✓
Huître creuse (<i>Crassostrea gigas</i>)	✓	✓
Bivalve indéterminé	✓	
Murex tuberculé (<i>Hexaplex trunculus</i>)		✓
Spongiaires		
Éponge indéterminée	✓	✓
Espèce indéterminée (probablement éponge)	✓	
Algues		
Lithophylle encroûtant (<i>Lithophyllum incrustans</i>)		✓
Algue indéterminée		
Annélides		
Spirographe (<i>Sabella spallanzanii</i>)	✓	

3.2.2. Abondance

Tableau 18 : Valeurs de l'abondance moyenne (par transect de 800 m) pour la gorgone blanche et la vérétille

	Gorgone blanche	Vérétille
Hors réserve	13,9 (± 22,2)	5,3 (± 4,9)
Réserve	2,2 (± 1,7)	1,3 (± 1,0)

Il ressort de ces chiffres que pour les deux espèces cibles, leur abondance est plus élevée hors de la réserve que dans la réserve. Cependant, les tests statistiques ne révèlent pas de différence d'abondance entre l'intérieur et l'extérieur de la réserve. Cela s'explique par la forte variabilité d'abondance entre les transects, qui est quantifiée dans le tableau par les écarts-types. Pour la gorgone blanche, on note un écart-type très important, qui s'explique par la présence de nombreuses gorgones blanches sur le site de Guérites Est, qui comporte à lui seul quasiment toutes les gorgones blanches observées, comme le montre le tableau suivant :

Tableau 19 : Abondance des deux espèces cibles du suivi des fonds meubles, pour chaque transect

	Gorgone blanche	Vérétille
Station E - Côte	2	13
Station E - Large	0	11
Station E - Milieu	0	4
Station D - Côte	61	1
Station D - Large	21	0
Station D - Milieu	39	3
Station C - Côte	2	2
Station C - Large	0	3
Station C - Milieu	0	11
Station A - Côte	0	2
Station A - Large	0	3
Station A - Milieu	3	1
Station B - Côte	3	0
Station B - Large	4	1
Station B - Milieu	3	1

3.2.3. Taille des gorgones

Tableau 20 : Pourcentage de gorgones blanches selon leur taille

	Gorgone blanche juvénile	Gorgone blanche moyenne	Gorgone blanche adulte
Hors réserve	39 % (± 53)	40 % (± 35)	21 % (± 26)
Réserve	5 % (± 7)	15 % (± 21)	80 % (± 28)

La proportion des trois classes de taille de gorgones blanches est répartie de manière plutôt équitable hors de la réserve. Au sein de la réserve, il y a une large majorité de gorgones adultes avec peu de juvéniles. La proportion de gorgones blanches juvénile est donc bien plus importante hors de la réserve que dans la réserve.

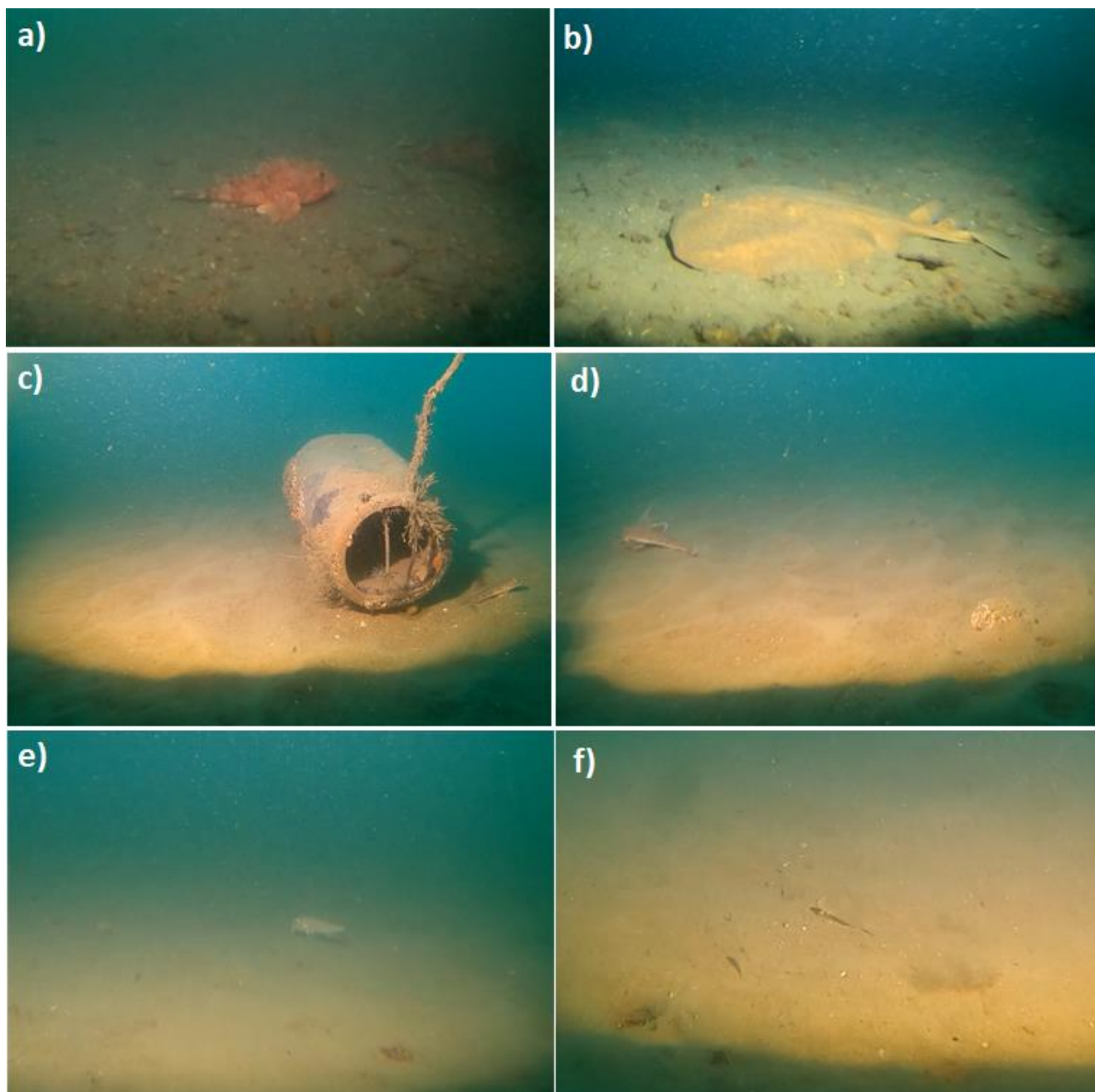


Figure 26 : Images de poissons repérés lors des caméras tractées de 2022. a) Petite rascasse rouge (*Scorpaena notata*), b) Raie torpille (*Torpedo marmorata*), c) Pot à poulpe avec gobie indéterminé, spiropore (*Sabella spallanzanii*) et hydraire indéterminé, d) Grondin morrude (*Chelidonichthys obscurus*), e) Rouget de roche (*Mullus surmuletus*), f) Gobie indéterminé

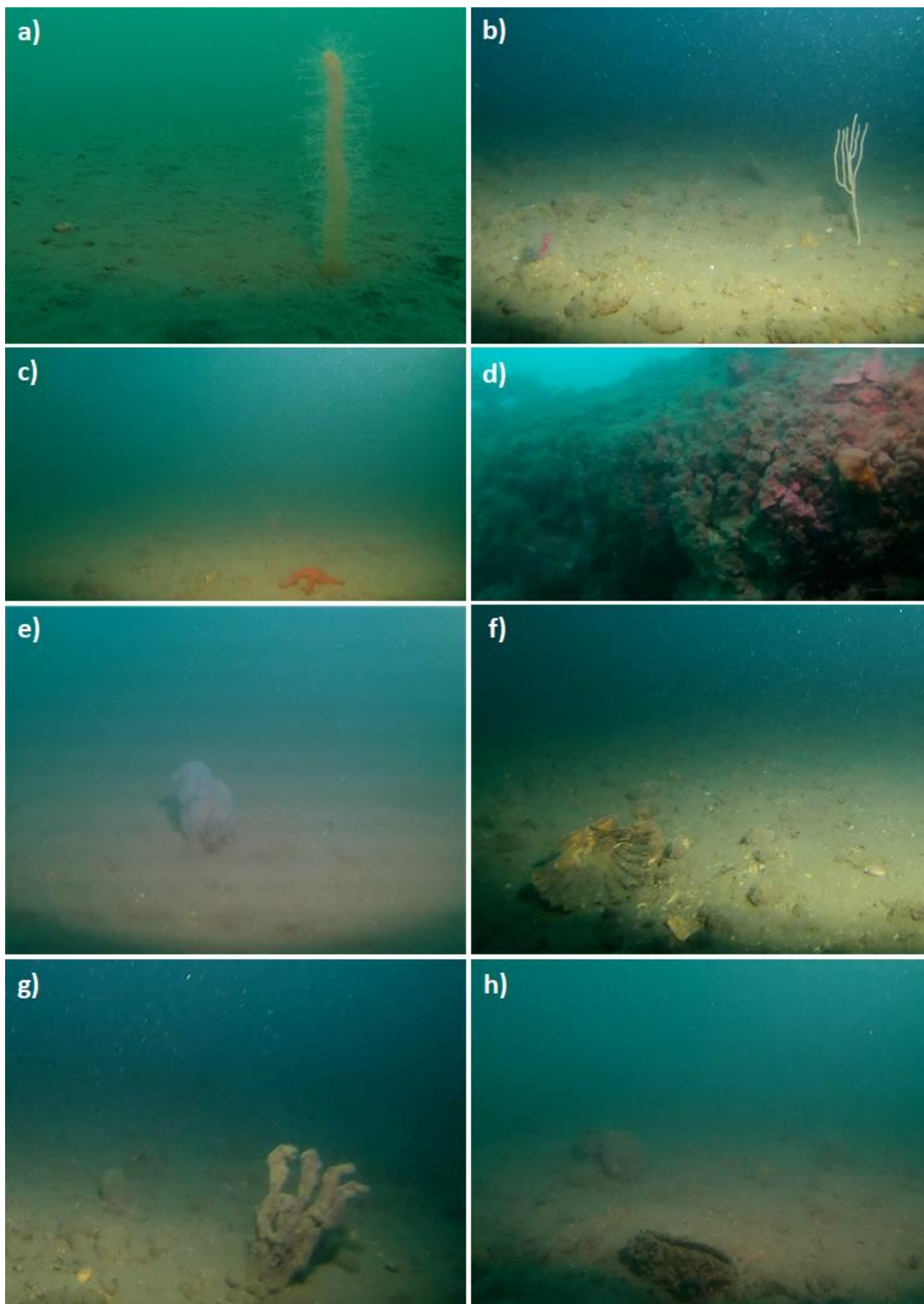


Figure 27 : Images d'invertébrés repérés lors des caméras tractées de 2022. a) Vérétille (*Veretillum cynomorium*), b) Gorgone blanche (*Eunicella singularis*) et alcyon méditerranéen (*Alcyonium acaule*), c) Étoile de mer rouge (*Echinaster sepositus*), d) Murex tuberculé (*Hexaplex trunculus*), e) Ascidié blanche (*Phallusia mammillata*), f) Coquille Saint-Jacques (*Phallusia mammillata*), g) Espèce indéterminée (probablement éponge), h) Huître creuse (*Crassostrea gigas*)

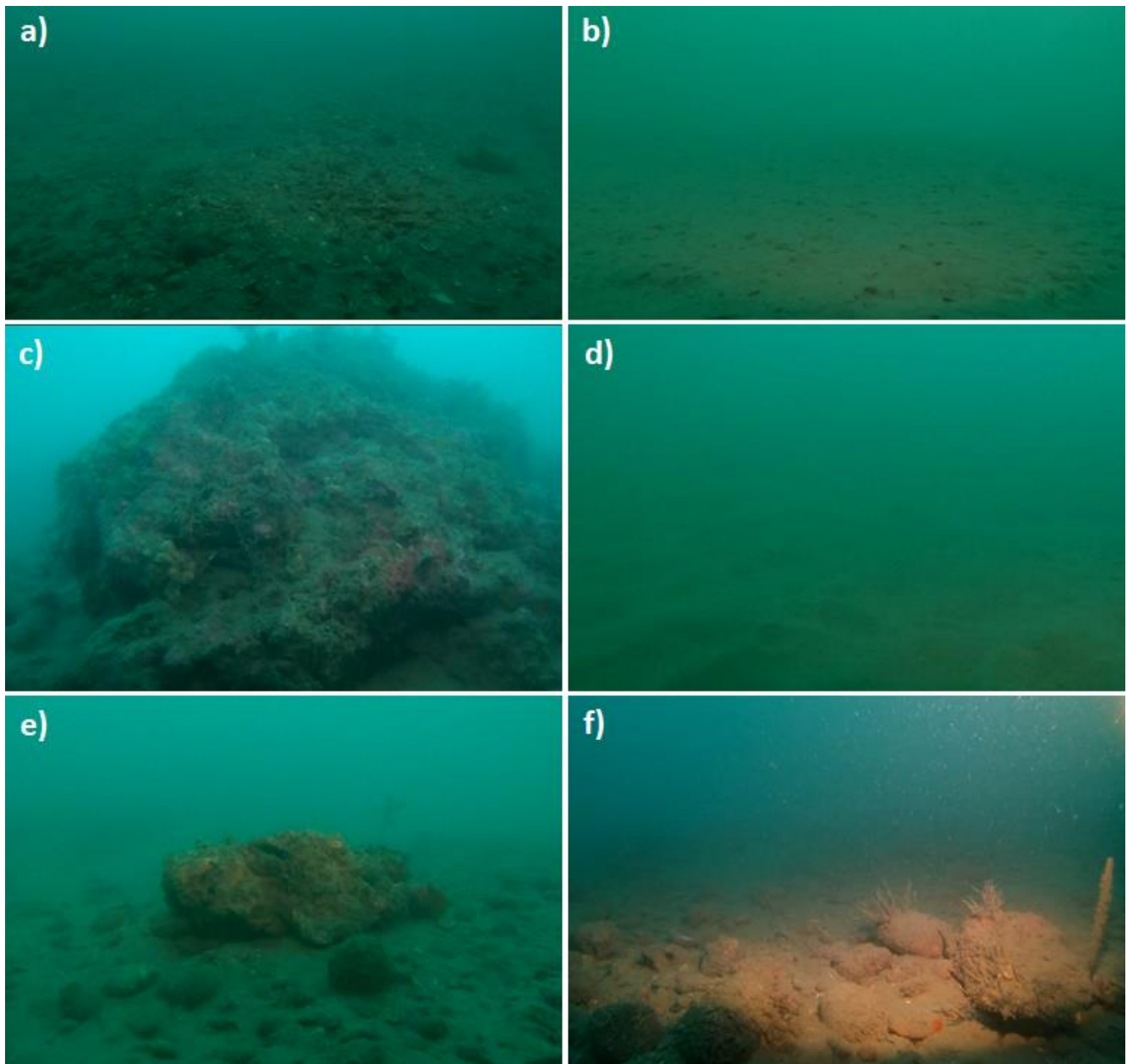


Figure 28: Images de substrats présents lors des caméras tractées de 2022. a) Sablo-vaseux coquillé à forte densité de cailloux/galets, b) Sablo-vaseux coquillé, c) Amas rocheux coralligène, d) Dunes sablo-vaseuses, e) Amas rocheux, f) Amas rocheux

La photo g) de la Figure 27 est une espèce indéterminée (probablement éponge) qui semble avoir complètement entouré une gorgone blanche. Il pourrait s'agir d'une espèce parasite de la gorgone blanche, susceptible d'entraîner une mortalité des gorgones blanches en cas de prolifération.

Il n'y a pas de différence significative d'abondance entre l'intérieur et l'extérieur de la réserve pour les deux espèces cibles, à savoir la gorgone blanche et la vérétille.

La station D (Guérites Est) est un site particulièrement riche en gorgones blanches. Il semble y avoir plus de gorgones blanches juvéniles et moins d'adultes hors de la réserve.

Une espèce potentiellement parasite de la gorgone blanche a été observée.

3.3. 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 21 : Liste des espèces d'invertébrés benthiques inventoriées par mois (regroupées par groupe, en gras)

	mai	juin	juillet	août	septembre
Arthropodes					
Bernard-l'ermite	✓	✓	✓		
Étrille	✓		✓	✓	
Galathée	✓	✓	✓	✓	
Langouste	✓			✓	
Cigale	✓				✓
Ascidies					
Ascidie blanche	✓	✓			
Ascidie coloniale Fraise de mer	✓	✓			
Ascidie Noire	✓	✓	✓	✓	✓
Ascidie Rouge	✓	✓	✓	✓	✓
Ascidie Violet	✓	✓	✓	✓	✓
Bryozoaires					
Dentelle de Neptune	✓	✓		✓	✓
Faux corail					✓
Rose de mer				✓	✓
Cnidaires					
Alcyon brun	✓	✓	✓	✓	✓
Alcyon encroûtant	✓	✓	✓	✓	✓
Alcyon Méditerranéen / digité	✓				✓
Anémone aiptasie verte	✓	✓	✓		✓
Anémone bijou				✓	
Anémone charnue	✓	✓	✓	✓	✓
Anémone verte	✓	✓	✓	✓	✓
Anémones jaunes encroûtantes	✓	✓	✓	✓	
Cérianthe	✓	✓	✓	✓	✓
Gorgone blanche	✓	✓	✓	✓	✓
Gorgone sarmenteuse	✓				
Échinodermes					
Étoile de mer glaciale	✓	✓	✓	✓	✓
Étoile de mer rouge	✓	✓	✓	✓	✓
Holothurie noire	✓	✓	✓	✓	✓
Holothurie tubuleuse	✓	✓	✓	✓	✓
Ophiure	✓	✓	✓	✓	✓
Oursin brun	✓	✓	✓	✓	✓
Oursin granuleux	✓	✓	✓	✓	✓
Oursin noir	✓	✓	✓	✓	✓
Éponges					

Axinelle	✓	✓	✓	✓	
Clathrine jaune	✓			✓	
Clione jaune	✓	✓	✓	✓	✓
Clione verte	✓	✓	✓	✓	✓
Éponge de toilette				✓	✓
Éponge encroûtante orange	✓	✓	✓	✓	✓
Éponge Pierre		✓	✓	✓	✓
Éponge Rognon	✓	✓	✓	✓	✓
Éponge Verongia	✓	✓	✓	✓	✓
Mollusques					
Astrée rugeuse	✓	✓	✓	✓	✓
Flabelline mauve	✓	✓		✓	✓
Murex	✓	✓	✓	✓	✓
Poulpe	✓	✓	✓	✓	✓
Seiche			✓		
Thuridille	✓	✓	✓	✓	✓
Végétaux					
Codium en boule	✓	✓	✓	✓	✓
Dictyote	✓	✓	✓	✓	✓
Padine	✓		✓		
Sphaerocoque	✓	✓	✓	✓	✓
Vers					
Bispire	✓	✓	✓	✓	
Bonellie	✓	✓	✓	✓	✓
Ver plat	✓	✓	✓	✓	✓
Protule	✓	✓	✓	✓	✓
Sabelle	✓	✓	✓	✓	✓
Serpule	✓	✓	✓	✓	✓
Spirographe	✓	✓	✓	✓	✓
Nombre d'espèces cumulé	52	46	45	48	44
	58				

Tableau 22 : Liste des espèces de poissons recensées lors du suivi complémentaire

	mai	juin	juillet	août	septembre
Blennie de roux	✓	✓	✓	✓	✓
Blennie gattorugine	✓	✓	✓	✓	✓
Blennie pilicorne	✓		✓	✓	✓
Castagnole	✓	✓	✓		✓
Chapon	✓	✓	✓		✓
Chinchard				✓	
Congre				✓	
Coquette	✓			✓	
Corb				✓	
Crénilabre à queue noire		✓	✓		✓
Crénilabre méditerranéen		✓	✓	✓	✓
Crénilabre ocellé			✓	✓	
Crenilabre paon		✓		✓	
Dorade grise			✓		
Dorade royale			✓		
Girelle	✓	✓	✓		✓
Gobie (autre)				✓	✓
Gobie à tête jaune	✓	✓	✓	✓	✓
Gobie léopard				✓	
Hippocampe				✓	
Labre merle/vert	✓	✓			
Labre rupestre ou Rouquié	✓	✓	✓	✓	✓
Loup				✓	
Mendole/Picarel			✓		
Mérou				✓	
Mostelle	✓		✓		
Mulet			✓	✓	
Oblade		✓	✓		
Pagre				✓	
Petite Rascasse rouge	✓	✓	✓		✓
Poisson plat				✓	
Rascasse brune	✓	✓	✓		✓
Rouget	✓		✓	✓	✓
Roussette				✓	
Sar commun	✓	✓	✓		
Sar tête noire		✓	✓	✓	
Sardine				✓	
Saupe				✓	
Serran chevrette	✓	✓	✓	✓	✓
Triptérygion		✓	✓	✓	✓
Nombre d'espèces cumulé	16	18	24	27	16
	40				

Au total, ce sont 58 espèces d'invertébrés benthiques et 40 espèces de poissons qui ont été recensées par le suivi complémentaire mené par les plongeurs volontaires de la FFESSM. Parmi ces espèces, il est intéressant de noter la présence de corb et de mérou en août. Ces deux espèces sont remarquables, le mérou étant une espèce menacée et le corb quasi-menacée.

De nombreuses espèces ont été recensées par le suivi complémentaire :

- 40 espèces d'invertébrés benthiques ;

- 58 espèces de poissons.

Deux espèces d'intérêt patrimonial ont été recensées en 2022 : le corb et le mérou.

4. Discussion

4.1. L'ichtyofaune

L'abondance totale moyenne de l'ichtyofaune recensée dans la réserve est significativement supérieure à celle hors réserve, respectivement 248 individus (± 199) et 144 individus (± 145). La forte variabilité observée, exprimée par les écarts-types, est liée à la présence ponctuelle et localisée de bancs de poissons grégaires vivants dans la colonne d'eau comme la bogue (*Boops boops*), la castagnole (*Chromis chromis*) et le chinchard commun (*Trachurus trachurus*).

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. L'augmentation de l'abondance de ces 4 espèces montre bien que les espèces mobiles peuvent profiter des réserves, ce qui a déjà été observé ailleurs (Gell et Roberts, 2003). De plus, ce résultat montre que certaines espèces d'intérêt halieutique, en l'occurrence le sar commun et le sar à tête noire, profitent de l'effet réserve.

La diversité, exprimée par la richesse spécifique et par l'indice de Shannon, est également plus élevée au sein de la réserve. La richesse spécifique moyenne est de 10,4 espèces ($\pm 3,3$) dans la réserve contre 6,8 espèces ($\pm 2,7$) hors réserve. Il est par ailleurs intéressant de noter la présence d'un triton (*Charonia lampas*), espèce rare, dans la réserve. De plus, le suivi complémentaire de la FFEISSM a permis l'observation d'autres espèces rares et répondant à l'effet réserve tels que le mérou (*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. Ce suivi complémentaire a également permis de confirmer la présence de certaines espèces d'intérêt halieutique comme par exemple le poulpe (*Octopus vulgaris*), la langouste (*Palinurus elephas*), le chapon (*Scorpaena scrofa*), le loup (*Dicentrarchus labrax*), le rouget (*Mullus surmuletus*), la dorade royale (*Sparus aurata*), le serran écriture (*Serranus scriba*).

L'indice de Piélou, qui reflète la répartition des individus au sein des espèces, n'est pas différent selon le statut de protection. L'étude de la composition du peuplement rejoint cette dernière observation puisque dans la réserve ou hors réserve, la contribution des différentes familles de poissons à l'effectif total sont similaires, en tout cas très comparables. Ce sont les sparidés (principalement par la bogue, le sar à tête noire et le sar commun) ainsi que la castagnole qui dominent. Les labridés sont également bien représentés (principalement par la girelle commune et le rouquié).

Concernant la taille des poissons, les faibles effectifs parfois dénombrés hors réserve 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 rouget de roche dans la réserve, avec la présence de davantage de gros individus que hors réserve. En revanche, pour le serran chevette, aucune différence n'a été démontrée. Il est toutefois démontré qu'un bénéfice important des réserves intégrales est de permettre aux espèces à croissance lente, *a fortiori* celles ciblées par la pêche, de se développer. Cela contribue en partie à augmenter le potentiel reproducteur des espèces protégées, 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 encourageant de trouver des rougets de roche avec une taille moyenne plus grande dans la réserve, d'autant

plus que de gros individus semblent composer cette population de rougets, contrairement à la zone étudiée hors réserve.

Ces observations concourent à la même conclusion : il y a un « effet réserve » pour l'ichtyofaune de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne. Ceci est confirmé pour les espèces d'importance halieutique par les résultats obtenus entre 2016 et 2020 et détaillés dans la publication soumise à Hydrobiologia. Comme cela a été également démontré par de nombreuses publications scientifiques, 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).

4.2. La faune épibenthique

Concernant la faune épibenthique, aucun effet réserve ne peut être mis en avant, ni pour son abondance ni pour sa diversité. La composition de ce peuplement est semblable à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve. L'espèce dominante est la gorgone blanche (*Eunicella singularis*). Aucune grande nacre (*Pinna nobilis*) n'a été observée cette année. Ce résultat, bien qu'étonnant, a déjà été observé dans d'autres réserves. Comme le montre l'analyse de Halpern (2003) synthétisant 89 études portant sur l'effet des réserves, la biomasse (donc l'abondance et la taille) des invertébrés n'est en général pas affectée par la mise en réserve d'une aire marine.

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

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

L'abondance des gorgones blanches, semblable dans la ZR et la ZPR, est stable dans le temps à l'échelle de la réserve. Elle est de 13,4 individus/m² en moyenne entre 2016 et 2022, et de 15,3 individus/m² en 2022. En étudiant l'évolution de leur taille, on observe toutefois une dynamique particulière : les grands individus ont tendance à disparaître et de nombreux juvéniles à apparaître. L'apparition des juvéniles est visible dans les deux zones protégées, et est signe d'un bon recrutement lors des dernières années. En revanche, la disparition des grandes gorgones est plus marquée dans la ZR, accessible à la plongée. Ce changement dans la structure de tailles des gorgones s'est opéré entre 2018 et 2019. On observe en effet en 2019 un taux de nécrose beaucoup plus élevé dans la ZR (plus de 50%) que dans la ZPR (moins de 10%). De plus, la taille moyenne des gorgones est plus faible dans la ZR en 2019, 2021 et 2022, dû à la présence de davantage de juvéniles. Ce résultat suggère que les gorgones ont subi une perturbation entre 2018 et 2019 dans la ZR, entraînant une nécrose puis une mortalité importante des individus adultes. Cette perturbation a nettement plus atteint les gorgones blanches de la ZR (Figure 24), laissant penser à une pression d'origine humaine (ancres, plongeurs, éventuellement engins de pêche illégaux). Depuis le début du suivi, c'est la seule année où une telle perturbation a pu être décelée. En 2021 et 2022 par exemple, le taux de nécrose mesuré est plus élevé dans la ZPR que dans la ZR, montrant bien que s'il y a une perturbation, elle n'est pas d'origine humaine. Les gorgones blanches ont donc probablement subi une perturbation ponctuelle d'origine humaine entre 2018 et 2019. Depuis 2019, on peut constater que des gorgones juvéniles ont recolonisé le milieu, comme le montre notamment la forte abondance de juvéniles en 2020. Concernant l'évolution du taux de nécrose dans le temps à l'échelle de la réserve, aucune tendance n'a été détectée. Les paramètres environnementaux ne semblent donc pas avoir entraîné de nécrose au cours du temps. De plus, lors de l'échantillonnage le 3 septembre 2022, aucun événement majeur de mortalité n'a été relevé.

Il est indispensable de continuer le suivi des gorgones blanches dans les deux zones, afin de continuer à évaluer les impacts humains dans la zone de Cousanço sur cette espèce érigée fragile. Cette sensibilité aux pressions humaines mais également environnementales (événement météorologique extrême, changement global), fait

de la gorgone blanche un indicateur très intéressant des changements que connaissent l'écosystème marin local. C'est pourquoi cette espèce, étudiée depuis 2016 dans la réserve, présente un intérêt fort pour un suivi à long terme.

4.4. Les fonds meubles

Cette campagne a mis en évidence la présence quasi-généralisée d'espèces benthiques épigées, en particulier les gorgones blanches ou les vérétilles. Leur présence est directement influencée par le substrat, les gorgones colonisent les substrats durs horizontaux ou légèrement pentu (Linares *et al.*, 2008), tandis que les vérétilles préfèrent les fonds sableux (Buisson, 1971). Les transects présentant des substrats différents ne peuvent pas être comparés entre eux. De plus, les conditions de visibilité lors des investigations de terrain peuvent représenter un paramètre limitant en termes d'observations et d'identification des individus, d'autant plus que cette visibilité peut fortement varier d'un transect à l'autre lors de la même journée. Il est courant d'avoir seulement un mètre de visibilité dans le secteur de prospection. Les résultats issus de cette campagne d'échantillonnage sont donc difficiles à interpréter. L'intérêt de ce protocole réside plutôt dans la veille biologique : des espèces potentiellement « invasives », telle que l'espèce indéterminée qui semble couvrir la totalité d'une gorgone (Figure 27, g), peuvent ainsi être détectées et suivies le cas échant.

4.5. Recommandations

La mise en réserve d'une aire marine de 100 hectares au large de Palavas a pu porter ses fruits. On observe aujourd'hui un effet réserve significatif concernant les poissons. Afin que cet effet réserve puisse maintenant profiter aux zones adjacentes et donc aux pêcheurs locaux, il paraît pertinent de continuer à protéger cette zone des activités humaines.

Un suivi annuel de la réserve marine est indispensable pour évaluer l'effet de la réserve. La continuité du suivi actuel, avec ses protocoles, permet de récolter des données standardisées au fil des années et donc de les comparer sur du long terme. Ce genre de suivi est extrêmement intéressant pour détecter des changements dans l'environnement, et évaluer s'il s'agit de variations d'origine naturelle ou humaine. Pour compléter ces suivis biologiques, le suivi de paramètres physico-chimiques (température, salinité) pourraient permettre de détecter les changements environnementaux. Afin d'enrichir le suivi, l'utilisation de l'ADN environnemental serait une technique intéressante afin de saisir plus précisément la biodiversité. En effet, les techniques d'échantillonnage habituelles (comptages en plongée), peuvent créer un biais en effarouchant certaines espèces plus que d'autres. L'ADN environnemental, prélevé dans un échantillon d'eau ou de sédiment, permet grâce à des outils génétiques de savoir quelles espèces ont vécu dans le milieu. Il permet ainsi d'évaluer quelles espèces sont présentes, notamment celles difficilement visibles comme les espèces cryptobenthiques, et ainsi de mieux appréhender les impacts humains sur les populations de poissons exploitées (Sanchez *et al.*, 2022).

Le protocole d'échantillonnage des gorgones blanches est améliorable. Les quadrats sont censés être exactement les mêmes d'une année sur l'autre mais le protocole rend possible des approximations qui peuvent rendre ces quadrats légèrement différents d'une année sur l'autre. En effet, il suffit que les plongeurs suivent un cap différent de quelques degrés par rapport à ce qu'il est prévu pour que les quadrats soient décalés. Ainsi, cela peut donner lieu à des écarts notables d'abondance, comme en 2020 dans la ZR. Le protocole de suivi des gorgones est perfectible, par l'implantation de carrés permanents, qui permettraient de suivre avec grande précision l'abondance des mêmes colonies de gorgones blanches chaque année, ainsi que leur croissance, et l'évolution de leur taux de nécrose.

En ce qui concerne l'étude des populations sur fond meubles par caméra tractée, il serait pertinent de positionner les transects sur des substrats similaires dans et en dehors de la réserve pour permettre une

meilleure comparaison de l'abondance et de la richesse spécifique, puisque le substrat influence directement l'assemblage de ces populations. Les transects en caméra tractée ont pourtant été positionnés en considérant la carte des biocénoses de la zone N2000 « Posidonie de la côte palavasienne » pour être homogène et représentatif. Cependant il semble que les substrats « meubles » soient plus hétérogènes que prévu et il a été observé tout un gradient de complexité et d'habitat parmi les 15 transects réalisés. Ceci est intéressant car il montre cette diversité méconnue des substrats meubles, en revanche, il rend difficile les comparaisons pour déterminer l'impact des pressions anthropiques sur les peuplements des fonds meubles, et de mettre en avant un éventuel effet réserve.

5. Conclusion

Les données issues de la campagne de suivi de 2022, soit 6 ans après la création de la réserve, permettent de démontrer un effet réserve pour l'ichtyofaune. En effet, l'abondance et la diversité des poissons est significativement supérieure au sein de la réserve marine. De plus, le rouget de roche montre une taille moyenne supérieure dans la réserve.

Concernant l'indicateur de l'état du milieu, la gorgone blanche, sa population ne semble pas avoir subi d'évènement de mortalité particulier en 2022. Un impact des plongeurs entre 2021 et 2022 sur le site de Cousanço n'est pas démontré. La population de gorgones blanches à l'échelle de la réserve se maintient dans le temps, même si une évolution de sa structure de tailles est à noter : il semble y avoir moins d'individus adultes et plus de juvéniles, probablement dû à une perturbation passée dans la zone de la réserve ouverte à la plongée.

Les résultats du suivi 2022 sont encourageants, la réserve marine fonctionne et devrait profiter aux zones adjacentes, donc aux pêcheurs locaux. La prolongation de cette mise en réserve et du suivi associé sont recommandés afin que les efforts mis en place depuis 2016 continuent à porter leurs fruits.

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.
- Biseau Alain (2022). Diagnostic 2021 sur les ressources halieutiques débarquées par la pêche française (métropolitaine). Ifremer, Ref. RBE/EDERU/RS/2022/1, 40p.
- Buisson B. Les activités rythmiques comportementales de la colonie de *veretillum cynomorium* (cnidaire pennatulidae) (I). *Cahiers de Biologie Marine Tome XII*. 1971. P. 11-48
- Gascuel D., Bez N., Forest A., Guillotreau P., Laloé F., Lobry J., Mahévas S., Mesnil B., Rivot E., Rochette S., Trenkel V. Un avenir pour les pêches maritimes en Europe (Manifeste de l'Association Française d'Halieumétrie). 2009.
- Gell F.R. et Roberts C.M. The fishery effects of marine reserves and fishery closures. 2002.
- 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.
- Grall J, Coïc N. Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. 2006. p. 91.
- Halpern B, Warner R. Marine Reserves Have Rapid and Lasting Effects. *Ecology Letters*. 5:361-6. 2002.
- Halpern B.S. The impact of marine reserves : do reserves work and does reserve size matter ? *Ecological Applications*, vol. 13 (1), suppl., pp.S117-S137. 2003.
- Harmelin-Vivien M, Harmelin J-G. 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, 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.
- Katell G. Roc Connect : Connectivité des populations d'invertébrés benthiques de l'habitat rocheux du Golfe du Lion. Rapport final. Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer. 2016.
- Lester SE, Halpern BS, Grorud-Colvert K, Lubchenco J, Ruttenberg BI, Gaines SD, Airamé S, Warner R. Biological effects within no-take marine reserves: a global synthesis. *Marine Ecology Progress Series*. 2009 ; 384:33-46.
- Linares C, Coma R, Garrabou J, Diaz D, Zabala M. Size distribution, density and disturbance in two Mediterranean gorgonians: *Paramuricea clavata* and *Eunicella singularis*. 2007.
- Perez-Ruzafa A, González-Wangüemert M, Lenfant P, Marcos C, García-Charton J. Effects of fishing protection on the genetic structure of fish populations. *Biological Conservation*. 2006;129:244-55.
- Roberts C, Hawkins JP, WWF Endangered Seas Campaign. Fully-protected marine reserves: a guide. Washington, DC: WWF Endangered Seas Campaign. 2000.
- Shears NT, Babcock RC. Continuing trophic cascade effects after 25 years of no-take marine reserve protection. *Marine Ecology Progress Series*. 2003;246:1-16.
- 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.