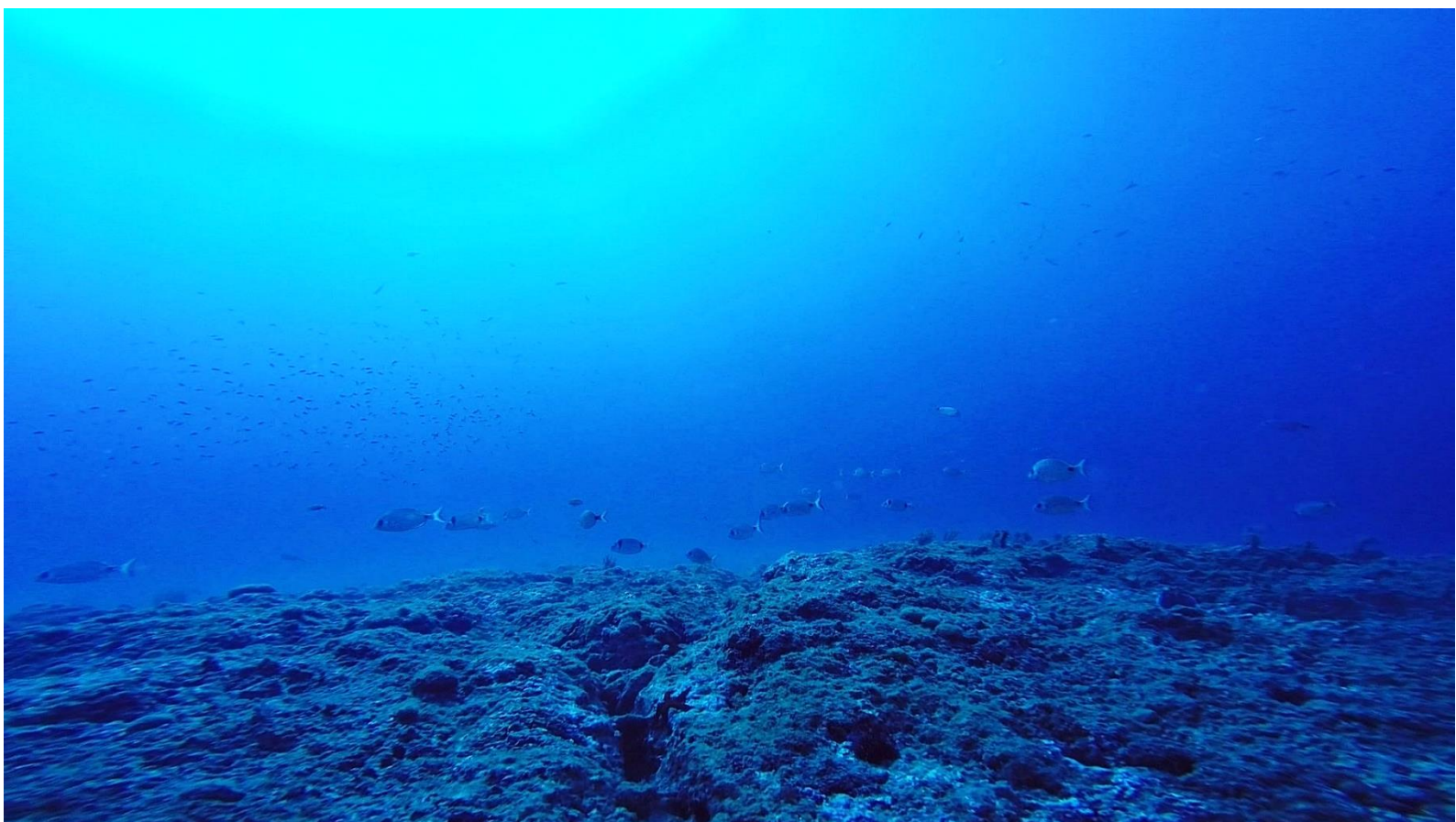




Suivi scientifique de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne 2016-2021

Suivi annuel 2020



Février 2021

Table des matières

1. INTRODUCTION	8
2. LA RESERVE MARINE DE LA COTE PALAVASIENNE	9
2.1. Éléments historiques	9
2.2. Les objectifs de la RMCP	9
2.3. Les suivis scientifiques mis en œuvre	10
2.3.1. Suivi principal (obligatoire)	11
2.3.2. Suivis complémentaires (volontaires)	12
3. CAMPAGNE DE SUIVI PRINCIPAL DE 2020	13
3.1. Campagne de terrain	13
3.2. Matériel et méthode	14
3.2.1.1. Suivi des espèces épibenthiques fixes	14
3.2.1.1. Évolution de l'espèce épigée <i>Eunicella singularis</i> sur la zone de Cousanço	15
3.2.1.2. Suivi des espèces mobiles par comptages en plongée	18
3.2.1.3. Suivis par caméras fixes	23
3.2.1.4. Suivi des fonds meubles par caméra tractée	26
4. SUIVI COMPLEMENTAIRE (PROGRAMME DE SCIENCE PARTICIPATIVE DE LA COMMISSION BIOLOGIE FFECSM)	28
4.1.1. Campagnes de terrain	28
4.1.2. Matériel et méthode	28
5. RESULTATS	29
5.1. Suivi de l'évolution de la biodiversité de la campagne de suivi principale de 2020	29
5.1.1. Suivi des espèces épibenthiques fixes	29
5.1.1.1. Analyse spatiale de la biodiversité benthique, campagne 2020	29
5.1.1.2. Évolution de l'espèce épigée <i>Eunicella singularis</i> sur la zone de Cousanço	33
5.1.2. Évaluation de la biodiversité des espèces mobiles (téléostéens, crustacés et mollusques)	35
5.1.2.1. Suivi sur substrat rocheux	35
5.1.2.2. Suivi sur les récifs artificiels	48
5.1.2.3. Suivi des fonds meubles par caméra tractée	52
5.2. Suivi complémentaire (programme de science participative de la commission biologie FFECSM)	55
6. DISCUSSION	58
6.1. Suivi Comparatif de la biodiversité	58
6.1.1. Suivi sur les récifs artificiels	58
6.1.2. Suivi sur le substrat rocheux	59
6.1.3. Suivi sur fonds meubles	60
6.1.4. Suivi des espèces épibenthiques fixes	60
6.2. Évaluation de l'état de l'habitat dans la zone de plongée de Cousanço	60

6.3. Récapitulatif et suggestions	61
7. CONCLUSION	63
8. BIBLIOGRAPHIE :	64

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1. Carte de localisation de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne (source : Marie de Palavas-les-flots).....	8
Figure 2. Le NEEZO (Navire d'étude et d'exploration océanographique) utilisé pour le suivi de la Réserve marine de la côte palavasienne (@P2A développement, 2019)	13
Figure 3. Représentation schématique du protocole de suivi des gorgones blanches, Eunicella singularis sur les stations rocheuses	16
Figure 4. Représentation schématique du quadrat pour le comptage et la méthode de mesure de hauteur des individus (photo de Eunicella singularis, source http://doris.ffessm.fr).....	17
Figure 5. Photographie sous-marine d'individus sains (à gauche) sur le site de Porquières Ouest et d'individus nécrosés (à droite) sur le site de Cousançà Sud (P2A développement)	17
Figure 6. Représentation schématique d'un protocole de suivi des transects sur les stations rocheuses. (P2A développement).....	19
Figure 7. Carte de localisation des sites de suivi scientifique en plongée (transects sur les stations rocheuses)	21
Figure 8. Photo sous-marine du positionnement de la caméra sur le piquet d'une station de suivi ...	23
Figure 9. Carte de situation de la réserve marine de la côte Palavasienne avec l'emplacement des récifs artificiels	25
Figure 10. Plongeur réalisant un comptage sur récif de type « cube ». P2A développement.....	25
Figure 11. Photographies sous-marines des structures de type « cube » (en haut) et de type « buse » (en bas). P2A développement	26
Figure 12. Carte de localisation des suivis scientifiques par caméra tractée (traits rouges discontinus)	27
Figure 13. Abondance cumulée en 2020, (Cousançà Nord (CN), Cousançà Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE))......	31
Figure 14. Abondance de la gorgone blanche Eunicella singularis sur les différentes stations en 2020, (Cousançà Nord (CN), Cousançà Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE))......	31
Figure 15. Richesse spécifique par station en 2020, (Cousançà Nord (CN), Cousançà Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).	32
Figure 16. Photographie sous-marine de la grande nacre Pinna nobilis sur la station de Porquières Sud en 2020.....	32
Figure 17. Calcul des indices de diversité et d'équitabilité sur les différentes stations, (Cousançà Nord (CN), Cousançà Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).	33
Figure 18. L'histogramme des fréquences des classes de taille (en cm) du peuplement de Eunicella singularis identifié sur le site de Porquières Ouest (dans la zone de protection renforcée), et de Cousançà Sud (dans la zone réglementée).	35
Figure 19. Abondance totale par station pour le suivi de 2020, les barres d'erreurs représentent les écart-types (Cousançà Nord (CN), Cousançà Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).	37

Figure 20. Abondance cumulée (hors pélagique grégaire), (Cousanço Nord (CN), Cousanço Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).	37
Figure 21. Moyenne des abondances dans la réserve et hors réserve, hors pélagique grégaire.	38
Figure 22. Richesse spécifique des stations, la moyenne de la richesse spécifique de toutes les stations est spécifiée par la ligne verte (Cousanço Nord (CN), Cousanço Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).	38
Figure 23. Indice de Shannon et Piélou du suivi ichtyologique sur substrat rocheux en 2020, (Cousanço Nord (CN), Cousanço Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).	39
Figure 24. Carte de localisation des sites de suivi scientifique en plongée (transects sur les stations rocheuses), les relevées de l'année 2020 sont entourée en orange, (Cousanço Nord (CN), Cousanço Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).	40
Figure 25. Évolution temporelle de l'abondance sur les stations regroupées par niveau de protection.	40
Figure 26. Abondance des espèces cibles sur les différentes stations de suivi en 2020	42
Figure 27. Étude de la taille moyenne des espèces cibles en fonction du degré de protection de la zone. Test de Wilcoxon, différence significative p-value<0,05 entre la zone de protection renforcée et hors réserve (*) et entre la zone règlementée et hors réserve (**).	43
Figure 28. Variation spatiale des abondances par caméra	45
Figure 29. Variation spatiale des abondances relevées par caméra fixe sans tenir compte des bancs de pélagique grégaire (Chromis chromis, Spicara maena, Boops boops)	45
Figure 30. Étude de la richesse spécifique sur les zones suivies par caméra fixe en 2020	46
Figure 31. L'abondance des espèces cibles aux trois zones suivies (HR : Hors réserve, ZR : Zone Règlementée, ZPR : Zone de Protection Renforcée	46
Figure 32. Répartition des familles au sein de chaque zone	47
Figure 33. Moyenne d'abondance de l'ichtyofaune dans la réserve et hors réserve	49
Figure 34. Abondance totale par récif situé dans la réserve (R1, r1, r9) ou en dehors de la réserve (HR6, HR4, HR1)	49
Figure 35. Abondance totale par récif situé dans la réserve (R1, r1, r9) ou en dehors de la réserve (HR6, HR4, HR1) sans tenir compte du banc de pageot acarné (Pagellus acarne).	50
Figure 36. Richesse spécifique sur les récifs de la réserve (R1, r1 et r9) et hors réserve (HR6, HR4 et HR1) en 2019. La moyenne de la richesse spécifique des récifs situé dans la réserve est de $16,67 \pm 1,15$ et la moyenne de la richesse spécifique des récifs situé hors de la réserve est de $8,33 \pm 4,04$, la moyenne de la richesse spécifique globale est représentée par la droite verte.	50
Figure 37. Indice de Shannon et de Piélou sur les récifs de la réserve (R1, r1 et r9) et hors réserve (HR6, HR4 et HR1)	51
Figure 38. Indice de Shannon et de Piélou sans tenir compte de pageots (Pagellus acarne) sur les récifs de la réserve (R1, r1 et r9) et hors réserve (HR6, HR4 et HR1)	51
Figure 39. Visualisation de Gorgonaires, vérétille (images du haut) et d'un congre (image du bas) par caméra tractée.	53
Figure 40. Répartition des différentes espèces benthiques sur les transects suivis par caméra tractée	55
Figure 41. Synthèse des présences/absences pour les différentes familles benthiques (source FFESSM)	56

Figure 42. Synthèse des présences/absences pour les différentes espèces de téléostéens (source FFESSM)	56
--	----

Crédits photos

Jean-Yves Jouvenel, Alicia Mallet (P2A développement).

Le présent rapport devra être cité comme suit

Jouvenel J.-Y., Mallet A., Tessier P., Molinier P., 2021_Suivi scientifique de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne_Rapport intermédiaire 2020. Ville de Palavas les flots, mai 2021 : 92p

1.Introduction

Les pêcheurs petits métiers de la Prud'homie de Palavas-les-Flots, constatant une diminution des stocks de poissons, ont initié en 2011, avec le support de la ville de Palavas-les-Flots, un projet de création d'un cantonnement de pêche en mer. Après plusieurs années de maturation et de concertation, le projet s'est concrétisé en avril 2016, avec la mise en place du balisage de la zone de 100 ha, et des 2 arrêtés de restriction des usages associés. Le fondement de cette zone marine de protection renforcée, appelée Réserve Marine de la Côte Palavasienne (RMCP), est un arrêté ministériel de cantonnement de pêche sur lequel se superpose un arrêté de la préfecture maritime pour réglementer les usages, prises pour une durée de 5 années.



Figure 1. Carte de localisation de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne (source : Marie de Palavas-les-flots)

L'arrêté ministériel mentionne l'obligation de suivi scientifique de la zone, avec l'étude du « maintien des mesures de cantonnement (...) dans un délai de trois ans après entrée en vigueur du présent arrêté sur la base du suivi biologique prévu à l'article 5 ».

2. La Réserve Marine de la Côte Palavasienne

2.1. Éléments historiques

A l'initiative de la prud'homie de Palavas, de la mairie de Palavas et du bureau d'étude P2A Développement, l'arrêté ministériel de cantonnement de pêche a été mis en place en 2016. A cet arrêté ministériel s'est ajouté un arrêté de la préfecture maritime pour réglementer les usages.

A l'origine, la zone a été choisie pour la diversité de ces ressources halieutiques, connue et décrite par les pêcheurs locaux petits métiers, mais aussi pour la qualité de ces fonds. En effet, le périmètre de la zone mise sous protection comprend principalement le banc rocheux de Porquières et l'îlot de Porquières, au Nord -Ouest, aussi appelé par les plongeurs locaux, Cousança du nom de Raymond Cousança qui fut un des pionniers de la plongée de la côte Palavasienne dans les années 70.

2.2. Les objectifs de la RMCP

Les stocks de poisson en méditerranée sont en situation « globalement préoccupante » (rapport 2008, Ifremer). Actuellement, 8% des stocks s'effondrent et seulement 50% des 486 000 tonnes de poisson débarqués en France chaque année sont issus de « stocks exploités durablement ». 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. « 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. » (AFH, 2009). Dans ce contexte, la mise en place de réserve ou d'aire marine protégée 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 aquatiques :

- L'effet refuge, dû à la diminution de la pression anthropique sur le milieu, elle a pour conséquence d'augmenter la biodiversité, les tailles moyennes et maximales des individus, l'efficacité de la reproduction, l'exportation de biomasse aux abords de la réserve, la protection des zones de frayères et des nurseries (Lester & al, 2009 ; Roberts & Hawkins, 2000 ; Halpern, 2003 ; Berkeley & al, 2004) ;
- L'effet tampon, 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 richesse allélique des poissons croît dans les zones de réserve, la diversité génétique augmente et donc la résilience des populations vis-à-vis de facteurs environnementaux aussi (Gell & Roberts, 2002 ; Pérez-Ruzafa & al, 2006) ;

- L'effet cascade, est une conséquence des deux autres effets précédents. La mise en réserve profite surtout aux maillons trophiques les plus élevés et aux populations ayant des stratégies de reproduction K. La biomasse des prédateurs augmente ce qui implique une diminution de l'effectif de leur proie comme décrit par le modèle de Lokta-Volterra (Shears & Babcock, 2003) ;
- L'effet de « spillover » ou de colonisation, correspond à l'augmentation des populations au sein de la réserve qui favorise la colonisation des zones autour de la réserve. Ce phénomène se fait par individus au stade larvaires ou juvéniles, et voir même adultes.

Les réserves marines sont actuellement au nombre de 6 en Méditerranée Française, l'aire de Cerbère-Banyuls, le Parc de la Côte Bleue, le Parc de Port-Cros, les aires de la Côte d'Azur, l'aire de Scandola et l'aire des Bouches de Bonifacio.

La réserve marine de la côte Palavasienne mesure 100 hectares, elle est située à 2650 m du rivage entre Palavas-Les-Flots et Carnon (Figure 1). Elle est constituée du banc rocheux de Porquières, placé en réserve intégrale, et du rocher de Cousança, qui est en zone protégée, autorisée à la plongée. L'arrêté du 30 mai 2016 crée le cantonnement qui interdit l'exercice de la pêche maritime sous toutes ses formes. L'arrêté préfectoral 149/2016 définit quant à lui deux zones :

- Un niveau de protection intégrale où toutes les activités sont interdites en dehors du simple passage (trafic maritime normal) sur plus de 93,5 ha,
- Un niveau de protection intermédiaire sur 6,5 ha où la plongée sous-marine peut s'exercer, sous certaines conditions.

La réserve marine de la côte Palavasienne (RMCP) 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.

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 ».

2.3. Les suivis scientifiques mis en œuvre

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 les indicateurs d'évolution de plusieurs compartiments distincts :

- Un **suivi comparatif de la biodiversité** dans et en dehors 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 ressources halieutiques** exploitées dans et en dehors de la réserve (justification de la mesure de cantonnement).

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

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'établir et/ou d'appliquer les protocoles de collecte des données afin d'en tirer des indicateurs quantitatifs propres à qualifier l'état des ressources halieutiques, de la biodiversité et de la zone où s'exerce la plongée sous-marine. Ces indicateurs, conformes à l'état de l'art, permettront 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.

Tableau 1. Tableau synthétique des objectifs du suivi principal et complémentaire

Suivi Principal		Suivi Complémentaire
Objectifs		
Ressources halieutique	Indicateurs quantitatifs	Observations ponctuelles
Biodiversité	Indicateurs quantitatifs	Inventaires
Impacts activités Zone Réglementée	Indicateurs	sans objet
Espèces cibles pêche s/m	Indicateurs	observations/comptages
Espèces cibles pêche embarquée	Indicateurs	enquêtes/comptages
Opérateurs		
	Experts scientifiques	Plongeurs Bio/FFESSM
	Pêcheurs professionnels	Pêcheurs sous-marins
		Apnéistes Bio
		Ass. Pêche Plaisance
Habitats concernés		
	banc rocheux int./ext.	banc rocheux int./ext.
	récifs artificiels	récifs artificiels
	fonds de substrat meuble	

2.3.1. Suivi principal (obligatoire)

- Suivis des zones rocheuses : ces suivis sont effectués depuis 3 ans à raison d'une campagne par an, à la saison estivale et en respectant le même protocole. Ils consistent en un suivi comparatif de la biodiversité dans et en dehors de la réserve (zone témoin) par des comptages en plongée et des observations par vidéo fixe. Ils ont pour but l'évaluation de l'évolution de la biodiversité (ichtyologique et benthique) en réponse à la mise en réserve de la zone.
- Suivi de l'évolution d'une espèce épibenthique, *Eunicella singularis*, la gorgone blanche dans la zone de Cousançà : le suivi (comptage et mortalité) de cette espèce épigée, représentée en Méditerranée, est un bon indicateur des éventuels impacts érosifs de la plongée, autorisée dans la zone de Cousançà. Ce suivi est couplé à des données de fréquentation des plongeurs à l'année sur le site de Cousançà. De plus, un site d'étude témoin, situé dans la zone de protection intégrale à Porquières, a été intégré dans le protocole de suivi.

- Suivi des fonds meubles par caméra tractée : un suivi des fonds meubles, dans et en dehors de la réserve, a été réalisé par la technique de caméra tractée. Les fonds meubles constituent les deux-tiers de la topologie des fonds de la réserve marine de Palavas, leur étude est donc indispensable pour visualiser l'ensemble des changements induits, ou non, par la mise en réserve de la zone.

2.3.2. Suivis complémentaires (volontaires)

- Suivi par les plongeurs sous-marins volontaires. Ce suivi implique le Comité Départemental de la FFESSM, via sa commission Biologique. 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 d'estimer l'état des ressources et la tendance d'évolution au cours des différentes années de suivi. Cette veille a également pour vocation la sensibilisation aux espèces marines et à la mise en place de cette réserve.

Ce rapport est essentiellement descriptif et non comparatif. Le présent rapport est le suivi scientifique de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne annuel de 2020.

3. Campagne de suivi principal de 2020

3.1. Campagne de terrain

La campagne de collecte des données s'est déroulée entre 18 août et le 03 septembre 2020. En raison de contraintes météorologiques, le suivi des fonds meubles a été réalisé en 2 journées étalées dans le temps, soit le 3 novembre 2020 et le 17 novembre 2020. Une équipe de 4 personnes a été mobilisée, ainsi qu'une embarcation, le NEEEXO, propriété de la société P2A développement.



Figure 2. Le NEEEXO (Navire d'étude et d'exploration océanographique) utilisé pour le suivi de la Réserve marine de la côte palavasienne (©P2A développement, 2019)

Le tableau ci-dessous présente un récapitulatif du nom des stations, leur localisation dans la réserve (Zone réglementée : ZR, Zone de protection renforcée : ZPR, Zone hors réserve : HR) et la nomenclature utilisée pour l'étude.

Tableau 2 : Tableau de nomenclature des différentes stations

Nom de la station	Zone de localisation	Nomenclature
Cousança Nord	Zone réglementée (ZR1)	CN
Cousança Sud	Zone réglementée (ZR2)	CS
Porquières Ouest	Zone de protection renforcée (ZPR1)	PO
Porquières Sud	Zone de protection renforcée (ZPR2)	PS
Guérites Ouest	Hors réserve (HR1)	GO
Guérites Est	Hors réserve (HR2)	GE

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Le tableau ci-dessous récapitule les protocoles de suivi pour chaque site, ainsi que la date d'inspection à laquelle le protocole a été réalisé.

Tableau 3 : Tableau récapitulatif du suivi scientifique de 2020

Suivi scientifique obligatoire 2020				
	Protocole	Sites	Réplicats	Date
Suivi espèces	Comptages poissons	Cousança Nord (ZR1)	12 transects	03/09/2020
		Cousança Sud (ZR2)	12 transects	27/08/2020
		Porquières Ouest (ZPR1)	12 transects	27/08/2020
		Porquières Sud (ZPR2)	12 transects	02/09/2020
		Guérites Ouest (HR1)	12 transects	03/09/2020
		Guérites Est (HR2)	12 transects	03/09/2020
Suivi espèces	Caméras fixes	Cousança Nord (ZR1)	10 min	03/09/2020
		Cousança Sud (ZR2)	10 min	02/09/2020
		Porquières Ouest (ZPR1)	10 min	02/09/2020
		Porquières Sud (ZPR2)	10 min	27/08/2020
		Guérites Ouest (HR1)	10 min	02/09/2020
Suivi habitat	Benthos érigé	Cousança Nord (ZR1)	2 transects	03/09/2020
		Cousança Sud (ZR2)	2 transects	02/09/2020
		Porquières Ouest (ZPR1)	2 transects	02/09/2020
		Porquières Sud (ZPR2)	2 transects	02/09/2020
		Guérites Ouest (HR1)	2 transects	03/09/2020
		Guérites Est (HR2)	2 transects	03/09/2020
Suivi zone Cousança (Impact mouillage)	Comptage et mesure gorgones	Porquières Ouest (ZPR1)	3 quadrats	18/08/2020
		Cousança Nord (ZR1)	3 quadrats	18/08/2020
Suivi récifs artificiels	Comptages poissons	R1 (ZPR)	2 réplicats	26/08/2020
		r1 (ZPR)	2 réplicats	19/08/2020
		r9 (ZPR)	2 réplicats	19/08/2020
		HR6 (HR)	2 réplicats	19/08/2020
		HR4 (HR)	2 réplicats	19/08/2020
		HR1 (HR)	2 réplicats	26/08/2020
Suivi des fonds meubles	Caméras tractées	Campagne 1	3 transects	03/11/2020
		Campagne 2	3 transects	17/11/2020

3.2. Matériel et méthode

3.2.1.1. Suivi des espèces épibenthiques fixes

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 ancrages, ou les passages des plongeurs. Les biocénoses type « coralligène » recouvrent une grande surface de la zone de Porquières. De nombreuses gorgones blanches *Eunicella singularis* recouvrent le plateau.

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

D'autres espèces potentiellement vulnérables aux ancrages comme *Myriapora truncata*, *Cliona sp*, ainsi que la grande nacre *Pinna nobilis* sont également présentes et représentatives du site.

Selon les mêmes méthodes utilisées que pour les inventaires à l'état zéro et les rapports de suivi intermédiaires de 2018 et 2019, le suivi des substrats durs a été réalisé lors de la campagne de 2020. Un transect permanent avec évaluation du recouvrement d'espèces indicatrices a été réalisé pour chaque station.

Pour le suivi des espèces épibenthiques fixes, 6 stations de suivis sont désignées :

- 2 hors-réserve (HR1/HR2),
- 2 en zone règlementée (ZR1/ZR2). Les sites fréquentés par les plongeurs sont préférentiellement choisis,
- 2 en zone de protection renforcée (ZPR1/ZPR2).

Le tableau ci-après synthétise la méthode du comptage exhaustif en plongée sur transects utilisée pour chaque station. Il y a un transect de 28 m par station, réalisés par deux plongeurs (2 réplicats par station) :

Tableau 4 : Nomenclature utilisée pour la désignation des différentes stations de suivi

Stations	Acronymes	Transects	Réplicats
Cousança Nord	CN	P2 à P3	2
Cousança Sud	CS	P2 à P3	2
Porquières Ouest	PO	P3 à P2	2
Porquières Sud	PS	P3 à P2	2
Guérites Ouest	GO	P3 à P4	2
Guérites Est	GE	P2 à P1	2

Le calcul d'indices synthétiques (abondance, richesse spécifique, indice de Shannon, indice de Pielou) ont été réalisés afin de caractériser les stations et les communautés des espèces de macrobenthos (comprenant les espèces de faune fixée : bryozoaires, anthozoaires, spongiaires, tuniciers, annélides tubicoles et de faune mobile : échinodermes et mollusques).

3.2.1.1. Évolution de l'espèce épigée *Eunicella singularis* sur la zone de Cousança

La zone du rocher de Cousança, autorisée à la plongée, est exposée à des risques d'endommagement des espèces épigées dus au mouillage des ancres et aux passages des plongeurs. Le rocher de Cousança étant le seul site de plongée accessible de la réserve, il suscite un réel engouement auprès des pratiquants de la plongée bouteille (Flament, 2015). Une fréquentation accrue aurait pour conséquence une augmentation de la fréquence de mouillage sur la zone. 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.

Ainsi, des mesures de la gorgone blanche (*Eunicella singularis*) et des paramètres de vitalité sont réalisés sur la station de Cousançà Sud lors des campagnes de suivi, depuis 2016. Ce suivi a été complété, depuis la campagne de 2019, par un suivi sur une zone témoin, sur le site de Porquières Ouest, placée en réserve intégrale et interdite 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) et celles préservées sur le site de Porquières Ouest.

Sur les deux sites, le suivi s'effectue le long d'une ligne de 52 m. Il consiste à positionner un quadrat de 2 m de côté puis compter et mesurer individuellement chacune des gorgones présentes dans le quadrat (Figure 3). Trois réplicats sont réalisés en procédant de façon similaire. Le suivi est réalisé par un binôme de plongeurs scientifiques équipés d'un décimètre pour délimiter le quadrat de 4 m², d'une pince graduée au mm pour mesurer les gorgones et d'une plaquette pour noter la taille des individus (Figure 4). Les paramètres de vitalité sont également relevés (individus sains vs nécrosés). Leur état de vitalité est facile à constater et à évaluer (Figure 5). Le pourcentage total d'individus nécrosés a été calculé en faisant le ratio des individus nécrosés sur le nombre total d'individus pour les 3 quadrats.

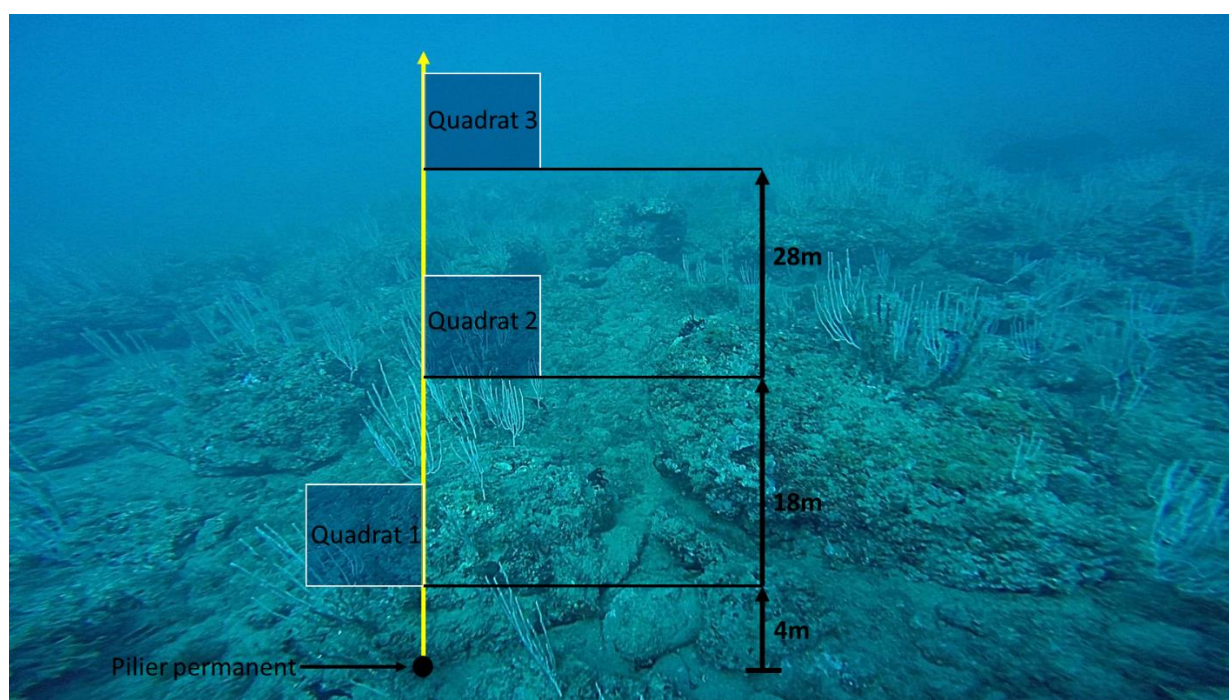


Figure 3. Représentation schématique du protocole de suivi des gorgones blanches, *Eunicella singularis* sur les stations rocheuses

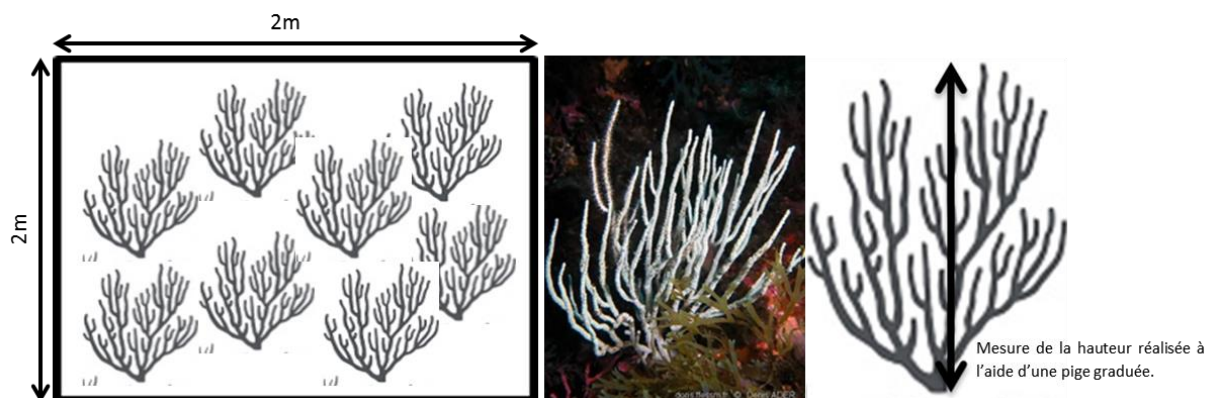


Figure 4. Représentation schématique du quadrat pour le comptage et la méthode de mesure de hauteur des individus (photo de *Eunicella singularis*, source <http://doris.ffessm.fr>)

Le protocole de relevé de ces espèces permet de suivre les espèces sensibles (Dalias *et al*, 2012)

Les données collectées sont :

- La densité des organismes (abondance au m²),
- La croissance et l'état général (mesures des hauteurs)
- Le pourcentage d'individus sains/ individus nécrosés
- Le pourcentage moyen de colonisation sur chaque individu.
- Le contexte paysager (pourcentage d'individus nécrosés).

Le test de comparaison de Wilcoxon et Mann-Whitney a été utilisé pour comparer les moyennes de taille des individus entre les différents sites.



Figure 5. Photographie 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 (P2A développement)

3.2.1.2. Suivi des espèces mobiles par comptages en plongée

3.2.1.2.1. Suivi sur substrat rocheux

Afin de connaître les effets de la mise en réserve sur les peuplements de la réserve, un comptage exhaustif en plongée sur transects avec estimation de la taille des individus est réalisé.

Le protocole prend en compte l'ichtyofaune mais également les espèces d'invertébrés jugées d'importance patrimoniale ou commerciale tels que les grands crustacés et les céphalopodes. Il est programmé le suivi de 6 stations, réparties comme indiqué ci-dessous :

- 2 stations en zone de protection renforcée (ZPR1, ZPR2),
- 2 stations en zone réglementée ouverte aux activités de plongée (ZR1 et ZR2),
- 2 stations hors réserve (HR1, HR2),

Les données collectées concernent :

- Les espèces (richesses spécifiques)
- Les effectifs par espèce (abondances/densités)
- La taille des individus par estimation à 2 cm près pour certaines espèces.
- Des données environnementales sont également collectées :
- La profondeur des transects et des récifs sur les stations,
- Leur position GPS (WGS84),
- La visibilité, la température de l'eau et les conditions météorologiques locales,
- La date et l'heure des comptages,
- Le substrat rencontré (coralligène, zone rocheuse, matte morte, détritique).

La méthode d'échantillonnage utilisé pour le suivi des transects est la méthode décrite de Harmelin-Vivien (Harmelin-Vivien & Harmelin 1975, Harmelin-Vivien *et al.*, 1985). Les paramètres environnementaux comme la température ou la visibilité sont relevés pour chaque transect. Les observations sont complétées par des prises de vues sous-marine.

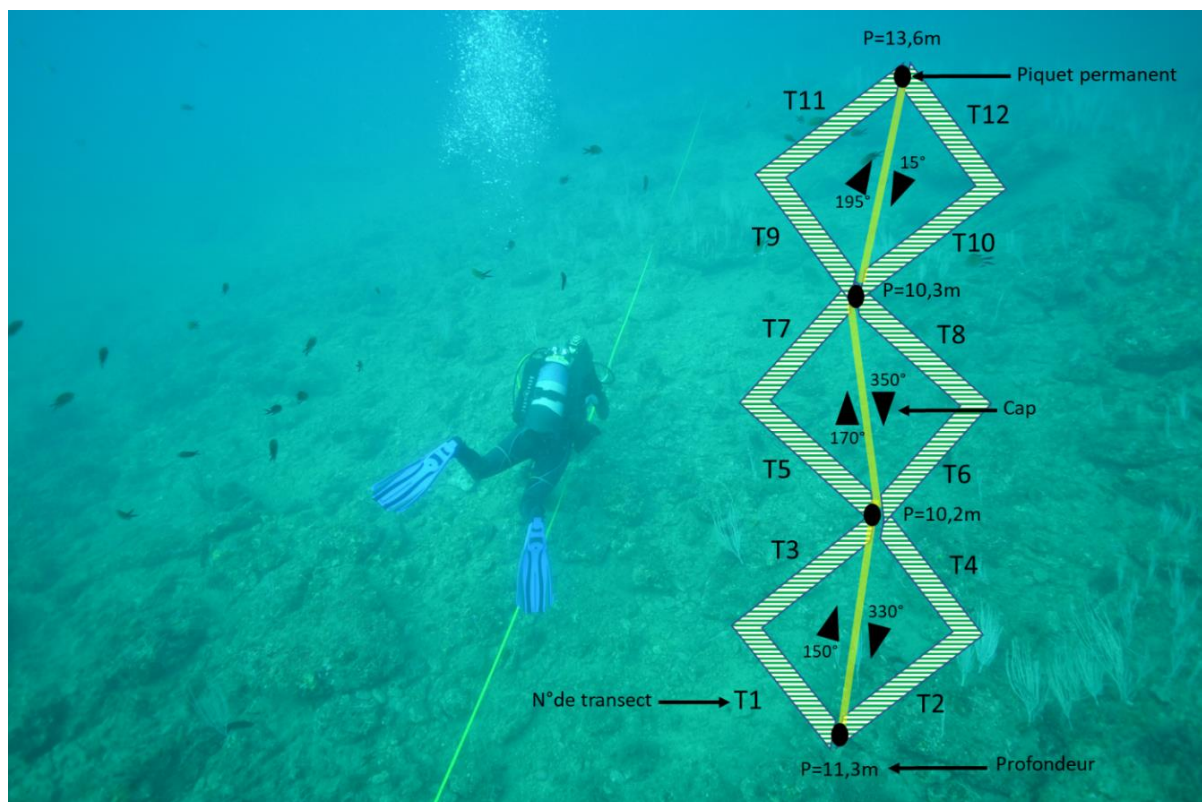


Figure 6. Représentation schématique d'un protocole de suivi des transects sur les stations rocheuses. (P2A développement)

Pour chaque station, 12 transects (réplicats) ont été réalisés par deux plongeurs. Chaque transect a été parcouru à partir de piquets fixes placés dans chaque station (4 par station). A partir de ces repères, l'orientation 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 évaluées pour le suivi de la biodiversité représentent au total 1920 m² dans la réserve marine et 960 m² hors de la réserve.

Le tableau ci-dessous (tableau 5) consigne les points GPS des piquets utilisés comme points de départ et d'arrivée des stations, ainsi que l'orientation en degrés des transects.

Tableau 5. Positionnement GPS des pieux des stations situées dans la réserve et hors réserve.

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020
Réserve Marine de la Côte Palavasienne

STATIONS	Pilier	Nom pillier	Azimet aller	Azimet retour	Latitude (degré décimal)	Longitude (degré décimal)
ZR1 / Cousança Nord	P1	CN1	150° en P1		43, 512966	3, 967505
	P2	CN2	170° en P2	325° en P2	43, 512753	3, 967667
	P3	CN3	190° en P3	350° en P3	43, 512510	3, 967714
	P4	CN4		10° en P4	43, 512259	3, 967611
ZR2 / Cousança Sud	P1	CS1	320° en P1		43, 512089	3, 969482
	P2	CS2	290° en P2	140° en P2	43, 512289	3, 969259
	P3	CS3	320° en P3	110° en P3	43, 512342	3, 968878
	P4	CS4		140° en P4	43, 512560	3, 968651
ZPR / 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

La Figure 7 montre la carte de localisation des sites de suivi scientifique des transects sur les stations rocheuses.

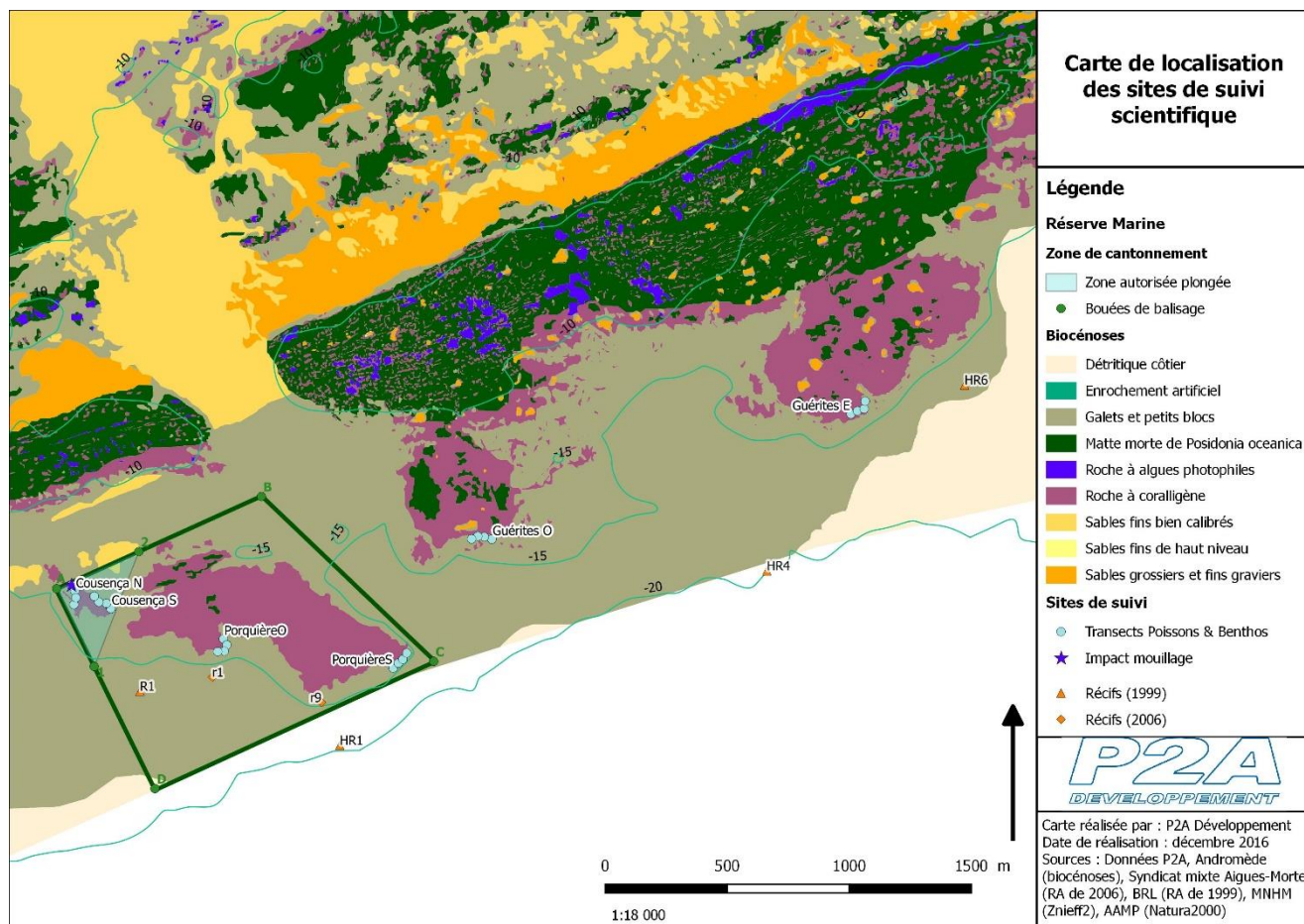


Figure 7. Carte de localisation des sites de suivi scientifique en plongée (transects sur les stations rocheuses)

L'analyse des données a été réalisée par P2A Développement.

Le calcul d'indices synthétiques a été réalisé afin de caractériser les stations et les communautés des espèces de téléostéen. Des analyses multivariées ont permis de réaliser des études comparatives sur l'ensemble des stations de suivi.

Les indices de mesure de la biodiversité utilisés dans cette étude sont :

- **L'abondance** : Elle correspond au nombre total d'individus d'une espèce, l'abondance peut aussi être calculée par site et concerner un ensemble d'individus présents sur une station et donc représentée par plusieurs taxons différents.
- **La richesse spécifique** : Dans un écosystème, la richesse spécifique d'une communauté ou d'un peuplement correspond au nombre de taxons que l'on y recense. Elle donne une première approche concernant les composantes de l'écosystème avec un cadre spatio-temporel bien défini. A partir du fichier de données traité, un calcul permettant de déterminer le nombre d'espèces par station est réalisé. Le but étant de comparer les richesses spécifiques entre chaque station.

- **L'indice de Shannon (H')** : cet indice est fréquemment utilisé en écologie pour mesurer la diversité spécifique. L'indice de Shannon 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 $\log_{10}(S)$ (avec S = nombre total d'espèces).

L'indice de Shannon est en réalité l'entropie d'ordre 1 du milieu, soit un cas particulier de l'entropie généralisée, dite entropie HCDT (Havrda, Chavàt, Daroczt et Tsallis (C. Tsallis (1988). « Possible generalization of Boltzmann-Gibbs statistics »)). L'entropie correspond à l'incertitude rencontrée lors de l'observation des individus d'une communauté. Lors d'une expérience à n issues possibles, on associe à chaque issue une probabilité d'obtention, soit p_i la probabilité d'obtention de l'issue i . L'entropie augmente avec la difficulté de la prévision de l'issue d'une expérience. Ainsi l'entropie est maximale lorsque chaque issue est équiprobable, elle est nulle lorsque l'issue de l'expérience est certaine. Dans le cas de la RMCP l'expérience est le comptage des effectifs du taxocène sur les transects et une issue correspond à une observation d'un individu. Il est admis dans la littérature que l'entropie est une bonne mesure de la diversité et que ces deux dernières sont positivement corrélées. L'indice de Shannon donne quasiment la même importance à chaque individu, le logarithme présent dans sa formule réduit l'importance des espèces les plus abondantes. Il est sensible aux variations d'importance des espèces les plus rares. Il est couramment utilisé et se calcule via la formule : Grall & 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

- **La régularité ou l'équitabilité (J')** : L'équitabilité ou indice de Pielou permet de mesurer l'écart entre la distribution réelle des abondances des taxons à une distribution uniforme. Les critères de Dalton (Dalton (1920) « The measurement of the inequality of incomes ») sont les propriétés fondamentales de l'équitabilité. L'équitabilité ne dépend que des fréquences et non des abondances absolues : elle augmente lorsqu'un individu d'une espèce fréquente est transféré vers une espèce rare, elle diminue quand une espèce rare est ajoutée et elle dispose d'une invariance d'échelle. L'indice de régularité permet, indépendamment de la richesse spécifique, de mesurer la répartition des individus au sein des espèces. Il oscille entre 0 (dominance d'une des espèces) et 1 (équirépartition des individus dans les espèces). Il se calcule de la façon suivante : Grall & Coïc, (2005)

$$J' = H' / \log(S)$$

Il ne faut pas oublier que ces deux indices restent dépendants de la taille des échantillons ainsi que du type d'habitat.

3.2.1.3. Suivis par caméras fixes

Des caméras vidéo sont utilisées en complément des comptages sur transects. Une caméra est fixée sur un pilier de transect pour chaque station de suivi (Figure 8).

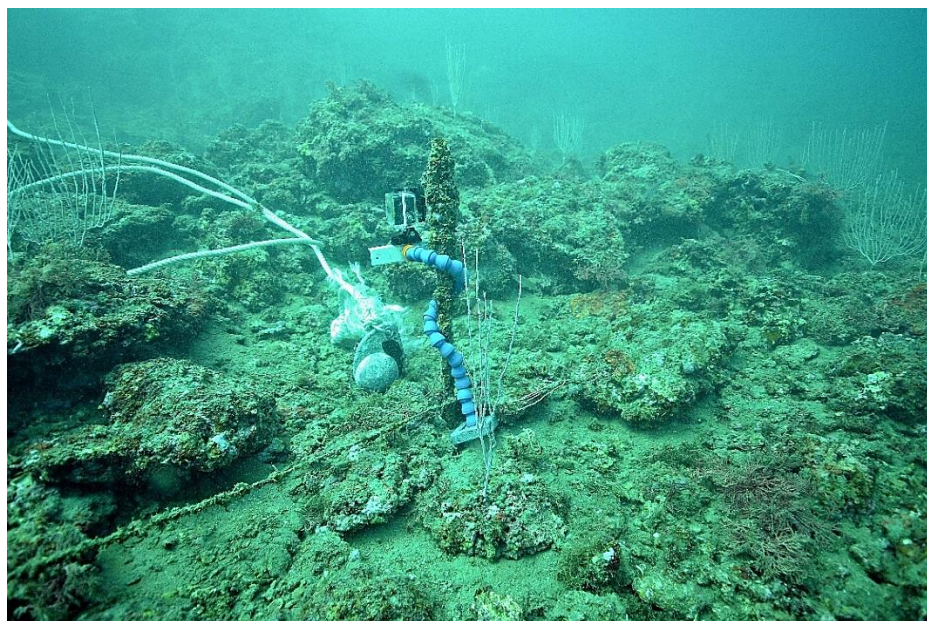


Figure 8. Photo sous-marine du positionnement de la caméra sur le piquet d'une station de suivi

Chaque caméra est positionnée en point fixe avec une orientation précise de manière à filmer la zone rocheuse. La maîtrise de ces paramètres permet d'établir un protocole répliquable sur les suivis annuels. L'objectif de cette mise en place vidéo est d'avoir une vision générale du site, sans la présence des plongeurs qui sont susceptibles d'effaroucher les poissons. Les vidéos ainsi obtenues permettent d'observer la faune mobile peuplant le site. Le Tableau 6 indique le pilier et la position dans laquelle est placée chaque caméra sur chaque site pour réaliser les vidéos.

Tableau 6. Informations sur les positionnements vidéo sur les différentes stations d'étude.

STATIONS		Vidéo de référence
ZR1	Cousança Nord	Azim.05° en P1
ZR2	Cousança Sud	Azim. 240° en P1
ZPR1	Porquières Ouest	Azim. 0° en P1
ZPR2	Porquières Sud	Azim 0° en P3
HR1	Guérites Ouest	Azim.320° en P1
HR2	Guérites Est	Azim. 0° en P3

Un traitement des vidéos est ensuite réalisé, les espèces détectables sont comptabilisées et une analyse des données est faite pour chaque station de suivi. Les vidéos des 6 sites (CN, CS, PS, PO, GE et GO) ont une durée minimale de 15 min. Pour le traitement et l'analyse des données, chaque espèce présente sur les vidéos a été identifiée (dans la mesure du possible, en fonction des conditions de visibilité). Le nombre d'individu total par espèce a été comptabilisé sur chacune des vidéos et ces

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

valeurs ont été ramenées à une abondance par unité de temps. L'unité de temps choisie est de 10 minutes.

Les espèces étudiées étant mobiles, la probabilité de passage des poissons devant les caméras est souvent un phénomène dû au hasard. En revanche, les probabilités de passage augmentent à mesure que les densités augmentent au sein d'un territoire. Ainsi, observer plus de poisson dans une fenêtre de temps défini est un indicateur représentatif de la densité. Le suivi de l'évolution de cette densité permet donc d'avoir des informations importantes sur les peuplements ichthyologiques de la réserve pour chaque année de suivi.

3.2.1.3.1. Suivi sur les récifs artificiels

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

Sur les récifs artificiels, les comptages ont été effectués en plongées sur un récif complet selon les méthodes développées par Charbonnel (Charbonnel *et al*, 1997)

Les sites retenus pour les suivis sont les suivants : R1, r1 et r9 situés dans la réserve et HR1, HR4 et HR6 situés hors réserve. Le tableau suivant (Tableau 7) donne les positions GPS des différents récifs suivis pour l'étude, ainsi que leur date d'immersion.

Tableau 7 : Position GPS et date d'immersion des différents récifs suivi

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

La Figure 9 montre la carte de la réserve marine de la côte Palavasienne avec l'emplacement des récifs artificiels.

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020
Réserve Marine de la Côte Palavasienne

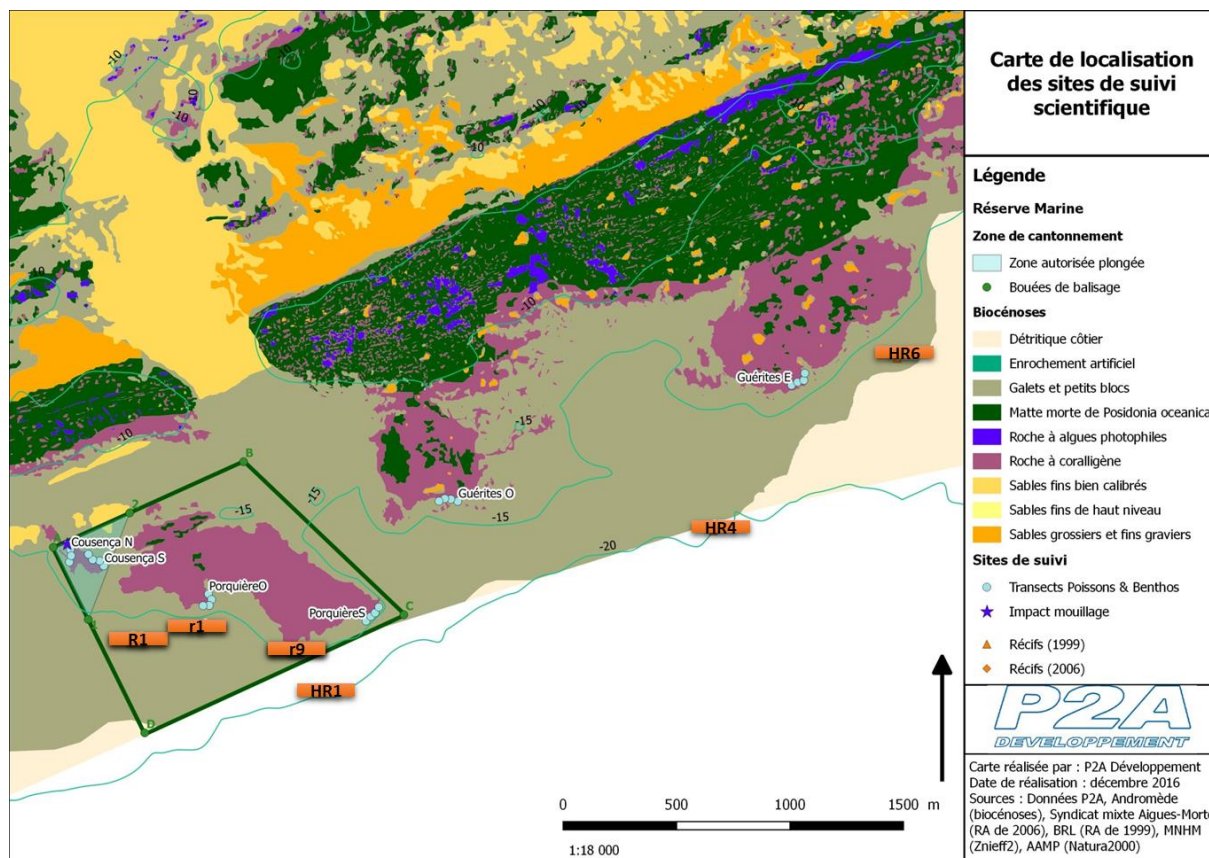


Figure 9. Carte de situation de la réserve marine de la côte Palavasienne avec l'emplacement des récifs artificiels

Les comptages sur les récifs sont effectués simultanément par deux observateurs réalisant chacun une rotation autour de chaque récif. Les comptages sont organisés en fonction du comportement des espèces (grégaires, craintives, démersales ou encore benthiques).

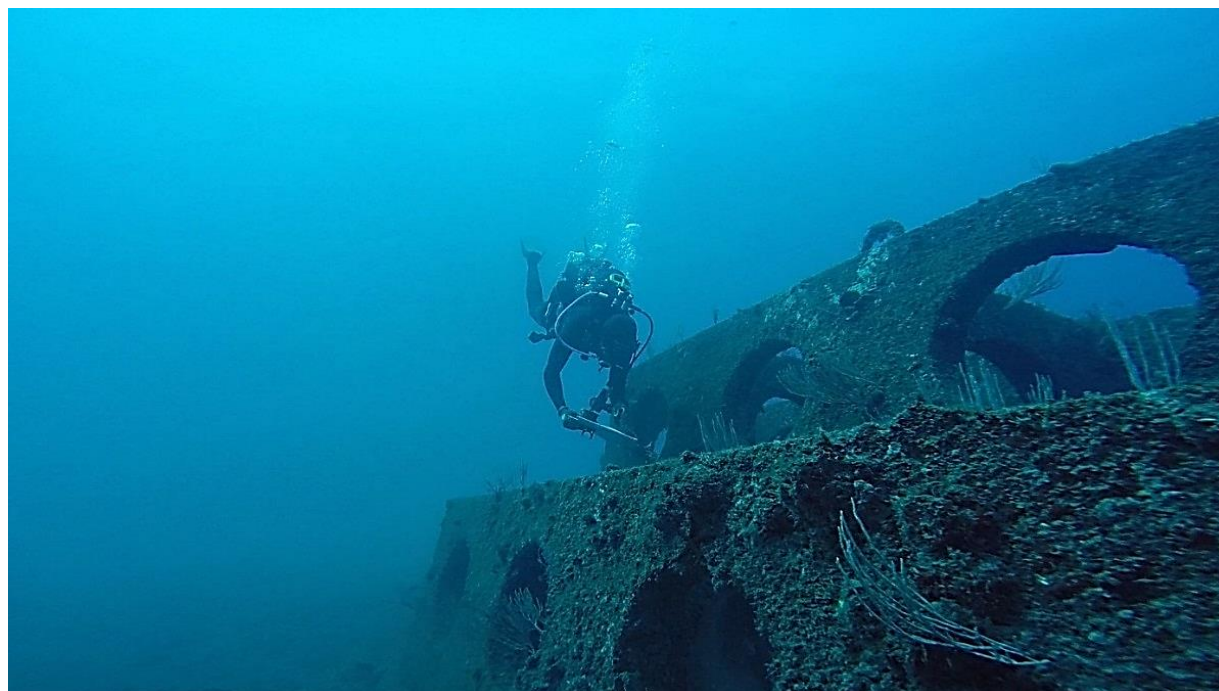


Figure 10. Plongeur réalisant un comptage sur récif de type « cube ». P2A développement

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020
Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Les photos ci-dessous (Figure 11) montrent les différents types de récifs artificiels inspectés pour le suivi de la biodiversité dans la réserve marine et en dehors de la réserve. Deux types de récifs sont suivis, les récifs de type « buse » (r1 et HR1) et les récifs de type « cube » (R1, r9, H6 et HR4).



Figure 11. Photographies sous-marines des structures de type « cube » (en haut) et de type « buse » (en bas). P2A développement

3.2.1.4. Suivi des fonds meubles par caméra tractée

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 caméras tractées ont été réalisées sur des transects situés dans et en dehors de la RMCP lors de la campagne de 2020. La Figure 12 ci-dessous représente la carte de localisation des transects pour le suivi des fonds meubles par caméra tractée.

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020
Réserve Marine de la Côte Palavasienne

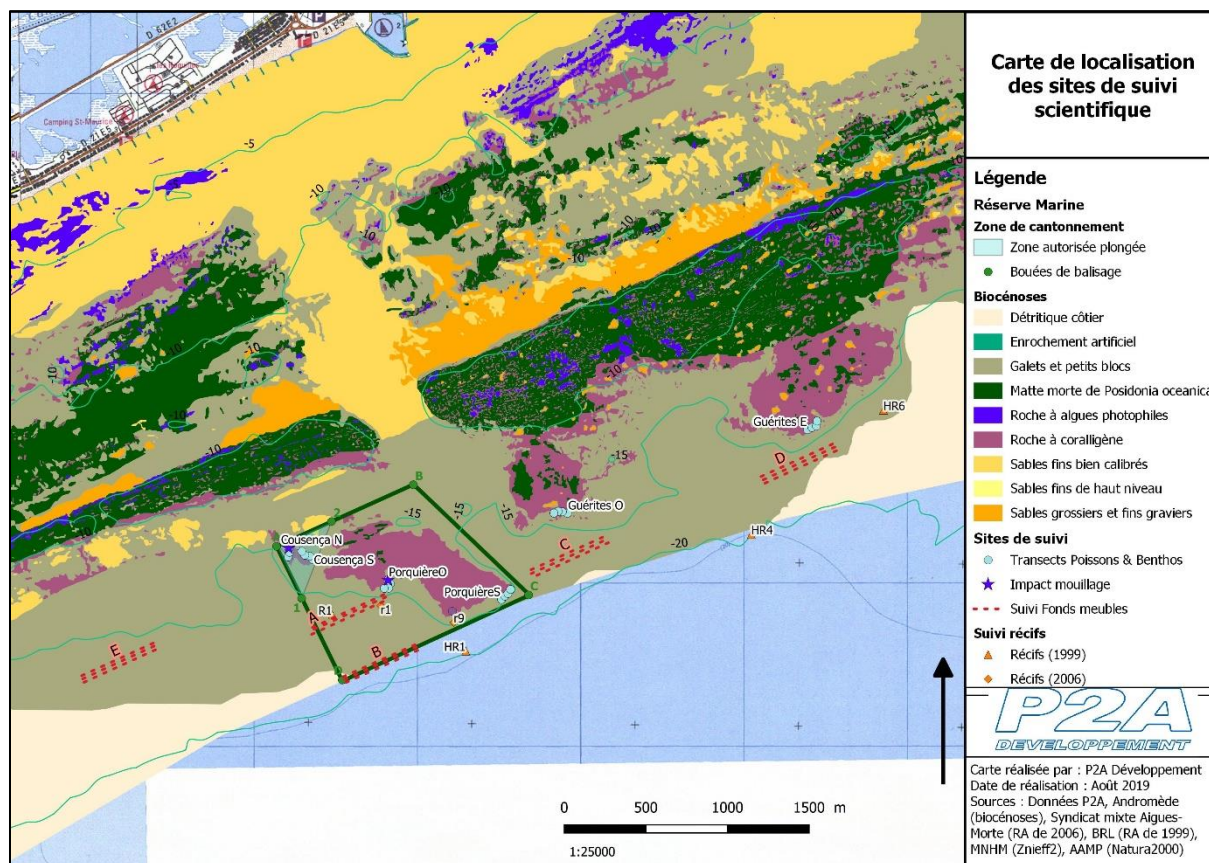


Figure 12. Carte de localisation des suivis scientifiques par caméra tractée (traits rouges discontinus)

Les espèces benthiques des 3 réplicats de chaque transect ont été comptabilisées pour chacune des deux caméras intégrées au dispositif de caméra tractée. A chaque espèce détectée, l'heure exacte de détection des organismes sur la vidéo a été annotée. Lorsque le même organisme a été détecté au même moment sur la caméra du haut et celle du bas, il a été comptabilisé une seule fois. Chaque transect ayant 3 réplicats, la longueur d'une série de transect est de 3X500 m soit 1500 m.

4. Suivi complémentaire (programme de science participative de la commission biologie FFESSM)

4.1.1. Campagnes de terrain

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 comptages benthiques et ichtyologiques dans la réserve (zone de protection renforcée). La campagne annuelle de suivi se déroule généralement de mai à octobre, à raison d'un suivi par mois. Les comptages 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.

4.1.2. Matériel et méthode

Lors de chaque sortie, plusieurs palanquées de 2 à 3 plongeurs (maximum 12 plongeurs au total) réalisent des inventaires benthiques et ichtyologiques sur la zone de la réserve (sites choisis de façon aléatoire). 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 a observé. La durée de recensement est de 20 minutes. La donnée collectée est alors une donnée qualitative (présence/absence) sur les espèces présentes sur le site lors des inventaires.

Les données reçues par la commission biologie de la FFESSM ont été traitées de la manière suivante :

- Une synthèse de toutes des observations de chaque palanquée, pour chaque sortie, a été réalisée pour les espèces benthiques et pour les espèces ichtyologiques,
- Pour chaque espèce, une moyenne des observations réalisées par les différentes palanquées a été faite, pour chaque sortie (par exemple, si la totalité des palanquées a recensé l'espèce 1, sa moyenne d'observation sera de 1, si la moitié seulement l'a observé, la valeur sera de 0,5),
- Un tableau de moyenne des détections, oscillant entre 0 et 1 pour chaque espèce et pour chaque sortie, est alors obtenu et représenté sous forme de graphique.

5. Résultats

5.1. Suivi de l'évolution de la biodiversité de la campagne de suivi principale de 2020

5.1.1. Suivi des espèces épibenthiques fixes

5.1.1.1. Analyse spatiale de la biodiversité benthique, campagne 2020

Le Tableau 8 présente les abondances des différentes espèces benthiques regroupées par familles et comptabilisées sur les transects dans les différentes stations. Un total de 1470 individus et de 25 espèces a été comptabilisé sur l'ensemble des stations.

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Tableau 8. Synthèse des effectifs des espèces benthiques recensées par famille sur les différentes stations de suivi (Cousaça Nord (CN), Cousaça Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).

Espece	Noms vernaculaires	CN	CS	PO	PS	GO	GE
Niveau de protection		Zone réglementée		Zone de protection		Hors réserve	
BRYOZOAIRE							
<i>Myriapora truncata</i>	Faux corail						
<i>Schizobrachiella sanguinea</i>	Bryzoaire encroûtante rouge		3				
ANTHOZOAIRE							
<i>Alcyonium acaule</i>	Alcyon Méditerranéen	9	3	2	15	8	2
<i>Alcyonium coralloïdes</i>	Alcyon coralloïde	2			5	1	
<i>Eunicella singularis</i>	Gorgone blanche	250	165	110	117	278	96
ECHINODERMES							
<i>Arbacia lixula</i>	Oursin noir				4	1	
<i>Asterina gibbosa</i>	Astérie bossue					1	
<i>Echinaster sepositus</i>	Etoile de mer rouge	3	5	3	8	5	5
<i>Holothuria forskali</i>	Holothurie noir	6	12		3	12	3
<i>Holothuria tubulosa</i>	Holothurie tubuleuse	2		2	3		
<i>Ophiotrix fragilis</i>	Ophiure fragile						
<i>Paracentrotus lividus</i>	Oursin violet						
<i>Sphaerechinus granularis</i>	Oursin granuleux	1	4		3	1	1
SPONGIAIRES							
<i>Acanthella acuta</i>	Eponge épineuse orange						
<i>Agelas oroides</i>	Agélas orangée				1		
<i>Amphilectus fucorum</i>	Eponge mousse de carotte						
<i>Aplysina aerophoba</i>	Vérongia	3	3		2	2	1
<i>Axinella damicornis</i>	Axinelle plate						
<i>Chondrosia reniformis</i>	Eponge rognion	1	1		1	1	
<i>Cliona celata</i>	Clione jaune			3	3		2
<i>Cliona viridis</i>	Clione verte	4	15	13	50	2	10
<i>Corticium candelabrum</i>	Eponge coussinet orange					2	
<i>Crambe crambe</i>	Eponge encroûtante orange	13	19		16	14	6
<i>Petrosia ficiformis</i>	Eponge-pierre	10	9	10			6
<i>Phorbas tenacior</i>	Eponge encroûtante bleuâtre						
<i>Spongia officinalis</i>	Eponge de toilette	2			7	13	1
<i>Spongia lamella</i>	Eponge oreille d'éléphant						
<i>Suberites carnosus</i>	Eponge-balle						
	Eponge rouge indéterminée		10	5	13	5	5
MOLLUSQUES							
<i>Bolma rugosa</i>	Astrée rugeuse						1
<i>Pina rudis</i>	Nacre épineuse						
<i>Pina nobilis</i>	Grande nacre				1		
TUNICIERS							
<i>Halocynthia papillosa</i>	Ascidie rouge				1		1
<i>Phallusia fumigata</i>	Ascidie noire				7	1	
ANNELIDES TUBICOLES							
<i>Serpula vermicularis</i>	Serpule						
<i>Apomatus similis</i>	Protule	2	6	3	3	3	1
CNIDAIRES							
<i>Anemonia veridis</i>	Anémone verte						
<i>Aiptasia mutabilis</i>	Aiptasie verte		1		2		
Total par station		308	256	151	265	350	141
Richesse spécifique		14	14	9	21	17	15

L'espèce la plus représentée est la gorgone blanche *Eunicella singularis* avec 1016 individus recensés sur l'ensemble des stations. A noter que le Violet, *Microcosmus sulcatus* appelé aussi « biju » est une espèce d'intérêt commercial du fait de sa présence en particulier dans le domaine de la restauration. En 2000, il y avait 20 équipages qui exploitaient le biju en plongée sur le territoire de la Prud'homie de Palavas-les-Flots. Or, lors des inventaires de 2019 et de 2020, aucun individu n'a été recensé. Sa présence de plus en plus rare sur nos côtes amène à une problématique de gestion des ressources.

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020
Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Les abondances totales par station durant la campagne de 2020 (Figure 13. Abondance cumulée en 2020 montre que la station de Guérites Ouest présente la plus grande abondance en faune benthique avec 350 individus comptabilisés au total.

La gorgone blanche, *Eunicella singularis* est une espèce sessile nettement représentée sur les stations étudiées. En effet, elle représente en moyenne 68,4% de la contribution en abondance des espèces benthiques. L'abondance cumulée totale sur chaque station est directement influencée par la présence de cette espèce puisque l'on comptabilise par exemple 278 individus sur la station de Guérites Ouest (Figure 14) pour un total de 350 individus (Figure 13).

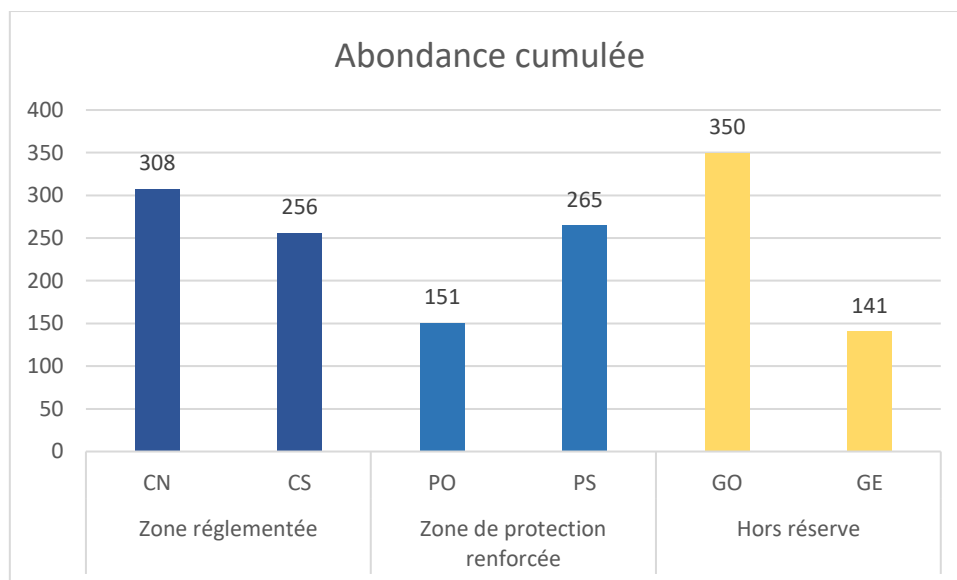


Figure 13. Abondance cumulée en 2020, (Cousaça Nord (CN), Cousaça Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).

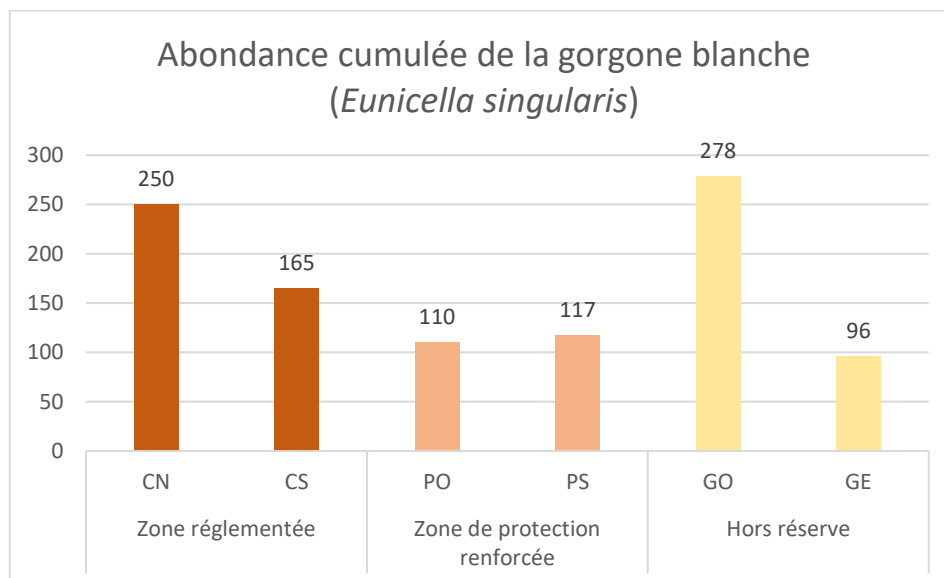


Figure 14. Abondance de la gorgone blanche *Eunicella singularis* sur les différentes stations en 2020, (Cousaça Nord (CN), Cousaça Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020
Réserve Marine de la Côte Palavasienne

L'analyse de la richesse spécifique sur chaque station (Figure 15) montre que la station de Porquières Sud, comme pour le suivi de 2019, est la plus riche, avec 21 espèces rencontrées dont des éponges et la présence notable de la grande nacre de Méditerranée (*Pinna nobilis*, Figure 16).

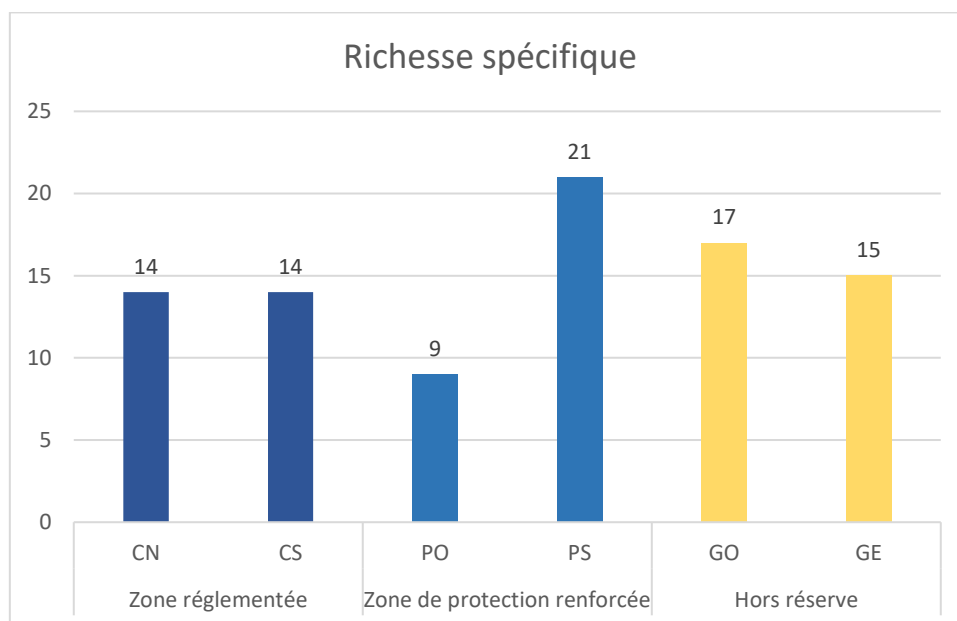


Figure 15. Richesse spécifique par station en 2020, (Cousaça Nord (CN), Cousaça Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).



Figure 16. Photographie sous-marine de la grande nacre *Pinna nobilis* sur la station de Porquières Sud en 2020.

Le calcul des indices de diversité (indice de Shannon) et d'équitabilité (indice de Piélu) montre une diversité spécifique supérieure pour les stations de Cousaça Sud et Porquières Sud (Figure 17). Les

stations de Cousançà Sud et Porquières Sud présentent également les résultats d'équitabilité les plus élevés, suggérant que ce sont les stations les plus équilibrées en termes de distribution des espèces.

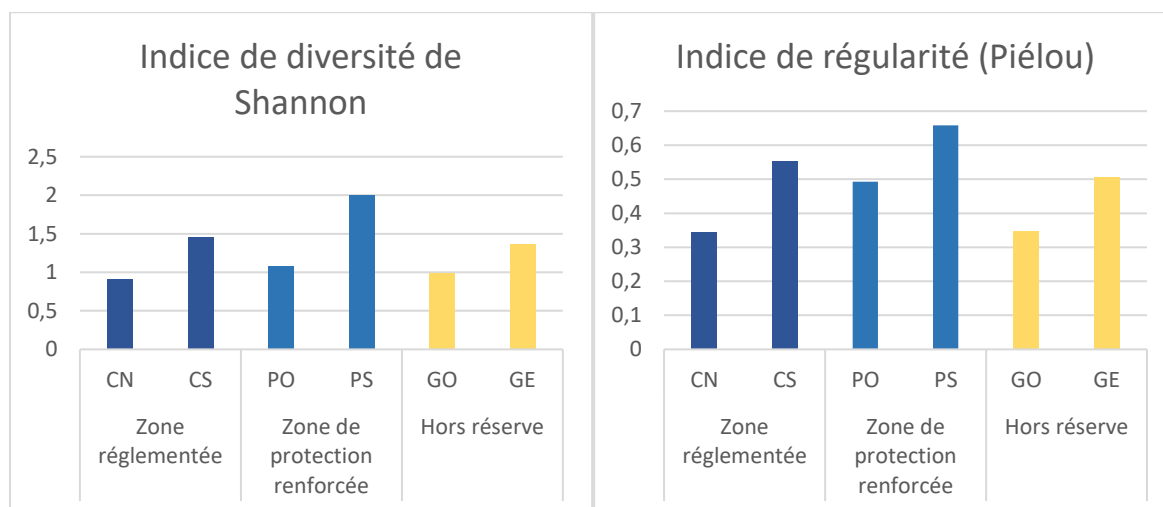


Figure 17. Calcul des indices de diversité et d'équitabilité sur les différentes stations, (Cousançà Nord (CN), Cousançà Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).

En ce qui concerne les espèces épibenthiques fixes pour ce suivi de 2020, une forte abondance sur la station de Guérites Ouest est observée, principalement due à une forte abondance de gorgones blanches (*Eunicella singularis*).

En revanche, la station de Porquières Sud est la plus riche, la plus diversifiée et la plus équilibrée en espèce benthique, avec notamment la présence de la grande nacre, *Pinna nobilis*.

5.1.1.2. Évolution de l'espèce épigée *Eunicella singularis* sur la zone de Cousançà

Les données récoltées sur le site de Cousançà, ainsi que sur le site de Porquières, site témoin, sont présentés dans le tableau ci-dessous (

Tableau 9). Les gorgones inférieures à 10 cm sont considérées comme juvéniles (Parc national de Port-Cros, 2014).

Une analyse ciblée sur l'état de vitalité des gorgones (analyse de la nécrose) a été réalisée. L'observation de chaque individu a permis d'évaluer le pourcentage de nécrose des gorgones. Les gorgones nécrosées sont principalement colonisées par un cnidaire, l'alcyon acaule (*Alcyonium acaule*).

Tableau 9. Synthèse comparative des paramètres mesurés sur les populations de gorgone blanche *Eunicella singularis* sur les sites Cousanço Sud et Porquières Ouest (colonies juvéniles correspond aux colonies inférieures à 10 cm)

	Cousanço Sud	Porquières Ouest
Abondance totale	297	91
Abondance des colonies juvéniles	170	5
Abondance des colonies adultes	126	86
Densité/m2	24,75	7,58
Taille moyenne (en cm)	12,62 ± 10,71	23,84 ± 8,95
Pourcentage de gorgone nécrosés	28,96 %	52,75 %
Pourcentage de gorgone adultes nécrosés	46,46 %	52,33 %
Pourcentage moyen total de nécrose par gorgone	24,89 %	18,40 %
Pourcentage d'adulte entièrement nécrosé	29,92 %	12,79 %

La densité de gorgones au m² est inférieure sur le site de Porquières par rapport à la densité observée sur le site de Cousanço. Plus particulièrement, l'abondance des juvéniles est plus importante sur le site de Cousanço Sud (170 gorgones contre 5 sur le site témoin) et représente plus de la moitié de la population. La taille moyenne des gorgones est significativement plus grande sur le site de Porquières Ouest (WILCOXON, p-value<2,2^e-16).

Plus de la moitié de la population de Porquières Ouest est nécrosée, alors que seulement 29 % des gorgones du site de Cousanço Sud sont nécrosées. Cependant, le pourcentage moyen de gorgones nécrosés augmente pour le site de Cousanço pour les organismes adultes jusqu'à 46,5 %. De plus, le taux de nécrose moyen par gorgone est plus faible pour les organismes du site de Porquières Ouest (18,4% contre 24,9% pour le site de Cousanço Sud). Enfin, le pourcentage d'adulte entièrement nécrosé est deux fois plus important sur le site de Cousanço Sud (29,9% vs 12,8% pour PO).

La figure ci-dessous (Figure 18. L'histogramme des fréquences des classes de taille (en cm) du peuplement de *Eunicella singularis* identifié sur le site de Porquières Ouest (dans la zone de protection renforcée), et de Cousanço Sud (dans la zone réglementée).) présente la répartition des tailles des *Eunicella singularis*. L'abondance des gorgones adultes représente 95% de la population du site de Porquières Ouest, contre 46% sur le site de Cousanço. La population de *Eunicella singularis* sur site de Cousanço Sud est représentée à 57 % par des gorgones juvéniles. La population du site de Porquières Ouest est représentée à 67% par des organismes entre 30 et 50 cm, la part des gorgones juvéniles ne représente que 5% de la population.

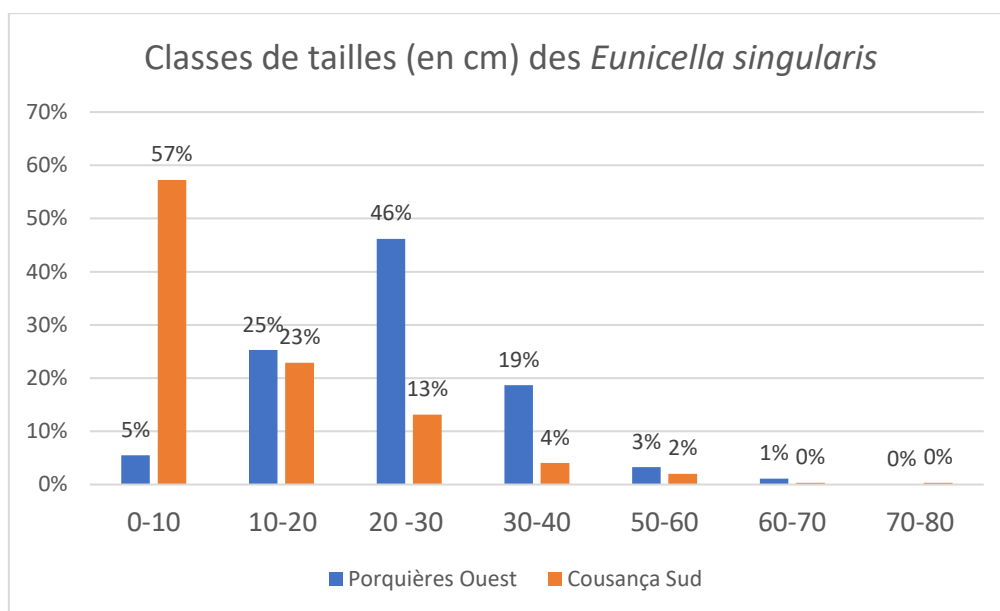


Figure 18. L'histogramme des fréquences des classes de taille (en cm) du peuplement de *Eunicella singularis* identifié sur le site de Porquières Ouest (dans la zone de protection renforcée), et de Cousanço Sud (dans la zone réglementée).

L'étude de l'espèce indicatrice *Eunicella singularis* sur les deux sites (site fréquenté et zone sanctuaire) témoigne d'un phénomène de recrutement pour cette année 2020 plus important dans la zone de Cousanço. En effet, 57 % de la population est représentée par des gorgones juvéniles. La moitié des spécimens adultes (> 10cm) sont nécrosés et 30% présentent une nécrose totale.

Les gorgones adultes sont plus nécrosées sur le site fréquenté (Cousanço).

La population de Porquières Ouest est significativement plus grande que celle de Cousanço, soumise aux activités de plongée.

5.1.2. Évaluation de la biodiversité des espèces mobiles (téléostéens, crustacés et mollusques)

5.1.2.1. Suivi sur substrat rocheux

5.1.2.1.1. Analyse spatiale de la biodiversité ichthyologique, campagne 2020

Le tableau suivant présente les abondances des différentes espèces recensées sur les différentes stations lors de la campagne de suivi de 2020. Au total 9164 individus sont comptabilisés sur l'ensemble des 6 stations.

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020
Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Tableau 10. Synthèse des effectifs de la biodiversité ichthyologique sur les différentes stations lors de la campagne 2020, (Cousançà Nord (CN), Cousançà Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).

ESPECE PAR FAMILLE	NOM VERNACULAIRE	CN	CS	PS	PO	GE	GO	Total par station
Niveau de protetion		Zone réglementée		Zone de protection renforcée		Hors réserve		
POISSONS								
BLENNIIDAE								
Parablennius gattorugine	Cabot	1	1			1		3
Parablennius rouxi	Blennie de roux	2	4	2	24	3	25	60
CARANGIDAE								
Trachurus trachurus	Chinchars commun	80	10	200	245	128	255	918
CENTRACANTHIDAE								
Spicara maena	Mendole		68		123			191
Spicara smaris	Picarel		10	101				111
CLUPEIDAE								
Sardina pilchardus	Sardine d'Europe				200	20		220
GOBIIDAE								
Gobius cruentatus	Gobie à bouche rouge			5		1		6
Gobius minutus	Gobie minuscule	4						4
Gobius xanthocephalus	Gobie à tête jaune	6	36	28	51	8	21	150
Thorogobius ephippiatus	Gobie léopard	15			50	1		66
LABRIDAE								
Coris julis	Girelle commune	39	64	18	20	26	14	181
Ctenolabrus rupestris	Rouquié	46	35	31	47	18	36	213
Labrus bimaculatus	Vieille coquette					1		1
Labrus merula	Labre merle		1	2	3			6
Labrus viridis	Labre vert				4			4
Symphodus doderleini	Crénilabre de Doderlein		3	1				4
Symphodus mediterraneus	Crénilabre Méditerranéen		1	16				17
Symphodus melanocercus	Crénilabre à queue noire	5		7	12		7	31
Symphodus tinca	Crénilabre paon	1		1				2
MORONIDAE								
Dicentrarchus labrax	Bar commun/loup	4						4
MULLIDAE								
Mullus surmuletus	Rouget barbet de roche	80	11	60	19	1	16	187
POMACENTRIDAE								
Chromis chromis	Castagnole	60	520	482	170	60	373	1665
SCORPAENIDAE								
Scorpaena notata	Petite rascasse rouge			1	1			2
Scorpaena porcus	Rascasse brune	1	2		2		1	6
Scorpaena scrofa	Chapon		1			1	1	3
SERRANIDAE								
Serranus cabrilla	Serran-chèvre	24	35	43	20	12	28	162
Serranus scriba	Serran-écriture			1	1			2
SPARIDAE								
Boops boops	Bogue	570	650	856	230	255	1242	3803
Diplodus annularis	Sparaillon	21	3		33	17		74
Diplodus sargus	Sar commun	10	4	22	143	2	6	187
Diplodus vulgaris	Sar à tête noir	37	21	15	107			180
Oblada melanura	Oblade	500	1		64			565
Pagrus pagrus	Pagre	4	6					10
Sarpa salpa	Saupe	70	1		25			96
Sparus aurata	Daurade royale	2	4					6
TRIPTYERYGIIDAE								
Tripterygion tripteronotus	Triptérygion rouge		1					1
CRUSTACES								
Palinurus elephas	Langouste rouge			16				16
Total par station		1582	1493	1908	1594	555	2025	9157
Richesse spécifique		23	22	22	24	18	13	

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020
Réserve Marine de la Côte Palavasienne

L'abondance cumulée la plus élevée est pour la station de Guérites Ouest avec 2025 individus (Figure 19). Ce résultat est dû à l'observation sur le transect d'un banc de bogues (*Boops boops*) estimé à 1242 individus. C'est ensuite la station de Porquières Sud qui présente une abondance de 1843 individus.

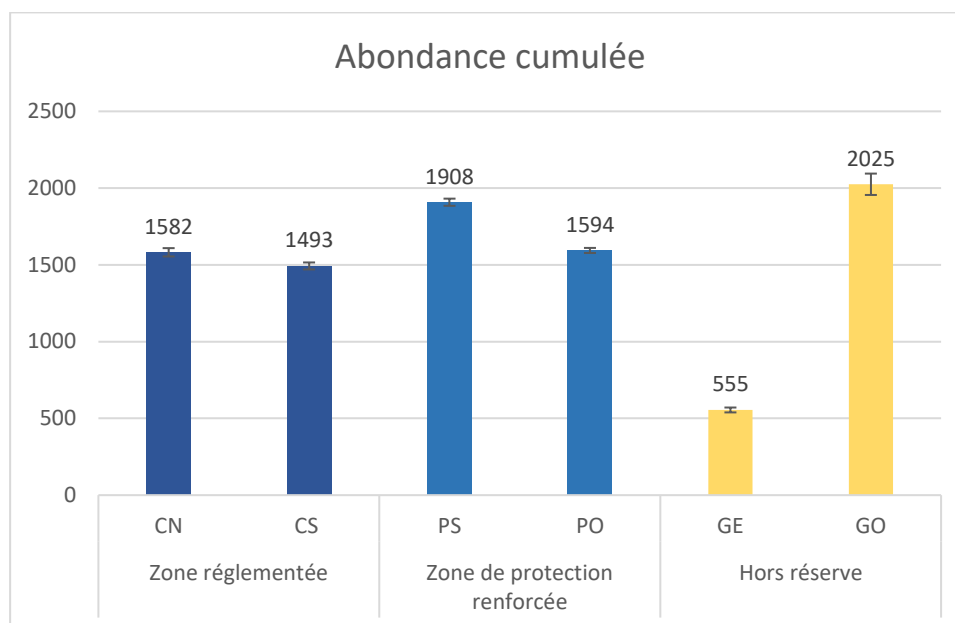


Figure 19. Abondance totale par station pour le suivi de 2020, les barres d'erreurs représentent les écart-types (Cousanço Nord (CN), Cousanço Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).

La bogue (*Boops boops*), la castagnole (*Chromis chromis*), la mendole (*Sicara maena*), le picarel (*Spicara smaris*) et la sardine d'europe (*Sardina pilchardus*) sont des espèces mobiles et grégaires, leur présence sur un transect donnée est due au hasard. Les abondances totales sont recalculées en les excluant de chaque station (Figure 20. Abondance cumulée (hors pélagique grégaire), (Cousanço Nord (CN), Cousanço Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)). Les abondances sont globalement plus importantes sur les sites situés dans la réserve. Les stations Cousanço Nord et Porquières Ouest ont une abondance, au moins, deux fois supérieure aux stations situées en dehors de la réserve.

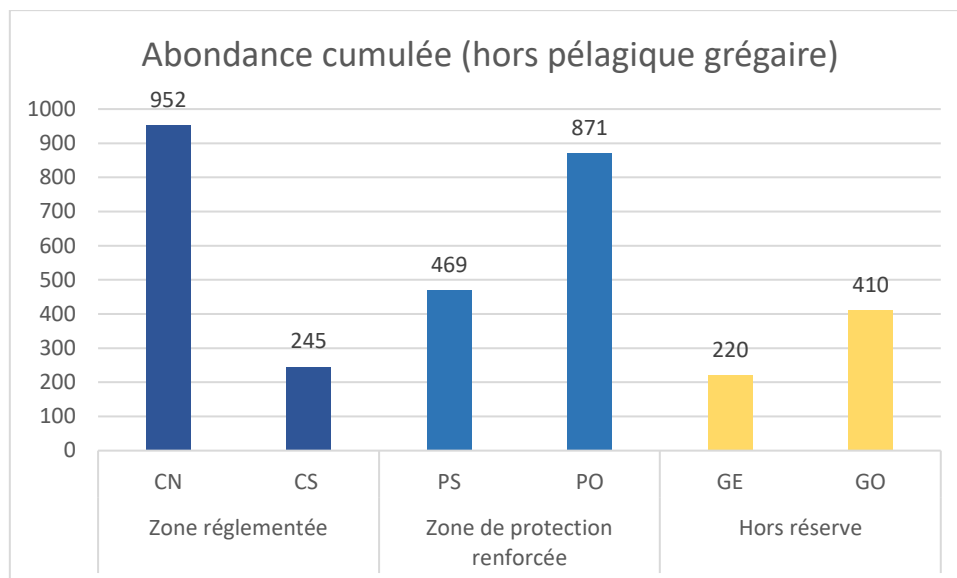


Figure 20. Abondance cumulée (hors pélagique grégaire), (Cousança Nord (CN), Cousança Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).

Les moyennes des abondances des stations situées dans la réserve et en dehors de la réserve montrent une abondance supérieure dans la réserve, avec $634,2 \pm 167,3$ individus dans la réserve et $315 \pm 68,2$ individus hors réserve (Figure 21).

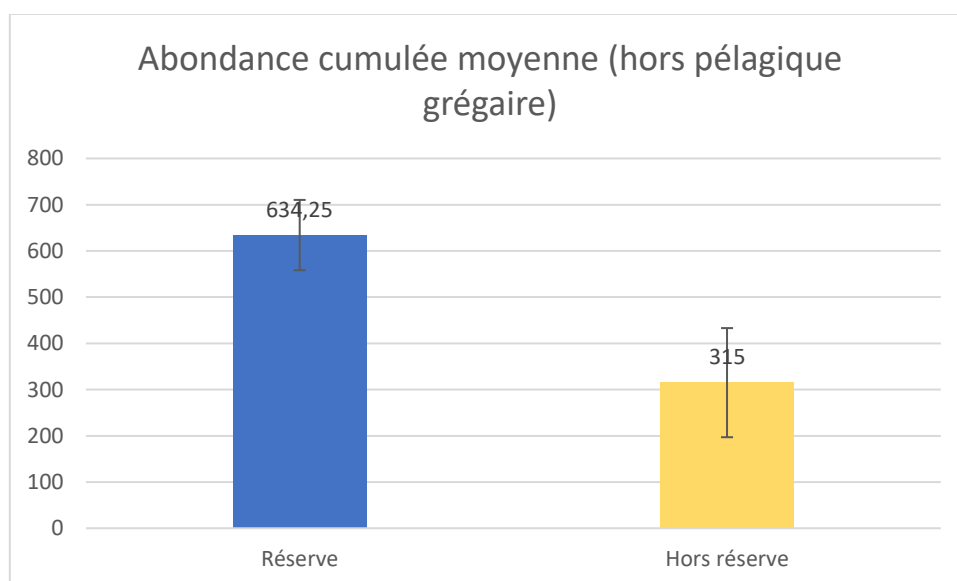


Figure 21. Moyenne des abondances dans la réserve et hors réserve, hors pélagique grégaire.

L'analyse de la richesse spécifique par station (Figure 22) montre une richesse spécifique supérieure à la richesse moyenne dans les stations de la réserve. Les stations en dehors de la réserve présentent des richesses spécifiques inférieures à celles relevées dans la réserve, ainsi qu'à la richesse spécifique moyenne. La station qui présente la richesse spécifique la plus élevée est la station de Porquières Ouest avec 24 espèces rencontrées.

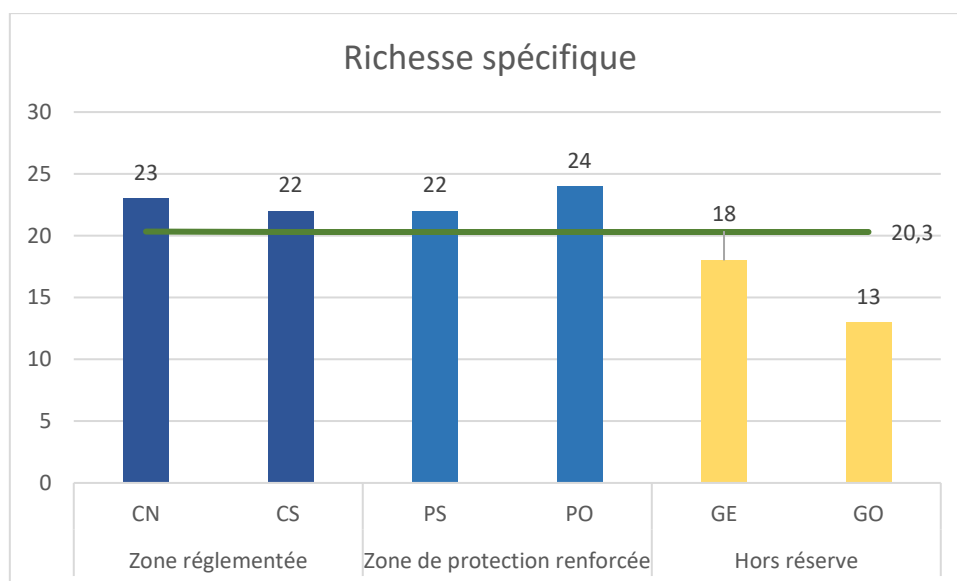


Figure 22. Richesse spécifique des stations, la moyenne de la richesse spécifique de toutes les stations est spécifiée par la ligne verte (Cousaça Nord (CN), Cousaça Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).

Les figures suivantes présentent les indices de diversité et de régularité sur les différentes stations de suivi. La station qui présente la plus grande diversité et la meilleure équitabilité est la station de Porquières Ouest.

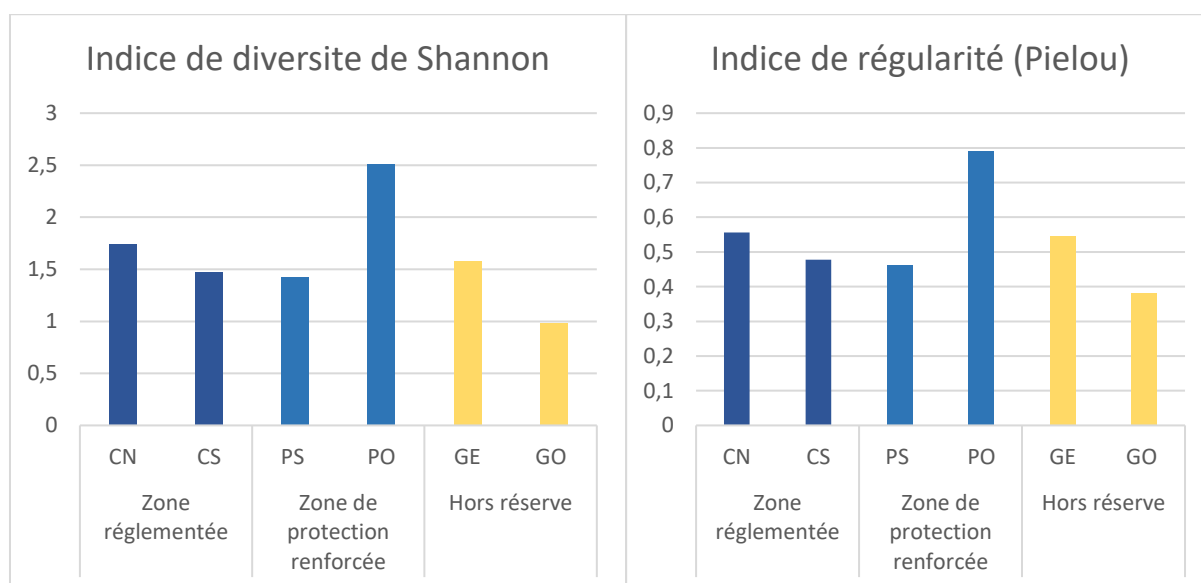


Figure 23. Indice de Shannon et Pielou du suivi ichthyologique sur substrat rocheux en 2020, (Cousaça Nord (CN), Cousaça Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).

En 2020, l'abondance moyenne ainsi que les richesses spécifiques recensées sur les stations de suivi dans la réserve sont supérieures à celles des stations témoins (respectivement $634,2 \pm 167,3$ et $315 \pm 68,1$ individus). Les grandes disparités observées entre les stations sont liées à la présence ponctuelle et localisée de nombreux bancs de poissons très mobiles : bogues (*Boops boops*), la mendole (*Sicara maena*), castagnoles (*Chromis chromis*) et sars (*Diplodus sp*).

La station de Porquières Ouest est la plus riche, la plus abondante et la plus équilibrée.

5.1.2.1.2. Analyse de l'évolution temporelle de l'abondance ichthyologique depuis 2016

La Figure 24 montre l'évolution des abondances des poissons pour l'ensemble des suivis (2016, 2018, 2019 et 2020). Les résultats montrent une tendance à l'évolution au cours du temps, même si le suivi de 2019 semble « exceptionnel » en termes d'abondance pour la station de Porquières Ouest et Cousança Sud.

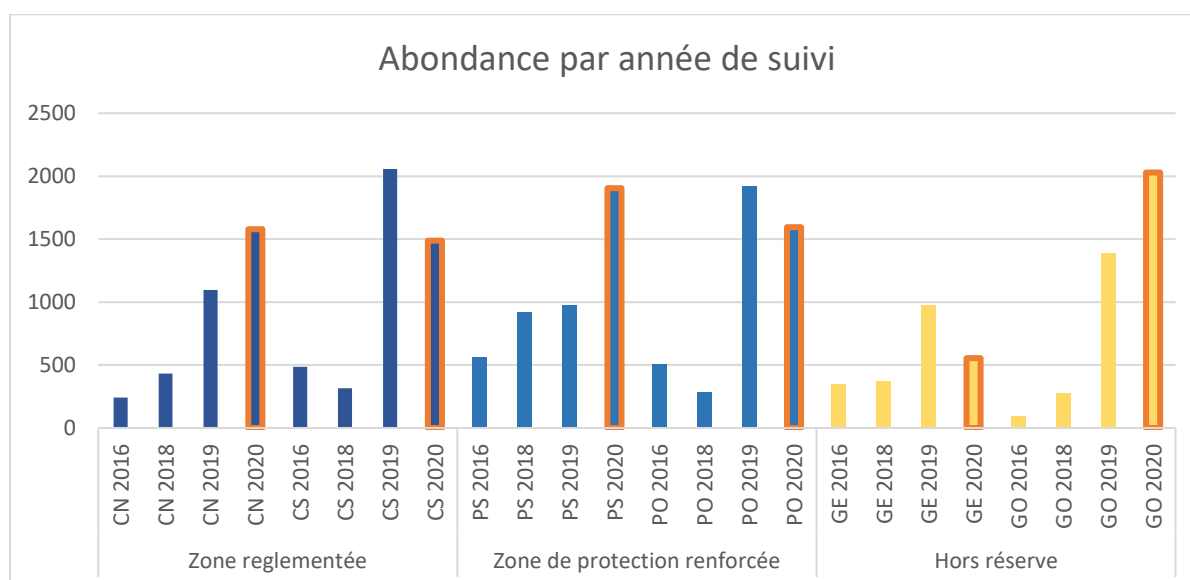


Figure 24. Carte de localisation des sites de suivi scientifique en plongée (transects sur les stations rocheuses), les relevés de l'année 2020 sont entourés en orange, (Cousança Nord (CN), Cousança Sud (CS), Porquières Ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites Ouest (GO) et Guérites Est (GE)).

La figure suivante montre l'évolution de la faune pour les années de suivis de 2016, 2018, 2019 et 2020. De gauche à droite le degré de mise en réserve est croissant au même titre que l'échelle de temps. Les abondances des suivis 2019 et 2020 augmentent fortement sur l'ensemble des zones. En 2020, l'abondance la plus élevée est observée sur la zone de protection intégrale.

Quel que soit le degré de protection, l'abondance a triplé à minima entre le suivi de 2016 et le suivi de 2020.

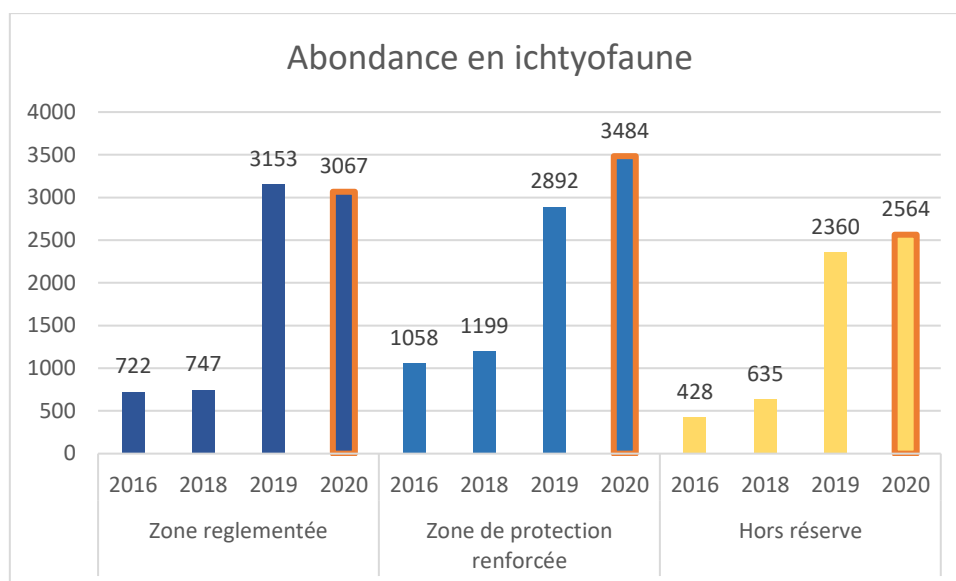


Figure 25. Évolution temporelle de l'abondance sur les stations regroupées par niveau de protection.

L'analyse comparée des sites par année de suivi en fonction de leur degré de protection montre une nette augmentation des abondances en 2019 et 2020 et cette observation est valable pour l'ensemble des sites (Cousançà, Porquières, Guérites). Il est cependant trop prématuré pour parler d'effet réserve et spillover.

5.1.2.1.3. Étude de l'évolution des espèces-cibles pour le suivi de 2020

Les espèces cibles représentent les espèces d'intérêt commercial. Parmi ces espèces, les sparidés occupent une place prépondérante, en effet les espèces du genre *Diplodus* comme le sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*), le sar commun (*Diplodus sargus*), le sparaillon (*Diplodus annularis*) ou encore la daurade royale (*Sparus aurata*) sont des espèces recherchées pour leur intérêt commercial. Le loup (*Dicentrarchus labrax*) et le rouget de roche (*Mullus surmuletus*) présentent un fort intérêt halieutique.

Enfin, la girelle (*Coris julis*) et le serran-chevrette (*Serranus cabrilla*) présentent des intérêts commerciaux moins importants mais ce sont des espèces dites de « soupe » très ciblées par la pêche à la palangrotte.

Les espèces cibles analysées sont les suivantes :

- La girelle (*Coris julis*) et le serran chevrette (*Serranus cabrilla*),
- Le rouget de roche (*Mullus surmuletus*),
- Les sars (*Diplodus annularis*, *Diplodus sargus* et *Diplodus vulgaris*).

La comparaison des abondances et des tailles pour la daurade royale (*Sparus aurata*) et le loup (*Diplodus sargus*) n'ont pas pu être réalisée car seulement 6 spécimens de chaque ont été rencontrés sur les stations de Cousançà.

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Nos analyses ont été focalisées sur les abondances cumulées pour chaque site des espèces cibles (Figure 26). Les espèces du genre *Diplodus* ont des abondances nettement supérieures sur la station de Porquières Ouest et ce pour les 3 espèces étudiées. En revanche, très peu de spécimens sur les stations des Guérites sont observés. La girelle (*Coris julis*) est plus représentée sur les stations de Cousança et le serran chevrette (*Serranus cabrilla*) est plus représenté sur stations de Cousança et de Porquières, dans la réserve. Enfin, les stations de Cousança Nord et de Porquières Sud sont les plus abondantes en rouget (*Mullus surmuletus*).

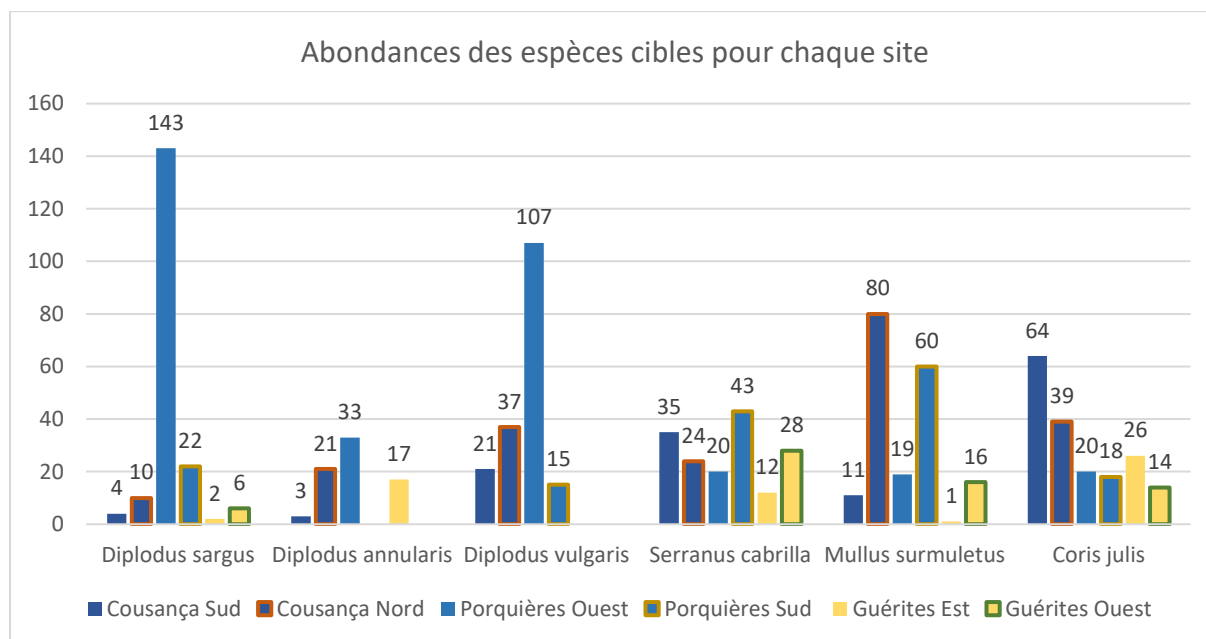


Figure 26. Abondance des espèces cibles sur les différentes stations de suivi en 2020

Les tailles moyennes des espèces cibles sur les différentes stations (Figure 27) montrent des différences significatives de taille de téléostéens en fonction de leur site de protection. Plus particulièrement, la moyenne des tailles du sar commun (*Diplodus sargus*) est supérieure dans la zone de protection renforcée (Porquières Ouest, Porquières Sud), mais cette différence n'est pas significative ($p\text{-value} > 0,05$). Le sparailon (*Diplodus annularis*), le rouget (*Mullus surmuletus*) et la girelle (*Coris julis*) ont des tailles significativement supérieures ($p\text{-value} < 0,05$) dans les zones de protections renforcées (Porquières Sud ou Porquières Ouest) en comparaison aux zones hors réserves (Guérites Ouest ou Guérites Est). Les zones protégées (Cousança Nord et Sud) présentent aussi des tailles significativement supérieures ($p\text{-value} < 0,05$) aux zones hors réserve pour le sparailon (*Diplodus annularis*), le rouget (*Mullus surmuletus*) et la girelle (*Coris julis*). En revanche, les tailles des différentes stations *Serranus cabrilla* ne sont significativement pas différentes.

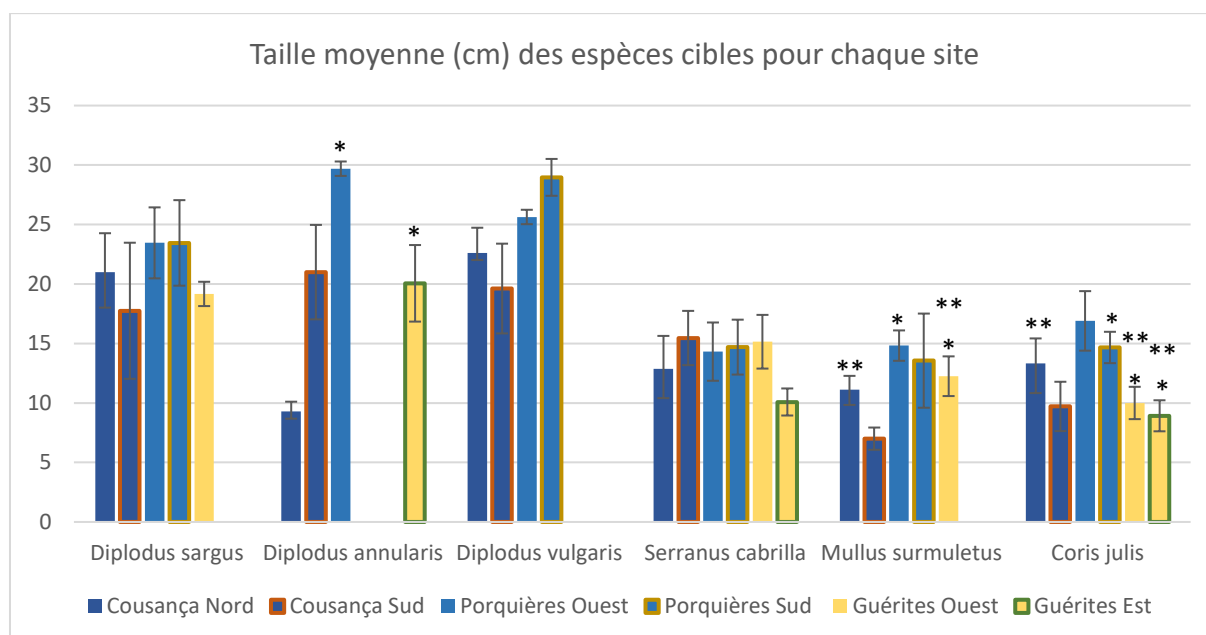


Figure 27. Étude de la taille moyenne des espèces cibles en fonction du degré de protection de la zone. Test de Wilcoxon, différence significative $p\text{-value} < 0,05$ entre la zone de protection renforcée et hors réserve (*) et entre la zone réglementée et hors réserve (**).

En 2020, les sars (*Diplodus sp*), le rouget (*Mullus surmuletus*) et la girelle (*Coris julis*) sont plus abondants dans la réserve. La daurade royale (*Sparus aurata*) n'a été identifié que dans la zone réglementée.

Les taille moyennes sont significativement plus grandes dans la réserve.

La présence et la taille du serran chevrette (*Serranus cabrilla*) ne peuvent être corrélées avec le niveau de protection des sites.

5.1.2.1.4. Suivi de la biodiversité par caméras fixes

Le suivi de la biodiversité et en particulier des espèces mobiles en 2020 par caméra fixe a permis de compléter les données acquises lors des campagnes de terrain traitées précédemment. Le tableau suivant (

Tableau 11) présente les valeurs d'abondance de chaque espèce observée par unité de temps (10 min) pour l'année 2020. Les stations Guérite Est et Porquières Ouest n'ont pu être traitées en raison de problèmes techniques. Les résultats sont donc présentés par zones : Cousaça Nord et Sud correspondent à la Zone Réglementée, Porquières Sud correspond à la Zone de Protection Renforcée, et Guérite Ouest à la Zone Hors Réserve.

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020
Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Tableau 11. Synthèse des abondances par zone (Cousança Nord et Sud correspondent à la Zone Réglementée (ZR), Porquières Sud correspond à la Zone de Protection Renforcée (ZPR), et Guérite Ouest à la Zone Hors Réserve (HR)) par caméra fixe en 2020

ESPECE PAR FAMILLE	NOM VERNACULAIRE	Zone Hors Réserve 2020	Zone Réglementée 2020	Zone de Protection Renforcée 2020
BLENNIIDAE				
<i>Parablennius gattorugine</i>	Cabot			0,36
<i>Parablennius rouxi</i>	Blennie de roux	0,17		
CENTRACANTHIDAE				
<i>Spicara maena</i>	La mendole	0,69	0,64	0,18
GOBIIDAE				
<i>Gobius xanthocephalus</i>	Gobie à tête jaune			0,55
LABRIDAE				
<i>Coris julis</i>	Girelle commune	2,76	0,4	4,36
<i>Ctenolabrus Rupestris</i>	Rouquié	2,24	3,83	4
<i>Labrus merula</i>	Labre merle	0,34	0,44	0,55
<i>Symphodus mediterraneus</i>	Crénilabre Méditerranéen		0,59	0,73
<i>Symphodus melanocercus</i>	Crénilabre à queue noire			0,18
MULLIDAE				
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget barbet de roche	1,21	0,64	1,45
POMACENTRIDAE				
<i>Chromis chromis</i>	Castagnole	0,17	3,62	66
SCOMBRIDAE				
<i>Thunnus thynnus</i>	Thon rouge			0,18
SERRANIDAE				
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chevrette	7,59	0,76	1,45
SPARIDAE				
<i>Diplodus puntazzo</i>	Sar à museau pointu			
<i>Boops boops</i>	Bogue	7,93	26,78	89,09
<i>Diplodus annularis</i>	Sparailon	0,34	2,17	19,27
<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun		0,21	
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noir	0,17	2,19	24
<i>Sparus aurata</i>	Daurade royale			0,36
<i>Pagrus pagrus</i>	Pagre commun		0,545	
Abondance totale par unité de temps		23,61	38,04	212,71

L'abondance totale par unité de temps montre que la zone de protection renforcée présente l'abondance totale la plus riche (Figure 28). Elle est 9 fois plus élevée que la station hors réserve. Aussi, l'abondance totale par unité de temps est deux fois plus élevée sur zone réglementée qu'en zone hors réserve. Les espèces ne répondant pas à l'effet réserve telles que la bogue (*Boops Boops*), la mendole (*Spicara maena*) ou la castagnole (*Chromis chromis*) présentent des abondances élevées dans la zone de protection renforcée (89 pour la bogue et 66 pour la castagnole).

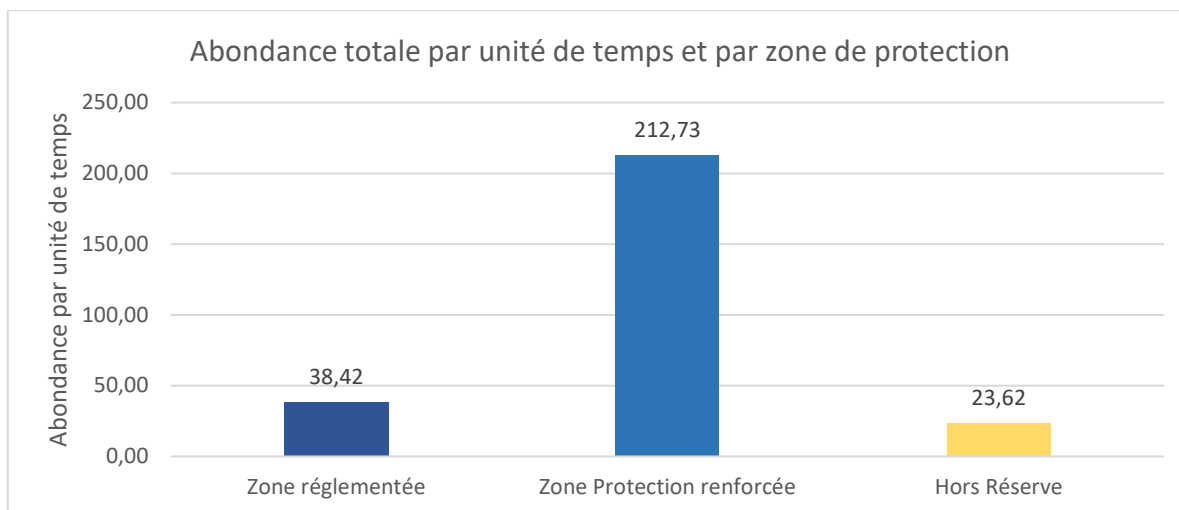


Figure 28. Variation spatiale des abondances par caméra

Afin de pas biaiser l'analyse, l'abondance totale par unité de temps est recalculée sans tenir compte des espèces non soumises à l'effet réserve cité précédemment (Figure 29). Les résultats montrent une abondance totale par unité de temps plus importante dans la zone de protection renforcée. De plus, les abondances dans les zones hors réserve et dans la réserve sont relativement proches.

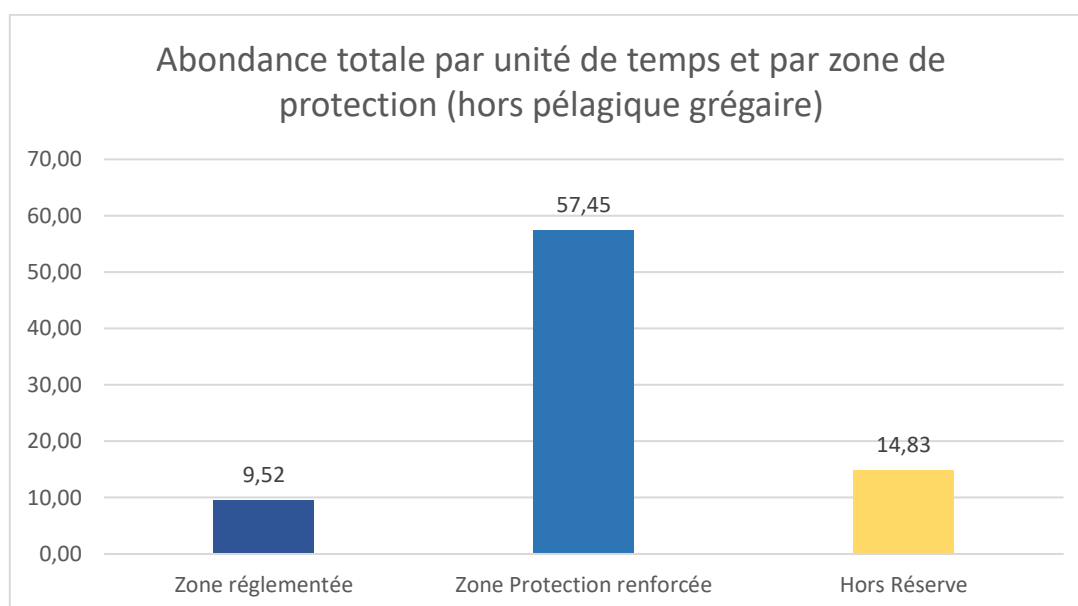


Figure 29. Variation spatiale des abondances relevées par caméra fixe sans tenir compte des bancs de pélagique grégaire (*Chromis chromis*, *Spicara maena*, *Boops boops*)

L'étude de la richesse spécifique pour chaque zone (Figure 30) montre une richesse spécifique plus importante dans les zones réglementées : 11 espèces sont identifiées en zone hors réserve, contre 16 en zone de protection renforcée et en zone réglementée. De plus 10 espèces sont communes aux 3 zones étudiées, tel que la girelle (*Coris julis*), le serran chevrette (*Serranus cabrilla*), la castagnole (*Chromis chromis*) ou encore la bogue (*Boops boops*). Ainsi, seule la blennie de roux (*Parablennius rouxi*) est spécifique à la zone hors réserve alors que des espèces plus rares telles que le pagre (*Pagrus pagrus*) et le sar commun (*Diplodus sargus*) sont visibles dans la zone réglementée. Le crenilabre à

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020
Réserve Marine de la Côte Palavasienne

queue noire (*Symphodus melanocercus*), la dorade royale (*Sparus aurata*) et le thon rouge (*Thynnus thynnus*) sont identifiés seulement sur la zone de protection renforcée.

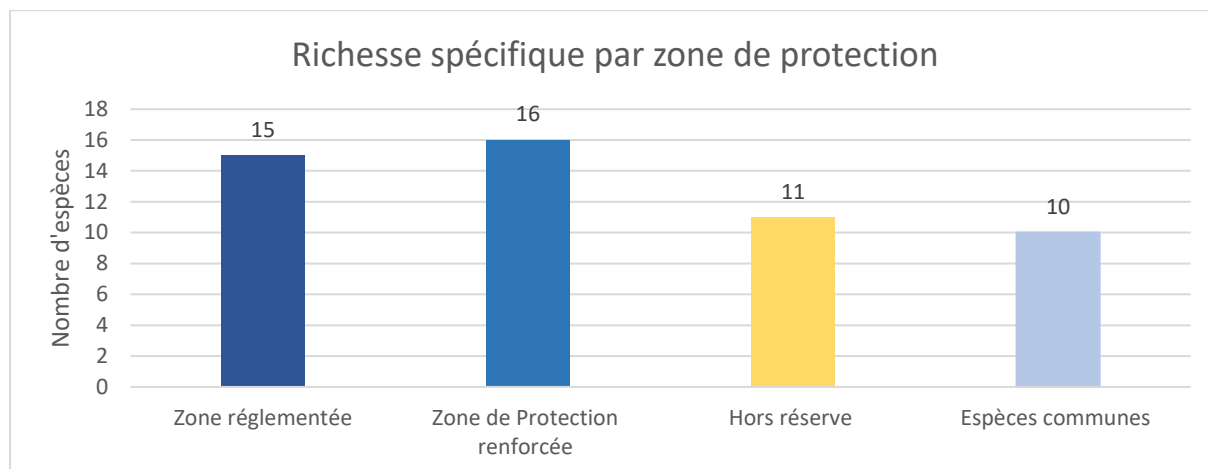


Figure 30. Étude de la richesse spécifique sur les zones suivies par caméra fixe en 2020

Parmi les espèces communes aux trois zones, l'abondance des individus est globalement plus importante dans les zones réglementées que dans la zone hors réserve (Figure 31). Par exemple, le sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*) et le sparailon (*Diplodus annularis*) ont des abondances dans la zone de protection renforcée supérieures aux abondances de la zone hors réserve. Le serran (*Serranus cabrilla*) montre une abondance plus élevée en dehors de la réserve.

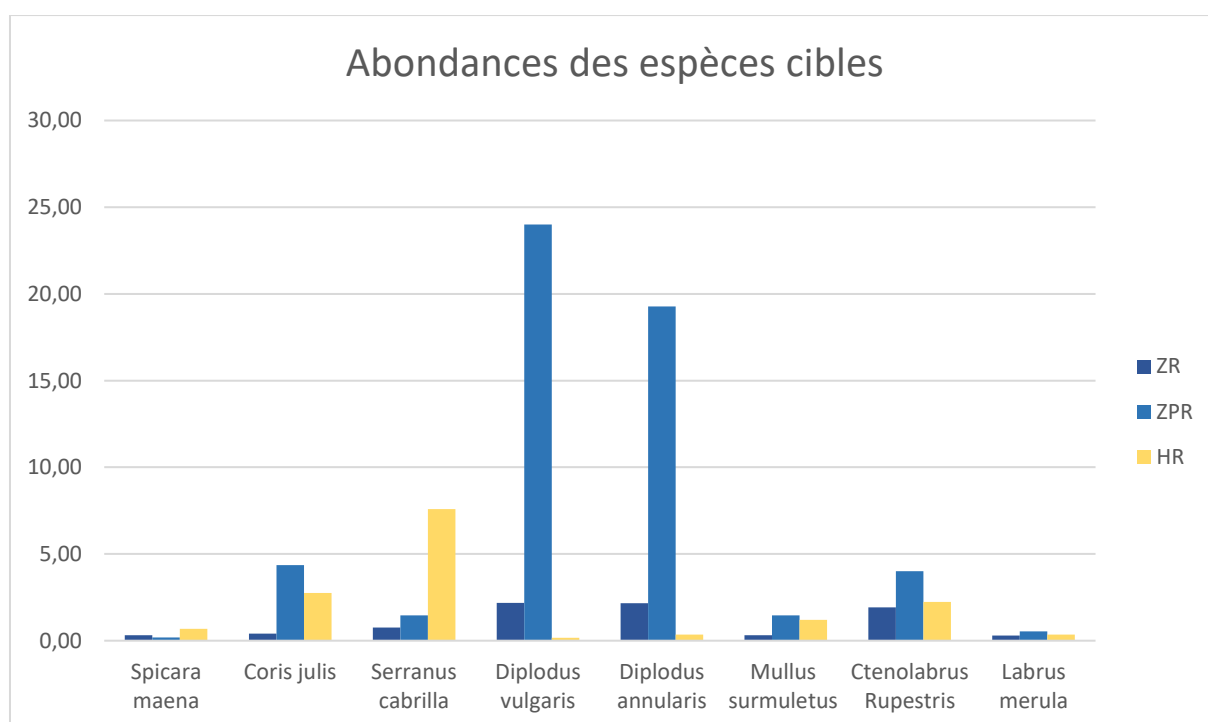


Figure 31. L'abondance des espèces cibles aux trois zones suivies (HR : Hors réserve, ZR : Zone Réglementée, ZPR : Zone de Protection Renforcée)

La répartition des familles au sein de chaque zone (Figure 32) met en évidence la prépondérance des sparidés, qui présente un grand intérêt pour la pêche professionnel et récréative. Dans les zones

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020
Réserve Marine de la Côte Palavasienne

réglementées, les sparidés représentent au minimum deux tiers de la population de poissons (36 % en zone hors réserve, 62% en zone de protection renforcée et 74% en zone réglementée).

La zone hors réserve présente une population avec moins d'intérêt pour la pêche professionnel. En effet, un tiers de cette zone est représenté par des serranidés et 22% par les labridés.

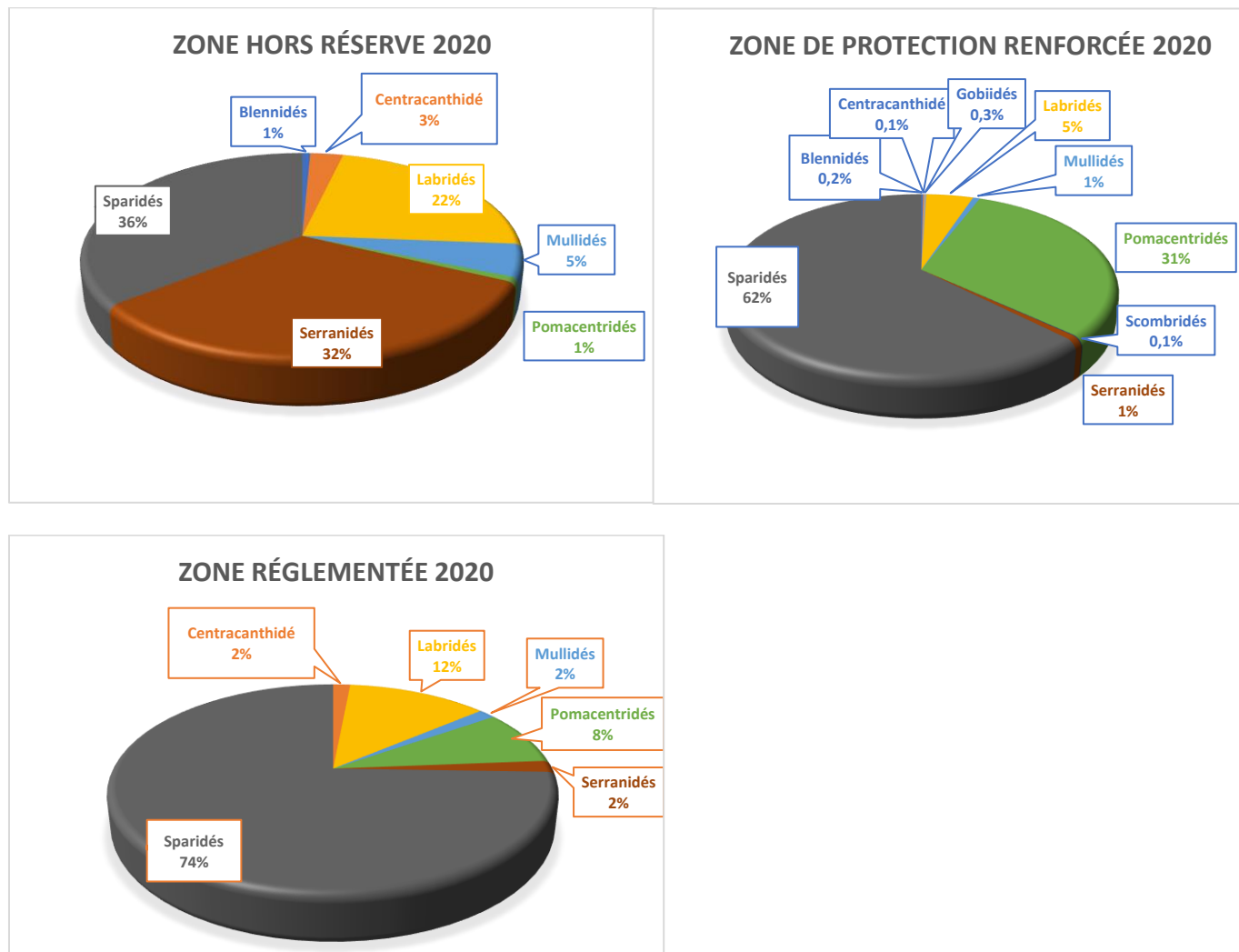


Figure 32. Répartition des familles au sein de chaque zone

Les observations par caméra fixe confirment une richesse spécifique et une abondance plus importante dans les zones réglementées que dans la zone hors réserve.

Les sparidés sont prépondérants dans les zones réglementées, ils représentent au minimum deux tiers des populations de ces zones.

5.1.2.2. Suivi sur les récifs artificiels

5.1.2.2.1. Analyse spatiale de la biodiversité ichthyologique, campagne 2020

Pour chaque récif, deux comptages ont été effectués. Les valeurs du Tableau 12 de synthèse des effectifs correspondent aux données d'un seul comptage pour chaque récif.

Tableau 12. Synthèse des effectifs par récif pour le suivi de 2020

ESPECE PAR FAMILLE	NOM VERNACULAIRE	R1	r1	r9	HR6	HR4	HR1	Total par espèce
		Cube	Buse	Cube	Cube	Cube	Buse	
		Réserve			Hors réserve			
POISSONS								
BLENNIIDAE								
Lipophrys trigloides	Blennie trigloïdes		1					1
Parablennius rouxi	Blennie de roux	1	3		1	1	2	8
Parablennius gattorugin	Cabot	1	1					2
CONGRIDAE								
Conger conger	Congre	1					2	3
HAEMULIDAE								
Pomadasys incisus	Grondeur métis	50	100				100	250
LABRIDAE								
Ctenolabrus rupestris	Rouquié	2	1	8	3	1		15
Labrus bimaculatus	Coquette			1				1
Labrus merula	Labre merle			1				1
Symphodus doderleini	Crénilabre de Doderlein		1					1
Symphodus mediterrane	Crenilabre		2	6				8
Symphodus roissali	Symphodus roissali		2	1				3
MORONIDAE								
Dicentrarchus labrax	Loup	2	9				40	51
MULLIDAE								
Mullus surmuletus	Rouget de roche	2		1			2	5
PHYCIDAE								
Phycis blennoides	Mostelle de vase		4					4
Phycis phycis	Mostelle de roche	1	1	1	1			4
POMACENTRIDAE								
Chromis chromis	Castagnole			30				30
SCORPAENIDAE								
Scorpaena scrofa	Chapon		3	5	1		7	16
Scorpaena notata	Petite rascasse rouge	1		7	2		1	11
Scorpaena porcus	Rascasse brune	2		5	1			8
SERRANIDAE								
Serranus cabrilla	Serran chevrette	2	1	5	1		3	12
SPARIDAE								
Boops boops	Bogue		1					1
Diplodus sargus	Sar commun	2	1	2			2	7
Diplodus annularis	Sparaillon		72		1	4	4	81
Diplodus vulgaris	Sar à tête noire	2	11	2				15
Pagellus acarne	Pageot blanc	2000						2000
Sparus aurata	Daurade royale	1	1					2
Scombridés								
Sarda sarda	Pélamide			106				106
CRUSTACES								
Palinurus elephas	Langouste rouge	1			1		1	3
Homarus gammarus	Homard européen					4		4
Necora puber	Etrille commune			1				1
MOLLUSQUES								
Octopus vulgaris	Pieuvre commune						1	1
Total par récif		2071	215	182	12	10	165	2655

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Au total, 2 655 individus ont été comptabilisés sur l'ensemble des récifs situés dans la réserve et hors réserve.

Les moyennes d'abondances sur les récifs de la réserve et les récifs hors réserve (Figure 33) montrent une abondance moyenne supérieure sur les récifs de la réserve ($822,7 \pm 572,5$ individus contre $62,3 \pm 14,7$). Les mêmes types de structures sont prospectées dans la réserve et en dehors, pour chaque cas, deux structures de type « cube » et une structure de type « buse » ont été inventoriées. La forte valeur de l'écart-type provient en partie du banc de pageot acarné (*Pagellus acarne*) observé sur le récif R1.

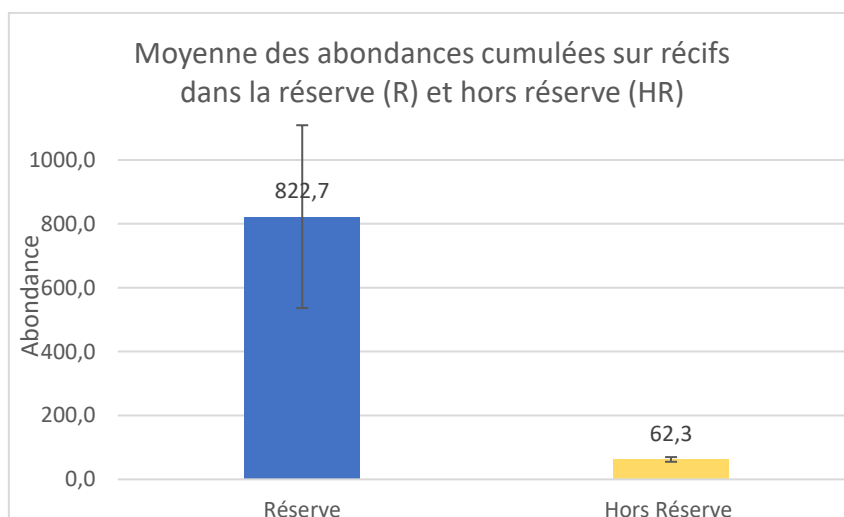


Figure 33. Moyenne d'abondance de l'ichtyofaune dans la réserve et hors réserve

L'analyse des abondances par récifs montrent en effet que le récif R1, situé dans la réserve, présente des valeurs supérieures aux autres récifs (Figure 34). Toutefois, le banc de 2000 pageot acarné (*Pagellus acarne*) semble biaiser l'analyse, c'est pourquoi, l'abondance pour chaque récif est recalculée sans tenir compte de ce banc (Figure 35).

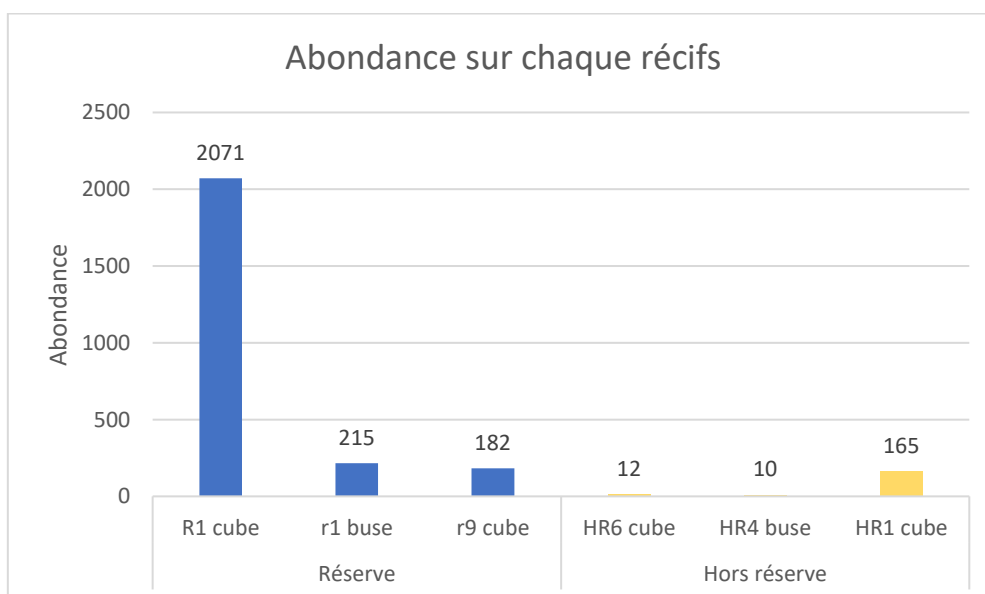


Figure 34. Abondance totale par récif situé dans la réserve (R1, r1, r9) ou en dehors de la réserve (HR6, HR4, HR1)

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020
Réserve Marine de la Côte Palavasienne

L'abondance est nettement plus importante sur les récifs r1 et r9, situés dans la réserve. De plus, les récifs de type « buse » (r1 et HR1) semblent se démarquer à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve. Ils présentent une abondance supérieure aux récifs de type « cube » (R1, r9, HR6 et HR4) (Figure 35).

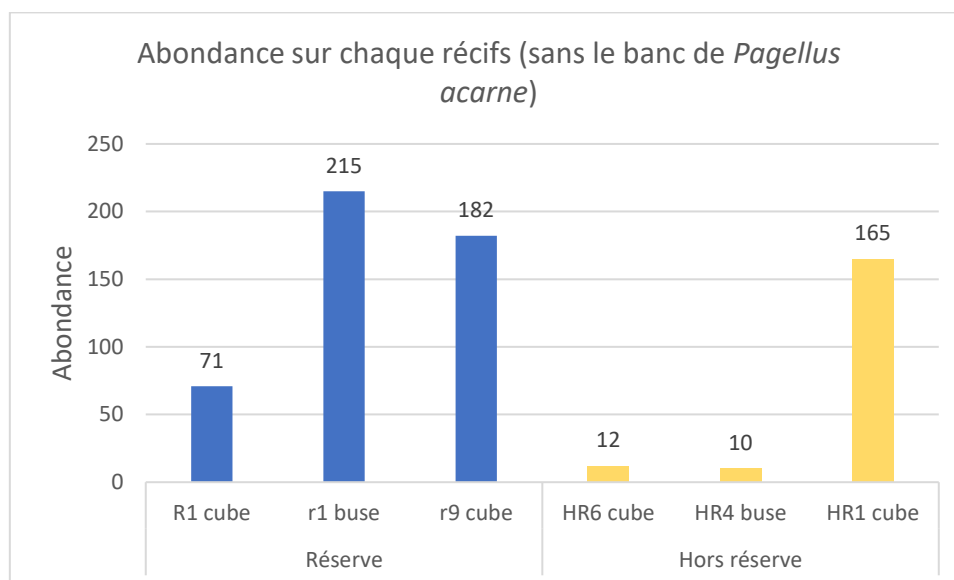


Figure 35. Abondance totale par récif situé dans la réserve (R1, r1, r9) ou en dehors de la réserve (HR6, HR4, HR1) sans tenir compte du banc de pageot acarné (*Pagellus acarne*).

Les récifs présents dans la réserve ont une richesse spécifique supérieure à ceux présent en dehors de la réserve. La richesse spécifique moyenne des récifs à l'intérieur de la réserve ($16,67 \pm 1,15$) est deux fois supérieure à celle des récifs à l'extérieurs de la réserve ($8,33 \pm 4,04$) (Figure 36). De plus, les récifs r1, et HR1 de type « buse » présentent des richesses et des abondances plus importantes que les récifs de type « cube » situés dans les mêmes zones.

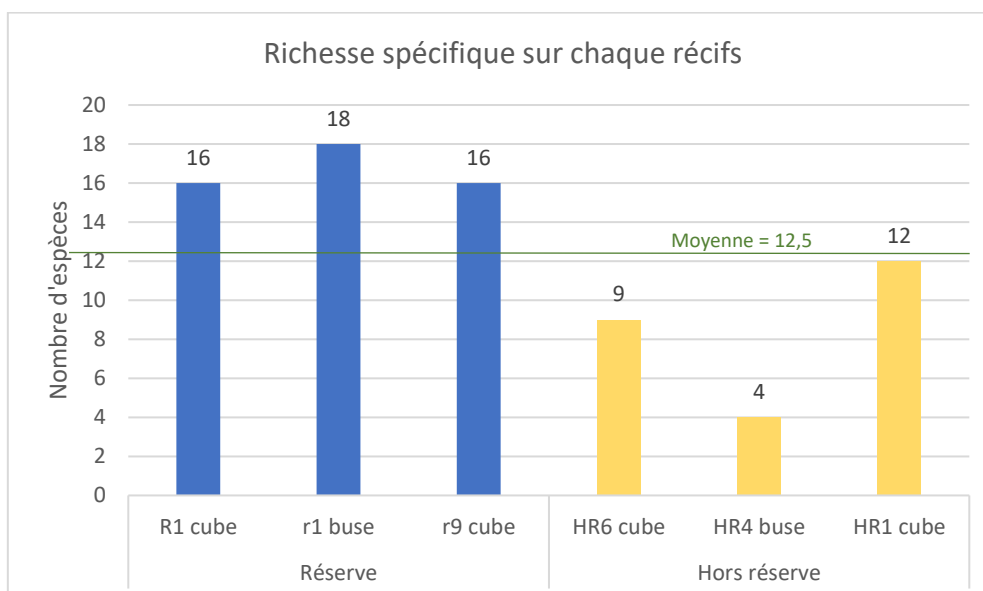


Figure 36. Richesse spécifique sur les récifs de la réserve (R1, r1 et r9) et hors réserve (HR6, HR4 et HR1) en 2019. La moyenne de la richesse spécifique des récifs situé dans la réserve est de $16,67 \pm 1,15$ et la moyenne de la richesse spécifique des récifs situé hors de la réserve est de $8,33 \pm 4,04$, la moyenne de la richesse spécifique globale est représentée par la droite verte.

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Les indices de diversité (indice de Shannon) et d'équitabilité (indice de Piélou) montrent que les récifs les plus diversifiés et les plus équilibrés en terme d'ichtyofaune sont les récifs HR6 et HR4 situés en dehors de la réserve (Figure 37). Le récif le moins équilibré est le récif R1 situé dans la réserve en raison de la présence d'un banc de sparidés de pageot blanc. Les indices ont été recalculés sans tenir compte du banc de pageot acarné pour le récif R1 (Figure 38). Les récifs de la réserve présentent des indices de diversité et d'équitabilité similaires.

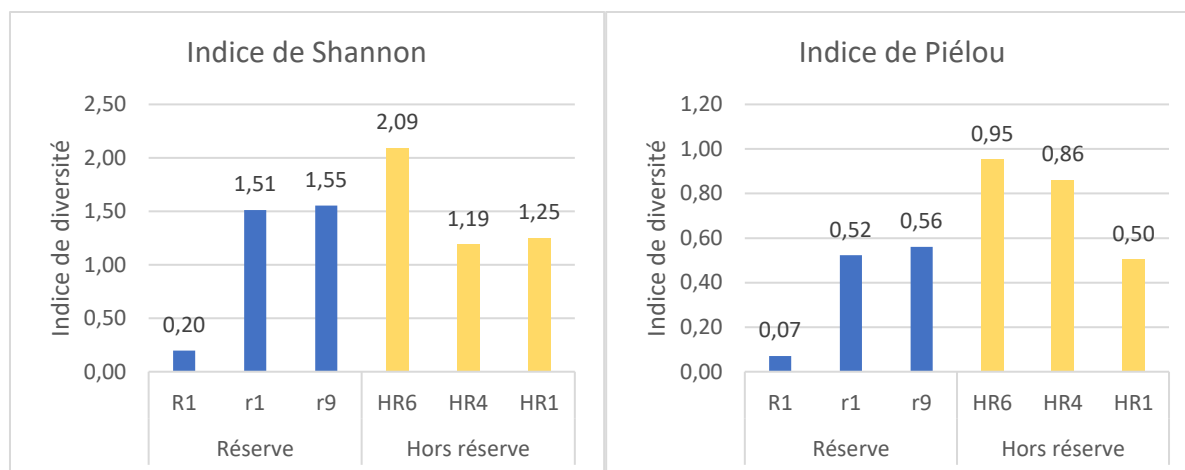


Figure 37. Indice de Shannon et de Piélou sur les récifs de la réserve (R1, r1 et r9) et hors réserve (HR6, HR4 et HR1)

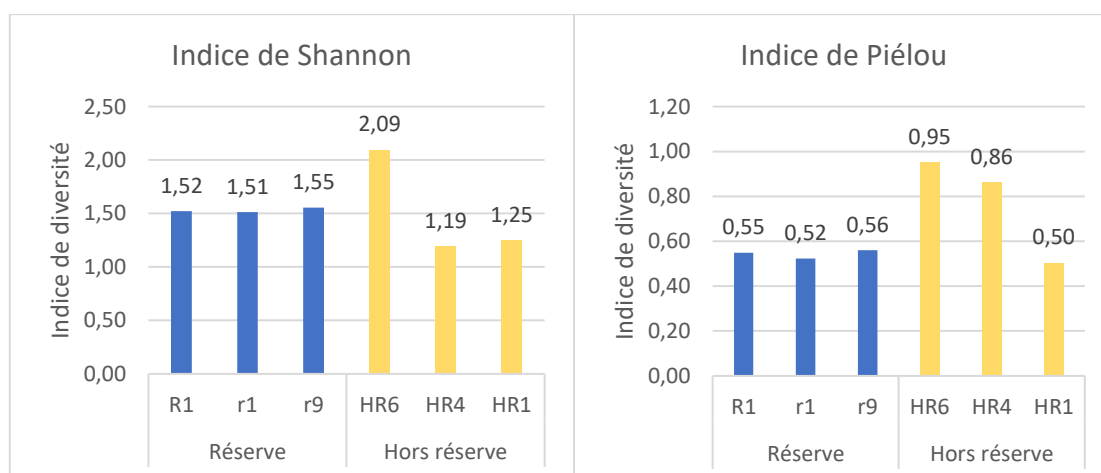


Figure 38. Indice de Shannon et de Piélou sans tenir compte de pageots (*Pagellus acarne*) sur les récifs de la réserve (R1, r1 et r9) et hors réserve (HR6, HR4 et HR1)

En 2020, l'abondance est supérieure pour les récifs situés dans la réserve (en moyenne, $882,7 \pm 572,5$ individus en réserve contre $62,3 \pm 14,7$ individus hors réserve). Le récif r1, situé au cœur de la réserve, présente l'abondance la plus importante parmi tous les récifs.

Les récifs de la réserve présentent une richesse spécifique supérieure à celles des récifs hors réserve (moyenne respectives $16,7 \pm 1,1$ et $8,3 \pm 4$ espèces).

Les indices de diversité et d'équitabilité sont similaires pour les récifs dans la réserve. Les récifs les plus équilibrés sont les récifs HR6 et HR4, situés en dehors de la réserve.

5.1.2.3. Suivi des fonds meubles par caméra tractée

Les résultats d'abondance par transect représentent le nombre d'espèces benthiques comptabilisées sur des transects de 1500 m. Les densités par hectares ont pu être calculées et sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 13).

Tableau 13. Résultats d'abondance et de densité par ha des espèces détectées sur les transects lors des suivis par caméra tractée

Transect	A	B	C	D	E
Visibilité	Très mauvaise	Mauvaise	Mauvaise	Mauvaise	Mauvaise
Niveaux de protection	Réserve	Réserve	Hors réserve	Hors réserve	Hors réserve
Sol					
Sablo-vaseux/coquillé	36%	31%	10%		90%
Sableux/coquillé					
Sableux/coquillé et petits rochers					
Sableux avec présence partielle de cailloux/galets	64%	68%	26%	7%	10%
Sablo-vaseux/coquillé et petits rochers épars					
Sableux avec rochers semi-dense					
Sablo-vaseux avec rochers dense					
Sablo-vaseux avec rochers semi-dense					
Amas de cailloux					
Corraligène/Cailloux et galets					
Bloc rocheux et présence de corraligène					
Gorgone	0	20	39	243	0
<i>Eunicella singularis</i> (Gorgone blanche) juvénile	0	8	28	150	0
<i>Eunicella singularis</i> (Gorgone blanche) moyenne	0	7	10	85	0
<i>Eunicella singularis</i> (Gorgone blanche) grande	0	5	1	9	0
Vérétille	101	0	4	0	155
Bryzoaire	0	3	5	20	0
Hydrozoaire	0	1	1	38	4
Hydraire	0	40	15	85	10
Alcyon encroûtant	0	3	2	22	0
Pagure	0	0	0	3	0
<i>Echinaster sepositus</i> (étoile de mer)	0	0	1	8	0
<i>Flabellina affinis</i>	0	0	0	4	0
Spirographe	4	3	3	10	1
Gastéropode	0	0	1	0	0
Coquillage indéterminé	0	0	2	0	0
Eponge	0	1	1	5	0
<i>Axinelle</i>	0	1	1	1	0
<i>Scalarispongia-scalari</i>	0	0	0	1	0
Poissons	3	43	25	5	24
<i>Poisson juvénile indéterminé</i>	0	32	15	0	0
<i>Poisson indéterminé</i>	1	10	6	5	6
<i>Scorpaena porcus</i> (Rascasse brune)	0	1	3	0	18
<i>Mullus surmuletus</i>	1	0	0	0	0
<i>Conger conger</i> (congre)	1	0	0	0	0
<i>Serranus Cabrilla</i> (Serran chevrette)	0	0	1	0	0
Abondance	108	114	99	443	194
Densité/Ha	720	760	660	2953	1293

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020
Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Les populations benthiques détectées sur les fonds meubles sont principalement des espèces benthiques épigées telles que les gorgonaires (Eunicella sp) et les pennatulaires du genre Veretillum (

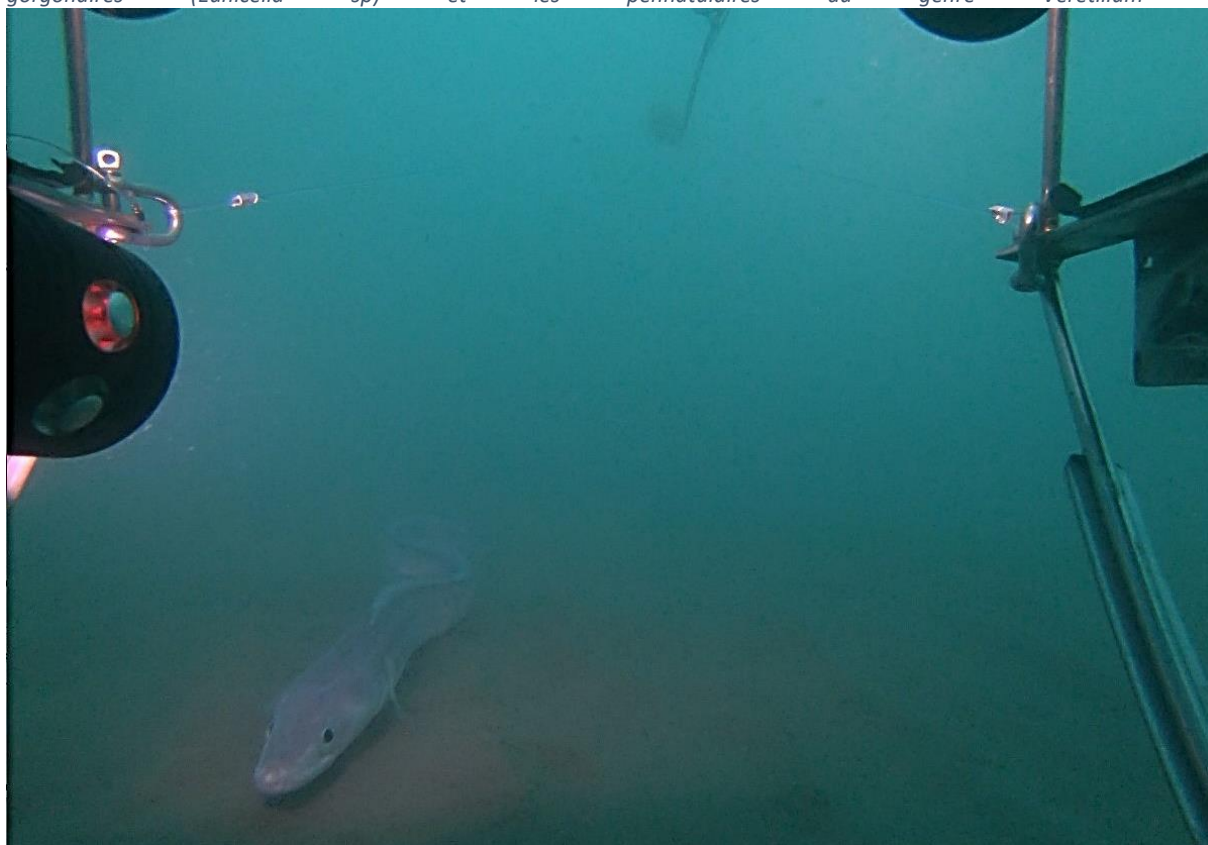


Figure 39).

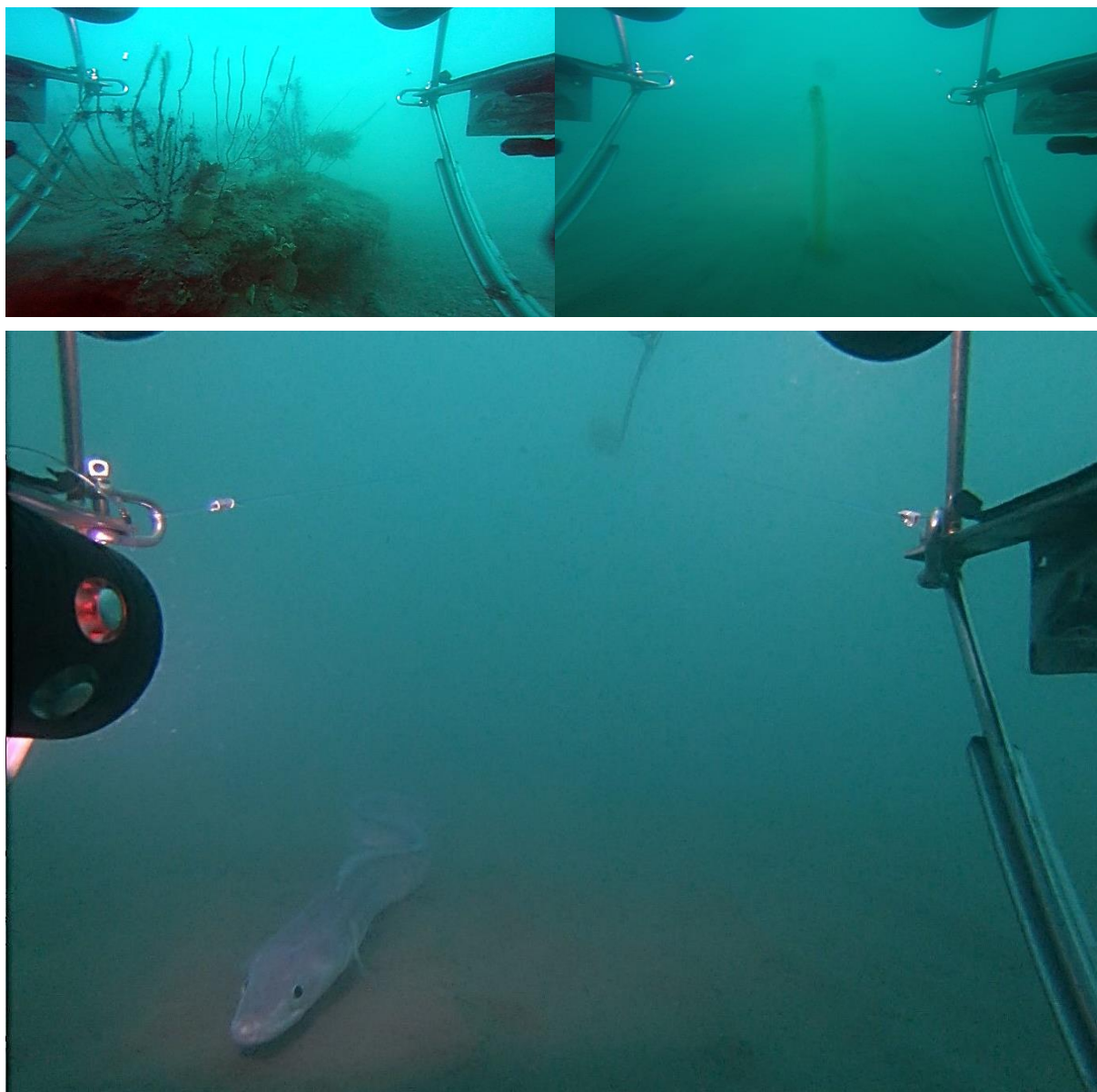
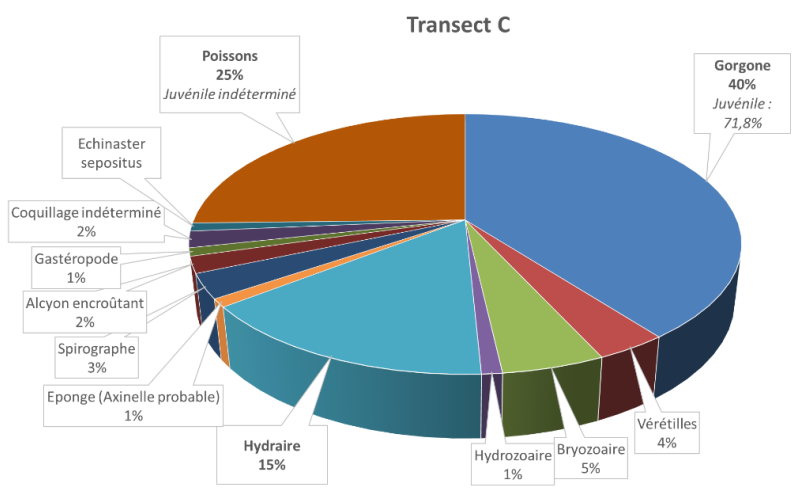
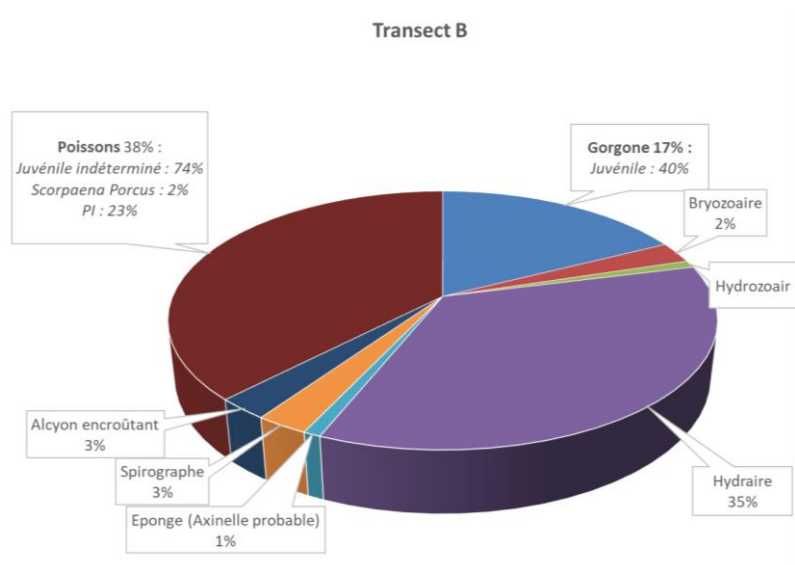
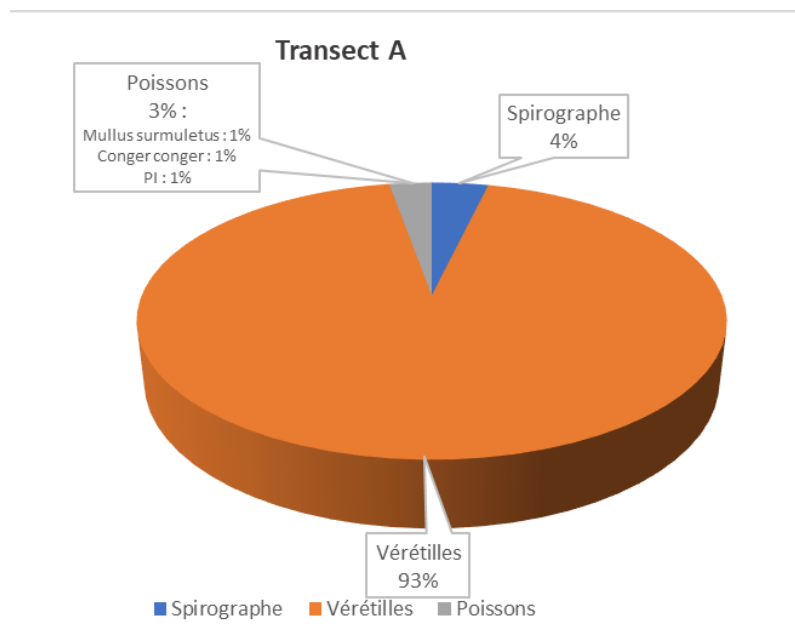


Figure 39. Visualisation de Gorgonaires, véritéille (images du haut) et d'un congre (image du bas) par caméra tractée.

La répartition des espèces benthiques en fonction des différents transects s'est révélée plutôt hétérogène (Figure 40). Les transects A et E, avec un substrat sableux/coquillé ou sableux avec présence partielle de cailloux sont principalement peuplés par les véritéilles (*Veretillum cynomorium*). Les transect C et D, situés hors réserve ont un substrat plus diversifié avec la présence de roches ou galets plus ou moins dense. Ils présentent une majorité de gorgones du genre *Eunicella*. Enfin, le transect B, est de substrat sableux coquillé avec des petits rochers. Il se distingue par une communauté benthique représentée en majorité par des hydraires (35%), un faible taux de gorgone (17%) du genre *Eunicella* et une absence totale de véritéille. Par ailleurs, il s'agit de la station où le nombre de poissons observés est le plus élevé avec 43 individus détectés sur l'ensemble des 3 réplicats.

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020
Réserve Marine de la Côte Palavasienne



Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

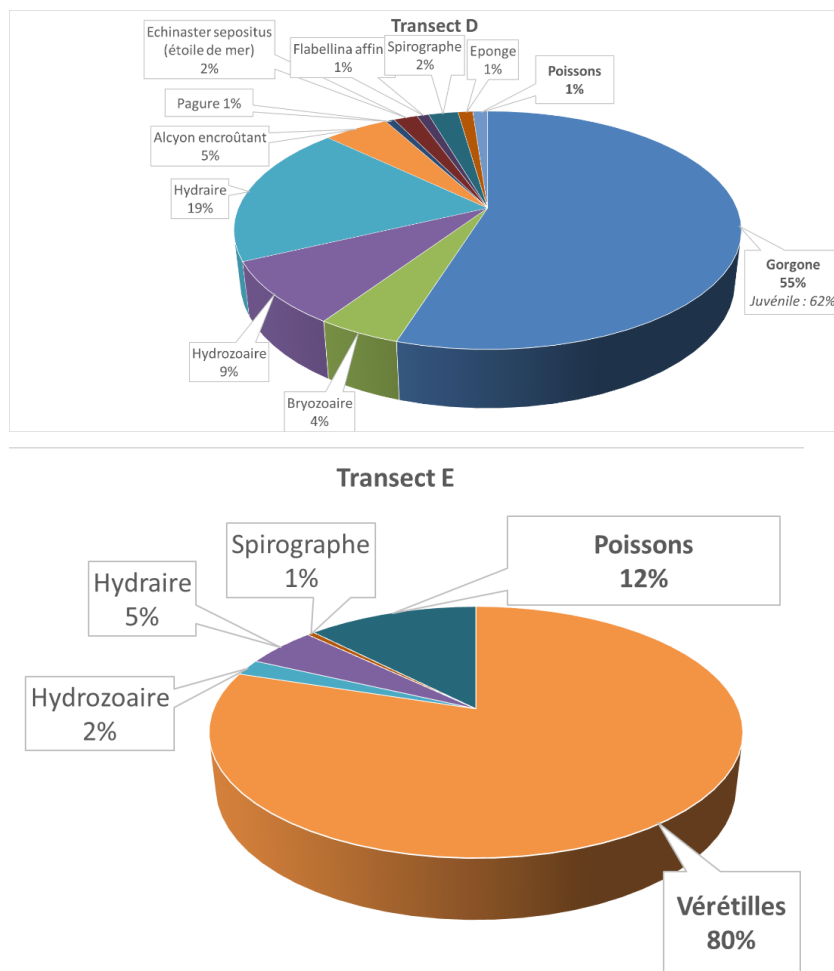


Figure 40. Répartition des différentes espèces benthiques sur les transects suivis par caméra tractée

Un manque de donnée et de précision est notable, du aux mauvaises conditions environnementales (visibilité) lors de la campagne de caméra tractée.

Le suivi des fonds meubles, révèle la présence quasi-généralisée d'espèces benthiques épigées, en particulier les gorgones (*Eunicella sp*) ou les vérétilles (*Veretillum sp*) qui semblent directement influencées par le substrat.

5.2. Suivi complémentaire (programme de science participative de la commission biologie FFESSM)

Les synthèses des inventaires des différentes espèces benthiques et ichtyologiques sont présentées en Figure 41 et Figure 42. Les résultats montrent l'abondance de espèces relevées en 2020 dans la zone de protection renforcée.

Les familles benthiques sont relativement diversifiées, aucune espèce ne semble être prépondérante par rapport aux autres. Les ophiures, les cérianthes, les éponges et les thuridilles sont les familles les plus représentés au sein de la communauté benthique.

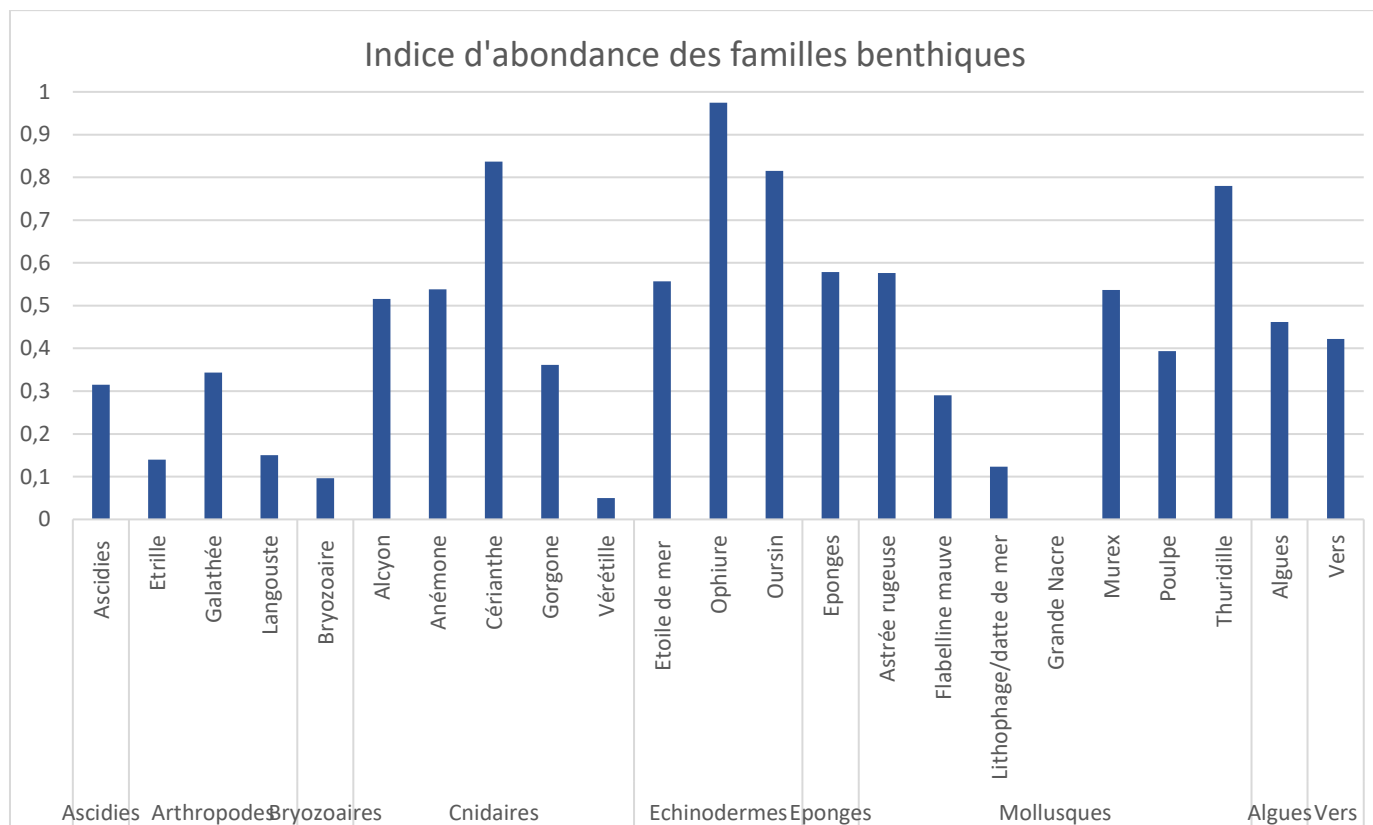


Figure 41. Synthèse des présences/absences pour les différentes familles benthiques (source FFESSM)

Des espèces d'intérêt halieutique sont présentes comme le chapon (*Scorpaena scrofa*), le serran écriture (*Serranus scriba*), le loup (*Dicentrarchus labrax*), le rouget (*Mullus surmuletus*), ou encore les poissons plats. Enfin des espèces rares, sensibles à l'effet réserve ont été aperçu tel que le mérout (*Epiphetus marginatus*) et le Corb (*Sciaenops ocellatus*).

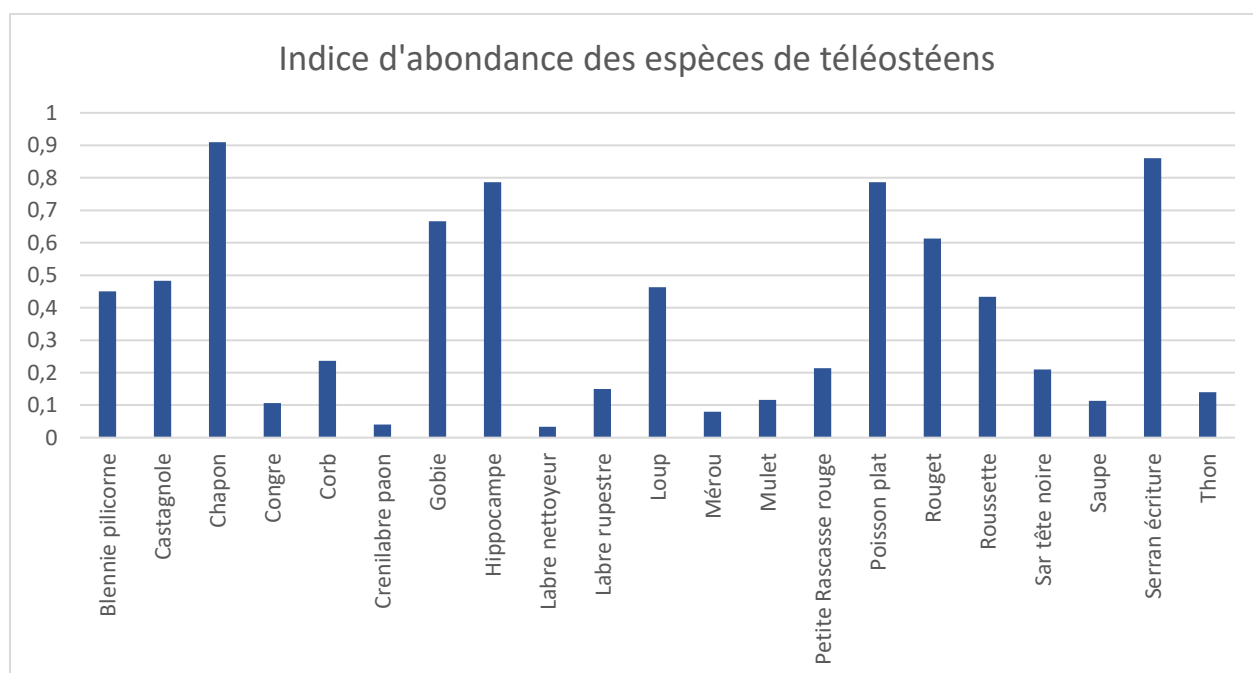


Figure 42. Synthèse des présences/absences pour les différentes espèces de téléostéens (source FFESSM)

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020
Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Ces résultats sont à prendre avec beaucoup de précautions car il ne s'agit pas d'un protocole standardisé. Il est important de rappeler que ces résultats sont basés sur un protocole de présence/absence des espèces. Il ne s'agit en aucune cas d'analyse d'abondance, mais plutôt d'analyse de richesse spécifique.

Les suivis complémentaires confirment la présence de certaines espèces d'invertébrés benthiques tel que le poulpe (*Octopus vulgaris*) ou les langoustes (*Palinurus elephas*).

Des espèces d'intérêt halieutique sont identifiées tel que le chapon (*Scorpaena scrofa*), le serran écriture (*Serranus scriba*), le loup (*Dicentrarchus labrax*), le rouget (*Mullus surmuletus*), ou encore les poissons plats. De plus, des espèces rares et répondant à l'effet réserve ont été aperçu tel que le mérrou (*Epinephelus marginatus*) et le Corb (*Sciaena umbra*).

6. Discussion

La présente étude est le suivi annuel de 2020 de la réserve marine de la côte Palavasienne (RMCP). Il a pour but de faire un inventaire descriptif de la biodiversité observée. Effectué entre 18 août et le 03 septembre 2020, cet état intermédiaire permet de faire un rapport descriptif des données et d'avoir un premier aperçu sur les tendances d'évolution des stocks 4 ans après la mise en réserve.

Trois objectifs sont à remplir par l'étude du suivi de la RMCP :

- Le suivi comparatif de la biodiversité dont celui des ressources halieutiques (dans la réserve et sur site témoin)
- Le suivi des éventuels impacts des mouillages et des plongeurs sur le site de Cousanço.
- Le suivi des fonds meubles (dans la réserve et sur site témoin)

6.1. Suivi Comparatif de la biodiversité

6.1.1. Suivi sur les récifs artificiels

Les analyses de la biodiversité sur les récifs artificiels montrent que les effectifs ont augmenté sur l'ensemble des récifs artificiels entre la campagne d'août 2016 et celle de 2020. En effet, 573 observations ont été dénombrées en 2016 contre 2655 en 2020, soit une augmentation de 363%. Ces résultats sont principalement dus à l'observation d'un banc de 2000 pageots acarnés (*Pagellus acarne*) sur le récif R1. Par ailleurs, la population de langouste (*Palinurus elephas*) est en nette diminution, avec 28 individus en 2018 contre seulement 3 en 2020. Elles semblent avoir disparus du récif r9, situé en pleine réserve, et seulement un individu est visible sur chaque récif R1, HR1 et HR6. Il est compliqué d'expliquer la disparition des langoustes sur les récifs dans la réserve. Cette disparition est non constatée dans les autres réserves, comme dans les zones marines protégées de la Côte Bleue, où le nombre d'individus est multiplié par 7 en 18 ans (PMCB, 2013).

Les abondances ichthyologiques des relevés de 2020, montrent que les récifs situés dans la réserve ont une abondance supérieure (2468 individus cumulés sur les récifs dans la réserve contre 187 individus cumulés hors réserve). L'abondance pour chaque récif est recalculée sans tenir compte du banc de pageot acarné (*Pagellus acarne*). Même dans ce cas, l'abondance cumulée des récifs dans la réserve est nettement supérieure aux récifs hors réserve. Le récif r1, situé au cœur de la réserve, présente l'abondance la plus importante. Aussi, les récifs situés dans la réserve sont deux fois plus riches que les récifs hors réserve.

Contrairement aux campagnes précédentes, la campagne 2020 révèle que les récifs de type « buse » présentent des abondances et des richesses spécifiques plus élevées que les récifs de type « cube ». Jusqu'à présent, les récifs de type « cube » étaient plus riches et plus abondants. Cette évolution des résultats s'explique par une meilleure visibilité lors des relevées de comptages poissons sur les récifs de type buse, jusqu'à 5 m pour le récif HR1 contre 1 m pour les récifs de type « cube ».

La campagne 2020 a révélé la présence d'espèces d'intérêt halieutique, absentes de la campagne 2016, comme le loup (*Dicentrarchus labrax*), la daurade royale (*Sparus aurata*), le serran écriture (*Serranus scriba*), le pageot acarné (*Pagellus acarne*), la mostelle de roche (*Phycis phycis*), le congre (*conger*

conger), le homard européen (*Homarus gammarus*), le poulpe (*Octopus vulgaris*) et la pélamide (*Sarda sarda*). La présence de ces espèces d'intérêt halieutique est encourageante pour la gestion de la réserve et témoigne d'un éventuel effet refuge.

6.1.2. Suivi sur le substrat rocheux

Les résultats sur les stations en zones rocheuses relevés par comptage en plongée montrent également une augmentation des observations sur l'ensemble des stations (1602 observations en 2016 et à 9164 observations en 2020).

Durant la campagne 2020, l'abondance moyenne recensée sur les stations dans la réserve semble supérieure à celle des stations témoins (respectivement $634,2 \pm 167,3$ et $315 \pm 68,2$ individus). Les grandes disparités observées entre les stations sont liées à la présence ponctuelle et localisée de nombreux bancs de poissons vivants dans la colonne d'eau et grégaires comme la bogue (*Boops boops*), la castagnole (*Chromis chromis*), la mendole (*Sicara maena*), le picarel (*Spicara smaris*) et la sardine d'Europe (*Sardina pilchardus*). De plus, des espèces soumises à l'effet réserve, non observées lors de la campagne 2016 sont visibles uniquement dans les zones réglementées en 2020 telles que le loup (*Dicentrarchus labrax*), le pagre (*Pagrus pagrus*), et la daurade royale (*Sparus aurata*).

Par ailleurs, les résultats montrent que la station de Porquières Sud est la station la plus riche avec 24 espèces identifiées et la plus abondante avec 469 individus (hors pélagique).

Les observations par caméra fixe confirment les tendances décrites par les relevés de comptage ichthyologique en plongée. La richesse spécifique est plus importante dans les zones réglementées. L'abondance des individus et la richesse spécifique sont nettement supérieures dans la zone de protection renforcée en comparaison aux autres zones. Ces observations pourraient être liées à un effet refuge au sein de la réserve.

La répartition des espèces au sein de la réserve ne permet pas de distinguer la prédominance d'une famille.

L'analyse de taille des espèces cibles sur les différentes stations tend à montrer que les sars (*Diplodus* sp.) sont sensibles à la mise en réserve avec une influence positive de la mise en réserve totale. Le sparailon (*Diplodus annularis*) et le sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*) sont significativement plus grands sur le site de Porquières Ouest par rapport aux sites hors réserve, la même tendance est visible mais non significative pour le sar commun (*Diplodus sargus*). Concernant la girelle (*Coris julis*), et le rouget (*Mullus surmuletus*), leurs tailles augmentent significativement avec le niveau de protection du site.

Certains individus observés lors de la campagne 2020 semblent plus grands que lors de la campagne 2016. C'est le cas de la girelle (*Coris julis*) dont la taille moyenne augmente de 3 cm en 4 ans, du sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*) dont la taille moyenne augmente d'environ 5 cm en 4 ans et du sar commun (*Diplodus sargus*) dont la taille moyenne augmente de 2,5 cm en 4 ans. La taille moyenne du serran chevrette (*Serranus cabrilla*) évolue peu, il y a moins de 0,5 cm de différence entre 2016 et 2020. Ce constat est surprenant car le serran chevrette est une espèce particulièrement sensible au niveau de protection d'une aire marine avec une augmentation de la taille, du nombre, et de la maturité des individus (Harmelin *et al*, 1995). Aussi, la taille moyenne de rouget (*Mullus surmuletus*)

observées en 2020 est nettement plus petite que celle des campagnes précédentes, avec une diminution de plus de 9 cm de la taille moyenne en 4 ans. Plus particulièrement, la taille moyenne de la population de rouget de la campagne 2020 est influencée par une forte proportion d'individus mesurant entre 10 cm et 15 cm. Cette diminution anormale semble liée à la variation annuelle et/ou à l'activité de pêche particulièrement intense autour de la réserve et à cette période.

Les suivis complémentaires, durant la campagne 2020, confirment la présence de certaines espèces d'intérêt halieutique comme le poulpe (*Octopus vulgaris*), les langoustes (*Palinurus elephas*), le chapon (*Scorpaena scrofa*), le serran écriture (*Serranus scriba*), le loup (*Dicentrarchus labrax*), le rouget (*Mullus surmuletus*), ou encore les poissons plats. De plus, des espèces rares et répondant à l'effet réserve ont été aperçus tel 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.

6.1.3. Suivi sur fonds meubles

Cette campagne a mis en évidence la présence quasi-généralisée d'espèces benthiques épigées, en particulier les gorgones (*Eunicella sp*) ou les vérétilles (*Veretillum sp*). Leur présence est directement influencée par le substrat, les gorgones colonisent les substrats durs horizontaux ou légèrement pentus (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.

Les conditions de visibilité lors des investigations de terrain peuvent représenter un paramètre limitant en termes d'observations et d'identification des individus. Il est courant d'avoir seulement 1 à 2 mètres de visibilité dans le secteur de prospection.

6.1.4. Suivi des espèces épibenthiques fixes

Concernant le peuplement épibenthique, les résultats de comptage de la campagne de 2020 montrent une augmentation des observations totales par rapport à la campagne de 2016, 1471 observations relevées en 2020 contre 824 en 2016.

L'espèce ubiquiste la plus présente sur l'ensemble des transects est toujours la gorgone blanche *Eunicella singularis*. Cette année, les stations les plus abondantes en benthos sont la station de Guérites Ouest et de la station Cousanço Nord. Une grande nacre *Pinna nobilis* est observée sur le site de Porquières Sud dans la réserve.

6.2. Évaluation de l'état de l'habitat dans la zone de plongée de Cousanço

L'évaluation de l'état de l'habitat dans la zone de plongée de Cousanço porte sur l'espèce épigée la plus représentée localement : *Eunicella singularis*, la gorgone blanche. Les résultats de comptage des colonies sur la station de Cousanço Sud ont permis de mettre en évidence une augmentation de la densité de la population de gorgone blanche sur les quadrats analysés. En effet, 297 individus ont été comptabilisés en 2020, correspondant à une densité moyenne de 25 individus au m² sur l'ensemble des 3 quadrats contre 171 individus comptabilisés en 2018, correspondant à une densité moyenne de 14 individus au m² sur l'ensemble des 3 quadrats. Toutefois, cette augmentation est liée à la taille des

individus. En effet, plus de 57 % de la population du site de Cousanço Sud est représentée par des colonies juvéniles (inférieure à 10 cm), impliquant une nette diminution de la taille sur les gorgones relevées sur le site Cousanço Sud, elles mesurent en moyenne 13 cm en 2020, contre 18 cm en 2018.

Les mêmes constats sont visibles lors de la comparaison du relevé de 2020 entre le site de Cousanço Sud et Porquières Ouest. En effet, la population de Porquières Ouest est moins abondante (91 individus) et moins dense (7,5 individus/m²) que la population de Cousanço Sud. Cependant, les gorgones de Porquières Ouest sont significativement plus grandes (en moyenne 24 cm), 67% des organismes mesurent entre 20 et 50 cm.

Le relevé des espèces épibenthiques sur les différentes stations confirme une abondance de gorgones blanches plus élevée sur le site de Cousanço Sud que le site de Porquières Ouest, mais cette différence est moins contrastée.

Par ailleurs, l'anthozoaire *Alcyonium acaule* présente des taux élevés de colonisations, provoquant la nécrose des gorgones. En moyenne, une gorgone sur deux est nécrosée sur le site témoin (Porquières Ouest). La population de gorgones blanches sur le site de Cousanço Sud présente un taux plus faible de nécrose dû à la prédominance des juvéniles. Toutefois, 46 % des colonies adultes sont partiellement nécrosées, et un quart de la population adulte est totalement nécrosée.

Ainsi, le site de Cousanço abrite une jeune population de gorgone blanche nouvellement recrutée et en bonne santé. Il est possible que les conditions environnementales expliquent l'efficacité du recrutement sur ce site. Le maintien de la réglementation renforcée pour les gorgones blanches à ce stade de vie est nécessaire pour permettre au peuplement d'*Eunicella singularis* de se reconstituer dans les années à venir.

Cependant, ces résultats sont à prendre avec prudence. Le site de Cousanço est situé sur un plateau peu fréquenté des plongeurs. Il est donc difficile d'identifier clairement si la différence de répartitions des tailles de la population entre les sites est directement liée à l'activité des plongeurs, des ancres, ou des deux. Le suivi des gorgones blanches *Eunicella singularis* dans la zone de protection renforcée est indispensable pour la campagne 2021, afin de confirmer les tendances et d'évaluer l'impact de l'activité de plongée dans la zone de Cousanço sur cette espèce érigée sensible.

6.3. Récapitulatif et suggestions

Ce premier rapport comparatif a permis de faire un état des lieux, quatre années après l'état zéro de 2016. Il s'agit d'un rapport descriptif qui a pour but de collecter des données qui seront exploitées dans le rapport final de 2021. Cependant, les résultats ont permis de faire émerger des tendances d'évolution des peuplements ichtyologiques et benthiques de la réserve marine de la côte Palavasienne. En effet, les résultats de comptage ont montré une augmentation globale du nombre de poissons avec une observation de nombreux bancs de sparidés qui sont observés depuis 2018. D'autre part, des espèces présentant un fort intérêt commercial tel que la daurade (*Sparus aurata*), le pagre (*Pagrus pagrus*), ou le loup (*Dicentrarchus labrax*), ont été recensés en 2020, alors que, bien que communes, elles ne l'ont pas été en 2016. Les résultats de la campagne 2020 ont également permis de confirmer des tendances qui avaient été observées en 2016, comme la forte abondance des peuplements ichtyologiques sur la station de Porquières Sud. De plus, les récifs artificiels tendent à être plus productifs dans la zone de protection renforcée que dans la zone hors réserve.

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

En outre, l'étude des impacts de la plongée sur la zone de Cousanço a permis de mettre en évidence un fort taux de nécrose des gorgones blanches adultes dû à la colonisation de l'anthozoaire *Alcyonium acaule*, l'alcyon Méditerranéen sur le site de Cousanço Sud et Porquières Ouest. D'autre part, le site Cousanço Sud abrite une jeune population de gorgones blanches, nouvellement recrutée, qui provoque une nette augmentation de l'abondance. Ces juvéniles pourraient permettre un repeuplement d'*Eunicella singularis* dans les années à venir sur ce site.

En ce qui concerne l'étude des populations sur fond meubles par caméra tractée, il serait intéressant de positionner les transects sur des substrats similaires dans et en dehors de la réserve. Le substrat influençant directement l'assemblage de population, ils doivent être similaires dans et en dehors de la réserve pour permettre la comparaison de l'abondance et de la richesse spécifique. Ces résultats permettront de déterminer l'impact de la pêche sur la population de fond meuble, et de mettre en avant un éventuel effet réserve.

Cette étude ne permet pas de conclure sur la significativité de l'effet refuge. En revanche, les résultats tendent à montrer une augmentation de l'abondance et de la taille des individus en fonction du niveau de protection. Lors de prochaines campagnes, la comparaison des résultats permettra de décrire les peuplements ichthyologiques (abondance, structure et taille) et les espèces épibenthiques en estimant un éventuel effet de la mise en place de la RMCP à 5 ans. Les données de la littérature ont montré que la protection permet d'augmenter l'espérance de vie des poissons en supprimant la mortalité par la pêche (Louisy *et al.*, 2012). Dans de nombreux cas, la mise en réserve intégrale entraîne une augmentation de la richesse spécifique (moyenne +21 %, (Lester *et al.*, (2009)) ; +23 %, Worm *et al.*, 2006). Cependant les effets sont longs à mettre en place. En effet, certaines études témoignent d'un doublement de la biomasse et de l'abondance au terme de 5 années de protection (Halpern and Warnen, 2002). Ces effets sont surtout visibles dans les zones réglementées où toutes les activités sont interdites, il s'agit de zones dites « sanctuaires » (Bigot *et al.*, 2016).

Enfin, dans le premier rapport d'état des lieux de 2016, d'éventuels effets de débordement ou d'effet « spillover », ont été évoqués. Les prospections en mer lors de la campagne 2020 ont fait état des lieux de grandes quantités de bancs de poissons, particulièrement de sparidés situés dans la réserve mais également en dehors de la réserve. Or ces observations, ont permis d'identifier des poissons dont la taille correspondait à des individus âgés d'environ 4 ans. L'hypothèse selon laquelle ces individus pourraient être le fruit de larves provenant de la réserve et dispersées en dehors fera bien entendu l'objet de nos prochaines investigations lors des campagnes annuelles à venir. Cependant, cet effet est long à constater comme dans la réserve d'APO, aux Philippines, dans la zone de non-prélèvement, qui témoignent un effet significatif « spillover » à partir de la 11^{ème} année.

7. Conclusion

Ce rapport intermédiaire de 2020 essentiellement descriptif a permis d'observer des possibles tendances d'évolution de la biodiversité de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne.

Dans un premier temps, il a permis de confirmer des données observées lors de la campagne 2016. En effet, les stations de Cousançà Nord et Porquières Sud apparaissent toujours comme les stations les plus riches (en termes d'abondance de poisson), confirmant ainsi le choix de la zone de mise en réserve et suggère un éventuel effet réserve. Par exemple, les récifs artificiels situés dans la zone de réserve tendent à être plus productif, de par leur abondance et leur richesse.

Dans la continuité des observations réalisées lors des suivis précédents, les tendances d'évolution de cette campagne 2020 sont encourageantes et il serait pertinent dans la continuité de ce suivi de la RMCP d'étudier l'évolution temporelle de la réserve depuis 2016 à 2021. Il serait aussi intéressant d'établir des comparaisons, comme celle réalisés dans le rapport intermédiaire de 2019, avec les résultats observés dans les autres réserves marines similaires comme celles du Parc Marin de la côte Bleue par exemple.

8. Bibliographie :

- 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
- Charbonnel E, Serre C, Ruitton S, Harmelin J-G, Jensen A. Effects of increased habitat complexity on fish assemblages associated with large artificial reef units (French Mediterranean coast). ICES Journal of Marine Science. 2002;59:208-13.
- Francour P, Lenfant P, Louisy P. Approche de "l'effet Réserve" sur les poissons et de son évolution à long terme dans la Réserve Marine de Cerbère-Banyuls : comparaison 1997 - 2011. 2011.
- 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. 2002;5:361-6.
- Harmelin J-G, Garcia F, Bachet F. Mediterranean Marine reserves : Fish Indices as tests of Protection Efficiency. Marine Ecology. 1995.
- Harmelin-Vivien M, Harmelin J-G, Chauvet C, Duval C, Galzin R, Lejeune P, Barnabé G, Blanc F, Chevalier R, Duclerc J, Lasserre G. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons méthodes et problèmes. 1985.
- Harmelin-Vivien M, Harmelin J-G. L'inventaire des richesses faunistiques et floristiques des parcs nationaux est une des tâches essentielles incombant aux naturalistes appelés à travailler dans ces zones protégées. 1975 p. 6.
- Hereu Fina B, Capdevila Lanzaco P, Aspillaga Cuevas E, Casado C, Canals E, Linares Prats C. Indicateurs espèces thermophobes : État des populations de la gorgone blanche *Eunicella singularis* dans le Parc national de Port-Cros. 2013.
- Jouvenel J-Y. Ichtyofaune de la côte rocheuse des Alberes, These de doctorat Paris, EPHE; 1997
- 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
- Parc Marin de la Côte Bleu (PMCB). CR mission calanques, Groupe d'Étude du Mérout. 2010.
- Parc Marin de la Côte Bleue (PMCB), Reconstitution des Zones Marines Protégées de la Côte Bleue, Dossier de présentation et demande de renouvellement. 2013 p .80

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020
Réserve Marine de la Côte Palavasienne

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.

Rouanet E, Belloni B, Astruch P, De Monbrison D, Goujard A, Leteurtois M, Berthier L. Etat des connaissances des activités de plongée subaquatiques sur la façade méditerranéenne et appui à l'élaboration d'une stratégie de gestion durable des sites de plongée. Contrat d'étude Agence Française pour la Biodiversité –Direction Interrégionale de la Mer Méditerranée & GIS Posidonie – BRL ingénierie, GIS Posidonie ; 2010 p. 184.

Russ G, Alcala A. Do marine reserves export adult fish biomass? Evidence from Apo Island, central Philippines. *Marine Ecology Progress Series*. 1996;132:1-9.

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.

Tsallis C. Possible generalization of Boltzmann-Gibbs statistics. *Journal of Statistical Physics*. 1988;52:479-87.

Wickel J, Nicet J-B, Bigot L, Chabanet P, Cauvin b, Pothin k, Quod j-p, Sere m, Malfait G. Point 1 du suivi de « l'effet réserve » sur les communautés ichtyologiques et benthiques récifales de la Réserve Naturelle Marine de la Réunion. 2016.

Worm B, Barbier E, Beaumont N, Duffy JE, Folke C, Halpern B, Jackson J, Lotze H, Micheli F, Palumbi S, Sala E, Selkoe K, Stachowicz J, Watson R Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services. *Science*. 2006;314:787-90.