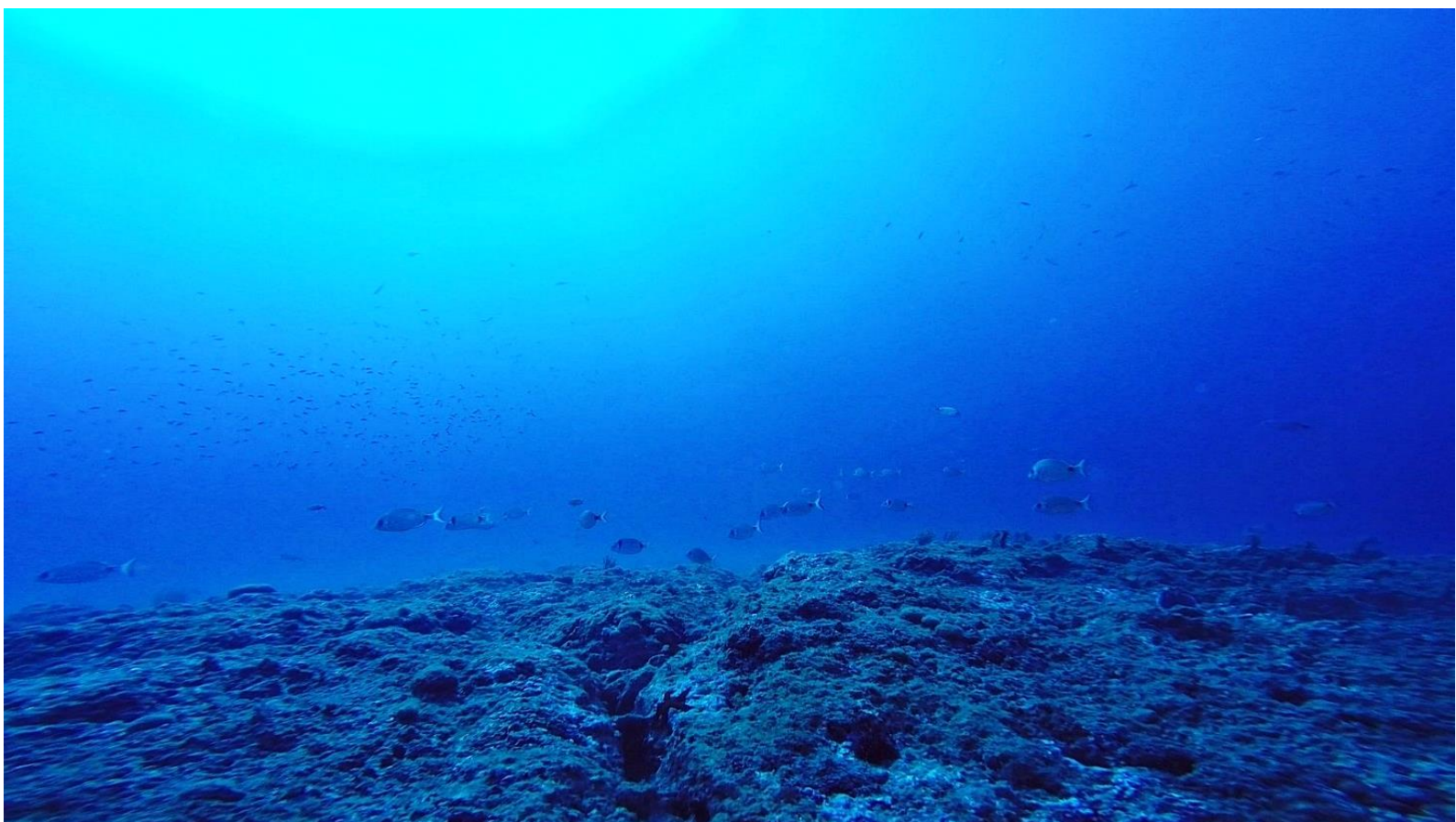




Suivi scientifique de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne 2016-2021

Rapport intermédiaire 2019



Mars 2020

Table des matières

1.	Introduction.....	8
2.	La Réserve Marine de la Côte Palavasienne.....	9
2.1.	Eléments 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 2019.....	13
3.1.	Campagne de terrain.....	13
3.2.	Matériel et méthode.....	14
3.2.1.	Suivi de l'évolution de la biodiversité.....	14
3.2.1.1.	Suivi des espèces épibenthiques fixes.....	14
3.2.1.2.	Suivi des espèces mobiles par comptages en plongée.....	15
3.2.1.3.	Suivis par caméras fixes.....	23
3.2.1.4.	Suivi des fonds meubles par caméra tractée.....	24
3.2.2.	Suivi des éventuels impacts de la plongée dans la zone réglementée (banc rocheux de Cousanço) par le suivi de l'espèce épigée Eunicella singularis.....	25
3.2.3.	Evaluation des ressources halieutiques.....	27
4.	Résultats.....	29
4.1.	Suivi de l'évolution de la biodiversité.....	29
4.1.1.	Suivi des espèces épibenthiques fixes.....	29
4.1.1.1.	Analyse spatiale de la biodiversité benthique, campagne 2019.....	29
4.1.1.2.	Evolution temporelle de la biodiversité benthique (2016 à 2019).....	33
4.1.1.3.	Suivi espèces-cible : les oursins.....	39
4.1.2.	Evaluation de la biodiversité des espèces mobiles (poissons, crustacés et mollusques) 40	
4.1.2.1.	Stations rocheuses.....	40
4.1.2.1.1.	Analyse spatiale de la biodiversité ichtyologique, campagne 2019.....	40
4.1.2.1.2.	Analyse temporelle de la biodiversité ichtyologique (2016 à 2019).....	45
4.1.2.1.3.	Etude de l'évolution des espèces-cibles.....	55
4.1.2.1.4.	Suivi de l'évolution de la biodiversité par caméras fixes.....	60
4.1.2.2.	Récifs artificiels.....	64
4.1.2.2.1.	Analyse spatiale de la biodiversité ichtyologique, campagne 2019.....	64

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

4.1.2.2.2.	Analyse temporelle de la biodiversité ichtyologique (2016 à 2019)	68
4.1.2.2.3.	Etude de l'évolution des espèces cibles	73
4.1.3.	Suivi des fonds meubles par caméra tractée	77
4.2.	Evolution de l'espèce épigée <i>Eunicella singularis</i> sur la zone de Cousanço	80
4.3.	Suivi complémentaire (programme de science participative de la commission biologie FFESSM)	82
4.3.1.	Campagnes de terrain	82
4.3.2.	Matériel et méthode	82
4.3.3.	Résultats	83
5.	Synthèse des résultats.....	86
5.1.	Evolution de la faune benthique	86
5.2.	Evolution de la faune mobile.....	86
5.3.	Evolution de l'espèce épigée <i>Eunicella singularis</i>	88
5.4.	Suivi des fonds meubles par caméra tractée	88
6.	Discussion	89

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1. Carte de localisation de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne.....	8
Figure 2. Le NEEOX (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 schématisée d'un protocole de suivi des transects sur les stations rocheuses. P2A développement	16
Figure 4. Carte de localisation des sites de suivi scientifique en plongée (transects sur les stations rocheuses)	18
Figure 5. Carte de situation de la réserve marine de la côte palavasienne avec l'emplacement des récifs artificiels	22
Figure 6. Plongeur réalisant un comptage sur récif de type cube. P2A développement.....	22
Figure 7. Photographies sous-marines des structures de type cube (en haut) et de type buse (en bas). P2A développement	23
Figure 8. Photo sous-marine du positionnement de la caméra sur le piquet d'une station de suivi ...	23
Figure 9. Carte de localisation des suivis scientifiques par caméra tractée (traits rouges discontinus)	25
Figure 10. Représentation schématisée du protocole de suivi des gorgones blanches, Eunicella singularis sur les stations rocheuses	26
Figure 11. Représentation schématisée du quadrat pour le comptage et la méthode de mesure de hauteur des individus (photo de Eunicella singularis, source http://doris.ffessm.fr).....	26
Figure 12. Carte de localisation des zones du suivi de débarquement des pêcheurs	28
Figure 13. Abondance totale par station en août 2019	30
Figure 14. Abondance de la gorgone blanche Eunicella singularis sur les différentes stations en août 2019.....	31
Figure 15. Richesse spécifique par station en 2019	31
Figure 16. Photographie sous-marine de la grande nacre Pinna nobilis sur la station de Porquières Sud	32
Figure 17. Calcul des indices de diversité et d'équitabilité sur les différentes stations	32
Figure 18. Dendrogramme de groupement hiérarchique des stations par comptage du benthos obtenu par l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis sur le suivi de 2019	33
Figure 19. Abondance totale par station pour les 3 années de recensement des espèces benthiques	35
Figure 20. Richesse spécifique par station pour les 3 années de recensement des espèces benthiques. La richesse moyenne est représentée par la ligne horizontale rouge	36
Figure 21. Indice de diversité spécifique (indice de Shannon) sur les stations et pour les différentes années de suivi	36
Figure 22. Indice de régularité ou d'équitabilité (indice de Pielou) sur les stations et pour les différentes années de suivi	37
Figure 23. Dendrogramme de groupement hiérarchique des stations par comptage du benthos obtenu par l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis sur les 3 années de suivi scientifique	37
Figure 24. Regroupement en cluster du positionnement multidimensionnel (MDS) des stations pour les 3 années de suivi scientifique	38
Figure 25. Espèces d'oursins inventoriées dans la réserve marine de la côte palavasienne. De gauche à droite : Arbacia lixula (oursin noir), Paracentrotus lividus (oursin violet) et Sphaerechinus granularis (oursin granuleux)	39

Figure 26. Moyenne des abondances des différentes espèces d'oursin dans la réserve (R) et hors réserve (HR).....	39
Figure 27. Evolution temporelle des abondances en oursin.....	40
Figure 28. Abondance totale par station pour le suivi de 2019	42
Figure 29. Abondance totale en 2019 (banc de sardines exclu)	42
Figure 30. Moyenne des abondances dans la réserve et hors réserve	43
Figure 31. Richesse spécifique sur les stations en 2019.....	43
Figure 32. Abondance totale par station et par année de suivi	46
Figure 33. Richesse spécifique par station et par année de suivi et richesse moyenne (en rouge) sur les stations rocheuses.....	46
Figure 34. Indice de Shannon par station et par année de suivi	47
Figure 35. Indice de Pielou par station et par année de suivi	48
Figure 36. Dendrogramme de Cluster basé sur la méthodologie de Bray-Curtis, regroupement grâce aux moyennes des dissemblances	49
Figure 37. Multidimensionnal scaling (MDS) basé sur les dissemblances de Bray-Curtis	50
Figure 38. Nombre de Hill en fonction de l'ordre q (exponentiel de l'entropie d'ordre q de Renyi) ...	52
Figure 39. Evolution spatiale des effectifs de l'ensemble des suivis regroupés par degré de protection des sites.....	53
Figure 40. Evolution temporelle de l'abondance sur les stations regroupées par niveau de protection.	53
Figure 41. Evolution temporelle de l'abondance hors pélagique sur les stations regroupées par niveau de protection.....	54
Figure 42. Abondance des sparidés du genre Diplodus sur les différentes stations de suivi en 2019 .	55
Figure 43. Abondance en daurade Sparus aurata	56
Figure 44. Etude de la taille moyenne des espèces cibles en fonction du degré de protection de la zone	56
Figure 45. Evolution des effectifs des espèces cibles en fonction du degré de protection des stations	57
Figure 46. Evolution de la taille moyenne des espèces cibles pour les 3 années de suivi	58
Figure 47. Evolution temporelle des abondances des espèces cibles pour les 3 années de suivi	59
Figure 48. Variation spatiale des abondances par année de suivi par caméra fixe	61
Figure 49. Evolution temporelle des abondances par unité de temps sur les stations suivies par caméra fixe	62
Figure 50. Evolution de la richesse spécifique sur les stations suivies par caméra fixe.....	63
Figure 51. Image extraite de la vidéo du suivi de 2019 par caméra fixe sur la station de Porquières Sud	63
Figure 52. Moyenne d'abondance de l'ichtyofaune dans la réserve et hors réserve	65
Figure 53. Abondance totale par récif situé dans la réserve (R1, r1, r9) ou en dehors de la réserve (HR6, HR4, HR1)	65
Figure 54. Banc de sars observés à proximité immédiate du récif r9	66
Figure 55. Richesse spécifique sur les récifs de la réserve (R1, r1 et r9) et hors réserve (HR6, HR4 et HR1) en 2019	66
Figure 56. Indice de Shannon (diversité) sur les récifs de la réserve (R1, r1 et r9) et hors réserve (HR6, HR4 et HR1)	67

Figure 57. Indice de Pielou (équitabilité) sur les récifs de la réserve (R1, r1 et r9) et hors réserve (HR6, HR4 et HR1)	67
Figure 58. Evolution temporelle des abondances récifs	69
Figure 59. Evolution temporelle de l'abondance totale des récifs de la réserve et hors réserve.....	70
Figure 60. Richesse spécifique des récifs artificiels de la réserve et hors réserve pour les 3 années de suivi.....	70
Figure 61. Indice de Shannon (diversité) des récifs artificiels pour les 3 années de suivi	71
Figure 62. Indice de Pielou (équitabilité) des récifs artificiels pour les 3 années de suivi	71
Figure 63. Dendrogramme de cluster des populations ichtyologiques sur les récifs pour chaque année de suivi.....	72
Figure 64. Abondance totale du rouget de roche (<i>Mullus surmuletus</i>) et du serran chevrette (<i>Serranus cabrilla</i>) sur les récifs dans la réserve et hors réserve	74
Figure 65. Abondance totale du sparailon (<i>Diplodus annularis</i>) et du sar à tête noire (<i>Diplodus vulgaris</i>) sur les récifs dans la réserve et hors réserve	74
Figure 66. Evolution temporelle des moyennes de tailles de 4 espèces cibles sur les récifs de la réserve (R) et hors réserve (HR)	76
Figure 67. Abondance totale et densité par hectare sur les différents transects suivi par caméra tractée	77
Figure 68. Gorgones et vérétille, observation par caméra tractée	78
Figure 69. Répartition des différentes espèces benthiques sur les transects suivis par caméra tractée	79
Figure 70. Abondance totale et densité/m ² de <i>Eunicella singularis</i> sur le site de Cousançà sud pour les 3 années de suivi et sur le site de Porquières ouest pour le suivi de 2019.....	80
Figure 71. Taille moyenne des individus sur le site de Cousançà Sud pour les 3 années de suivi et le site de Porquières ouest pour le suivi de 2019	81
Figure 72. 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	81
Figure 73. Synthèse des présences/absences par année de suivi pour les différentes espèces benthiques (source FFEISSM)	83
Figure 74. Synthèse des présences/absences par année de suivi pour les différentes espèces de poisson (source FFEISSM)	84
Figure 75. Moyenne totale des détections de poissons et espèces benthiques	85
Figure 76. Richesse spécifique totale comparée pour 4 réserves marines du Golfe du Lion.	90
Figure 77. Richesse spécifique moyenne comparée pour 4 réserves marines su Golfe du Lion.	91

Crédits photos

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

Le présent rapport devra être cité comme suit

Jouvenel J.-Y., Mallet, A. 2020_Suivi scientifique de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne_Rapport intermédiaire 2019. Ville de Palavas les flots, mai 2020 : 92pp

Ont également participé à l'analyse des données : Ingrid Picard (P2A développement), Alexandre Champy (Polytech Montpellier), Nathan David (Faculté des sciences, Montpellier).

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, 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. Les 2 dispositions sont prises pour une durée de 5 années.

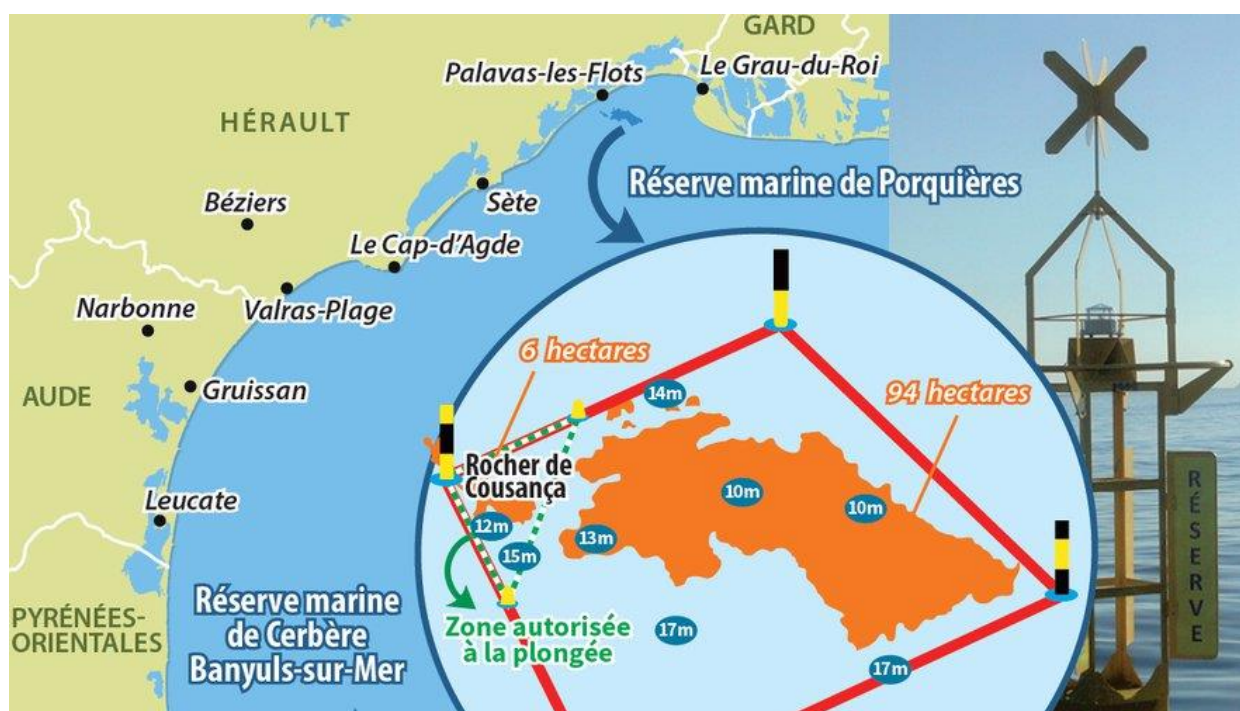


Figure 1. Carte de localisation de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne

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 ».

Le présent rapport fait objet du rapport intermédiaire de 2019 qui correspond au bilan de mi-parcours de la mise en cantonnement de pêche de la Réserve Marine de la Côte Palavasienne (RMCP).

2. La Réserve Marine de la Côte Palavasienne

2.1. Eléments 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'îlet 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 va augmenter la résilience des populations face à la variabilité des conditions environnementales. L'effet tampon stabilise les 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 défavorables (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 « spill-over » ou de colonisation. L'augmentation des populations au sein de la réserve favorise la colonisation des zones autour de la réserve. Ce phénomène se fait par dissémination des larves.

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 fait 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.

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 différentes catégories d'utilisateurs (plongeurs en scaphandre, chasseurs sous-marins, pêcheurs plaisanciers) 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 photo et vidéo 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.
	réefs artificiels	réefs 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, toujours à la même période (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/mortalité) de cette espèce épigée, largement représentée

en Méditerranée, est un bon indicateur des éventuels impacts érosifs de la plongée, autorisée dans la zone de Cousanço. Ce suivi est couplé à des données de fréquentation des plongeurs à l'année sur le site de Cousanço. De plus, en 2019, 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 : lors du suivi de 2019 et pour la première fois, 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.
- Suivi des ressources halieutiques : un protocole de suivi des captures par les pêcheurs professionnels a été mis en place en 2018. Il a été réalisé pendant 6 mois, puis abandonné. Un projet de suivi piloté par P2A Développement, en vue de remplacer le suivi initial, est en cours de mise en œuvre. Il consistera en des enquêtes pêcheurs et des suivis de débarquements.

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.
- Suivi par les chasseurs sous-marins / apnéistes. Un suivi par les apnéistes a été mis en place au début de la mise en réserve. Les apnéistes bénéficient de 4 journées par an pour effectuer des comptages de poissons dans la zone de la réserve. Ces suivis sont actuellement abandonnés.
- Suivi par les pêcheurs plaisanciers. Durant l'été 2017, un dispositif de suivi à grande échelle auprès des clubs et associations de pêcheurs plaisanciers a été initié. Il se basait sur l'enregistrement des captures réalisées à proximité de la réserve marine, par les pêcheurs plaisanciers, via le remplissage de fiches de captures. Malheureusement, aucun retour n'a été enregistré.

Concernant le suivi scientifique principal, un état zéro (ou état initial) a été mis en œuvre lors de l'été 2016. Une seconde campagne, effectuée lors de l'été 2018, a fait l'objet d'un rapport de suivi, transmis en décembre 2018. Ce rapport était essentiellement descriptif et non comparatif. Le présent rapport est le rapport intermédiaire de 2019, il s'agit d'un premier bilan 3 ans après la mise en protection de la zone d'étude.

3. Campagne de suivi principal de 2019

3.1. Campagne de terrain

La campagne de collecte des données s'est déroulée entre 28 août et le 18 septembre 2019. En raison de contraintes météorologiques, le suivi des fonds meubles a été réalisé en 2 journées étalées dans le temps, le 23 août 2019 et le 9 janvier 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 Est	Zone de protection renforcée (ZPR2)	PE
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 2019

Suivi scientifique obligatoire 2019 – Rapport intermédiaire				
	Protocole	Sites	Réplicats	Date
Suivi espèces	Comptages poissons	Cousaça Nord (ZR1)	12 transects	28/08/2019
		Cousaça Sud (ZR2)	12 transects	28/08/2019
		Porquières Ouest (ZPR1)	12 transects	30/08/2019
		Porquières Sud (ZPR2)	12 transects	29/08/2019
		Guérites Ouest (HR1)	12 transects	30/08/2019
		Guérites Est (HR2)	12 transects	29/08/2019
Suivi habitat	Benthos érigé	Cousaça Nord (ZR1)	2 transects	30/08/2019
		Cousaça Sud (ZR2)	2 transects	29/08/2019
		Porquières Ouest (ZPR1)	2 transects	30/08/2019
		Porquières Sud (ZPR2)	2 transects	29/08/2019
		Guérites Ouest (HR1)	2 transects	30/08/2019
		Guérites Est (HR2)	2 transects	29/08/2019
Suivi zone Cousaça (Impact mouillage)	Comptage et mesure gorgones	Cousaça Nord (ZR1)	3 quadrats	13/09/2019
Suivi récifs artificiels	Comptages poissons	R1 (ZPR)	2 réplicats	17/09/2019
		r1 (ZPR)	2 réplicats	17/09/2019
		r9 (ZPR)	2 réplicats	18/09/2019
		HR6 (HR)	2 réplicats	18/09/2019
		HR4 (HR)	2 réplicats	18/09/2019
		HR1 (HR)	2 réplicats	17/09/2019
Suivi des fonds meubles	Caméras tractées	Campagne 1	3 transects	23/08/2019
		Campagne 2	3 transects	09/01/2020

3.2. Matériel et méthode

3.2.1. Suivi de l'évolution de la biodiversité

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. Les biocénoses type « coralligène » recouvrent une grande surface de la zone de Porquières. De nombreuses gorgones blanches *Eunicella singularis* recouvrent le plateau. 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.

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Selon les mêmes méthodes utilisées que pour les inventaires à l'état zéro et le rapport de suivi de 2018, le suivi des substrats durs a été réalisé lors de la campagne de 2019. 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 réglementée (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 1 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).

Des analyses multivariées (diagramme de cluster, positionnement multidimensionnel (MDS)) ont également permis de réaliser des analyses comparatives spatiales et temporelles sur les différents sites et au cours des différentes années de suivi.

3.2.1.2. Suivi des espèces mobiles par comptages en plongée

❖ 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.

Lors du comptage, le plongeur intègre également dans son observation des paramètres concernant les données environnementales qu'il note sur la fiche de comptage. Ces observations sont complétées par des prises de vues sous-marine.

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

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)).

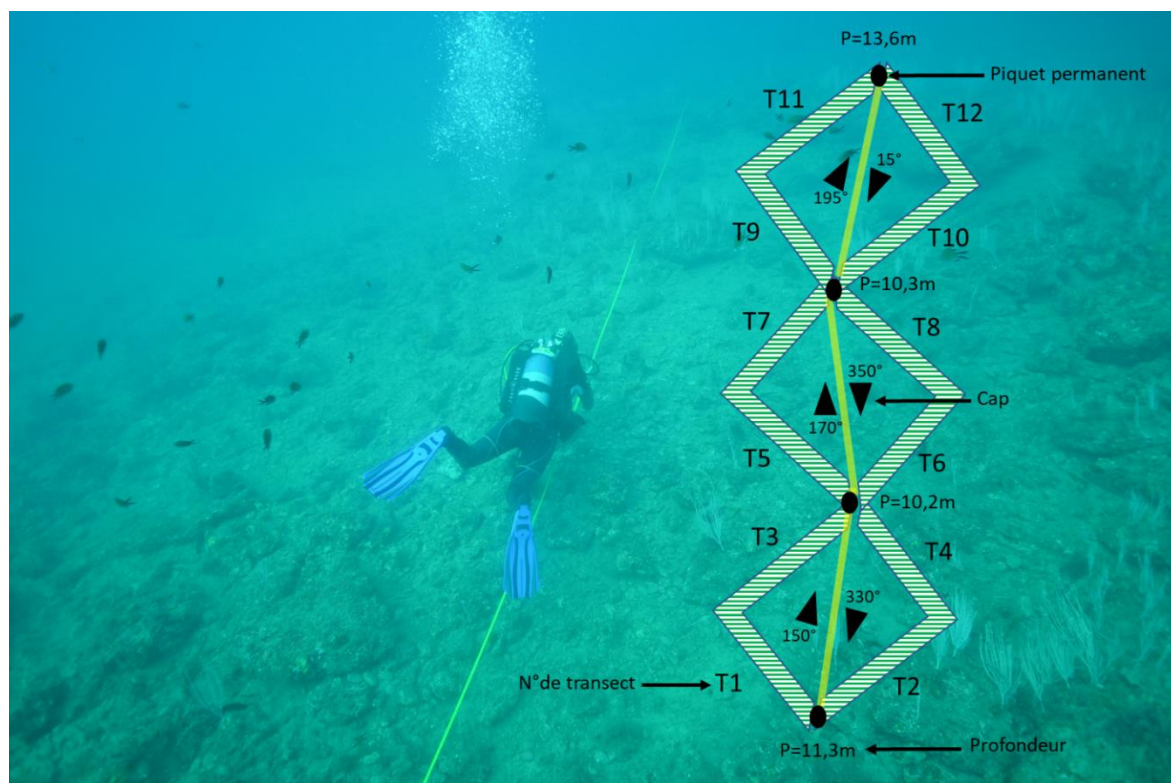


Figure 3. Représentation schématique d'un protocole de suivi des transects sur les stations rocheuses. P2A développement

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

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.

STATIONS	Pilier	Nom pilier	Azimut aller	Azimut retour	Latitude (degré décimal)	Longitude (degré décimal)
ZR1 / Cousanço 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 / Cousanço 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 4 montre la carte de localisation des sites de suivi scientifique des transects sur les stations rocheuses.

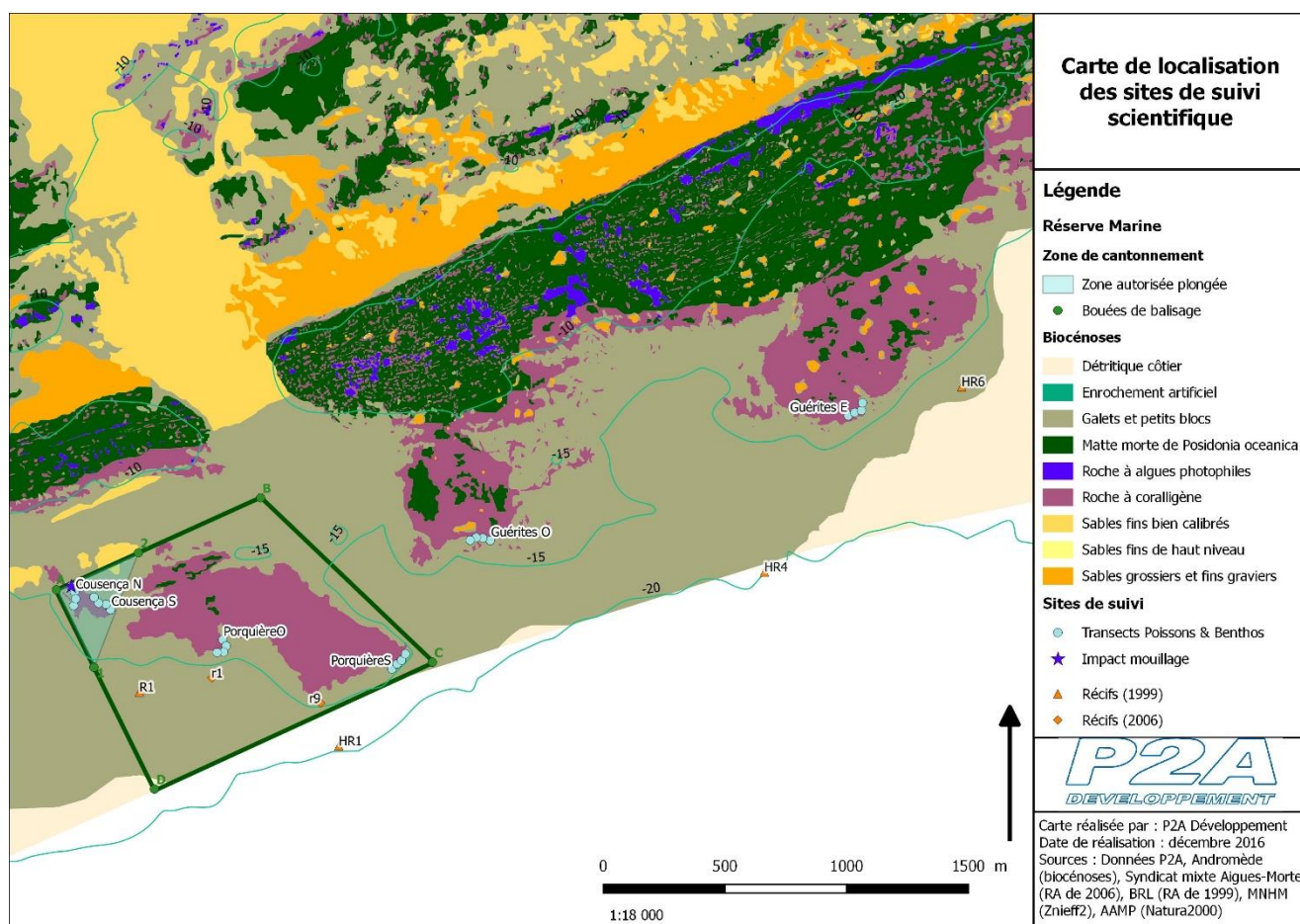


Figure 4. Carte de localisation des sites de suivi scientifique en plongée (transects sur les stations rocheuses)

L'analyse des données a été réalisée par P2A Développement, ainsi que par Alexandre Champy, étudiant à Polytech Montpellier, dans le cadre de son projet de fin d'études.

Le calcul d'indices synthétiques a été réalisé afin de caractériser les stations et les communautés des espèces de poisson. Des analyses multivariées ont permis de réaliser des études comparatives spatiales et temporelles sur l'ensemble des stations de suivi et l'ensemble des campagnes réalisées en 2016, 2018 et 2019.

Les indices de mesure de la biodiversité :

- **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.
- **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.

- **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 dominant 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

- **Régularité ou 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.

- **Les entropies de Renyi** : L'entropie de Renyi est utilisée pour comparer les diversités de populations, cet outil est plus complet que ceux abordés jusqu'ici. La valeur de l'entropie R_q en fonction de l'ordre q sert à comparer plusieurs communautés. Une communauté peut être déclarée plus diverse qu'une autre si son profil de diversité est au-dessus de l'autre quelle que soit la valeur de q . Si les courbes de croisent, il n'y a pas de relation d'ordre (Tothmeresz ; 1995. Cf.,note 55.). Les nombres de Hill sont les exponentielles des entropies de Renyi, ils ont l'avantage d'être plus intelligibles, on les note D_q .

Par exemple D_0 est la richesse spécifique, $D_1 = e^H$ est l'exponentielle de l'indice de Shannon, $D_2 = \frac{1}{1-E}$ est l'inverse de l'indice de concentration de Gini-Simpson et $D_\infty = \frac{1}{d}$ est l'inverse de l'indice de Berger-Parker qui est la proportion de la communauté représentée par l'espèce la plus abondante : $d = \max(p)$.

Ces différents ordres ne donnent pas tout à fait la même information. Alors que la comparaison de la position des courbes entre elles peut donner une information univoque sur les écarts de diversité, la comparaison des positions des nombres de Hill d'ordre q arbitraires peut donner une information plus fine en fonction de l'approche désirée mais qui se doit d'être interprétée avec plus de prudence. En effet plus l'ordre q est faible, plus l'influence des espèces rares sur le nombre de Hill est importante de même que le biais d'estimation (inhérente à la faible probabilité d'observation des espèces rares). En effet, alors que D_0 donne autant de poids à chaque espèce, quel que soit leur nombre d'individus, D_∞ donne la proportion de la communauté représentée par l'espèce la plus abondante, toutes les autres espèces sont ignorées. Les espèces les plus mobiles et les plus grégaires induisent un biais qui peut être très important de par l'incertitude liée à leurs observations.

Les analyses multivariées :

- **Le diagramme de Cluster**

Un dendrogramme obtenu après groupement hiérarchique (méthode de groupement par association moyenne) est une manière visuelle de représenter la similarité des stations entre-elles grâce à l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis par exemple. La distribution des abondances de chaque taxon de chaque station est comparée, cette approche sert à comparer les peuplements de chaque station afin d'identifier celles qui se démarquent des autres. Cet indice vaut 1 lorsque les stations sont totalement dissemblables et 0 lorsqu'elles sont parfaitement semblables. Cette dissemblance, si elle est basée sur les effectifs bruts, donne beaucoup de poids aux taxons les plus abondants. Les relevés ichtyologiques sur la station de Porquières ouest par exemple font état d'un banc de 10 000 sardines qui constitue à lui seul plus de 85% des effectifs observés. L'observation de ce banc induit un biais sur les résultats. Ainsi, pour lisser les effectifs des taxons les plus abondants et donner plus d'importance aux espèces rares, il est courant d'appliquer une fonction strictement monotone avec un taux d'accroissement inférieur à 1. Une fonction logarithme népérien a été appliquée ici, les résultats présentés dans le présent rapport ont subi cette transformation.

- **Le positionnement multidimensionnel (MDS)**

La MDS ou multidimensionnal scaling est une technique de visualisation graphique associée à une matrice de similarité dans le cas d'analyses statistiques multivariées. Les stations les plus semblables sont les plus proches et les plus dissemblables sont les plus éloignées. Des stations semblables auront un peuplement similaire. L'intérêt écologique d'une station est d'autant plus important qu'elle est singulière, si tant est que cette singularité soit causée par la présence de taxons spécifiques et non par l'absence de taxons généralement abondants. Il est possible de regrouper les stations les plus proches grâce à différentes techniques. La technique des K-means a été utilisée pour le traitement des données. La similarité utilisée est celle de Bray-Curtis. L'information donnée par une MDS est complémentaire de celle donnée par le diagramme de Cluster.

- **L'effet plongeur**

Il est primordial de considérer que les données collectées par les deux plongeurs ne subissent pas de biais. Il faut donc calculer la variabilité inter-opérateur afin de pouvoir négliger l'effet plongeur. La méthodologie employée impose de calculer cet effet grâce aux données récoltées lors de la campagne de 2016 sur les récifs artificiels (données non exploitées ici). En effet, il s'agit de l'unique jeu de données disponible où les deux plongeurs ont prospecté les mêmes sites presque en même temps. Les deux plongeurs ont collecté la totalité des données exploitées. Un test de Wilcoxon est appliqué sur un tableau de données regroupant les abondances de chaque taxon observé pour chaque récif et pour les deux plongeurs. La p-value de 0.6984 confirme que l'effet plongeur est négligeable. Les données seront donc traitées indépendamment de l'opérateur qui les a fournis.

- ❖ **Suivi sur 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 E., Francour P. et Harmelin J.G. (1997). Finfish population assessment techniques on artificial reef: a review in the European Union. In European Artificial Reefs Research Proceedings of the EARRN conference Ancona, Italy, March 1996, Jensen A.C. ed. Southampton Oceanography Center publ. Southampton : 261-277.

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 6) donne les positions GPS des différents récifs suivis pour l'étude, ainsi que leur date d'immersion.

Tableau 6 : Position GPS et date d'immersion des différents récifs suivi

Année d'immersion	Nom	Latitude	Longitude
Hors RMCP			
1999	HR1	43,50694	3,98100
1999	HR4	43,51318	4,00274
1999	HR6	43,51995	4,01288
Dans RMCP			
1999	R1	43,50903	3,97090
2006	r1	43,50950	3,97457
2006	r9	43,50850	3,98010

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

La Figure 5 montre la carte de la réserve marine de la côte palavasienne avec l'emplacement des récifs artificiels.

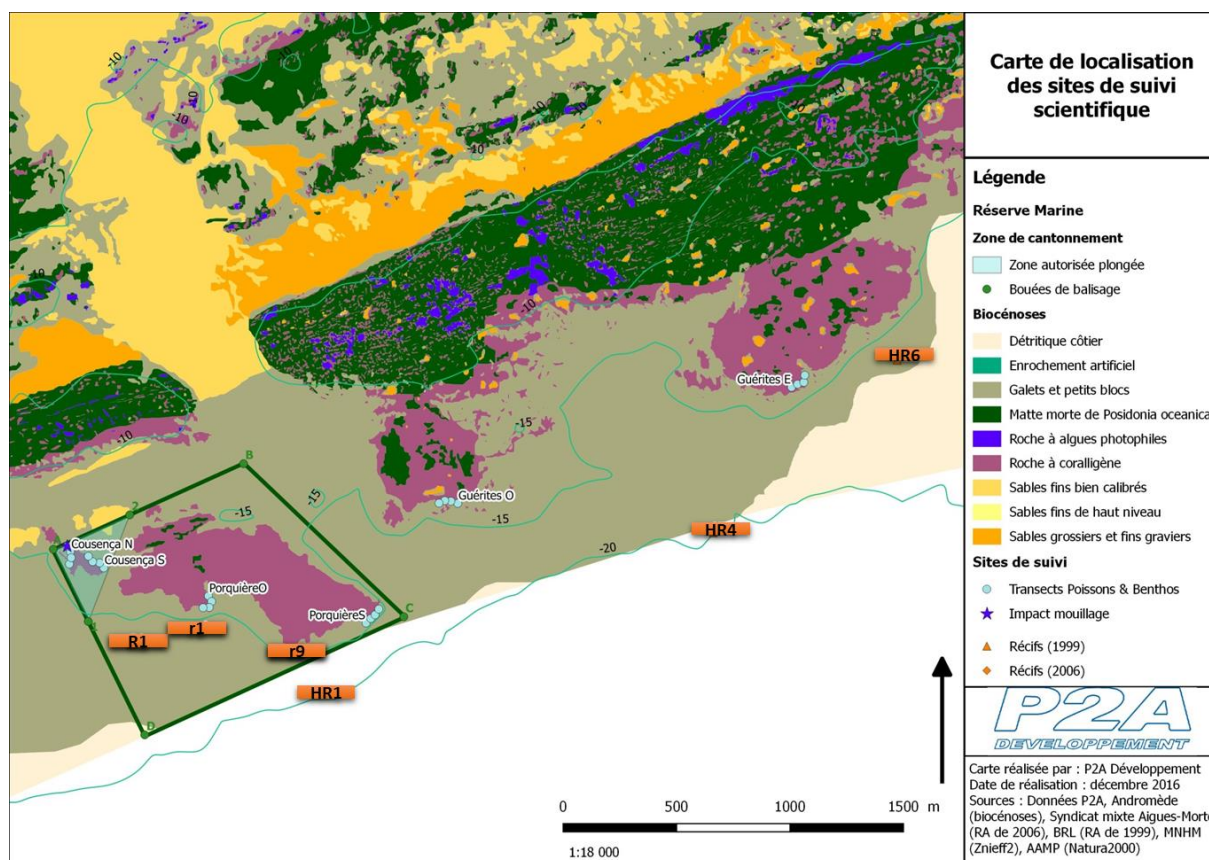


Figure 5. Carte de situation de la réserve marine de la côte palavasienne avec l'emplacement des récifs artificiels

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 (grégaire, craintif, démersales, benthiques, etc.).

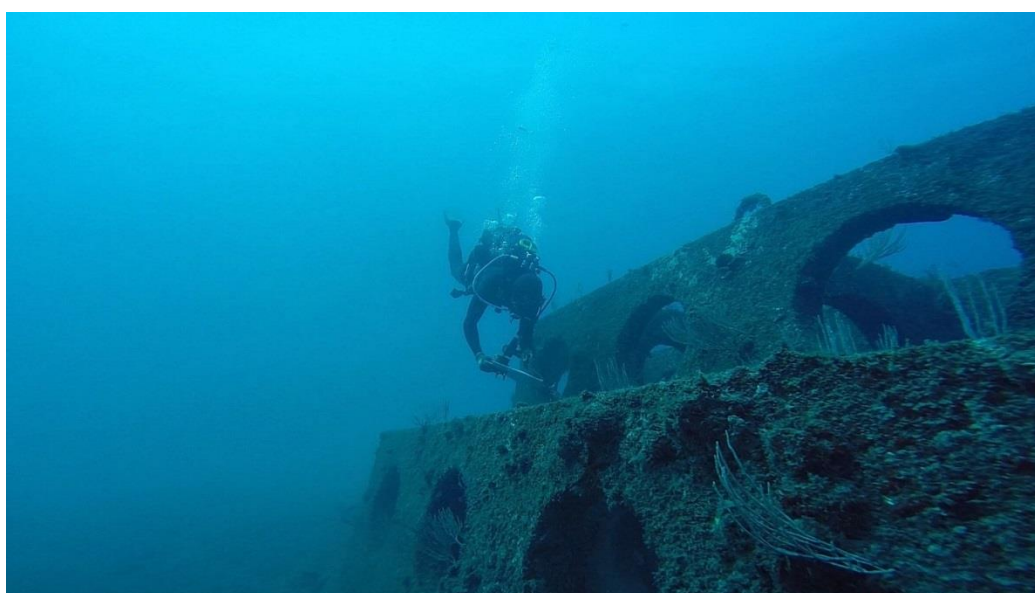


Figure 6. Plongeur réalisant un comptage sur récif de type cube. P2A développement

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

Les photos ci-dessous (Figure 7) 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 » et les récifs de type « cube ».



Figure 7. Photographies sous-marines des structures de type cube (en haut) et de type buse (en bas). P2A développement

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 / piquet de transect pour chaque station de suivi (Figure 8).

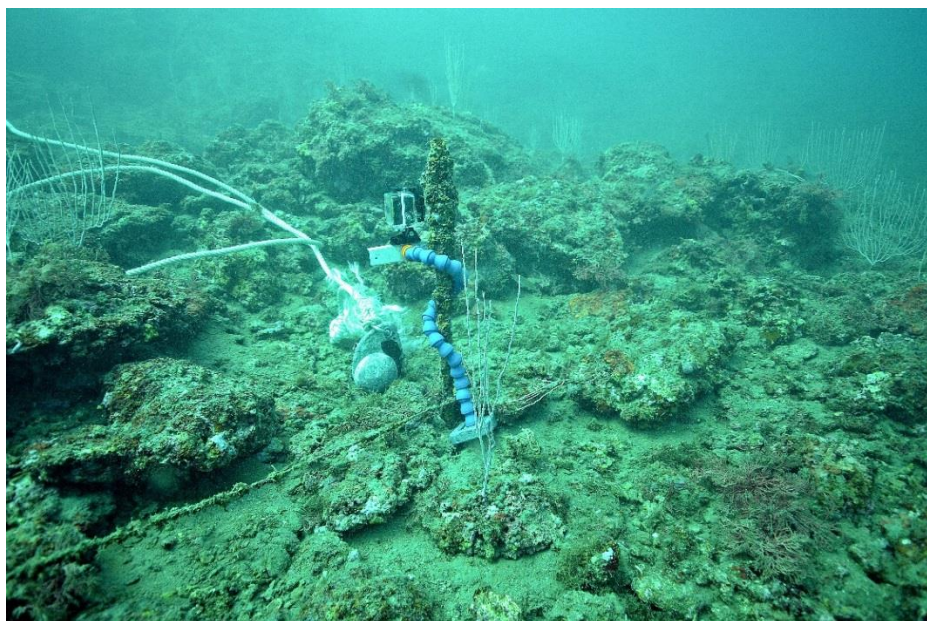


Figure 8. Photo sous-marine du positionnement de la caméra sur le piquet d'une station de suivi

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

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 7 indique le pilier et la position dans laquelle est placée chaque caméra sur chaque site pour réaliser les vidéos.

Tableau 7. Informations sur les positionnements vidéo sur les différentes stations d'étude.

STATIONS		Vidéo de référence
ZR1	Cousançà Nord	Azim.05° en P1
ZR2	Cousançà 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) pour les 3 années de suivi, ont une durée minimale de 15 min. La durée totale des vidéos, depuis le premier suivi en 2016 jusqu'au suivi de 2019, représente donc plus de 4,5 heures d'enregistrement. 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 valeurs ont été ramenées à une abondance par unité de temps. L'unité de temps choisie est de 10 minutes.

Etant des espèces 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 nous permet donc d'avoir des informations importantes sur les peuplements ichthyologiques de la réserve pour chaque année de suivi.

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 2019. La Figure 9 ci-dessous représente la carte de localisation des transects pour le suivi des fonds meubles par caméra tractée.

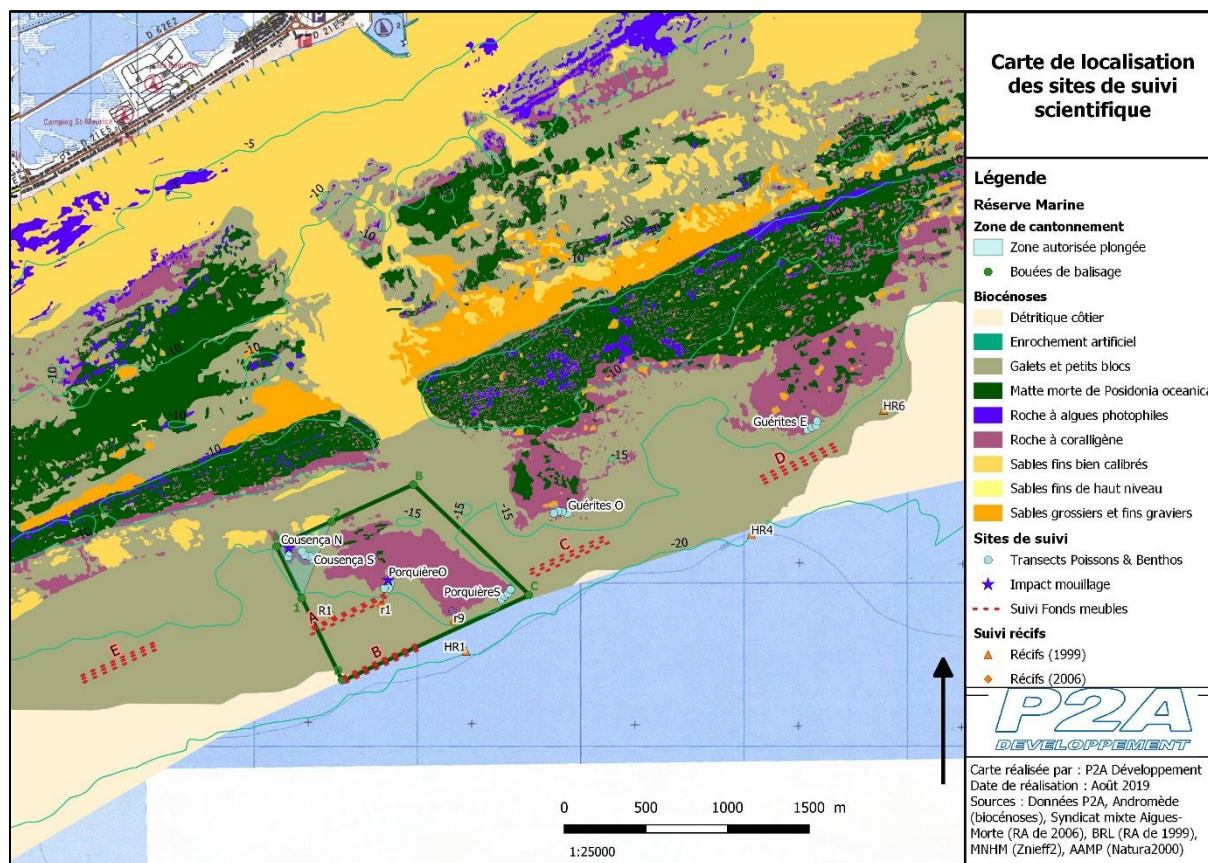


Figure 9. Carte de localisation des suivis scientifiques par caméra tractée (traits rouges discontinus)

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.

3.2.2. Suivi des éventuels impacts de la plongée dans la zone réglementée (banc rocheux de Cousança) par le suivi de l'espèce épigée *Eunicella singularis*

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. 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 Cousança Sud lors des campagnes de suivi, depuis 2016. Ce suivi a été

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

complété, lors de la campagne de 2019, par un suivi sur une zone témoin, sur le site de Porquières Ouest, placé 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 10). 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 11). Les paramètres de vitalité sont également relevés (individus sains vs nécrosés).

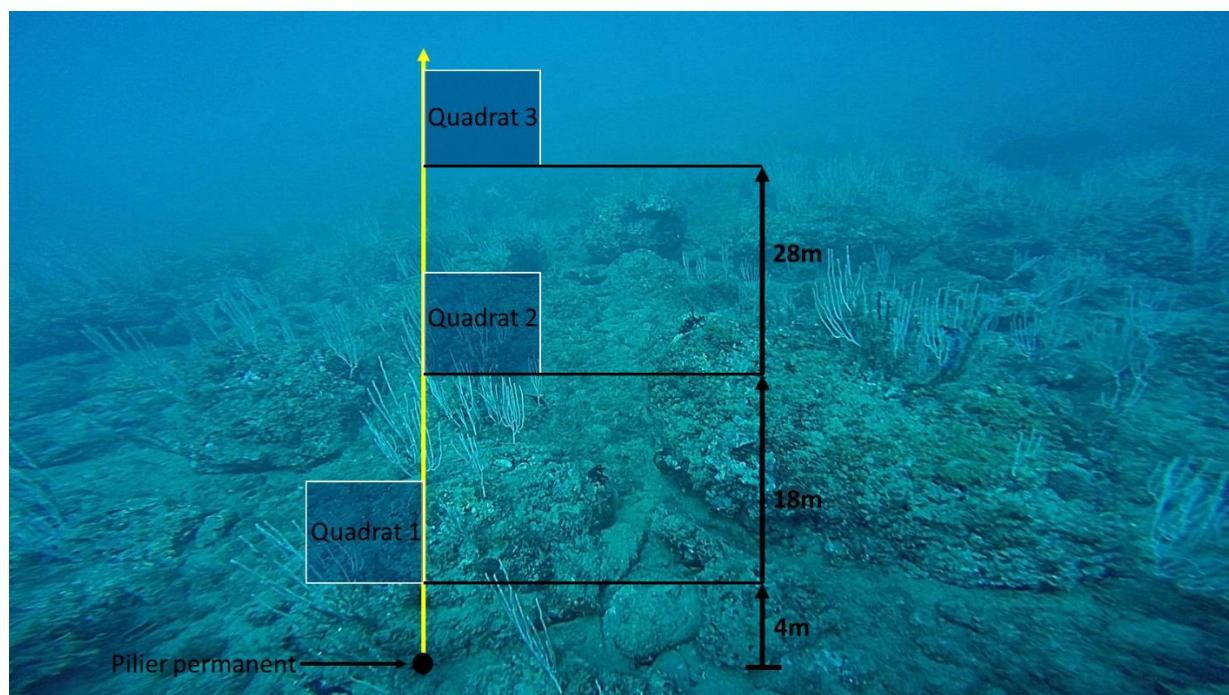


Figure 10. Représentation schématique du protocole de suivi des gorgones blanches, *Eunicella singularis* sur les stations rocheuses

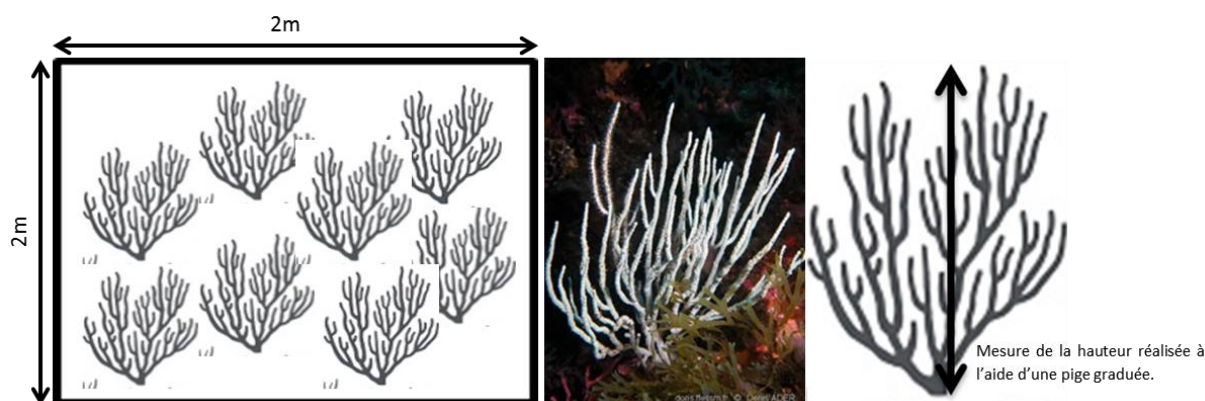


Figure 11. Représentation schématique du quadrat pour le comptage et la méthode de mesure de hauteur des individus (photo de *Eunicella singularis*, source <http://doris.ffessm.fr>)

Le protocole de relevé de ces espèces permet de suivre les espèces sensibles tel que décrit dans Dalias N., Astruch P., Foulquié M., Rouanet E., 2012. Suivi à long terme de l'impact potentiel de la plongée sous-marine sur les peuplements d'invertébrés benthiques au sein de la Réserve naturelle de Cerbère / Banyuls-sur-Mer (2007-2011) – Rapport final. Contrat CG. Pyrénées-Orientales & SEANEO-GIS Posidonie publ. Fr. : 136 pages.

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).

3.2.3. Evaluation des ressources halieutiques

L'ensemble des études sur le recensement de poissons par comptages visuels dans les aires marines protégées de Méditerranée (Harmelin, 1981 ; Bouchereau et al., 1992a et 1992b ; Francour, 1994 ; Jouvenel, 1997) et les recensements de captures de la pêche professionnelle (Cadiou G., 2008) et de la pêche amateur (Chavoin et Boudouresque, 2004 ; Dubreuil et al., 2008 ; Bonnard, 2009) ont permis d'identifier des espèces comme particulièrement ciblées par les activités de pêche, faisant d'elles des espèces vulnérables et soumises aux pressions des activités humaines :

- Les espèces ciblées par la pêche professionnelle sont les espèces « commerciales ». Ce sont des espèces carnivores de grande taille telles que le loup *Dicentrarchus labrax*, la daurade *Sparus Aurata*, le denti *Dentex dentex* et les sars genre *Diplodus sp.*
- Les labridés tels que la girelle et les labres ainsi que les serranidés tel que le serran-chèvre sont davantage les cibles des pêches récréatives à la ligne et sous-marine.
- Les scorpaenidés ou rascasses sont également ciblées par la pêche professionnelle et récréative.
- Enfin, la langouste rouge *Palinurus elephas* est un crustacé également fortement soumis à la pression de la pêche professionnelle et récréative.

Dans le but d'évaluer et de caractériser l'influence de la réserve sur les pêches et les débarquements des pêcheurs aux petits métiers de la Prud'homie de Palavas, un protocole de suivi des débarquements de pêche a été mis en place. Le protocole est basé sur des mesures et pesées de prises réalisées lors du retour à quai des pêcheurs. Les premières données correspondant aux suivis de débarquement de 2018 ont été transmises à l'AGRMCP et fournies à P2A développement pour leurs analyses. Pour cela, les pêcheurs ont réalisé leurs pêches de manière habituelle, avec leur propre matériel de pêche. La zone de suivi est divisée en trois zones distinctes : une zone proche, de 7 km², centrée sur la réserve (zone rouge), une zone intermédiaire (zone bleue) et une zone éloignée (au-delà de la zone bleue).

Les premiers suivis de débarquement ont été réalisés et présentés dans le rapport de suivi de 2018.



Figure 12. Carte de localisation des zones du suivi de débarquement des pêcheurs

Après le premier bilan de campagne de suivi des débarquements, un entretien avec les pêcheurs nous a permis de constater que ces suivis étaient contraignants pour eux et ils ont été abandonnés.

Cependant, afin de continuer à analyser l'évolution des ressources halieutiques, le suivi est en cours de modification. Le suivi par les pêcheurs va être remplacé par un suivi en deux composantes :

- Des « enquêtes pêcheurs », qui permettront d'avoir les ressentis des pêcheurs sur leurs prises depuis la mise en réserve mais également des données de localisation des secteurs de pêche pour fournir des informations sur l'état des stocks dans les sites d'intérêt ;
- Des suivis de débarquements, réalisés par P2A Développement, afin d'avoir des données concrètes, quantifiables et analysables.

L'objectif est ici d'évaluer l'influence de la réserve sur les pêches des pêcheurs petits métiers de la Prud'homie de Palavas. Il s'agit en effet d'avoir une idée sur l'impact de la protection du site sur les espèces ciblées par les pêcheurs.

4. Résultats

4.1. Suivi de l'évolution de la biodiversité

4.1.1. Suivi des espèces épibenthiques fixes

4.1.1.1. Analyse spatiale de la biodiversité benthique, campagne 2019

Le Tableau 8 présente les abondances des différentes espèces benthiques regroupées par familles et comptabilisées sur les transects dans les différentes stations (Cousançà nord (CN), Cousançà sud (CS), Porquières ouest (PO), Porquières Sud (PS), Guérites ouest (GO) et Guérites Est (GE)). Un total de 1548 individus et de 32 espèces a été comptabilisé sur l'ensemble des stations.

Tableau 8. Synthèse des effectifs des espèces benthiques recensées par famille sur les différentes stations de suivi.

Espece	Noms vernaculaires	CN	CS	PO	PS	GO	GE
BRYOZOAIREs							
<i>Myriapora truncata</i>	Faux corail	1	0	0	0	0	1
<i>Schizobrachiella sanguinea</i>	Bryozoaire encroûtante rouge	0	10	1	2	0	8
ANTHOZOAIREs							
<i>Alcyonium acaule</i>	Alcyon Méditerranéen	16	1	5	2	1	2
<i>Eunicella singularis</i>	Gorgone blanche	227	125	121	137	128	75
ECHINODERMES							
<i>Arbacia lixula</i>	Oursin noir	0	0	0	3	0	0
<i>Echinaster sepositus</i>	Etoile de mer rouge	11	6	4	5	3	5
<i>Holothuria forskali</i>	Holothurie noir	6	12	5	4	11	2
<i>Holothuria tubulosa</i>	Holothurie tubuleuse	0	0	0	1	0	0
<i>Ophiotrix fragilis</i>	Ophiure fragile	1	0	0	0	0	0
<i>Paracentrotus lividus</i>	Oursin violet	8	1	1	0	0	0
<i>Sphaerechinus granularis</i>	Oursin granuleux	0	3	0	1	1	2
SPONGIAIREs							
<i>Acanthella acuta</i>	Eponge épineuse orange	0	0	0	0	0	2
<i>Agelas oroides</i>	Agélas orangée	1	0	0	1	0	0
<i>Amphilectus fucorum</i>	Eponge mousse de carotte	0	0	0	1	0	1
<i>Aplysina aerophoba</i>	Vérongia	3	20	3	0	4	0
<i>Axinella damicornis</i>	Axinelle plate	0	1	0	1	0	2
<i>Chondrosia reniformis</i>	Eponge rognion	9	8	0	1	0	0
<i>Cliona celata</i>	Clione jaune	0	1	1	4	0	5
<i>Cliona viridis</i>	Clione verte	5	5	0	0	0	0
<i>Corticium candelabrum</i>	Eponge coussinet orange	17	20	15	20	5	26
<i>Crambe crambe</i>	Eponge encroûtante orange	25	20	6	29	25	2
<i>Petrosia ficiformis</i>	Eponge-pierre	14	7	12	35	25	36
<i>Phorbas tenacior</i>	Eponge encroûtante bleuâtre	6	3	10	20	25	40
<i>Spongia officinalis</i>	Eponge de toilette	0	0	0	0	15	0
<i>Spongia lamella</i>	Eponge oreille d'éléphant	8	0	6	0	4	0
<i>Suberites carnosus</i>	Eponge-balle	0	0	0	1	0	0
MOLLUSQUES							
<i>Bolma rugosa</i>	Astrée rugeuse	0	0	0	0	0	1
<i>Pina rudis</i>	Nacre épineuse	0	0	0	1	0	0
TUNICIERS							
<i>Halocynthia papillosa</i>	Ascidie rouge	2	0	0	2	0	1
<i>Phallusia fumigata</i>	Ascidie noire	1	0	0	4	6	5
ANNELIDES TUBICOLES							
<i>Serpula vermicularis</i>	Serpule	0	2	7	0	0	0
<i>Apomatus similis</i>	Protule	0	0	0	0	0	1
Total par station		361	245	197	275	253	217

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

L'espèce la plus représentée est la gorgone blanche *Eunicella singularis* avec 813 individus recensés sur l'ensemble des stations. A noter que le Violet, *Microcosmus sulcatus* aussi 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. Sa présence de plus en plus rare sur nos côtes pose de réelle question de gestion des ressources. Lors de l'inventaire de 2019, aucun individu n'a été recensé.

La Figure 13 présente les abondances totales par station durant la campagne de 2019. La station de Cousanço Nord présente clairement la plus grande abondance en faune benthique avec 361 individus comptabilisés au total. On observe que la moyenne des abondances sur les stations dans la réserve est supérieure à la moyenne des abondances des stations témoins (respectivement 269,5 et 235 individus observés par station).

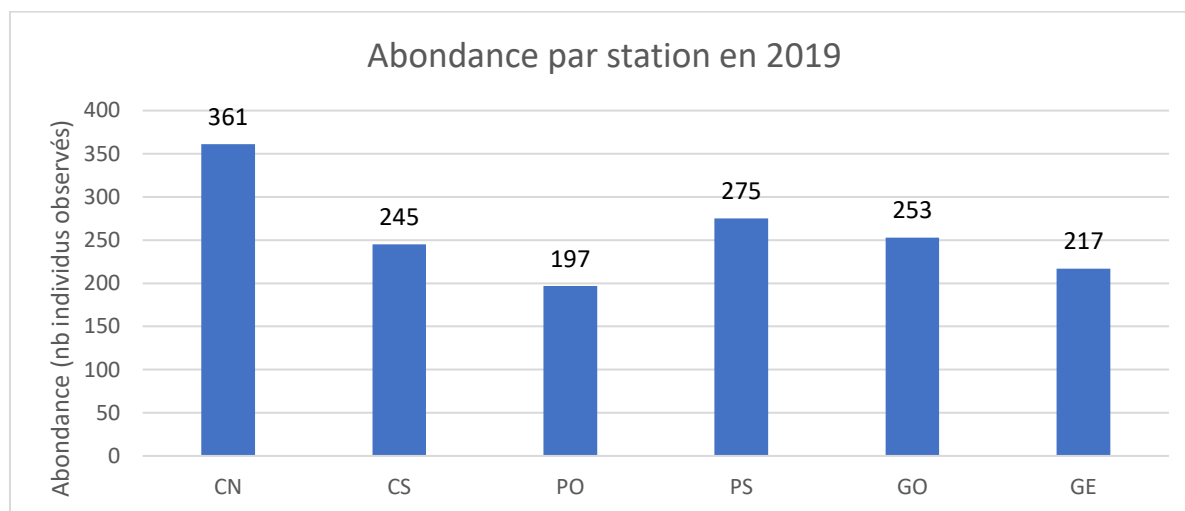


Figure 13. Abondance totale par station en août 2019

La gorgone blanche, *Eunicella singularis* est une espèce sessile largement représentée en Méditerranée. La distribution en abondance benthique sur les différentes stations est très largement influencée par la présence de cette espèce puisque l'on comptabilise par exemple 227 individus sur la station de Cousanço Nord sur un total de 361 individus (Figure 14), la gorgone blanche représente en moyenne environ 52% de la contribution en abondance des espèces benthiques.

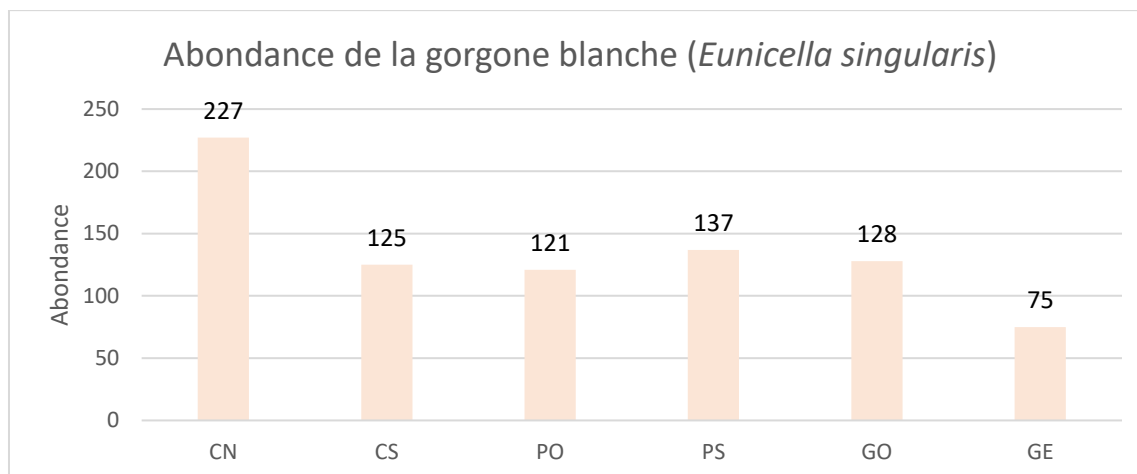


Figure 14. Abondance de la gorgone blanche *Eunicella singularis* sur les différentes stations en août 2019

L'analyse de la richesse spécifique sur chaque station (Figure 15) nous montre que la station de Porquières sud est celle qui compte le plus d'espèces différentes (plus de 20 espèces rencontrées) avec une diversité d'éponges supérieure aux autres stations et la présence notable de la grande nacre de Méditerranée (*Pinna nobilis*, Figure 16). La comparaison des stations de la réserve et des stations témoins montre, ici encore, une plus grande richesse dans la réserve (17,5 espèces observées en moyenne par station) qu'en dehors (16 espèces par station).

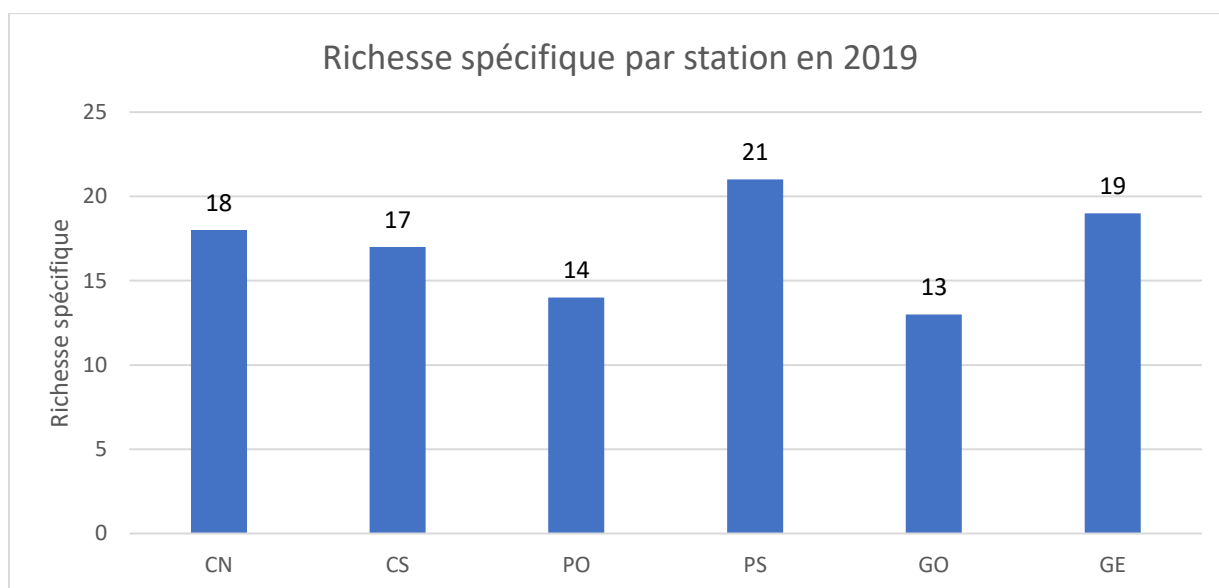


Figure 15. Richesse spécifique par station en 2019



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

Le calcul des indices de diversité (indice de Shannon) et d'équité (indice de Piélou) montre des résultats concernant la diversité spécifique supérieurs pour les stations de Cousaça Sud, Porquières Sud et Guérites Est (Figure 17). Les stations de Cousaça Sud, Guérites Ouest et Guérites Est présentent les résultats d'équité les plus élevés, suggérant que ce sont les stations les plus équilibrées en termes de distribution des espèces.

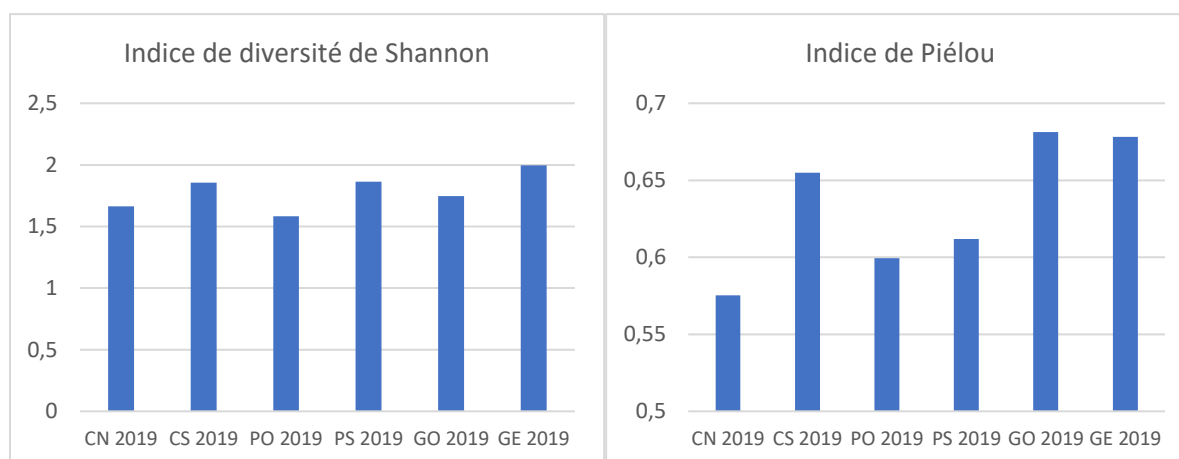


Figure 17. Calcul des indices de diversité et d'équité sur les différentes stations

La figure suivante (Figure 18) représente le dendrogramme obtenu après groupement hiérarchique des résultats de comptage des espèces benthiques de la campagne de 2019. Cette méthode permet de visualiser les similarités des stations entre-elles selon le peuplement. On remarque très clairement 2 groupes (cluster) formés par indice de dissimilarité de Bray-Curtis. Les stations de Porquières Sud et

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Guérites Est présentent de fortes similarités et se distinguent du deuxième groupement formé par les autres stations. La station de Porquières sud se situe à l'extrémité sud de la réserve marine et en bordure de roche à coralligène, c'est la station la plus au large et elle présente le plus de similarité avec la station des Guérites Est, qui est la station la plus éloignée de la réserve.

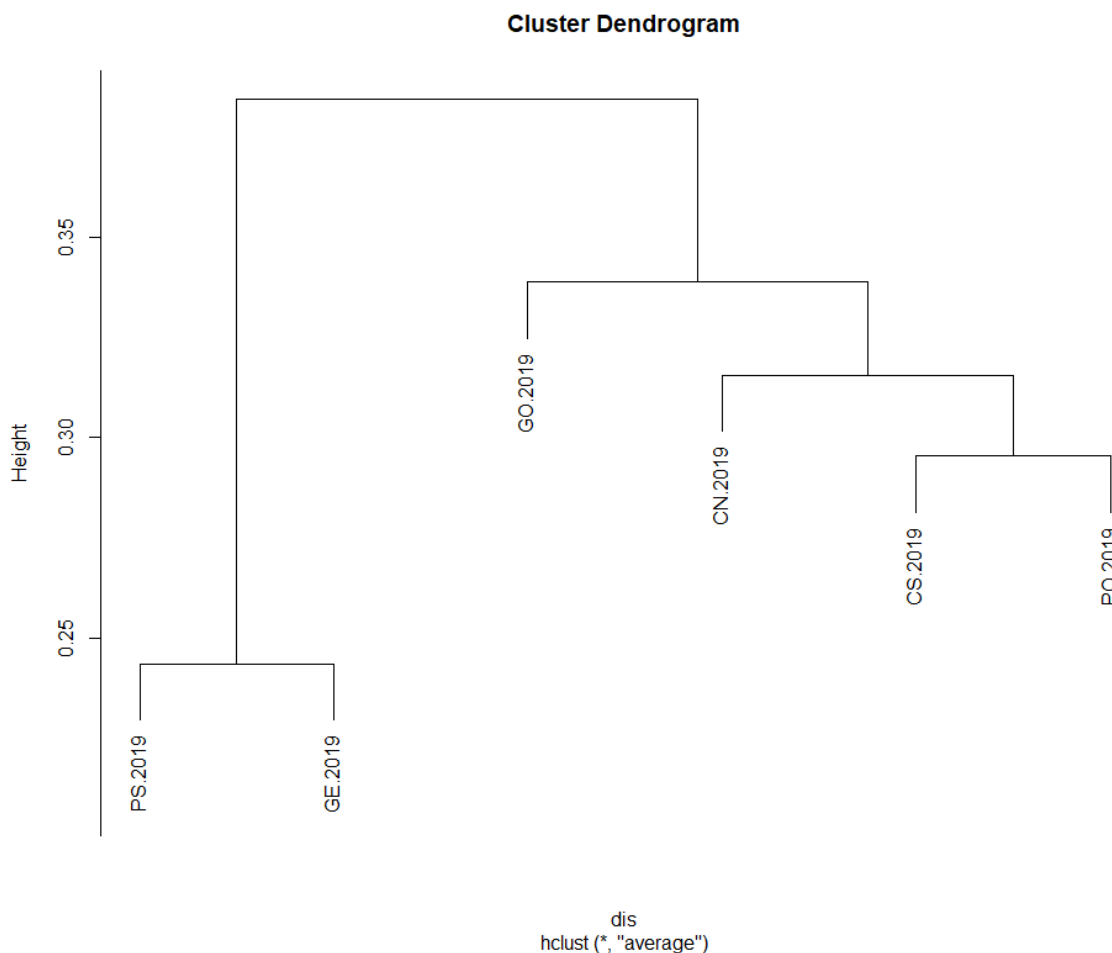


Figure 18. Dendrogramme de groupement hiérarchique des stations par comptage du benthos obtenu par l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis sur le suivi de 2019

En ce qui concerne les espèces épibenthiques fixes, en 2019, on observe en moyenne à la fois plus d'individus et plus d'espèces sur les stations de la réserve que dans les stations témoins, hors réserve. En revanche, en termes de diversité et d'équitabilité, la tendance est inverse, avec des stations témoins globalement plus équilibrées.

L'espèce prédominante, sur toutes les stations, est la gorgone blanche (*Eunicella singularis*).

4.1.1.2. Evolution temporelle de la biodiversité benthique (2016 à 2019)

Le tableau suivant (tableau 9) représente les abondances des espèces benthiques des différents suivis de 2016, 2018 et 2019 sur chacune des stations.

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

Tableau 9. Synthèse des effectifs des espèces benthiques sur chaque station et pour chaque campagne de suivi

	CN 2016	CN 2018	CN 2019	CS 2016	CS 2018	CS 2019	PO 2016	PO 2018	PO 2019	PS 2016	PS 2018	PS 2019	GO 2016	GO 2018	GO 2019	GE 2016	GE 2018	GE 2019
BRYOZOAIREs																		
<i>Myriapora truncata</i>			1								5							1
<i>Pentapora fascialis</i>				2	2													
<i>Reteporella grimaldii</i>							1			1								
<i>Schizobrachiella sanguinea</i>						10			1		6	2		2			8	8
<i>Scrupocellaria</i> sp.		12			10			9			10			9			15	
ANTHOZOAIREs																		
<i>Aiptasia mutabilis</i>										1								
<i>Alcyonium acaule</i>		7	16		2	1		3	5		3	2			1		1	2
<i>Alcyonium coralloides</i>	1			1	1			7		1	4					1		
<i>Anemonia viridis</i>	16			1						1								
<i>Cribrinopsis crassa</i>																		
<i>Eunicella singularis</i>	163	108	227	61	60	125	86	102	121	69	114	137	57	100	128	41	65	75
<i>Fleur</i>							4											
<i>Parazoanthus axinellae</i>							1			3								
<i>Cerianthus membranaceus</i>				1												4		
ECHINODERMES																		
<i>Arbacia lixula</i>	4	4					2			7	2	3	1	2			2	
<i>Echinaster sepositus</i>	5	6	11	3	2	6	6	4	4	5	2	5	3	3	3	2	5+1J	5
<i>Holothuria forskali</i>	11	13	6	7	10	12		10	5	1	2	4	9		11	2	2	2
<i>Holothuria tubulosa</i>	2			2			1			1		1	2			2		
<i>Marthasterias glacialis</i>		1																
<i>Ophiothrix fragilis</i>		52	1		12			47			54			68			17	
<i>Paracentrotus lividus</i>	7	7	8	4		1	3		1	7			4	1		2		
<i>Sphaerechinus granularis</i>	1	1		2	2	3		3		1	4	1			1	2	1	2
SPONGIAIREs																		
<i>Acanthella acuta</i>										1	1			1				2
<i>Agelas oroides</i>			1				1	1		1	1	1		1				
<i>Amphilectus fucorum</i>	1											1						1
<i>Aplysina aerophoba</i>	2	8	3	2	5	20	3	5	3					3	4			
<i>Axinella damicornis</i>						1						1						2
<i>Chondrosia reniformis</i>	1	1	9		2	8	2	2			3	1		2			2	
<i>Cliona celata</i>						1		3	1		2	4				1		5
<i>Cliona viridis</i>	16	11	5	16	14	5	16	15		21	8		1	9		12	14	
<i>Corticium candelabrum</i>		11	17		6	20		2	15		7	20		9	5		5	26
<i>Crambe crambe</i>	22	9	25	3	4	20	4	8	6	8	6	29	4	7	25	1	8	2
<i>Eponge orange indéterminée</i>				4						5								
<i>Hemimycale columella</i>														1			1	
<i>Mycale contarenii</i>	1																	
<i>Oscarella lobularis</i>														8				
<i>Petrosia ficiformis</i>		1	14			7			12			35			25			36
<i>Phorbastenia tenacior</i>			6			3		1	10			20		1	25			40
<i>Phorbastenia opsentii</i>							1											
<i>Spongia officinalis</i>		1			7			5			5			2	15		14	
<i>Spongia lamella</i>			8						6						4			
<i>Suberites carnosus</i>												1						
MOLLUSQUES																		
<i>Hexaplex trunculus</i>	1			2	2											1	1	
<i>Tritia</i> sp.																1		
<i>Bolma rugosa</i>		1					1				1							1
<i>Pina rudis</i>												1						
TUNICIERS																		
<i>Halocynthia papillosa</i>	1	1	2				1					2				1	1	1
<i>Microcosmus sulcatus</i>							1											
<i>Phallusia mammilata</i>	1												1					
<i>Phallusia fumigata</i>			1				1	1		1	5	4			6		3	5
<i>Polysyncatron lacazei</i>				2			2			1			15			2		
ANNELIDES TUBICOLES																		
<i>Serpula vermicularis</i>		3		2	2	2	1		7								1	
<i>Apomatus similis</i>							1									1	3	1
CNIDAIREs																		
<i>Anemonia veridis</i>			10												1			
<i>Aiptasia mutabilis</i>									1			5						
Abondance par station	256	258	371	115	143	245	139	228	198	136	245	280	97	229	254	77	164	217

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

La Figure 19 montre les abondances totales par station pour l'ensemble des campagnes de suivi réalisées depuis la création de la réserve. Les résultats montrent clairement une augmentation des effectifs totaux pour l'ensemble des stations de suivi pour l'année 2019, mise à part la station de Porquières Ouest où l'on observe une diminution entre le recensement de 2018 et celui de 2019, principalement expliqué par l'absence de l'espèce benthique mobile *Ophiotrix fragilis* en 2019 sur le transect. L'augmentation en abondance des espèces benthiques est principalement liée à l'augmentation des effectifs de la gorgone blanche *Eunicella singularis*. Lors de la campagne de 2019, de nombreux jeunes individus (taille inférieure à 5 cm) ont été comptabilisés. Bien que cette espèce ait une croissance lente, de seulement quelques centimètres par an, il est possible que ces très jeunes individus n'aient pas été détectés et donc comptabilisés par les plongeurs lors des comptages sur transects des années précédentes. L'augmentation est aussi expliquée par la présence en plus grand nombre des éponges telles que l'éponge encroûtante rouge-orange *Crambe crambe* ou encore l'éponge coussinet orange *Corticium candelabrum*.

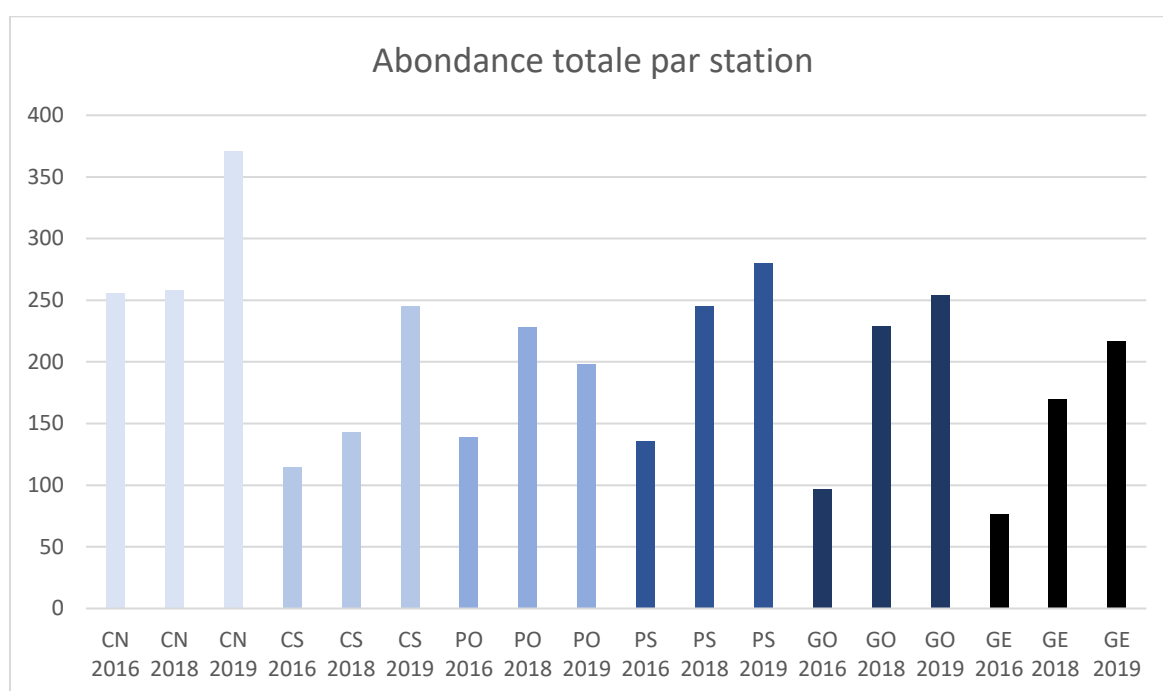


Figure 19. Abondance totale par station pour les 3 années de recensement des espèces benthiques

Les résultats de richesse spécifique sur les différentes stations pour les 3 années du suivi montrent des richesses supérieures pour les stations de Porquières Ouest lors du suivi du 2016 et Porquières Sud lors des suivis de 2018 et de 2019, avec plus de 20 espèces différentes comptabilisées (Figure 20). Ces stations correspondant à l'espace de réserve intégrale, interdite à toutes activités de pêche ou de plongée, ces résultats ne sont donc pas aberrants. En revanche, on observe que la richesse spécifique en 2019 sur Porquières Ouest est fortement diminuée par rapport aux 2 précédents suivis de 2016 et de 2018.

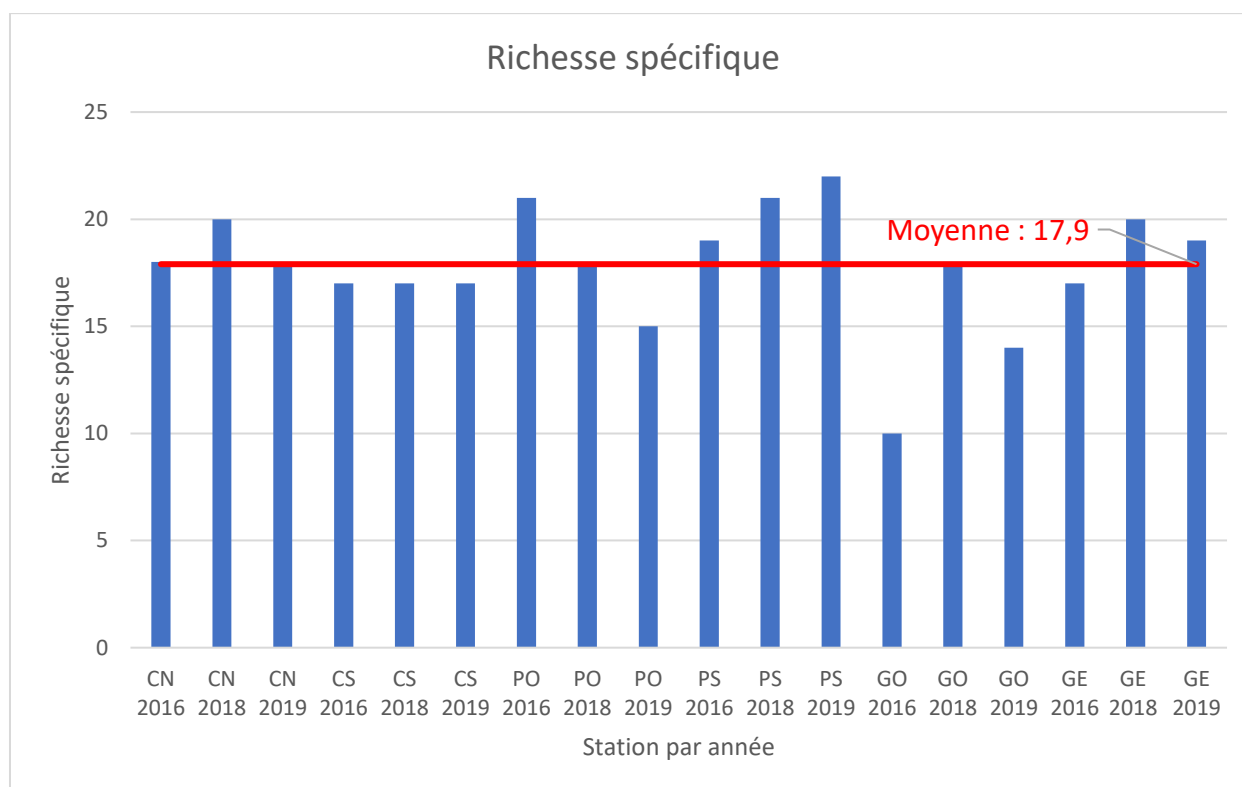


Figure 20. Richesse spécifique par station pour les 3 années de recensement des espèces benthiques. La richesse moyenne est représentée par la ligne horizontale rouge

L'analyse des indices de diversité et d'équitabilité (indice de Shannon, Figure 21 et indice de Piélou, Figure 22) montre globalement des valeurs plus élevées pour les suivis de 2018. Ce qui indique que l'année 2018 est caractérisée par des stations plus diversifiées et plus équilibrées en termes de biodiversité des espèces benthiques comparées aux autres années de suivis. Ce phénomène peut s'expliquer par l'apparition d'espèces sensibles à des conditions météorologiques particulières, le suivi d'août 2018 étant caractérisé par des conditions météorologiques particulièrement exceptionnelles (jusqu'à 24°C enregistré à 10 m de profondeur sur les stations rocheuses).

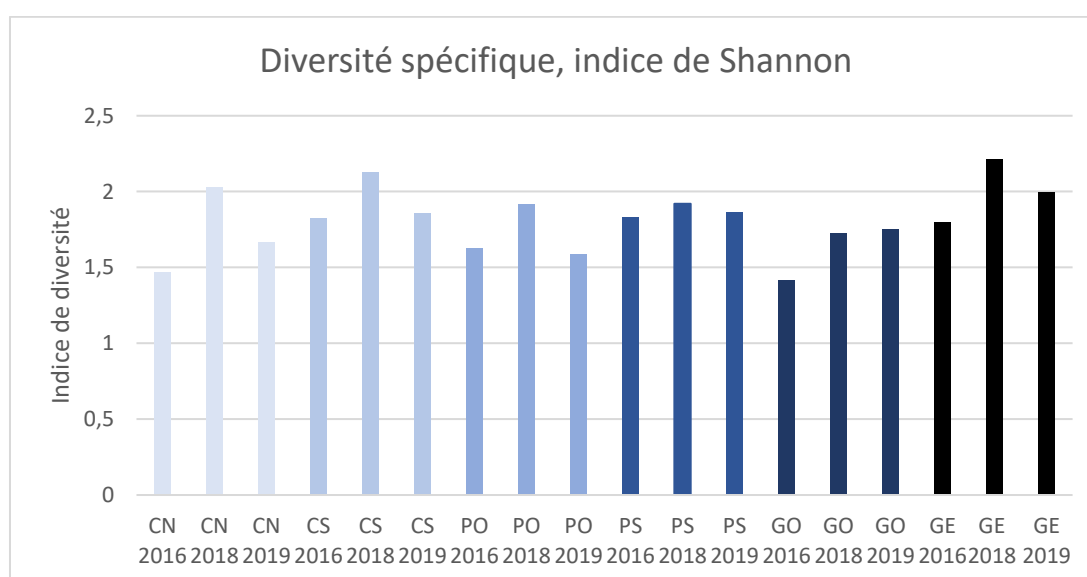


Figure 21. Indice de diversité spécifique (indice de Shannon) sur les stations et pour les différentes années de suivi

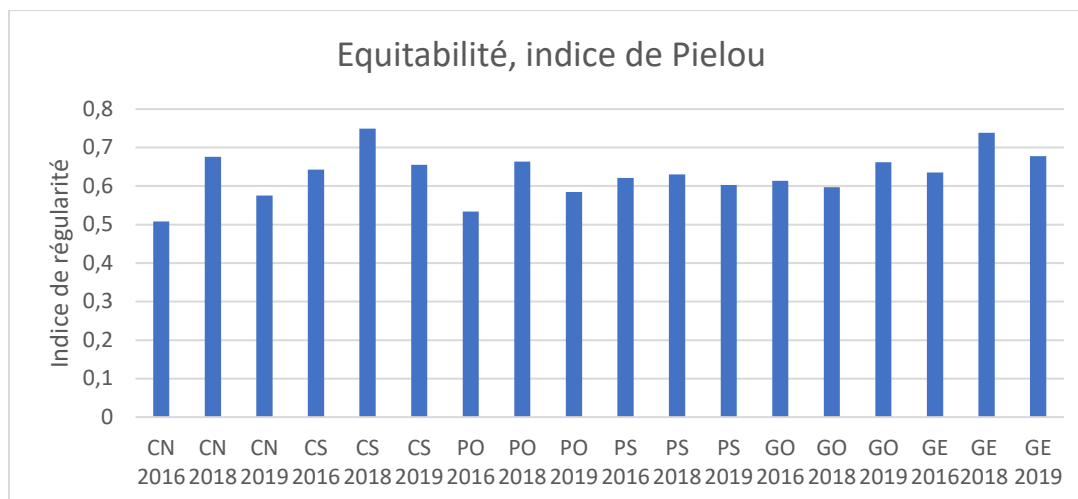


Figure 22. Indice de régularité ou d'équitabilité (indice de Pielou) sur les stations et pour les différentes années de suivi

La figure suivante (Figure 23) est le dendrogramme obtenu après groupement hiérarchique des résultats de comptage de la faune benthique sur l'ensemble des stations et pour l'ensemble des suivis de campagne (2016, 2018, 2019).

La morphologie du dendrogramme et le regroupement en cluster du positionnement multidimensionnel (MDS) (Figure 24) permet d'identifier très clairement 3 groupes (cluster) qui correspondent aux différentes années de campagne de suivi de la réserve marine de Palavas. Ces résultats témoignent de l'effet temporel sur les indices de similarité des stations. D'un point de vue du peuplement benthique, il y a clairement une évolution temporelle mais cette évolution concerne l'ensemble des stations, à la fois dans et en dehors de la réserve. Beaucoup de recrutements de jeunes individus ont été observés lors de la campagne de 2019, de jeunes gorgones principalement. Les conditions météorologiques favorables ces deux dernières années de suivi peuvent également expliquer ces observations.

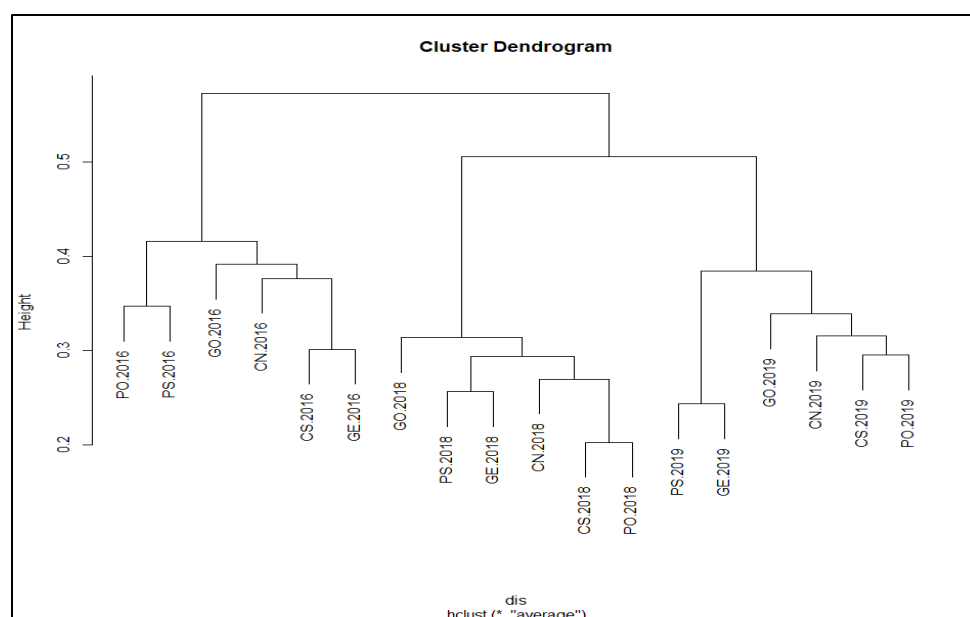


Figure 23. Dendrogramme de groupement hiérarchique des stations par comptage du benthos obtenu par l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis sur les 3 années de suivi scientifique

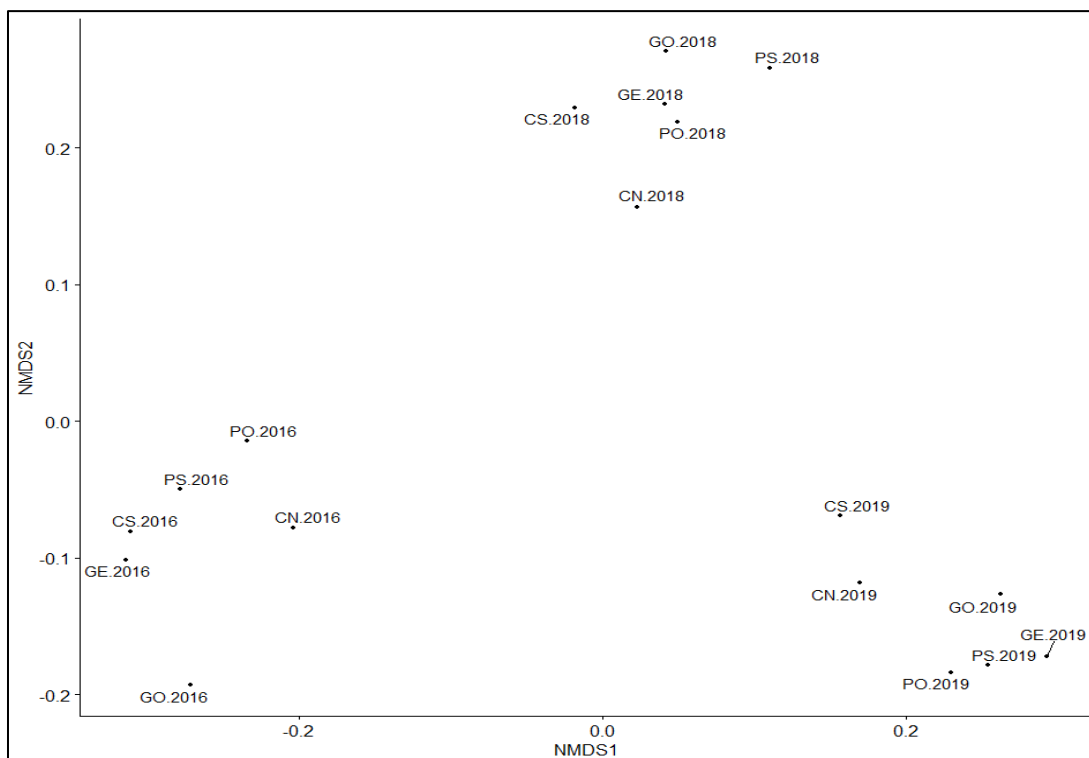


Figure 24. Regroupement en cluster du positionnement multidimensionnel (MDS) des stations pour les 3 années de suivi scientifique

La comparaison temporelle des espèces épibenthiques fixes révèle une forte augmentation des abondances en 2019 sur la quasi-totalité des stations (à l'exception de Porquières Ouest). La présence d'un grand nombre de juvéniles de gorgones blanches, de quelques centimètres, qui n'auraient potentiellement pas été détectée en 2018, pourrait expliquer ce phénomène.

En termes de richesse spécifique, mis à part Porquières Sud où le nombre d'espèce croît régulièrement depuis 2016 (avec des valeurs supérieures à la moyenne), aucune tendance d'évolution n'est observée.

Globalement, c'est au cours du suivi de 2018 que les résultats ont révélé les stations les plus diversifiées et équilibrées.

L'étude des dendrogrammes dénote que les résultats montrent plus de similarité selon l'année de suivi que selon les sites.

4.1.1.3. Suivi espèces-cible : les oursins

L'oursin comestible *Paracentrotus lividus* est très prisé par la gastronomie française. Sa pêche est réglementée et selon les pêcheurs professionnels, une diminution du nombre d'individus est constatée dans notre région. Lors des inventaires, trois espèces d'oursins ont été observées : *Paracentrotus lividus*, l'oursin violet, *Abracia lixula*, l'oursin noir et *Sphaerechinus granularis*, l'oursin granuleux.



Figure 25. Espèces d'oursins inventoriées dans la réserve marine de la côte palavasienne. De gauche à droite : *Abracia lixula* (oursin noir), *Paracentrotus lividus* (oursin violet) et *Sphaerechinus granularis* (oursin granuleux)

Le graphe suivant (Figure 26) présente les moyennes d'abondances dans la réserve (R) et hors réserve (HR) en 2019 des 3 espèces d'oursins. Les résultats montrent qu'en moyenne, il y a davantage d'individus dans la réserve et ce pour les 3 espèces recensées.

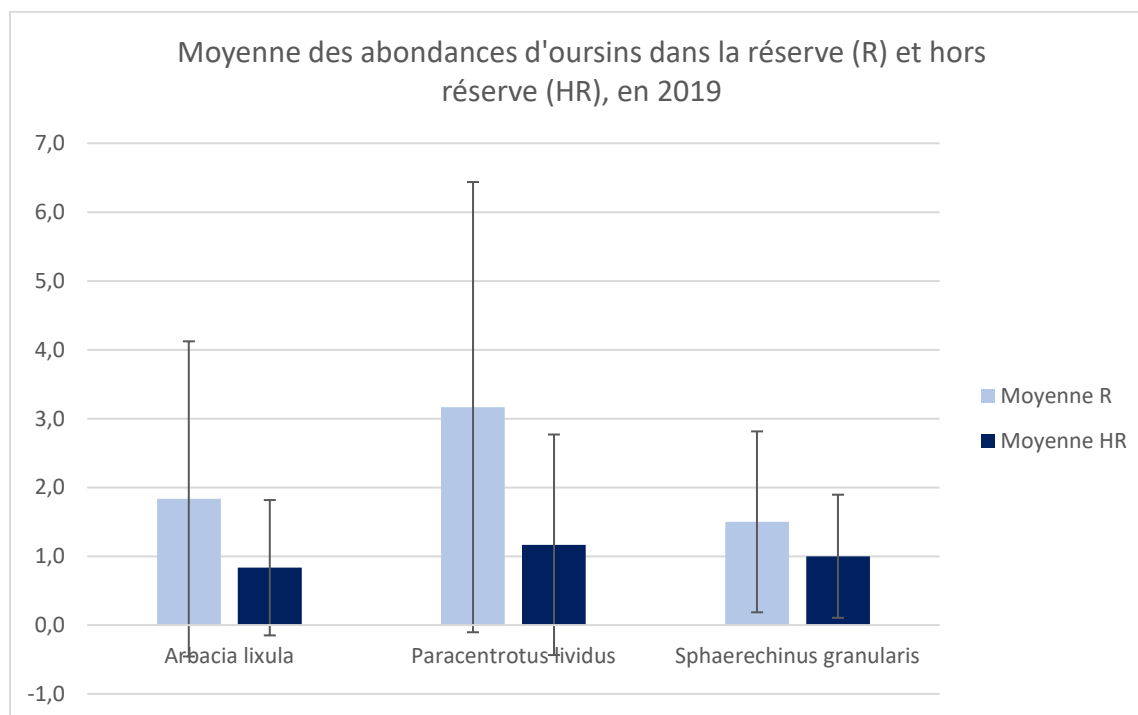


Figure 26. Moyenne des abondances des différentes espèces d'oursin dans la réserve (R) et hors réserve (HR)

La Figure 27 présente l'évolution temporelle des moyennes d'abondance sur l'ensemble des stations (R et HR) pour les 3 années de suivi. Les résultats témoignent d'une diminution des deux espèces commerciales, l'oursin violet et l'oursin noir. En revanche, on observe une tendance à l'augmentation de l'oursin granuleux.

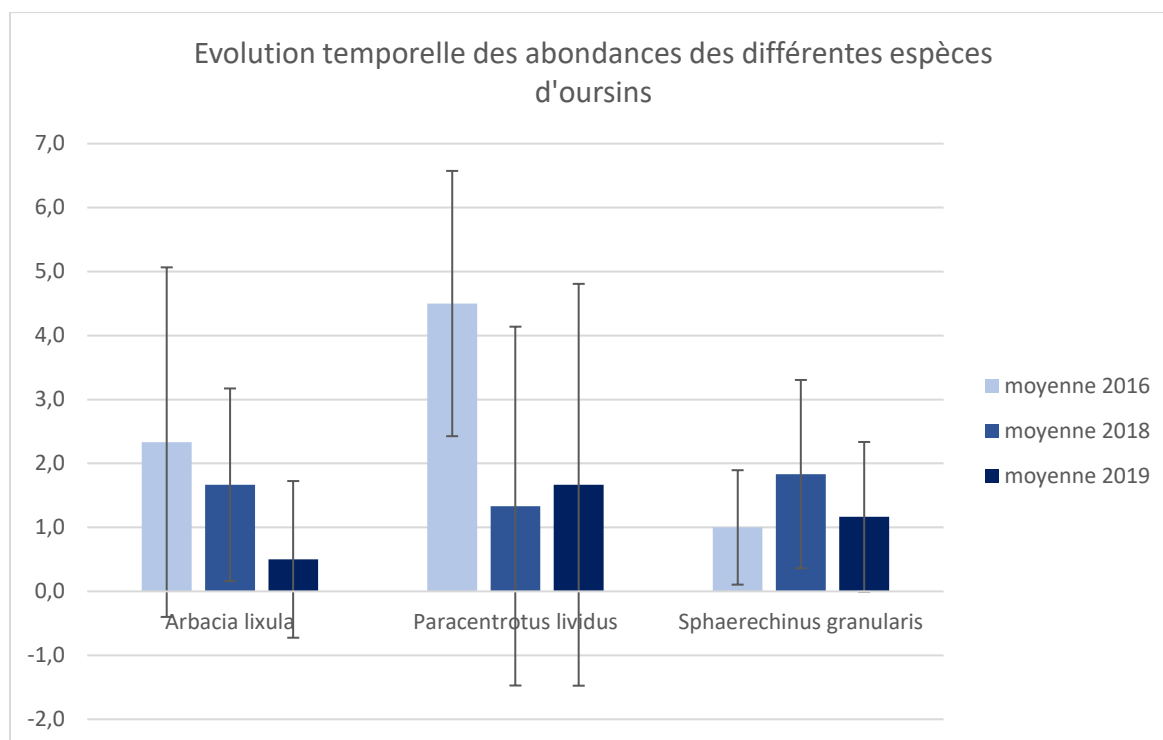


Figure 27. Evolution temporelle des abondances en oursin

En 2019, les trois espèces d'oursins observées : l'oursin violet (*Paracentrotus lividus*), l'oursin noir (*Arbacia lixula*) et l'oursin granuleux (*Sphaerechinus granularis*), sont en moyenne plus abondantes sur les stations de la réserve.

Espèce largement prédominante en 2016, l'oursin violet est en forte régression, tout comme l'oursin noir. Seule l'espèce non commerciale (l'oursin granuleux) conserve en 2019 une abondance similaire à celle de 2016.

4.1.2. Evaluation de la biodiversité des espèces mobiles (poissons, crustacés et mollusques)

4.1.2.1. Stations rocheuses

4.1.2.1.1. Analyse spatiale de la biodiversité ichtyologique, campagne 2019

- **Indicateurs de la biodiversité**

Le tableau suivant présente les abondances des différentes espèces recensées sur les différentes stations lors de la campagne de suivi de 2019. Au total, on comptabilise 18 578 individus 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 2019

ESPECE PAR FAMILLE	NOM VERNACULAIRE	CN	CS	PS	PO	GE	GO	TOTAL ESPECE
POISSONS								
BLENNIIDAE								
<i>Blennius ocellaris</i>	Blennie papillon	0	0	0	0	0	1	1
<i>Lipophrys trigloides</i>	Blennie trigloïde	3	0	0	0	0	0	3
<i>Parablennius gattorugine</i>	Cabot	1	1	0	1	0	2	5
<i>Parablennius rouxi</i>	Blennie de roux	27	7	35	20	17	8	114
CARANGIDAE								
<i>Trachurus trachurus</i>	chinchard commun	20	0	0	50	370	90	530
CENTRACANTHIDAE								
<i>Spicara</i>	Mendole	1	0	0	0	0	16	17
<i>Spicara smaris</i>	Picarel	0	0	63	5	0	0	67
CLUPEIDAE								
<i>Sardina pilchardus</i>	sardine	0	0	0	10000	0	0	10000
CONGRIDAE								
<i>Conger conger</i>	Congre	0	0	0	0	1	0	1
ENGRAULIDAE								
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchois commun	0	0	0	0	0	0	0
GADIDAE								
<i>Trisopterus capelanus</i>	Capelan	0	23	0	3	21	0	47
<i>Trisopterus luscus</i>	tacaud commun	1	100	0	0	0	0	101
GOBIIDAE								
<i>Gobius cruentatus</i>	Gobie à bouche rouge	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gobius geniporus</i>	Gobie à joues	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gobius xanthocephalus</i>	Gobie à tête jaune	8	30	10	28	23	21	120
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Gobie des sables	0	20	0	70	0	0	90
<i>Pomatoschistus sp.</i>		0	0	0	0	0	0	0
<i>Thorogobius ephippiatus</i>	Gobie léopard	0	0	0	0	0	0	0
LABRIDAE								
<i>Coris julis</i>	Girelle commune	26	23	39	24	27	7	146
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Rouquie	26	25	33	62	42	17	205
<i>Labrus bimaculatus</i>	Vieille coquette	0	0	0	0	0	0	0
<i>Labrus merula</i>	Labre merle	1	2	1	4	0	6	14
<i>Labrus viridis</i>	Labre vert	1	7	0	0	1	0	9
<i>Symphodus doderleini</i>	Crénilabre de	2	1	0	4	2	0	9
<i>Symphodus mediterraneus</i>	Crénilabre	2	8	0	11	9	22	52
<i>Symphodus melanocercus</i>	Crénilabre à queue	4	9	2	16	17	6	54
<i>Symphodus ocellatus</i>	Crénilabre ocellé	0	0	11	0	0	0	11
<i>Symphodus roissali</i>	Crénilabre à cinq	0	5	0	4	5	0	14
<i>Symphodus tinca</i>	Crénilabre paon	0	2	1	0	0	3	6
MORONIDAE								
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Loup	0	0	0	0	0	0	0
MUGILIDAE								
<i>Chelon labrosus</i>	Mulet lippu	0	0	0	0	0	0	0
MULLIDAE								
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget barbet de	23	6	40	50	11	70	200
PHYCIDAE								
<i>Phycis blennoides</i>	Mostelle de fond	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phycis phycis</i>	Mostelle de roche	0	1	0	1	1	0	3
POMACENTRIDAE								
<i>Chromis chromis</i>	Castagnole	210	88	410	664	55	495	1822
SCORPAENIDAE								
<i>Scorpaena notata</i>	Petite rascasse rouge	2	1	1	4	1	1	10
<i>Scorpaena porcus</i>	Rascasse brune	0	1	4	10	0	0	15
<i>Scorpaena scrofa</i>	Chapon	0	0	1	1	0	0	2
SERRANIDAE								
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran, chèvre	24	15	48	49	32	36	204
<i>Serranus scriba</i>	Serran, écriture	1	8	0	1	2	0	12
SOLEIDAE								
<i>Solea vulgaris</i>	Sole commune	0	0	0	0	0	0	0
SPARIDAE								
<i>Boops boops</i>	Bogue	700	1515	1	750	310	450	3726
<i>Dentex dentex</i>	Denti	0	5	0	0	0	0	5
<i>Diplodus annularis</i>	Sparaillon	51	37	0	5	2	70	165
<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	10	25	117	15	13	62	242
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noir	29	29	90	22	5	66	241
<i>Oblada melanura</i>	Oblade	0	0	37	50	0	0	87
<i>Pagrus pagrus</i>	Pagre	9	11	0	0	1	0	21
<i>Sarpa salpa</i>	Saupe	108	50	26	0	0	0	184
<i>Sparus aurata</i>	Daurade royale	4	2	2	4	1	1	14
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	dorade grise	0	0	0	0	0	3	3
TRIPTERYGIIDAE								
<i>Tripterygion tripteronotus</i>	Triptérygion rouge	0	0	0	0	1	0	1
<i>Tripterygion xanthosoma</i>	Triptérygion jaune	0	0	0	0	0	0	0
CRUSTACES								
<i>Palinurus elephas</i>	Langouste rouge	0	0	0	0	3	0	3
<i>Portunus sp</i>		0	0	0	0	0	0	0
MOLLUSQUES								
<i>Octopus vulgaris</i>	Poulpe commun	0	0	0	1	0	0	1
<i>Pinna nobilis</i>	Grande nacre	0	0	0	1	0	0	1
<i>Sepia officinalis</i>	Sèche	0	0	0	0	0	0	0
Total par station		1294	2057	972	11930	973	1453	18578
Richesse spécifique		26	30	21	31	27	22	

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

La Figure 28 présente les abondances totales par station pour la campagne de suivi de 2019. La station qui présente l'abondance la plus forte est la station de Porquières Ouest avec 11 930 individus. Ce résultat est dû à l'observation sur le transect d'un banc de sardines estimé à 10 000 individus.

Etant donné que la sardine, *Sardina pilchardus*, est une espèce pélagique grégaire très mobile, dont la présence est aléatoire et influencée par les conditions environnementales, les abondances ont été recalculées en excluant ce banc de sardines afin de pouvoir comparer les stations entre-elles. Ces résultats sont présentés sur la Figure 29. La station de Porquières Ouest, avec 1 930 individus reste l'une des stations les plus abondantes, juste derrière la station de Cousançà Sud qui présente un effectif de 2 057 individus.

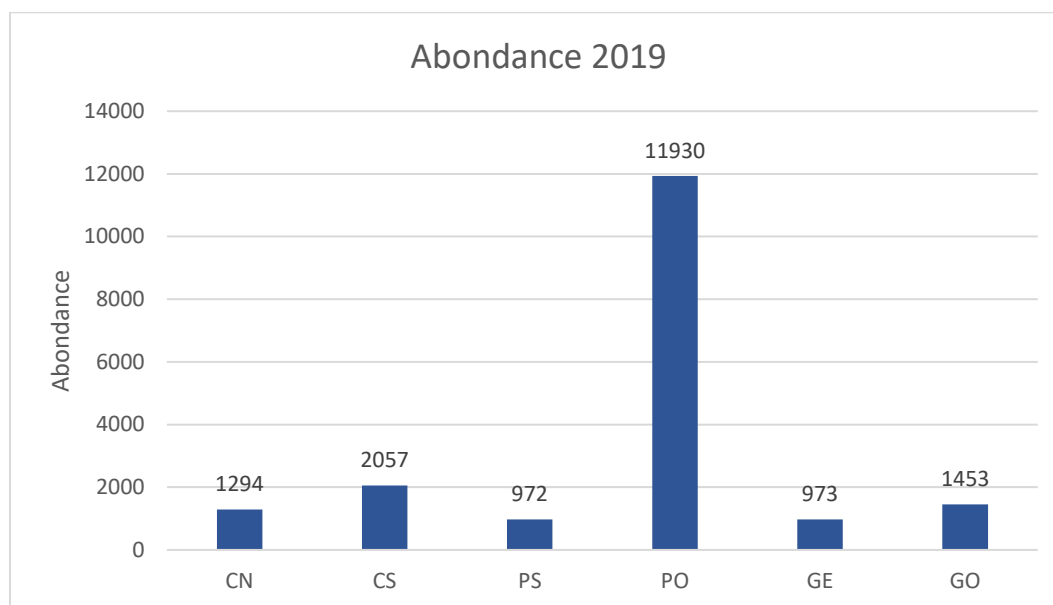


Figure 28. Abondance totale par station pour le suivi de 2019

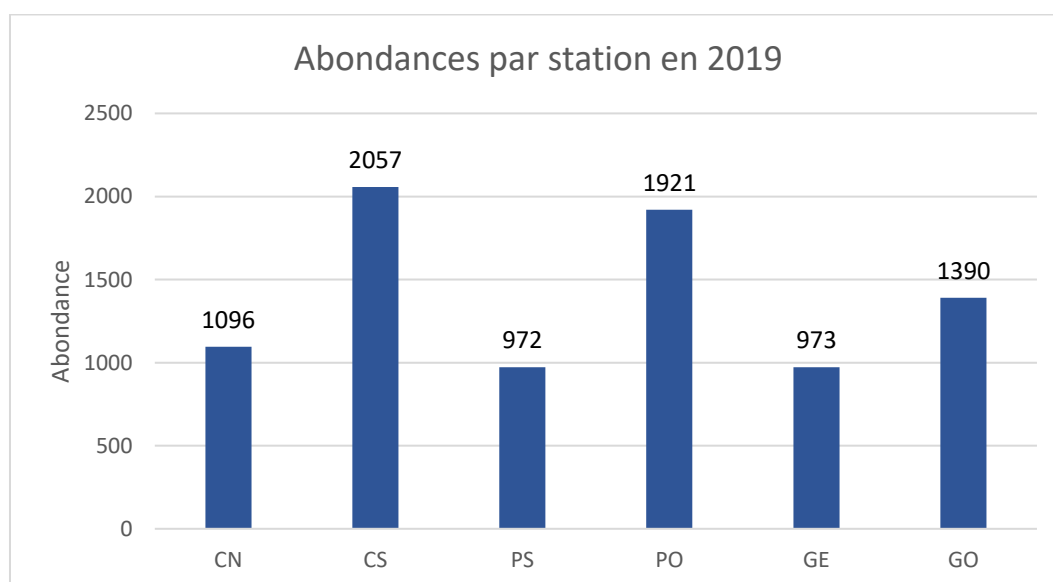


Figure 29. Abondance totale en 2019 (banc de sardines exclu)

Les moyennes des abondances pondérées par les écart-types des stations situées dans la réserve et en dehors de la réserve ont été calculées et sont présentées Figure 30. La moyenne des abondances dans

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

la réserve est de $1\,512 \pm 557$ individus et celle en dehors de la réserve est de $1\,292 \pm 295$ individus. On observe de très grandes valeurs d'écart-type qui correspondent à l'observation de nombreux bancs notamment de bogues (*Boops*), de castagnole (*Chromis chromis*) et de sars, variables d'une station à l'autre.

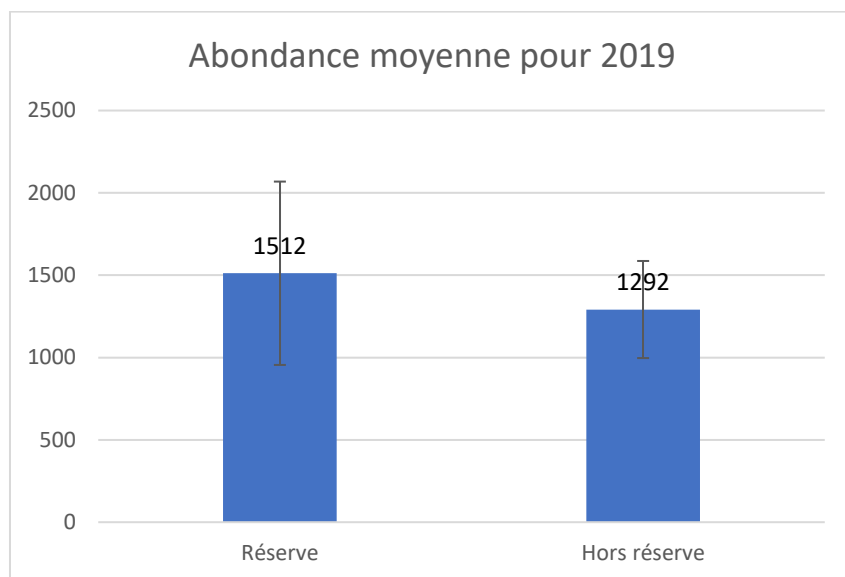


Figure 30. Moyenne des abondances dans la réserve et hors réserve

L'analyse de la richesse spécifique par station (Figure 31) permet de distinguer 3 stations présentant une richesse supérieure à la richesse moyenne, les stations de Cousanço Sud, Porquières Ouest et Guérites Est. La moyenne de la richesse spécifique pour les stations de la réserve est de 27 espèces, contre 24,5 pour les stations hors réserve.

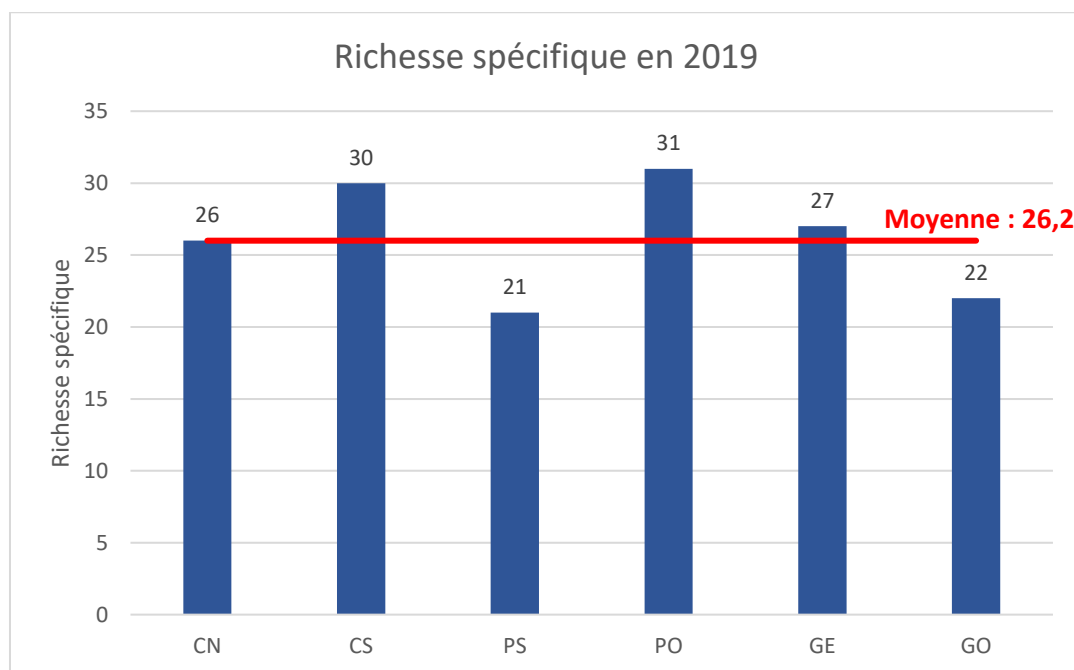


Figure 31. Richesse spécifique sur les stations en 2019

En 2019, l'abondance moyenne recensée sur les stations de suivi dans la réserve semble supérieure à celle des stations témoins (respectivement $1\,512 \pm 557$ et $1\,292 \pm 295$ individus). De fortes disparités sont observées entre les stations, liées à la présence ponctuelle et localisée de nombreux bancs de poissons très mobiles : sardines (*Sardina pilchardus*), bogues (*Boops boops*), castagnoles (*Chromis chromis*) et sars. La variabilité des abondances expliquent que les différences ne soient pas encore statistiquement validées.

La richesse spécifique moyenne est également supérieure à la moyenne (26,2 espèces par station) pour les stations dans la réserve (27 espèces) par rapport aux stations témoins situées hors de la réserve (24,5 espèces).

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

4.1.2.1.2. Analyse temporelle de la biodiversité ichtyologique (2016 à 2019)

La synthèse des abondances par station et par année de suivi est présentée dans le Tableau 11.

Tableau 11. Synthèse des effectifs de la biodiversité ichtyologique sur les différentes stations pour les 3 années de suivi

	CN 2016	CN 2018	CN 2019	CS 2016	CS 2018	CS 2019	PS 2016	PS 2018	PS 2019	PO 2016	PO 2018	PO 2019	GE 2016	GE 2018	GE 2019	GO 2016	GO 2018	GO 2019
BLENNIIDAE																		
<i>Blennius ocellaris</i>					2													1
<i>Lipophrys trigloides</i>	4	1	3	4	1								6			1	1	
<i>Parablennius gattorugine</i>	1	2	1			1	3					1	4	1		1		2
<i>Parablennius rouxi</i>	6	3	27	2	5	7	4		35	4	7	20		19	17		3	8
CARANGIDAE																		
<i>Trachurus trachurus</i>			20									50			370			90
<i>Spicara</i>			1		11													16
<i>Spicara smaris</i>				1			5	1	63		2	5		7				
CLUPEIDAE																		
<i>Sardina pilchardus</i>												1						
CONGRIDAE																		
<i>Conger conger</i>															1			
ENGRAULIDAE																		
<i>Engraulis encrasicolus</i>			30															
GADIDAE																		
<i>Trisopterus capellanus</i>						23						3	34	9	21			
<i>Trisopterus luscus</i>			1			100												
GOBIIDAE																		
<i>Gobius geniporus</i>				71														
<i>Gobius xanthocephalus</i>	4	1	8	4	19	30	2		10	2	8	28	3	9	23	1		21
<i>Pomatoschistus minutus</i>						20						70						
<i>Pomatoschistus sp</i>					50		200			250			100					
LABRIDAE																		
<i>Coris julis</i>	22	48	26	4	31	23	29	23	39	17	6	24	11	14	27		1	7
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	31	33	26	31	33	25	21		33	42	43	62	74	78	42	21	18	17
<i>Labrus bimaculatus</i>													1					
<i>Labrus merula</i>			1			2		27	1	3	1	4				3	2	6
<i>Labrus veridis</i>		2	1		3	7									1			
<i>Symphodus doderleini</i>			2	1		1						4			2			
<i>Symphodus mediterraneus</i>	2	4	2	2		8				2	3	11		1	9			22
<i>Symphodus melanocercus</i>	1		4		1	9	9		2	5	3	16	2	3	17			6
<i>Symphodus ocellatus</i>	2								11		2							
<i>Symphodus roissali</i>						5						4			5			
<i>Symphodus tinca</i>						2			1					2				3
MORONIDAE																		
<i>Dicentrarchus labrax</i>											5						1	
MUGILIDAE																		
<i>Chelon labrosus</i>			5											3				
MULLIDAE																		
<i>Mullus surmuletus</i>	2	14	23	2	2	6	17	1	40	3	3	50	1		11	11	20	70
PHYCIDAE																		
<i>Phycis phycis</i>						1		1			1	1			1			
POMACENTRIDAE																		
<i>Chromis chromis</i>	60	56	21	291	103	88	45	184	410	96	82	664	69	46	55	17	91	495
SCORPAENIDAE																		
<i>Scorpaena notata</i>		1	2	8		1	5	1	1	5	8	4	4	1	1	3	2	1
<i>Scorpaena porcus</i>	4	1		1	3	1	4	3	4	5	1	1	8	4		4		
<i>Scorpaena scrofa</i>	2							1	1			1		2				
SERRANIDAE																		
<i>Serranus cabrilla</i>	21	28	24	26	26	15	34	47	48	24	38	49	20	17	32	26	24	36
<i>Serranus scriba</i>			1			8	3	3		3	1	1			2		1	
SPARIDAE																		
<i>Boops boops</i>	70	150	700			1515	140	420	1	30	60	750		140	310			450
<i>Dentex dentex</i>						5												
<i>Diplodus annularis</i>	1		51			37		200				5		1	2			7
<i>Diplodus sargus</i>	1	17	1		17	25	3	7	117	1	3	15	3	4	13		102	62
<i>Diplodus vulgaris</i>	1	13	29	2	8	29			90	7		22		2	5			66
<i>Oblada melanura</i>									37		2	50					3	
<i>Pagrus pagrus</i>			9			11									1			
<i>Sarpa salpa</i>		20	108			50	8		26		1							
<i>Sparus aurata</i>		3	4			2			2			4			1		3	1
<i>Spondyliosoma cantharus</i>																		3
TRIPTERYGIIDAE																		
<i>Tripterygion tripteronotus</i>															1			
<i>Tripterygion xanthosoma</i>	1																	
CRUSTACEA																		
<i>Palinurus elephas</i>	4												8	6	3			
<i>Portunus SP</i>										1	1							
MOLLUSQUES																		
<i>Octopus vulgaris</i>			1			1				1	2	1						
<i>Pinna nobilis</i>	1											1						
<i>Sepia officinalis</i>													1					
Abondance par station	241	433	1096	450	316	2057	532	919	972	501	283	1922	349	369	973	88	272	1390

L'évolution temporelle des abondances sur chaque station est présentée Figure 32. Les données de 2019, représentées en bleu foncé sur le graphe témoignent d'une nette augmentation de l'abondance par rapport aux suivis de 2016 et 2018 et ce sur l'ensemble des stations. Les augmentations les plus importantes sont observées pour les stations de Cousanço Sud et de Porquières Ouest, avec des augmentations respectives de 357% et 283,6% entre 2016 et 2019.

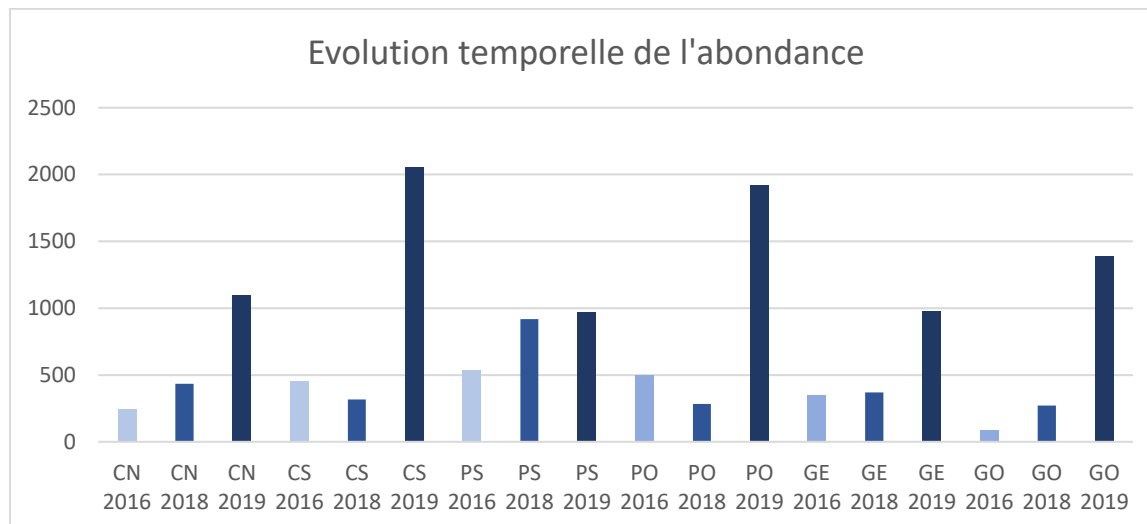


Figure 32. Abondance totale par station et par année de suivi

Les données de richesse spécifique (Figure 33) présentent les mêmes tendances d'évolution entre les suivis de 2016, 2018 et 2019. La richesse spécifique augmente sur l'ensemble des stations de la réserve entre les suivis de 2016 et de 2019. De la même manière que pour les données d'abondance, les stations qui présentent une augmentation de la richesse spécifique importante entre 2016 et 2018 sont les stations de Cousanço Sud et Porquières Ouest. Le nombre d'espèces observées à Cousanço Sud, Porquières Ouest et Guérites Ouest a quasiment doublé pour passer respectivement de 15 à 30, 19 à 31 et 10 à 22 espèces observées. Trois des 4 stations situées dans la réserve ont des richesses spécifiques supérieures à 25, contrairement aux 2 stations hors réserve où cette valeur fait office de plafond. Seule la station de Porquières Sud, en 2018, compte 2 espèces de moins qu'en 2016.

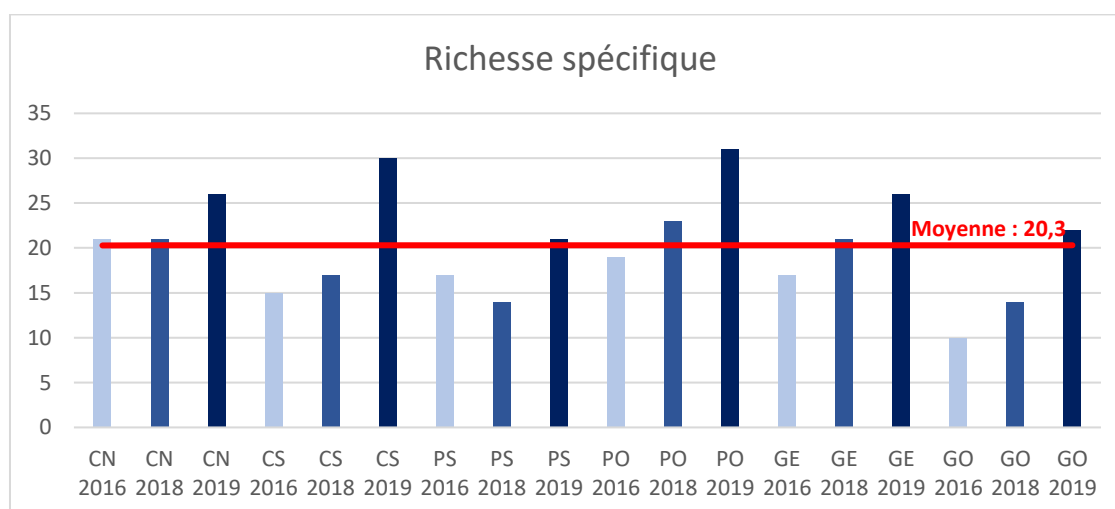


Figure 33. Richesse spécifique par station et par année de suivi et richesse moyenne (en rouge) sur les stations rocheuses

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

L'indice de Shannon a été calculé sur chaque station pour les 3 années de suivi (Figure 34). Sa valeur est comprise entre 1,4 et 2,3 pour l'ensemble des stations, sauf pour les observations de 2019 à la station Porquières Ouest ($H'=0,74$). La faible valeur de l'indice est imputable à la présence du banc de 10 000 sardines (sur un total de 11 930 poissons comptabilisés). Aucune tendance n'est observée pour ce paramètre, que ce soit du point de vue spatial ou temporel.

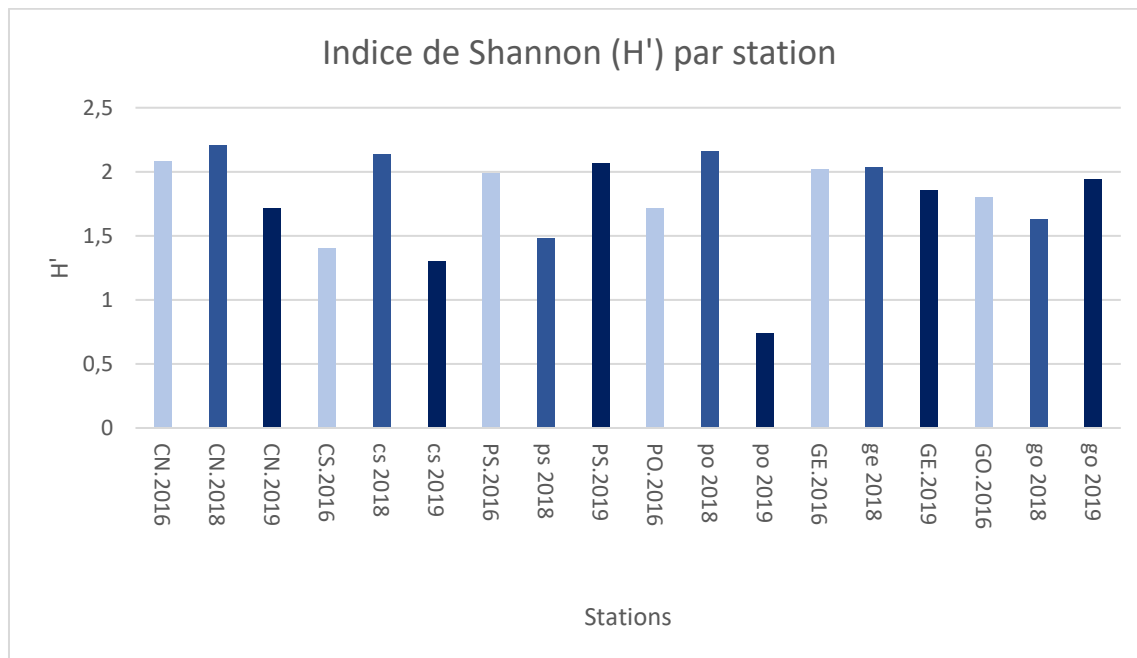


Figure 34. Indice de Shannon par station et par année de suivi

L'indice de Pielou ou indice d'équitabilité a été calculé et est présenté figure 35. La valeur de l'équitabilité fluctue autour de 0,6 ; ce qui indique que la distribution des populations au sein des stations est répartie de manière globalement équilibrée. La station de Porquières Ouest a une équitabilité de seulement 0,2 pour 2019 ; valeur due à la présence du banc de 10 000 sardines.

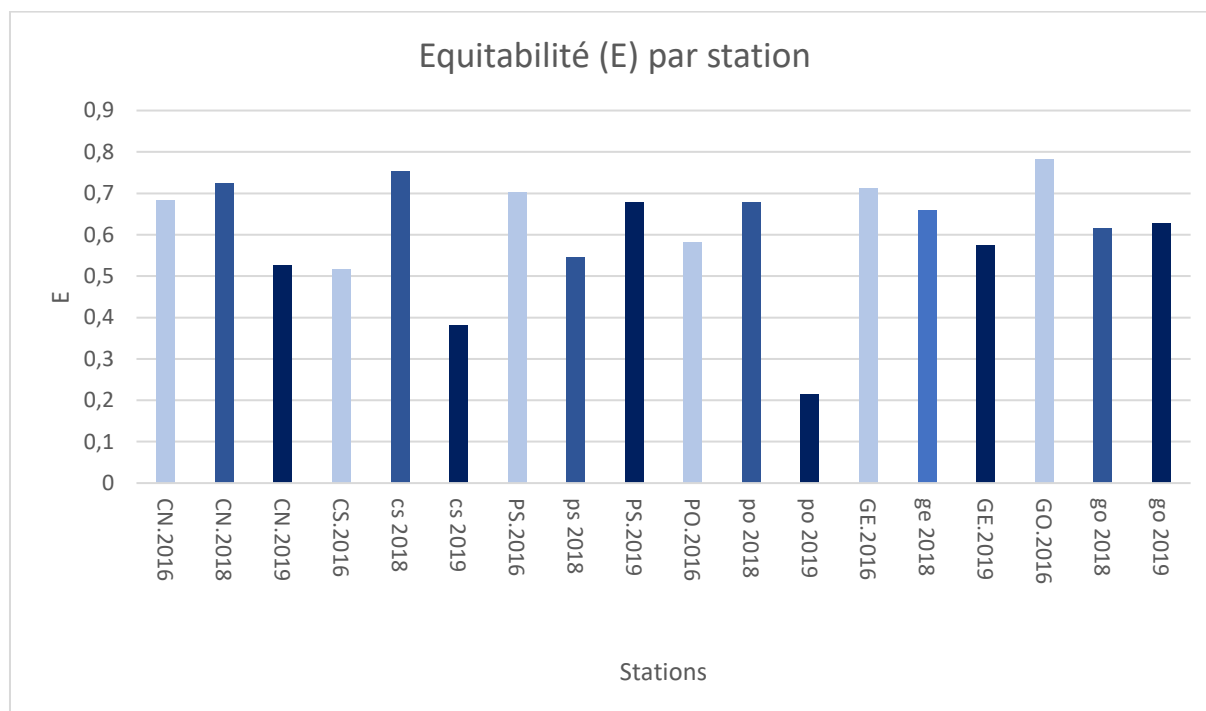


Figure 35. Indice de Pielou par station et par année de suivi

Le dendrogramme de Cluster (36) obtenu montre que les stations semblent se diviser en 4 groupes :

- Un groupe avec tous les suivis de 2019,
- Un autre regroupant les campagnes 2016 et 2018 pour la station de Guérites Ouest,
- Un troisième composé seulement de la station Porquières Sud, suivi de 2018,
- Un dernier groupe composé de toutes les autres stations.

Même si les stations situées en réserve intégrale (Porquières) semblent être assez semblables, aucune autre corrélation ne peut être faite sur ce 4^e groupe. Ainsi, en 2016 et 2018, la similarité des stations était plutôt proportionnelle à leur éloignement géographique, même si cette tendance est relativement peu marquée. En revanche, on observe une réduction des disparités spatiales entre les peuplements en 2019. En effet, toutes les stations sont issues du même groupe, même si les stations les plus semblables restent les plus proches spatialement.

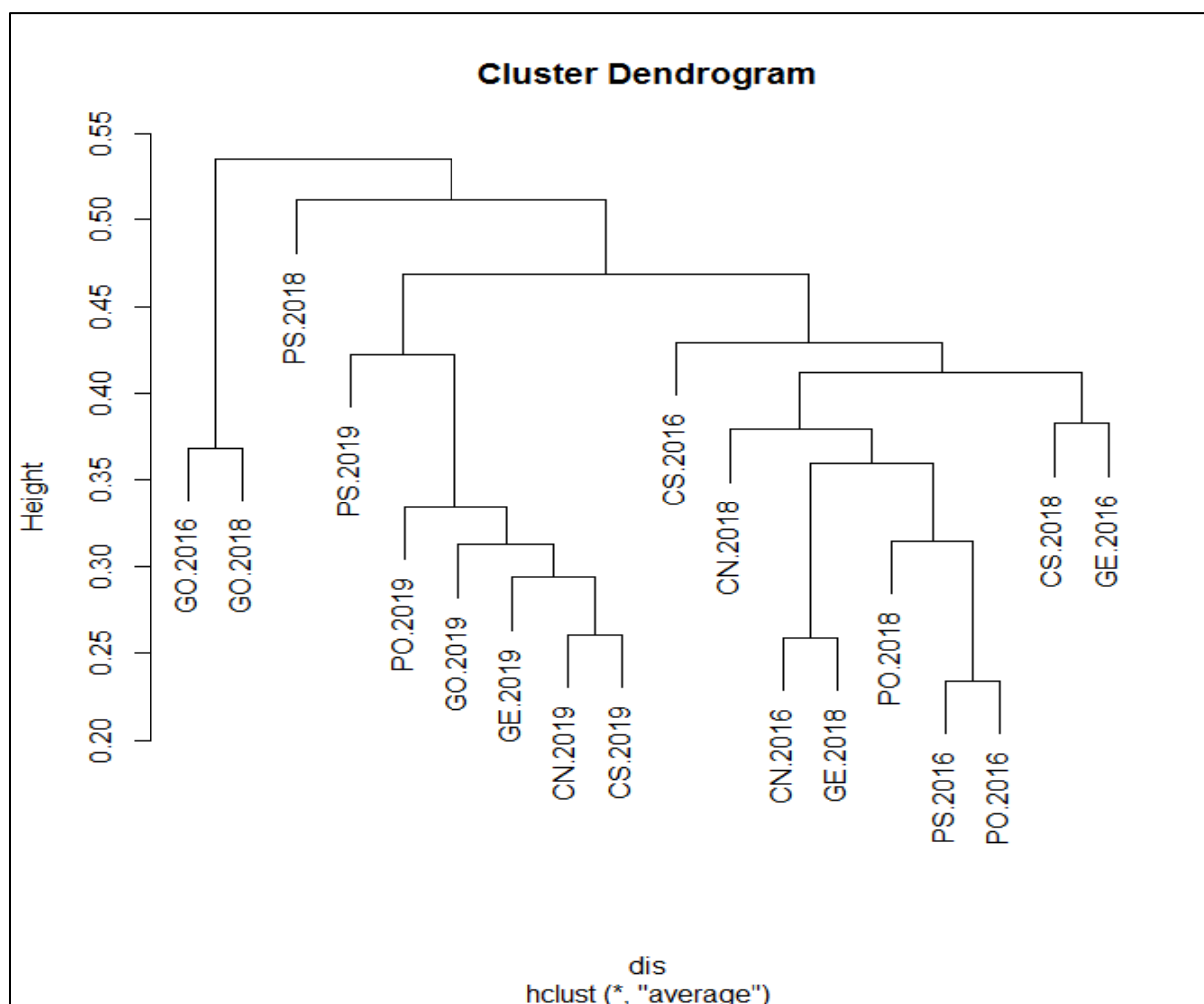


Figure 36. Dendrogramme de Cluster basé sur la méthodologie de Bray-Curtis, regroupement grâce aux moyennes des dissemblances

Les résultats de la MDS (multidimensionnal scaling) sont présentés Figure 37. Quatre groupes sont distingués ici :

- En noir : comprend les stations de 2019 (à l'exception de Porquières Sud),
- En rouge : comprend les stations de Porquières Sud 2018 et 2019 et Cousançà Nord 2018,
- En vert : comprend toutes les autres stations de la réserve des suivis de 2016 et 2018.
- En rose et en bleu : regroupent par défaut les stations qui restent et qui correspondent aux stations hors réserve pour les suivis de 2016 et 2018.

D'autres techniques de regroupement donnent des résultats légèrement différents avec, pour dénominateur commun : le groupement des stations de 2019, l'isolement des stations hors réserve et le groupement des stations de Porquières Sud. Ainsi, l'hypothèse d'une homogénéisation des stations au cours du temps est renforcée par la MDS, exception faite de la station de Porquières Sud. Cette station est celle où la richesse spécifique est la plus faible en 2019 et celle qui avait diminué entre 2016 et 2018. Cette station est à l'extrémité sud de la réserve, c'est celle qui est la plus proche du large. Sa configuration géographique légèrement différente explique peut-être la différence avec les autres stations.

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

Une MDS tracée avec une matrice de similarité élaborée à base d'une distance euclidienne donne des résultats quelque peu différents. Les stations ont tendance à se regrouper en fonction de l'année des campagnes, à l'exception des stations situées en réserve intégrale pour 2019, qui sont complètement isolées et forment deux groupes à part entière.

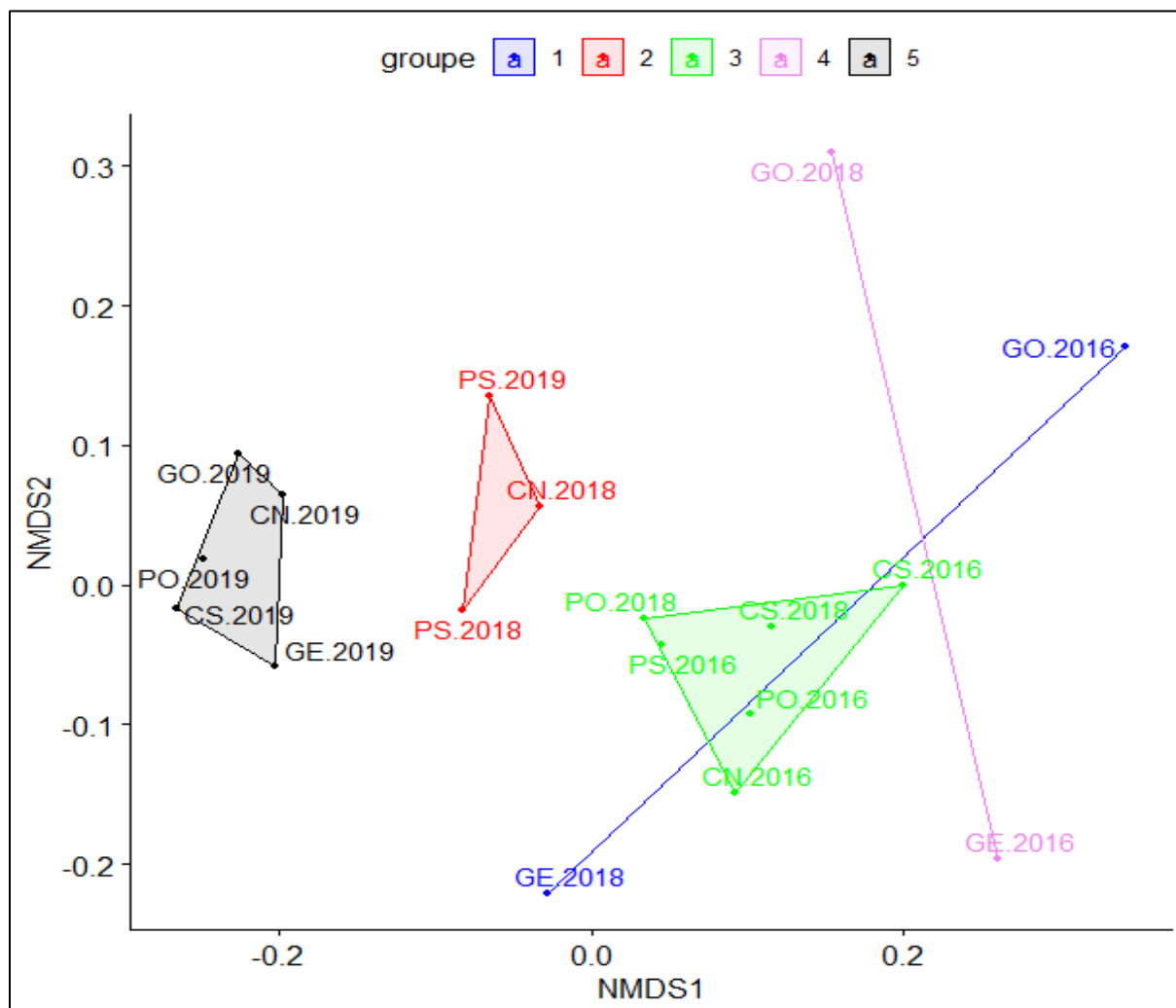


Figure 37. Multidimensionnal scaling (MDS) basé sur les dissemblances de Bray-Curtis

La figure suivante (Figure 38) présente les différentes valeurs du nombre de Hill, correspondant à l'exponentielle de l'entropie d'ordre q de Renyi.

Pour chaque station, l'évolution temporelle du positionnement des courbes suit le même schéma : la diversité a tendance à augmenter quand l'ordre q est petit et à diminuer lorsque l'ordre q est grand. Le point d'inflexion se trouve entre $q=0,5$ et $q=4$. A noter que l'ordre q du point d'inflexion est de l'ordre de 1 pour les stations de Guérite (hors réserve) correspondant à l'indice de Shannon, « sensible aux variations d'importance des espèces les plus rares ». Le même ordre pour les stations de Porquières Ouest et de Cousançà Sud est de 2, correspondant à l'indice de Giny-Simpson qui compte la probabilité que deux poissons tirés au hasard soient d'espèce différente, il est « sensible aux variations d'importance des espèces les plus abondantes ». Pour les deux autres stations, cette valeur de q est inférieure à 1 puisque dans le cas de Porquières Ouest le banc de 10 000 *Sardina pilchardus* a

fait baisser drastiquement tous les indices prenant en compte dans leur calcul les effectifs et à Cousançà Nord les valeurs des indices très élevés en 2018 diminuent en 2019 à cause d'un banc de 700 *Boops boops* (sur 1294 poissons observés).

Autrement dit les espèces rares deviennent de plus en plus nombreuses, la diversité des taxons s'accroît, conformément aux conclusions tirées grâce à la richesse spécifique. La diminution des valeurs du nombre de Hill lorsque q est grand signifie que les espèces abondantes le sont de plus en plus. En outre, D_{∞} , qui se calcule grâce aux effectifs de l'espèce la plus abondante, est systématiquement plus faible en 2019 qu'en 2016. Avec le temps, les effectifs des populations augmentent. Ainsi, en 2019, 13 observations faisaient état de plus de 100 poissons d'une même espèce observés sur une station donnée alors que ce chiffre descend à 7 pour 2018 et 5 pour 2016. Les 6 stations comportent donc de plus en plus d'espèces rares et des bancs de poissons de plus en plus abondants.

L'évolution spatiale du positionnement des courbes est moins évidente. Les valeurs du nombre de Hill pour des ordres q élevés sont supérieures hors réserve par rapport aux valeurs dans la réserve. Aucun gradient n'est observé en fonction du degré de protection. Pour les faibles valeurs de q , les nombres de Hill semblent supérieurs à l'intérieur de la réserve sans qu'il n'y ait de différence évidente en fonction du type de réserve. Les différences de diversités spatiales semblent s'affirmer au cours du temps. Il semble que l'interprétation des écarts de positionnement des courbes en fonction de l'espace soit la même que celle de l'évolution temporelle.

L'étude de l'évolution spatiale et temporelle des nombres de Hill suggèrent que l'effet refuge est profitable aux espèces les plus sensibles puisque le nombre d'espèces rares est en augmentation au cours du temps et avec le degré de protection. Une autre conséquence de la mise en réserve est l'augmentation importante des effectifs des espèces les plus abondantes au détriment de la diversité. En effet, pour maximiser la valeur des indices de diversité il faut non seulement qu'un maximum de taxon soit recensé mais que la distribution des abondances soit le plus uniforme possible. Or les poissons les plus abondants sont pélagiques (*Boops boops*, *Chromis chromis* et *Sardina pilchardus*). Ils ont des habitats différents de beaucoup des autres espèces et ne créent pas de concurrence vis-à-vis de ses espèces. La baisse de la diversité pour des ordres q importants semblent induire une hausse de la biomasse.

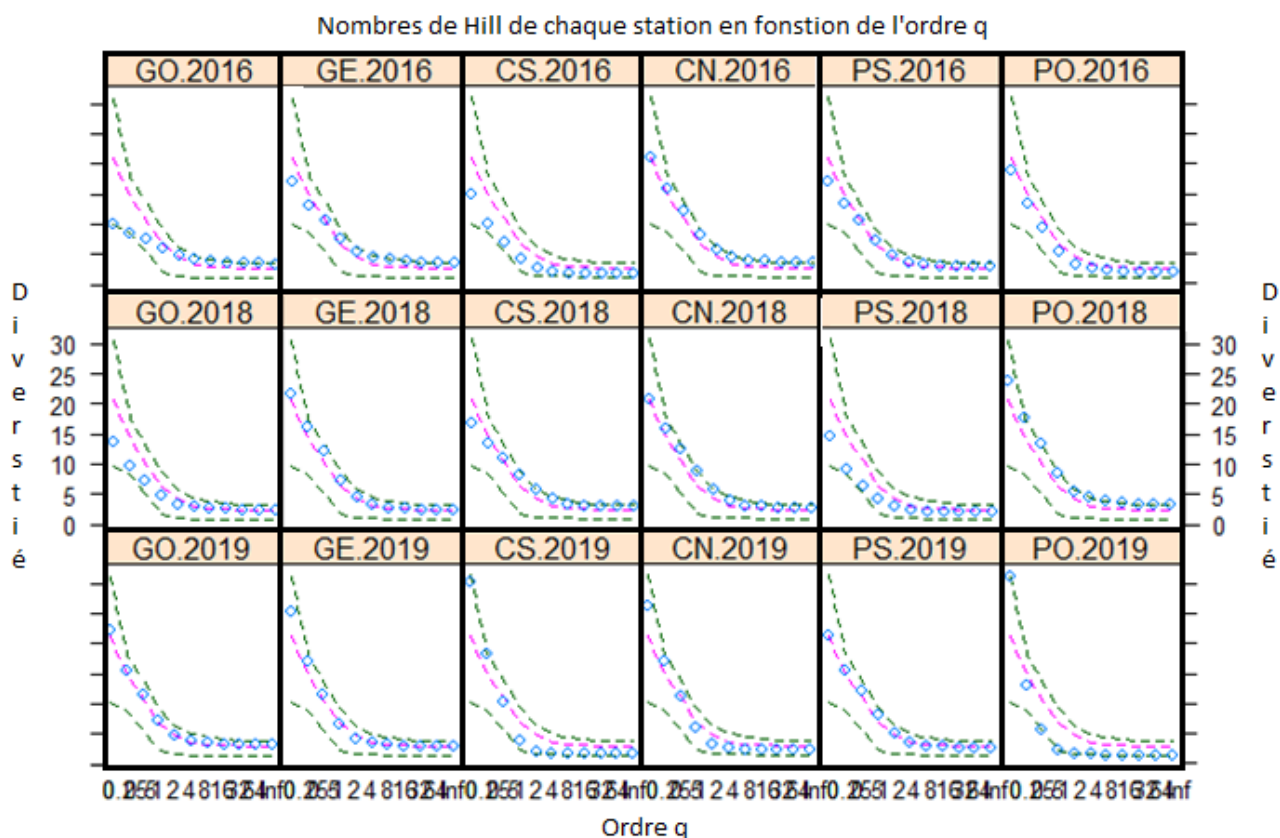


Figure 38. Nombre de Hill en fonction de l'ordre q (exponentiel de l'entropie d'ordre q de Renyi)

- **Comparaison en fonction du degré de protection**

La Figure 39 montre l'évolution spatiale des abondances des poissons pour l'ensemble des suivis (2016, 2018, 2019) en fonction du degré de protection de la zone. De gauche à droite, sur la figure, sont représentés les effectifs recensés dans les zones avec des degrés de réserve décroissant, 'Porquières' correspondant à la zone de protection renforcée, 'Cousança' à la zone réglementée et 'Guérites' à la zone témoin, hors réserve.

Alors que tous les indices utilisés jusqu'à présent ne montraient pas de disparité spatiale évidente, ce graphique permet de renforcer l'hypothèse établie à partir des nombres de Hill. Il y a environ 3 fois plus de poissons dans la réserve intégrale que dans la réserve partielle et 5 fois plus de poisson dans la réserve totale qu'hors réserve. Le gradient géographique est très important et n'a pas été mis en exergue jusqu'à présent puisque les méthodes de calcul des indices prennent en compte le nombre d'espèces et la proportion des populations représentées par ces mêmes espèces.

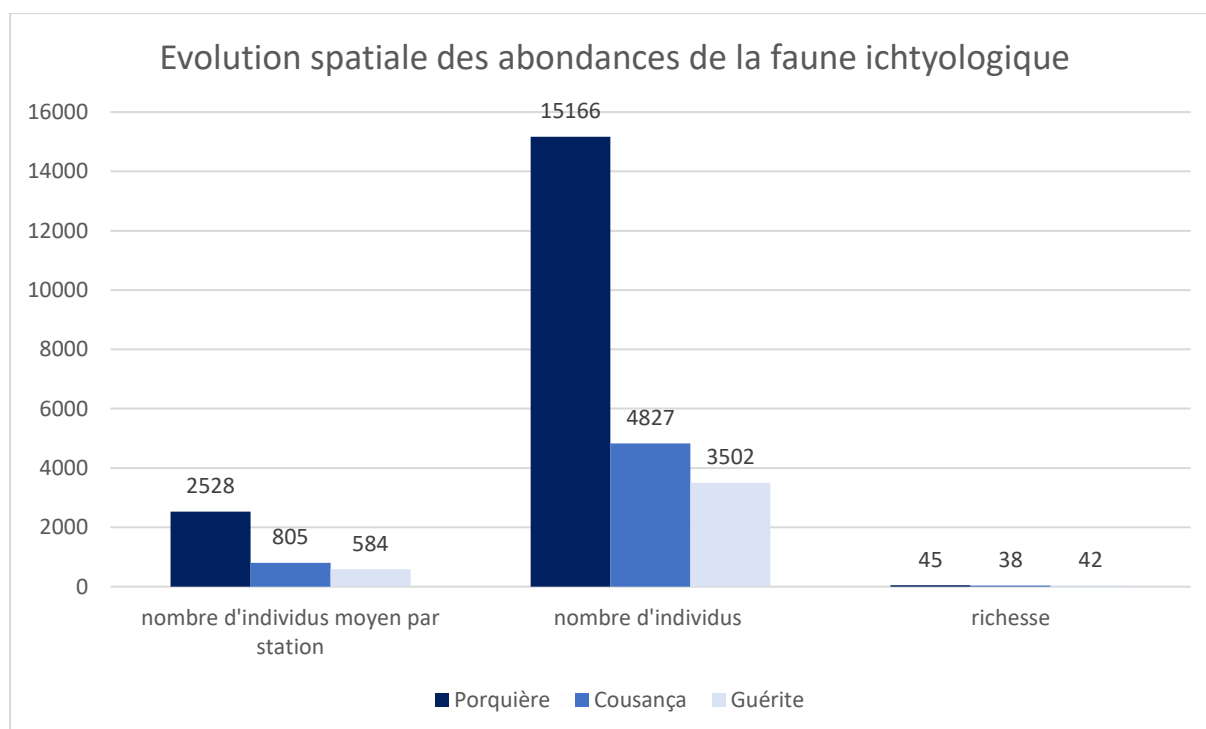


Figure 39. Evolution spatiale des effectifs de l'ensemble des suivis regroupés par degré de protection des sites

Les Figure 40 et 41 montre l'évolution temporelle des abondances avec (Figure 40) et sans (Figure 41) les pélagiques. De gauche à droite le degré de mise en réserve est croissant au même titre que l'échelle de temps. L'évolution temporelle est visible à différentes échelles spatiales.

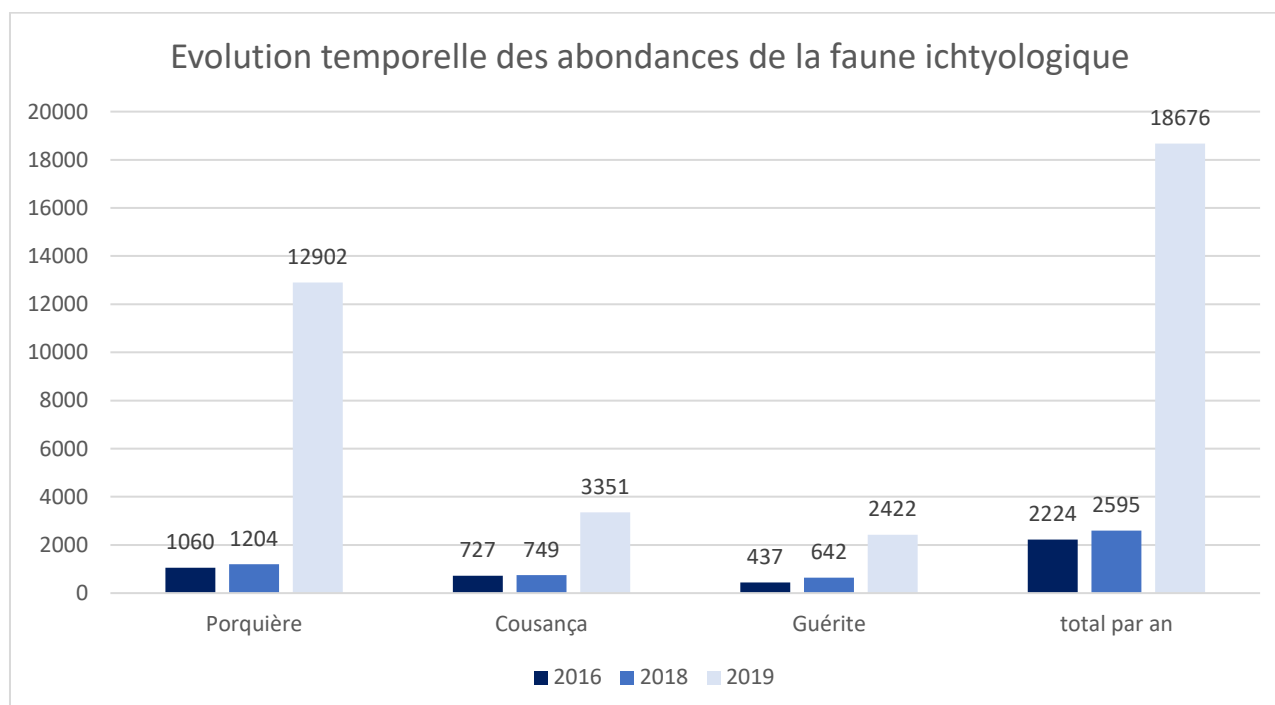


Figure 40. Evolution temporelle de l'abondance sur les stations regroupées par niveau de protection.

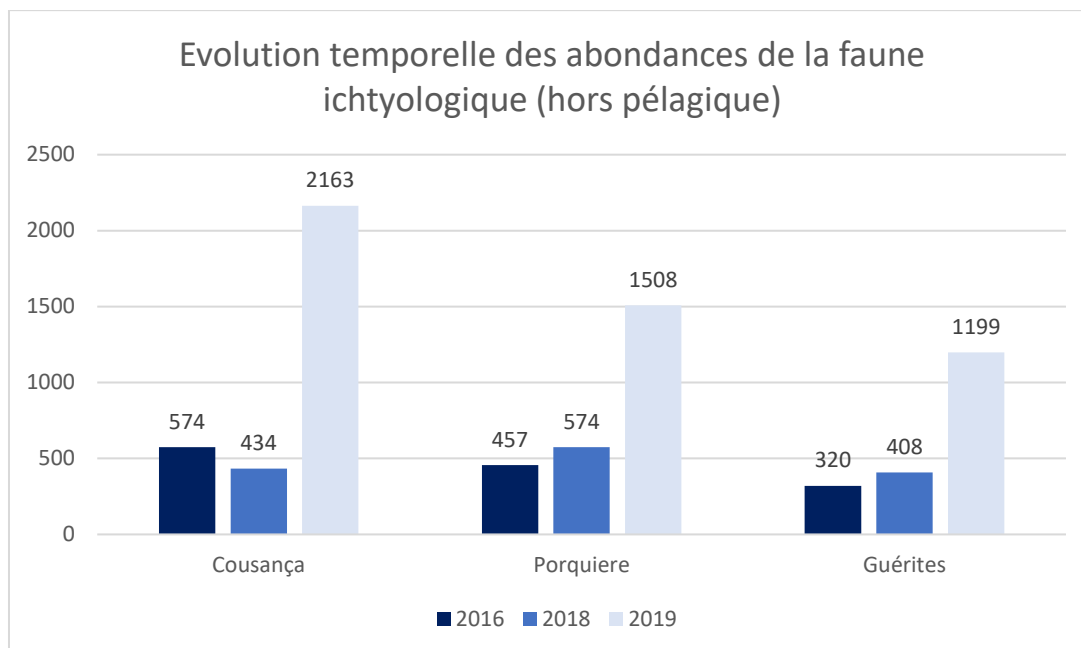


Figure 41. Evolution temporelle de l'abondance hors pélagique sur les stations regroupées par niveau de protection.

Quel que soit le degré de protection, l'abondance croît en 2019 de 277% par rapport au suivi de 2016 pour les stations de Cousança, de 230% pour les stations de Porquière et de 275% pour les stations des Guérites.

La majorité des paramètres suivis met en lumière une augmentation importante des résultats en 2019. L'abondance totale par station, comme la richesse spécifique, sont nettement supérieures en 2019 par rapport à 2016, et ce pour toutes les stations.

En revanche, la diversité et l'équitabilité ne suivent pas cette tendance.

L'analyse comparée des sites par année de suivi en fonction de leur degré de protection montre une augmentation des abondances en 2019 et cette observation est valable pour l'ensemble des sites (Cousança, Porquière, Guérites) et semble témoigner de conditions particulièrement favorables lors de ce suivi de 2019. Par ailleurs, il est pour l'instant trop prématuré pour parler d'effet réserve et spillover.

4.1.2.1.3. Etude de l'évolution des espèces-cibles

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*) ou encore le Sparailon (*Diplodus annularis*) sont des espèces recherchées pour leur intérêt commercial. La daurade royale (*Sparus aurata*) présente quant à elle un fort intérêt halieutique et commercial, comme le loup (*Dicentrarchus labrax*). La girelle (*Coris julis*) et le serran-chevrette (*Serranus cabrilla*) présentent des intérêts commerciaux moins importants mais ce sont des espèces dites pour la « soupe » très ciblées par la pêche à la palangrotte. Enfin le rouget de roche (*Mullus surmuletus*) est une espèce peu mobile, qui subit une forte pression anthropique de la pêche professionnelle.

Les espèces cibles analysées sont les suivantes :

- La girelle *Coris julis* et le serran chevrette *Serranus cabrilla*,
- Le rouget de roche *Mullus surmuletus*,
- Les sparidés, *Diplodus annularis*, *Diplodus sargus* et *Diplodus vulgaris*,
- La daurade *Sparus aurata*.

Evolution spatiale, campagne 2019

Nous avons focalisé nos analyses sur les abondances en sparidés du suivi de 2019. Les résultats sont présentés en Figure 42. Les stations qui présentent les abondances les plus élevées en sparailon (*Diplodus annularis*) sont Cousanço Nord et Cousanço Sud. En revanche les sars communs (*Diplodus sargus*) et les sars à tête noire (*Diplodus vulgaris*) suivent les mêmes profils de répartition sur les différentes stations et présentent des effectifs supérieurs sur les stations de Porquières Sud et Guérites Ouest.

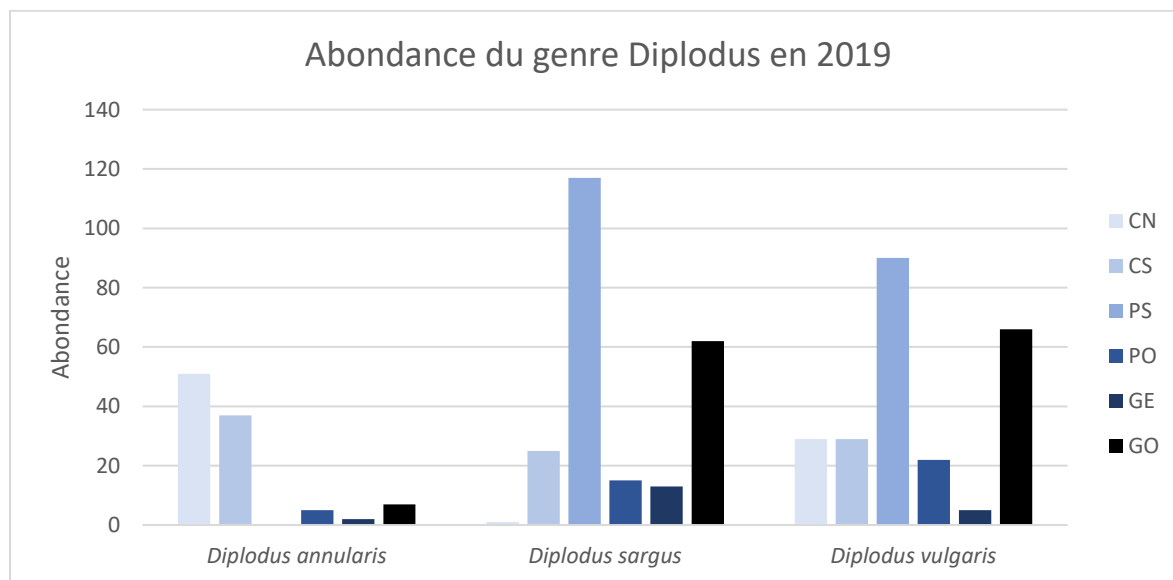


Figure 42. Abondance des sparidés du genre *Diplodus* sur les différentes stations de suivi en 2019

Le graphe d'abondance de la daurade (*Sparus aurata*), Figure 43, montre des abondances supérieures sur les stations situées dans la réserve par rapport aux stations situées en dehors de la réserve avec en

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

moyenne 3 individus par station pour les stations de la réserve et 1 individu par station pour les stations en dehors de la réserve.

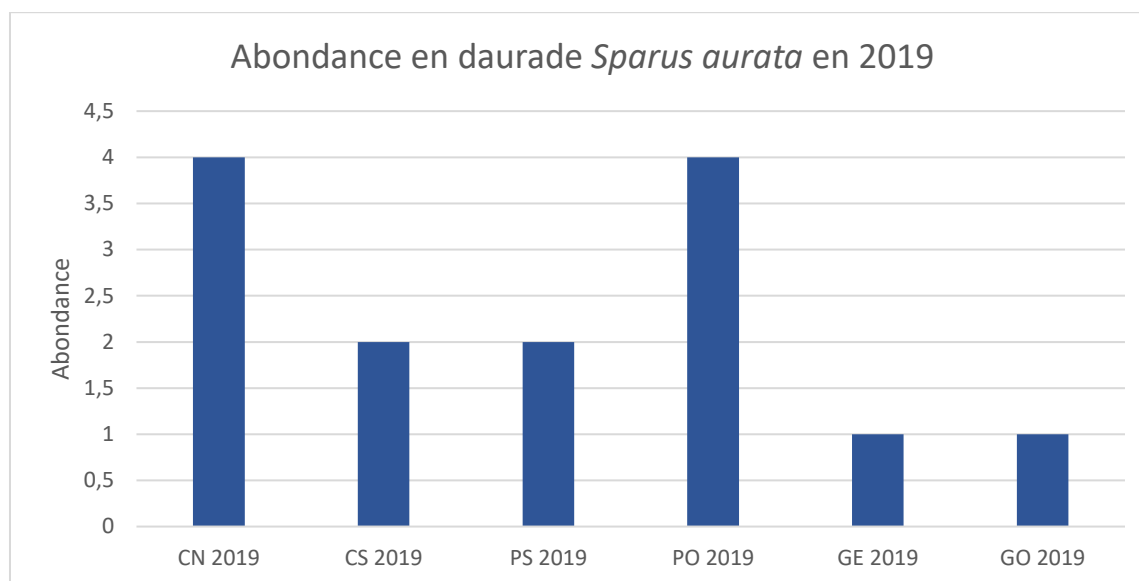


Figure 43. Abondance en daurade *Sparus aurata*

Evolution spatiale de la taille moyenne et des abondances des espèces cibles (depuis 2016)

La distribution spatiale des abondances et l'analyse des tailles moyennes de 6 espèces cibles pour l'ensemble des suivis de 2016, 2018 et 2019 sont présentés sur les Figure 44 et Figure 45 ci-dessous.

Il apparaît difficile de voir une évolution de la taille moyenne des individus entre les zones en et hors réserve. Les disparités sont toutes contenues à l'intérieur de l'écart type, ici représenté par les barres d'erreur de la valeur moyenne. Les différences ne sont pas significatives et ne font pas ressortir de tendance nette.

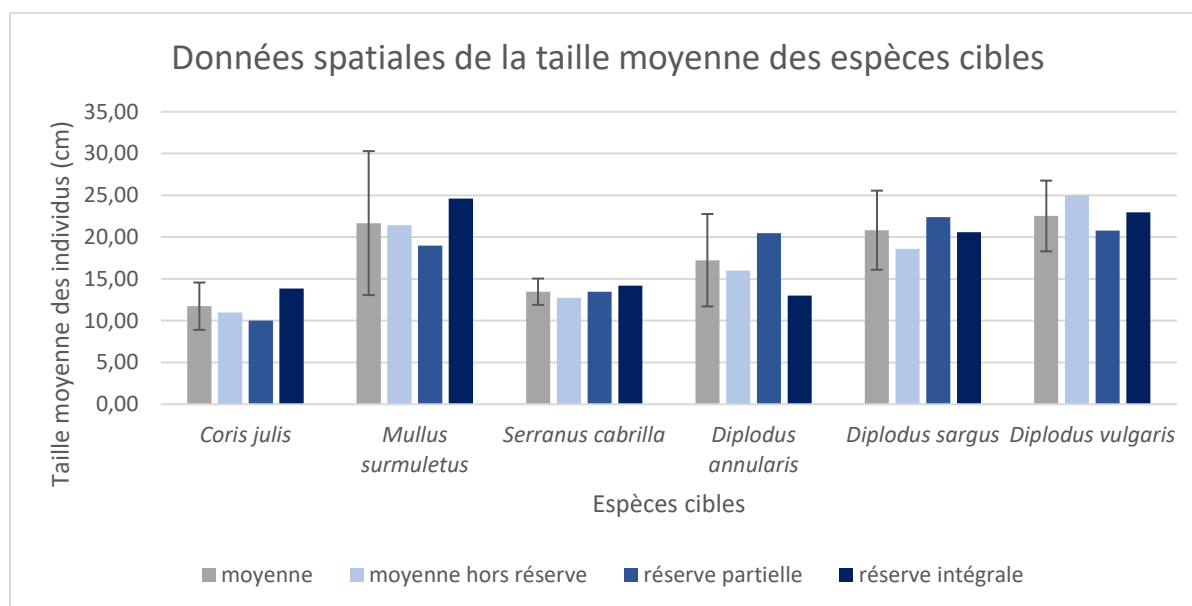


Figure 44. Etude de la taille moyenne des espèces cibles en fonction du degré de protection de la zone

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

De même la distribution spatiale des effectifs semble difficile à interpréter. Néanmoins il y a une nette augmentation des populations de *Coris julis* dans les zones protégées. Ce poisson est peu mobile et très prisé des pêcheurs amateurs, il est souvent utilisé comme un indicateur de l'effet réserve. Les abondances des taxons du genre *Diplodus* ont tendance à augmenter avec le degré de protection. Ces poissons subissent une forte pression anthropique et sont très mobiles. Il semble qu'ils soient sensibles à la mise en réserve avec une influence positive de la mise en réserve totale. Cependant, les disparités spatiales en termes d'effectif comme de taille des individus ne donnent pas de résultats concluants en 3 ans de mise en réserve.

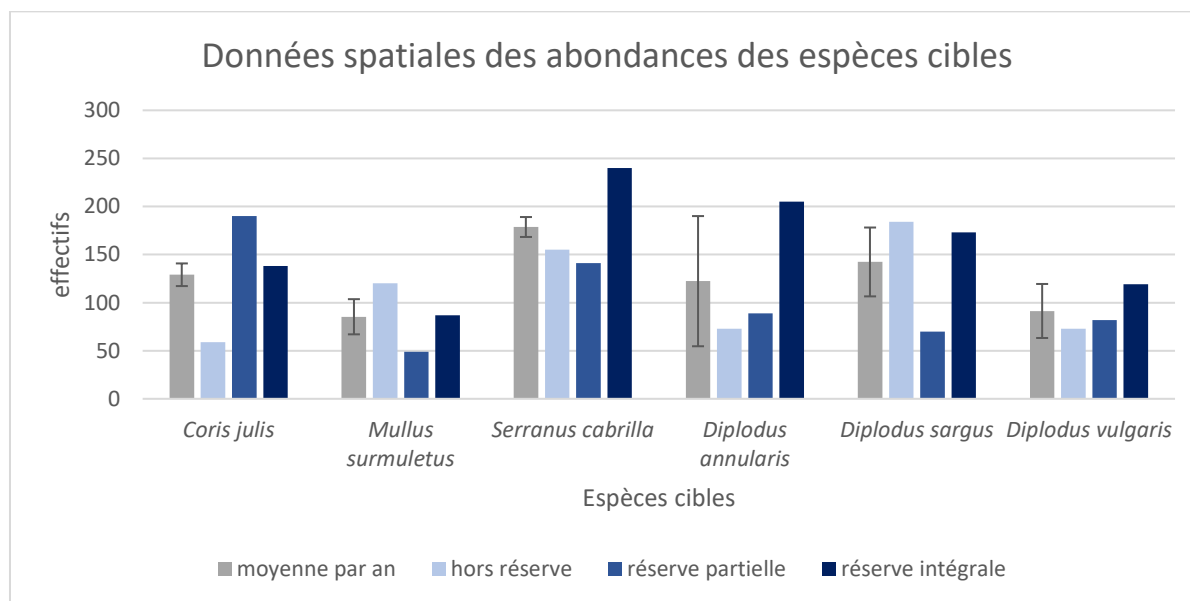


Figure 45. Evolution des effectifs des espèces cibles en fonction du degré de protection des stations

Evolution temporelle de la taille moyenne et des abondances des espèces cibles (depuis 2016)

Les données d'évolution temporelles des tailles moyennes et des abondances des espèces cibles, toutes stations confondues, sont présentées en Figure 46 et Figure 47.

L'évolution temporelle de la taille moyenne des espèces cibles est très difficile à certifier étant donné la faible quantité de données disponible et les incertitudes induites par les méthodes de comptage. Néanmoins, bien que l'augmentation soit toujours contenue dans l'écart-type, elle n'est pas significative mais une légère tendance à la hausse au cours du temps semble perceptible.

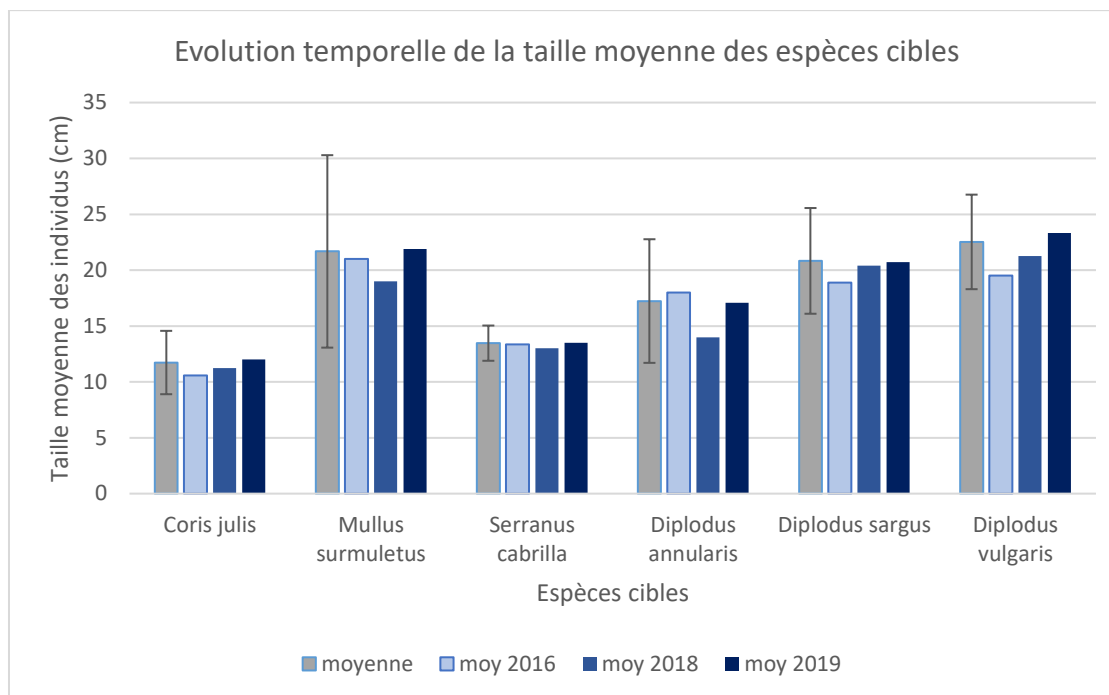


Figure 46. Evolution de la taille moyenne des espèces cibles pour les 3 années de suivi

L'augmentation temporelle des abondances est quant à elle significative et semble être d'autant plus importante que la valeur commerciale et la mobilité des espèces est élevée. Le sparillaon par exemple n'était pas présent en 2016 alors que 175 individus ont été observés les deux années suivantes. Les effectifs des sars communs et sars à tête noire sont passés respectivement de 35 et 10 en 2016 à 242 et 241 en 2019. Le rouget (*Mullus surmuletus*) présente une forte valeur commerciale. Les effectifs passent de 36 à 172 individus. Cette augmentation est plus importante que celle de la girelle (*Coris julis*) ou le serran (*Serranus cabrilla*) qui sont peu mobiles et avec une faible valeur commerciale et moins importante que celles des taxons du genre *Diplodus* qui sont très mobiles et à forte valeur commerciale.

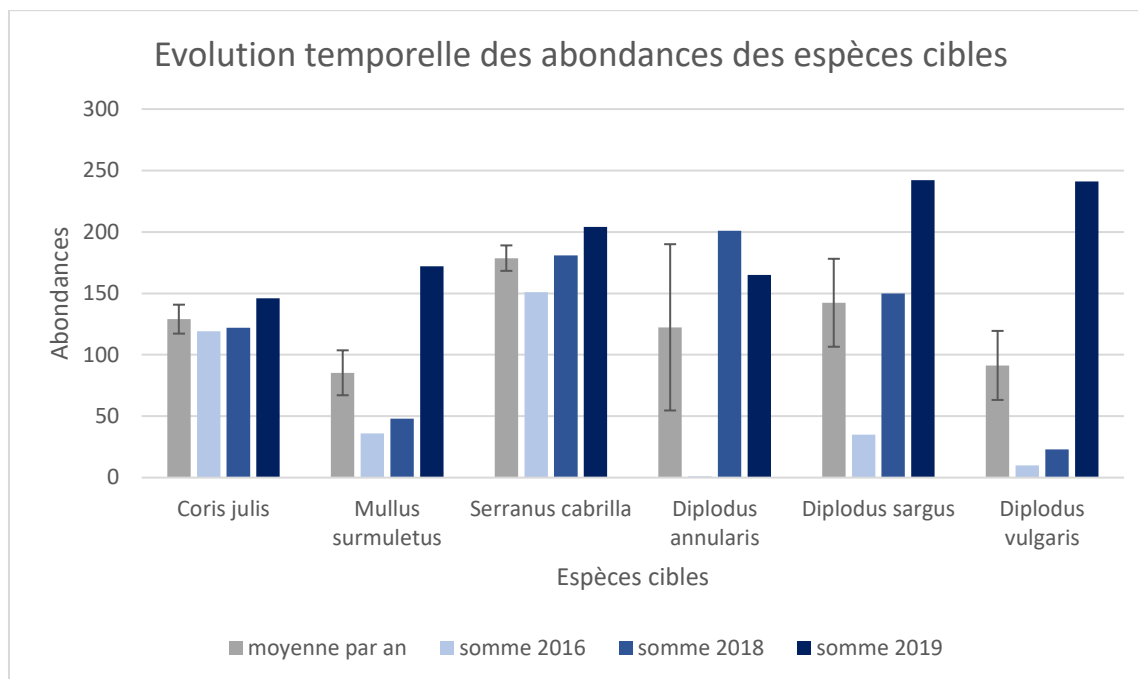


Figure 47. Evolution temporelle des abondances des espèces cibles pour les 3 années de suivi

En 2019, les sparidés n'ont pas montré une préférence marquée pour les sites situés dans la réserve, au contraire de la daurade royale (*Sparus aurata*), qui est plus souvent observée dans la réserve qu'au dehors.

L'analyse des données cumulées des 3 suivis révèle une présence accrue des girelles (*Coris julis*) sur les stations de la réserve, en progression au fil des ans. Le rouget (*Mullus surmuletus*), le serran (*Serranus cabrilla*) et les sparidés sont également en augmentation depuis 2016, bien qu'ils ne soient pas significativement plus présents sur les stations protégées que sur les stations témoins.

En ce qui concerne l'évolution de la taille moyenne des individus observés, une légère augmentation est observée au cours du temps, mais ici encore, non corrélée à une répartition des individus dans ou hors réserve.

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

4.1.2.1.4. Suivi de l'évolution de la biodiversité par caméras fixes

Le suivi de la biodiversité et en particulier des espèces mobiles depuis 3 ans par caméra fixe via un protocole standardisé a permis d'appréhender les évolutions visibles depuis la mise en place de la réserve. Le tableau suivant (Tableau 12) présente les valeurs d'abondance de chaque espèce observée par unité de temps (10 min) sur l'ensemble des sites pour les 3 années de suivi.

Tableau 12. Synthèse des abondances par station et par années de suivi par caméra fixe

ESPECE PAR FAMILLE	NOM VERNACULAIRE	CN			CS			PS			PO			GE			GO		
		2016	2018	2019	2016	2018	2019	2016	2018	2019	2016	2018	2019	2016	2018	2019	2016	2018	2019
BLENNIIDAE																			
<i>Parablennius gattorugine</i>	Cabot									0,23	0,16								
<i>Parablennius rouxi</i>	Blennie de roux			0,31						0,465			0,14			0,7			
CLUPEIDAE																			
<i>sardina pilchardus</i>	Sardine			15,63												11,63			
CONGRIDAE																			
Conger conger	Congre									0,23									
GADIDAE																			
Trisopterus capelanus	Capelan															0,23			
LABRIDAE																			
<i>Coris julis</i>	Girelle commune		3,67	3,44	0,96		0,72	1,11	14,5	1,86	1,59		0,29			1,16		3,99	
<i>Labrus merula</i>	Labre merle		0,41	0,63						0,93									
<i>Symphodus mediterraneus</i>	Crénilabre Méditerranéen		0,82	7,81			6,2		1,17	3,25			0,14			3,26			
<i>Symphodus melanocercus</i>	Crénilabre à queue noire		0,41		2,75	1,64		1,6	4,69		3,97			7,84		0,23			
MORONIDAE																			
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar commun/loup									0,23									
MULLIDAE																			
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget barbet de roche				0,69					0,7	0,16		0,57						
POMACENTRIDAE																			
<i>Chromis chromis</i>	Castagnole				3,44				2,11	51,4	5,55			2,1		1,86	6,75		
SCORPAENIDAE																			
<i>Scorpaena notata</i>	Petite rascasse rouge													0,17					
<i>Scorpaena scrofa</i>	Chapon									0,23	0,16					0,23			
SERRANIDAE																			
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran-chèvre	17,14	1,22	1,25	0,27		1,2	4,79	2,11	1,16	0,95	0,23	0,57	0,33		2,9	0,25		1,71
SPARIDAE																			
<i>Diplodus puntazzo</i>	Sar à museau pointu															0,23			
<i>Boops boops</i>	Bogue										1,9								
<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun		0,41	2,5		1,69		0,23	19,55							2,79			
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noir		1,63	1,56		0,24		1,17	21,4							1,86			
<i>Oblada melanura</i>	Oblade			0,31															
<i>Dentex dentex</i>	denti			0,31						0,93									
<i>Sparus aurata</i>	Daurade royale			0,31															
TRIPTERYGIIDAE																			
<i>Tripterygion sp</i>						0,41													
ECHINODERME																			
<i>Ophiura ophiura</i>	Ophiure commune													0,14					
MOLLUSQUE																			
<i>Cratena peregrina</i>	Hervia													0,14					
	Espèces non identifiées		3,67		2,2	2,5			3,29	0,23	3,33	2,77						0,57	
Total par site et par année		17,1	12,2	34,1	10,3	4,6	10,1	7,5	29,3	102,8	17,8	3,0	2,0	10,4		27,1	7,0	0,6	5,7

La figure suivante (Figure 48) présente les variations spatiales des abondances par unités de temps sur les différents sites de suivi par caméra fixe lors des suivis de 2016, 2018 et 2019. En 2016, les stations qui présentent les abondances les plus élevées sont les stations de Cousançà Nord et Porquières Ouest, situées dans la réserve. Les résultats pour les années 2018 et 2019 présentent des profils similaires, les stations les plus abondantes pour ces deux années étant Cousançà Nord et Porquières Sud. La différence entre les deux années de suivi vient des valeurs d'abondance par unité de temps qui augmentent de 251% sur la station de Porquières Sud et de 183% pour la station de Cousançà Nord. La station de Porquières Ouest, la plus abondante lors de l'état zéro en 2016, voit sa valeur diminuer en 2018 et 2019 au profit de la station de Porquières Sud, très riche cette année (Figure 51). La station

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

de Guérites Ouest, située en dehors de la réserve, présente les valeurs d'abondance par unité de temps les plus faibles et ce pour les 3 années de suivi.

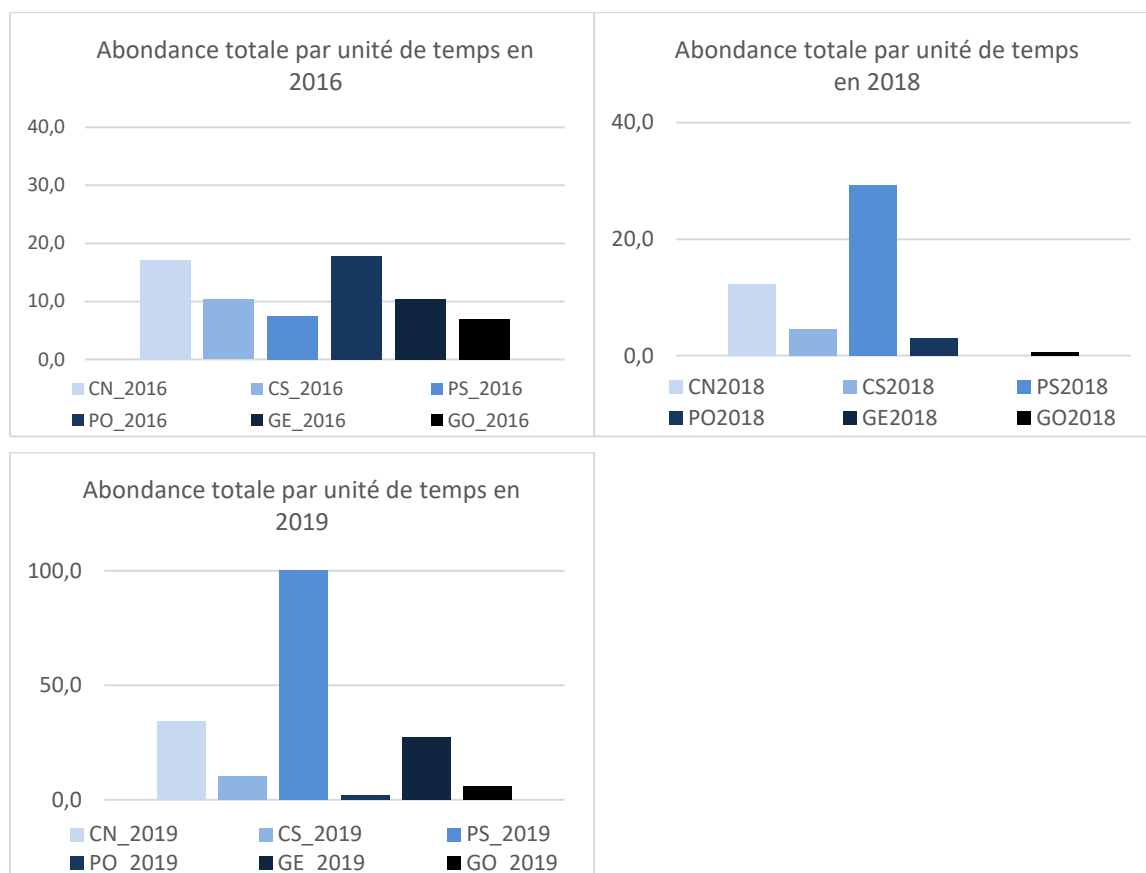


Figure 48. Variation spatiale des abondances par année de suivi par caméra fixe

Les comparaisons temporelles par stations sont présentées sur la Figure 49. On observe une très claire augmentation des valeurs pour les stations Cousaça Nord et Porquières Sud, situées dans la réserve et pour la station de Guérites Est située à l'extérieur de la réserve. Les abondances ne varient pratiquement pas sur les stations de Cousaça Sud et de Guérites Ouest entre les suivis de 2016 et de 2019. En revanche, on observe une diminution sur la station de Porquières Ouest entre les suivis de 2016, 2018 et 2019.

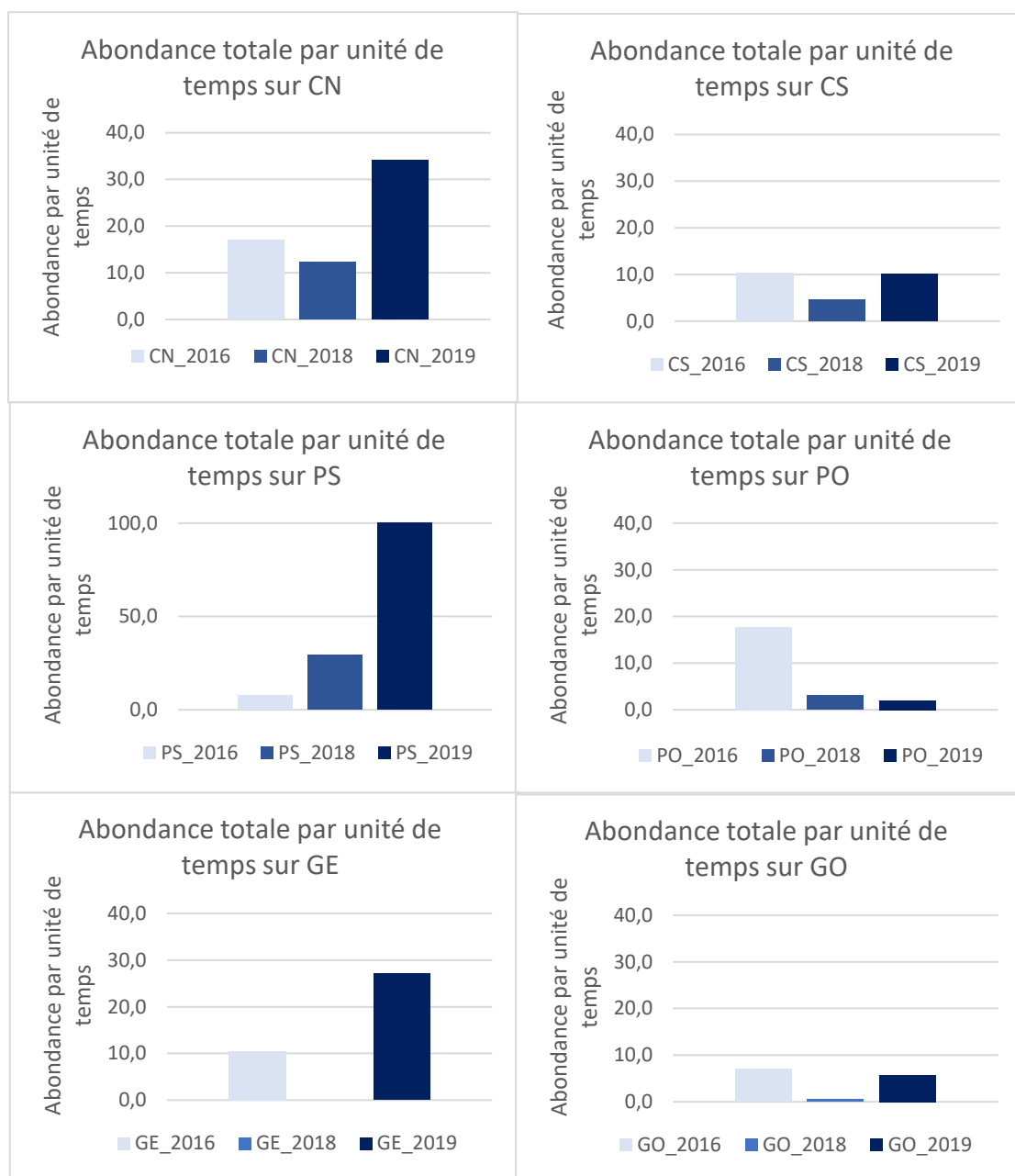


Figure 49. Evolution temporelle des abondances par unité de temps sur les stations suivies par caméra fixe

L'étude de la richesse spécifique (Figure 50) pour chaque station et au cours des suivis annuels montre des évolutions globalement similaires à celles des abondances observées. Les deux stations présentant une augmentation continue depuis 2016 du nombre d'espèces sont Cousanço Nord et Porquières Sud. Pour Guérîtes Est, c'est aussi en 2019 que le nombre d'espèces observées est maximum, mais aucune observation n'a été faite en 2018. A Cousanço Sud et Porquières Ouest, c'est en 2016 que la richesse spécifique était la plus importante. Pour la station Guérîtes Ouest, la plus pauvre, le niveau reste stable entre 2016 et 2019, avec seulement 2 espèces différentes observées.

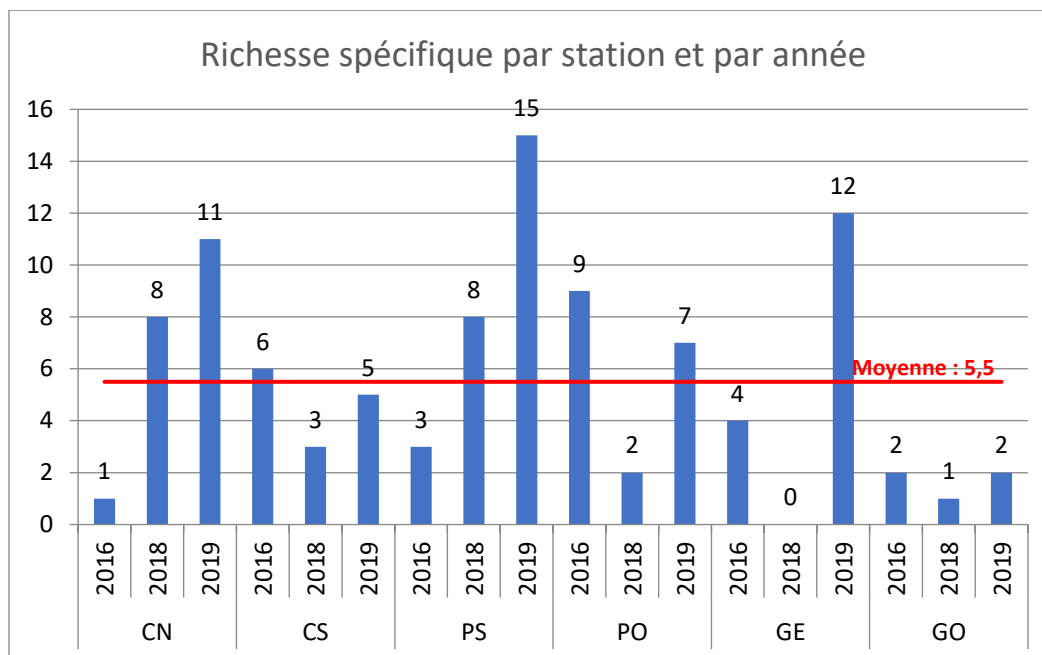


Figure 50. Evolution de la richesse spécifique sur les stations suivies par caméra fixe



Figure 51. Image extraite de la vidéo du suivi de 2019 par caméra fixe sur la station de Porquières Sud

Les observations par caméra fixe révèlent une grande hétérogénéité entre les stations de suivis, tant au niveau spatial que temporel.

On observe néanmoins une augmentation globale tant en abondance qu'en richesse spécifique, au niveau de Porquières Sud, Cousançà Nord et Guérites Est. Pour les autres stations, une stagnation, voire une diminution (Porquières Ouest) sont observées.

On n'observe pas d'évolution distincte entre les stations de la réserve et celles situées en dehors.

4.1.2.2. Récifs artificiels

4.1.2.2.1. Analyse spatiale de la biodiversité ichthyologique, campagne 2019

- Indicateurs de la biodiversité

Pour chaque récif, deux comptages ont été effectués. Les valeurs du Tableau 13 de synthèse des effectifs correspondent aux données d'un seul comptage pour chaque récif.

Tableau 13. Synthèse des effectifs par récif pour le suivi de 2019

ESPECE PAR FAMILLE	NOM VERNACULAIRE	R1 Cube	r1 Buse	r9 Cube	HR6 Cube	HR4 Cube	HR1 Buse	Total par espèce
POISSONS								
BLENNIIDAE								
<i>Lipophrys trigloides</i>	Blennie trigloïdes				1			1
<i>Parablennius rouxi</i>	Blennie de roux		3	2	4	8	3	20
<i>Parablennius gattorugine</i>	Cabot				1			1
<i>Pomadasys incisus</i>	Grondeur métis			10			15	25
CONGRIDAE								
<i>Conger conger</i>	Congre				1		2	3
<i>Gobius minutus</i>	Gobie des sables						100	100
LABRIDAE								
<i>Labrus merula</i>	Labre merle			2				2
<i>Symphodus melanocercus</i>	Crénilabre à queue noire		1	2	3			6
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Rouquié			2	1	3		6
MORONIDAE								
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Loup			5		1	2	8
MULLIDAE								
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche					1		1
PHYCIDAE								
<i>Phycis phycis</i>	Mostelle de roche		1		2		1	4
POMACENTRIDAE								
<i>Chromis chromis</i>	Castagnole		15	1000			10	1025
SCORPAENIDAE								
<i>Scorpaena scrofa</i>	Chapon						1	1
<i>Scorpaena notata</i>	Petite rascasse rouge				2		1	3
<i>Scorpaena porcus</i>	Rascasse brune	1	1	6	8	1	5	22
SERRANIDAE								
<i>Serranus scriba</i>	Serran écriture	4	4	2	4		3	17
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chevrette			2	5	2		9
SPARIDAE								
<i>Oblada melanura</i>	Oblade			25				25
<i>Boops boops</i>	Bogue			200				200
<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun		1	300			1	302
<i>Diplodus annularis</i>	Sparaillon		9	100	2	70	2	183
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire		10	300	2	2	7	321
<i>Pageot acarne</i>	Pagellus acarne					20		20
CRUSTACES								
<i>Palinurus elephas</i>	Langouste rouge			5	1	3	3	12
<i>Homarus gammarus</i>	Homard européen						1	1
<i>Necora puber</i>	Etrille commune			2			5	7
Total par récif		5	41	1942	26	99	40	2325

Au total, 2 325 individus ont été comptabilisés sur l'ensemble des récifs situés dans la réserve et hors réserve.

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

La Figure 52 montre les moyennes des abondances sur les récifs de la réserve et les récifs hors réserve. Les mêmes types de structures sont prospectées dans la réserve et en dehors de la réserve puisque pour chaque cas, 2 structures de type cube et une structure de type buse ont été inventoriées. Avec une moyenne de $671,7 \pm 200,6$ individus, les résultats montrent clairement une moyenne d'abondance supérieure sur les récifs de la réserve. La forte valeur de l'écart-type provient en partie du banc de castagnoles (*Chromis*) observé sur le récif r9. L'analyse des abondances par récifs montrent en effet que le récif r9, situé dans la réserve, présente des valeurs supérieures aux autres récifs situés dans ou en dehors de la réserve (Figure 53). Cependant, le banc de castagnoles ne suffit pas à lui seul à expliquer ces observations, la présence de nombreux bancs de sparidés (Figure 54) vient également contribuer à cette forte abondance observée.

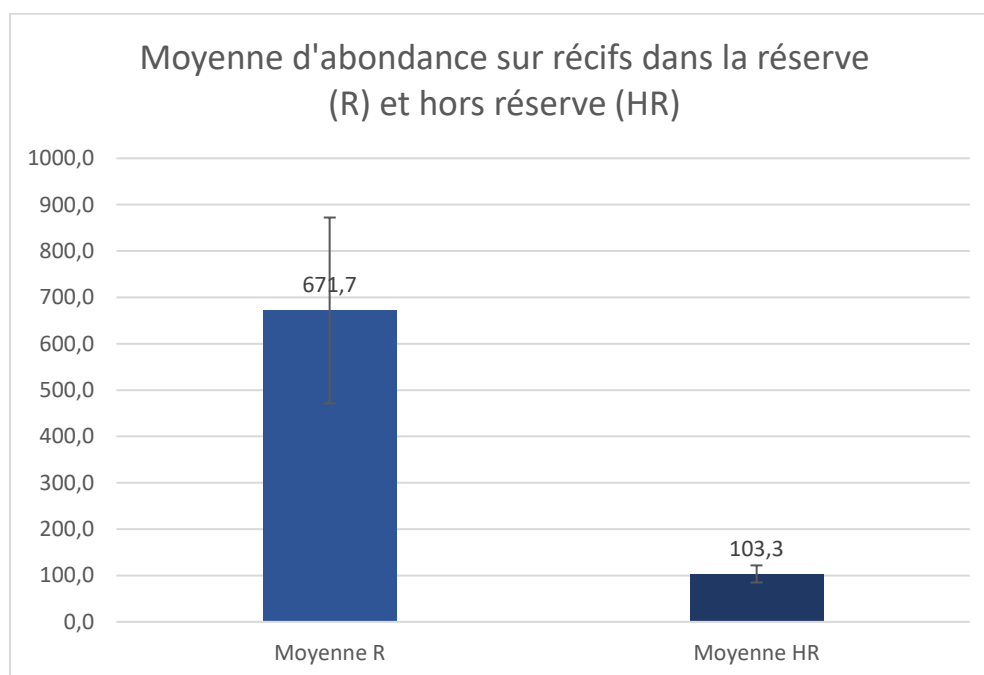


Figure 52. Moyenne d'abondance de l'ichtyofaune dans la réserve et hors réserve

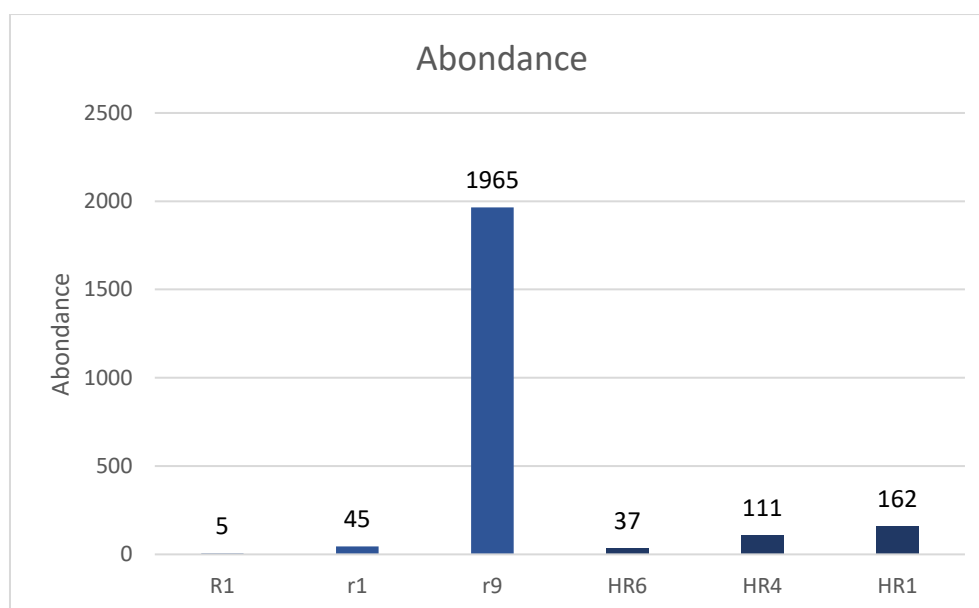


Figure 53. Abondance totale par récif situé dans la réserve (R1, r1, r9) ou en dehors de la réserve (HR6, HR4, HR1)



Figure 54. Banc de sars observés à proximité immédiate du récif r9

Les récifs les plus riches en diversité d'espèces sont le récif r9, situé dans la réserve et les récifs HR6 et HR1 situés en dehors de la réserve (Figure 55). Les récifs r9 avec 17 espèces inventoriées et HR6 avec 14 espèces inventoriées sont des récifs de type « cube » alors que le récif HR1 avec 17 espèces inventoriées est un récif de type « buse ». La moyenne de la richesse spécifique des récifs de la réserve est de 9,3, contre 13,7 pour les récifs hors réserve.

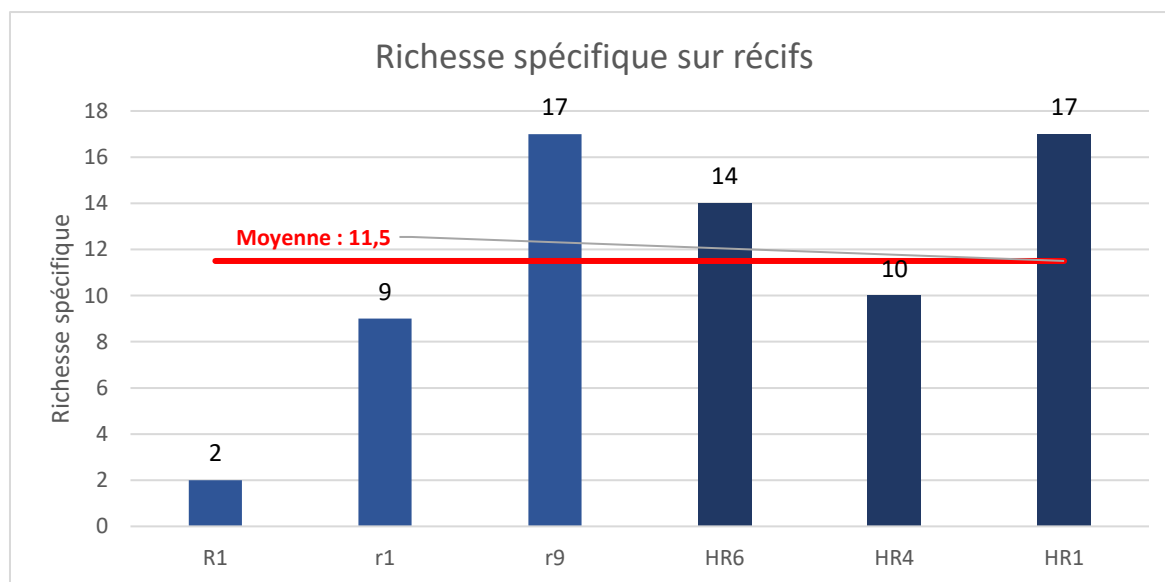


Figure 55. Richesse spécifique sur les récifs de la réserve (R1, r1 et r9) et hors réserve (HR6, HR4 et HR1) en 2019

Les indices de diversité ou indice de Shannon et d'équitabilité ou indice de Piélou montrent que le récif le plus diversifié et le plus équilibré en terme d'ichtyofaune est le récif HR6, situé en dehors de la réserve (Figure 56 et Figure 57). Le récif le moins équilibré est le récif r9 situé dans la réserve en raison de la présence des nombreux bancs de sparidés et du banc de castagnoles observés.

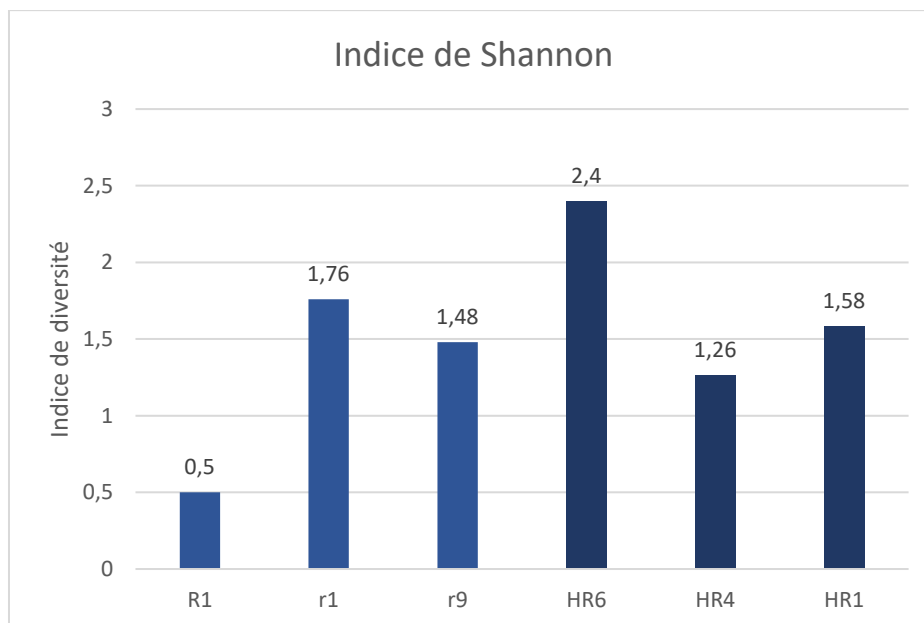


Figure 56. Indice de Shannon (diversité) sur les récifs de la réserve (R1, r1 et r9) et hors réserve (HR6, HR4 et HR1)

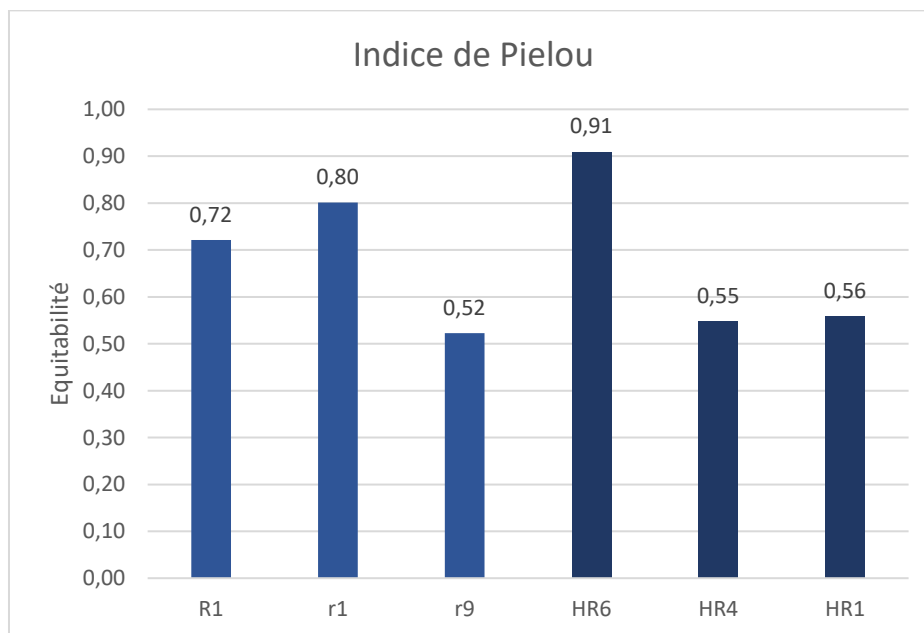


Figure 57. Indice de Pielou (équitabilité) sur les récifs de la réserve (R1, r1 et r9) et hors réserve (HR6, HR4 et HR1)

En 2019, l'abondance est globalement supérieure pour les récifs situés dans la réserve, ce résultat cachant en fait l'hétérogénéité des observations, avec un récif (r9) présentant une très forte abondance (1965 individus) tandis que les deux autres sont très pauvres (5 et 45 individus observés).

En termes de richesse spécifique, malgré un nombre d'espèces plutôt important sur ce même récif r9 (17), la moyenne des récifs de la réserve est inférieure à celle des récifs hors réserve (respectivement 9,5 et 13,7 espèces par station).

Ce sont également ces derniers qui présentent des indices de diversité et d'équitabilité les plus élevés.

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

4.1.2.2.2. Analyse temporelle de la biodiversité ichthyologique (2016 à 2019)

L'étude temporelle de la biodiversité ichthyologique sur les récifs de la réserve et en dehors de la réserve a été réalisée pour les différentes années de suivi : août 2016, 2018 et 2019. Le total des abondances par récif et par année de suivi est présenté dans le Tableau 14.

Tableau 14. Synthèse des effectifs sur les récifs artificiels pour les différentes années de suivi

ESPECE PAR FAMILLE	NOM VERNACULAIRE	R1			r1			r9			HR6			HR4			HR1		
		2016	2018	2019	2016	2018	2019	2016	2018	2019	2016	2018	2019	2016	2018	2019	2016	2018	2019
POISSONS																			
BLENNIIDAE																			
<i>Blennius ocellaris</i>	Blennie papillon																		
<i>Lipophrys trigloides</i>	Blennie trigloïdes	2			1						1	1					1		
<i>Parablennius rouxi</i>	Blennie de roux	1					3		3	2	1	2	4		3	8		4	3
<i>Parablennius gattorugine</i>	Cabot										1		1						
<i>Pomadasys incisus</i>	Grondeur métis									10									15
CARANGIDAE																			
<i>Trachurus mediterraneus</i>	Chinchard							20											
CONGRIDAE																			
<i>Conger conger</i>	Congre							1					1					1	2
GADIDAE																			
<i>Trisopterus Capelanus</i>	Capelan	25	35																
GOBIIDAE																			
<i>Gobius cruentatus</i>	Gobie à bouche rouge											1							
<i>Gobius minutus</i>	Gobie des sables											50							100
<i>Pomatoschistus sp.</i>		100			150			50			150	17							
HAEMULIDAE																			
<i>Pomadasys incisus</i>	Grondeur métis	2								10		67		2					15
LABRIDAE																			
<i>Labrus merula</i>	Labre merle									2									
<i>Coris julis</i>	Girelle							3											
<i>Symphodus melanocercus</i>	Crénilabre à queue noire					1		1		2			3						
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Rouquié								17	2	2	5	1	3	1	3	1	1	
MORONIDAE																			
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Loup		1						1	5		1			3	1		13	2
MULLIDAE																			
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche										1					1	1	2	
PHYCIDAE																			
<i>Phycis phycis</i>	Mostelle de roche		3			1		1				2	2					3	1
POMACENTRIDAE																			
<i>Chromis chromis</i>	Castagnole					15	10	5	1000										10
SCORPAENIDAE																			
<i>Scorpaena scrofa</i>	Chapon		1						2			1			1			5	1
<i>Scorpaena notata</i>	Petite rascasse rouge	2	2		3			5			7	3	2	1	1		1	5	1
<i>Scorpaena porcus</i>	Rascasse brune			1		1		3	6	6	2		8			1			5
SERRANIDAE																			
<i>Serranus scriba</i>	Serran écriture			4		4				2			4						3
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chevrette	1				1		1	4	2	3	3	5	1		2	1	3	
SPARIDAE																			
<i>Oblada melanura</i>	Oblade									25									
<i>Boops boops</i>	Bogue									200									
<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun					1	1			300	1	50							1
<i>Diplodus annularis</i>	Sparillon	1	25			9			1	100	4	40	2	8	50	70		50	2
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire		2			10		1		300		13	2	2	2	2			7
<i>Pagellus acarne</i>	Pageot acarne											1050				20			
CRUSTACES																			
<i>Palinurus elephas</i>	Langouste rouge		5					1	6	5	1	4	1	1	5	3		8	3
<i>Homarus gammarus</i>	Homard européen																		1
<i>Necora puber</i>	Etrille commune							1		2	3								5
Total par récif et par année		134	76	5	154	2	46	76	67	1975	176	1310	37	18	66	111	5	95	177

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

L'analyse des évolutions temporelles de l'abondance ichthyologique sur les différents récifs est présentée en Figure 58. On n'observe pas de tendances uniformes d'évolution de l'abondance sur les récifs et ce indépendamment du fait qu'ils soient situés dans la réserve ou à l'extérieur de la réserve. Les récifs R1 et r1 montrent clairement une diminution des abondances totales au cours des différentes années de suivi (2016, 2018 et 2019), respectivement de 96,3% et 70,1%. En revanche, le récif r9, situé dans la réserve, et les récifs HR4 et HR1, situés en dehors, présentent une augmentation croissante entre les différentes années de suivi avec une augmentation de 2499% pour le récif r9 entre 2016 et 2019 et une augmentation de 516,7% et 3440% respectivement pour les récifs HR4 et HR1 entre 2016 et 2019.

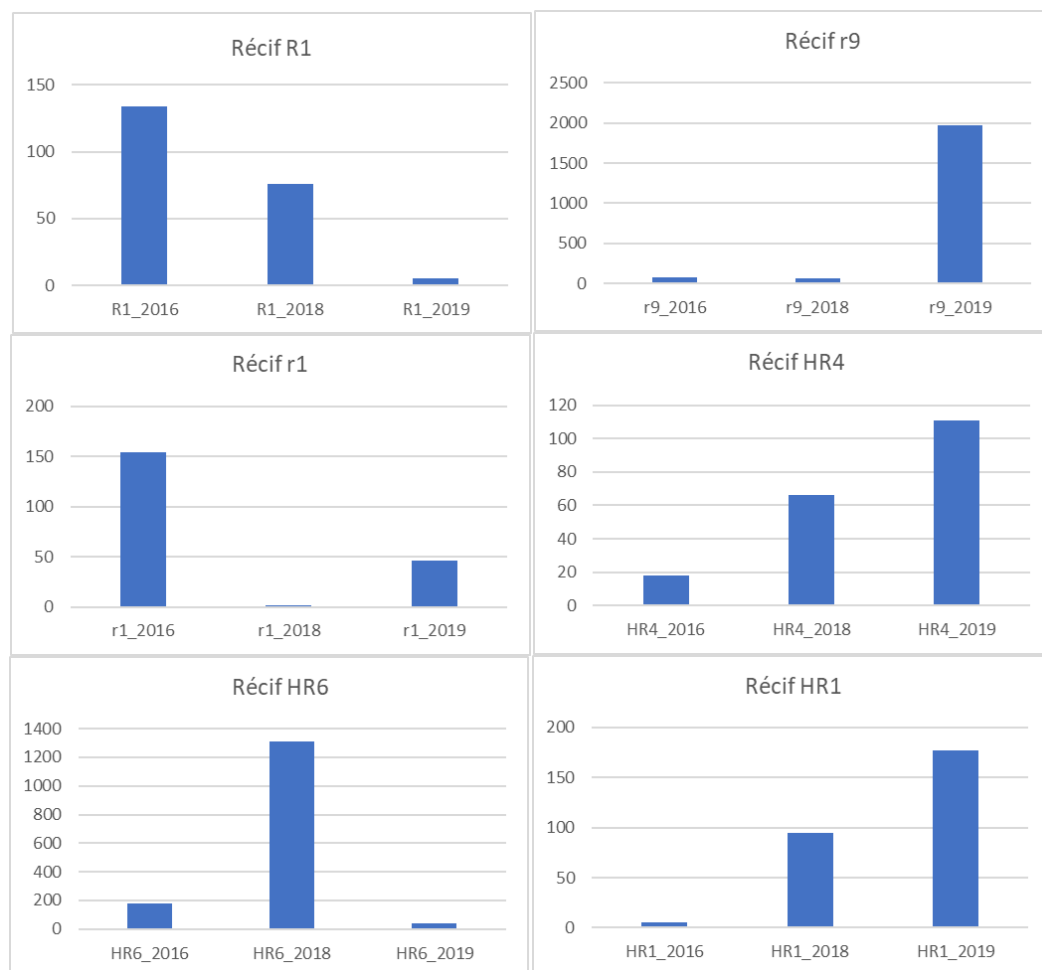


Figure 58. Evolution temporelle des abondances récifs

Les résultats de pourcentage des abondances cumulées des récifs de la réserve et des récifs hors réserve montrent une augmentation de 456,6% entre 2016 et 2019 pour l'ensemble des comptages effectués sur les récifs de la réserve et seulement 63,3% d'augmentation pour l'ensemble des comptages des récifs situés à l'extérieur de la réserve.

Le graphique de l'évolution temporelle présenté Figure 59 montrent la forte progression en termes d'abondance lors de la campagne de suivi de 2019, due à l'augmentation importante constatée sur le récif r9. En revanche, sur l'ensemble des récifs hors réserve on observe l'abondance maximale lors des comptages de 2018, due à la présence d'un banc de plus de 1000 pageots acarne (*Pagellus acarne*) sur le récif HR6.

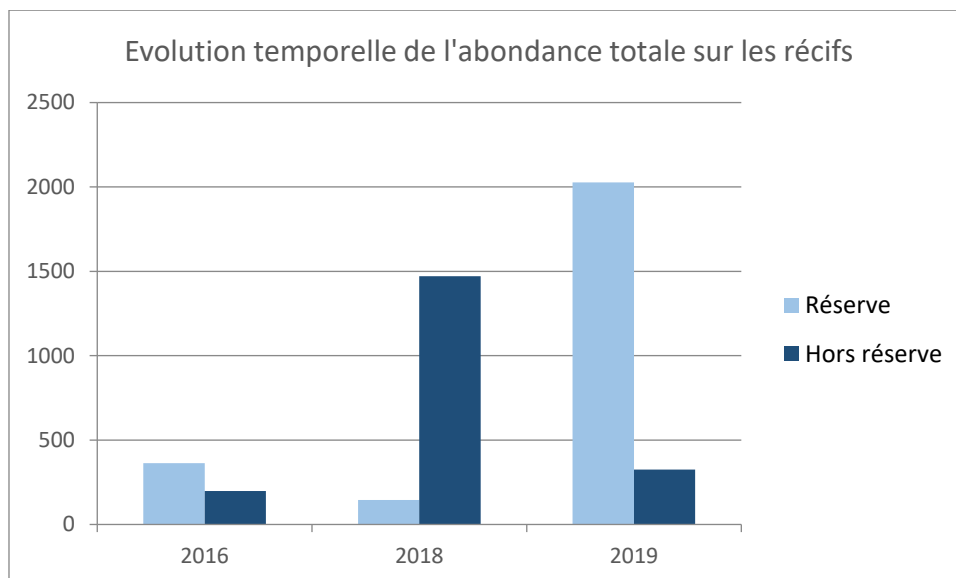


Figure 59. Evolution temporelle de l'abondance totale des récifs de la réserve et hors réserve

L'analyse des richesses spécifiques des récifs artificiels pour les 3 années de suivi (2016, 2018 et 2019) montrent que le récif r9, situé dans la réserve, et les récifs HR6 et HR1, situés en dehors sont les plus riches avec des valeurs de richesse spécifique plus élevée en 2018 et 2019 pour les 3 récifs concernés (Figure 60).

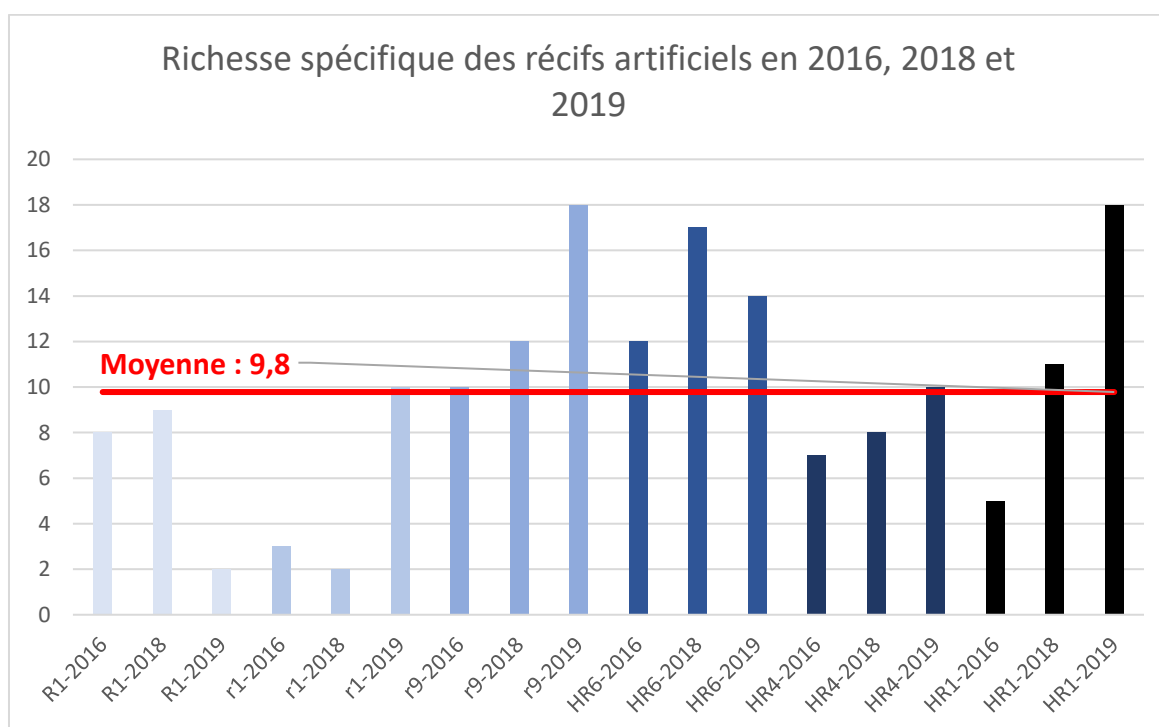


Figure 60. Richesse spécifique des récifs artificiels de la réserve et hors réserve pour les 3 années de suivi

Les calculs des indices de diversité de Shannon sur les récifs artificiels pour les 3 années de suivi montrent globalement une augmentation de la diversité spécifique dans le temps pour l'ensemble des récifs situés dans et en dehors de la réserve. Seul le récif R1 situé à l'intérieur de la réserve montre une diminution entre le suivi de 2018 et celui de 2019 (figure 61).

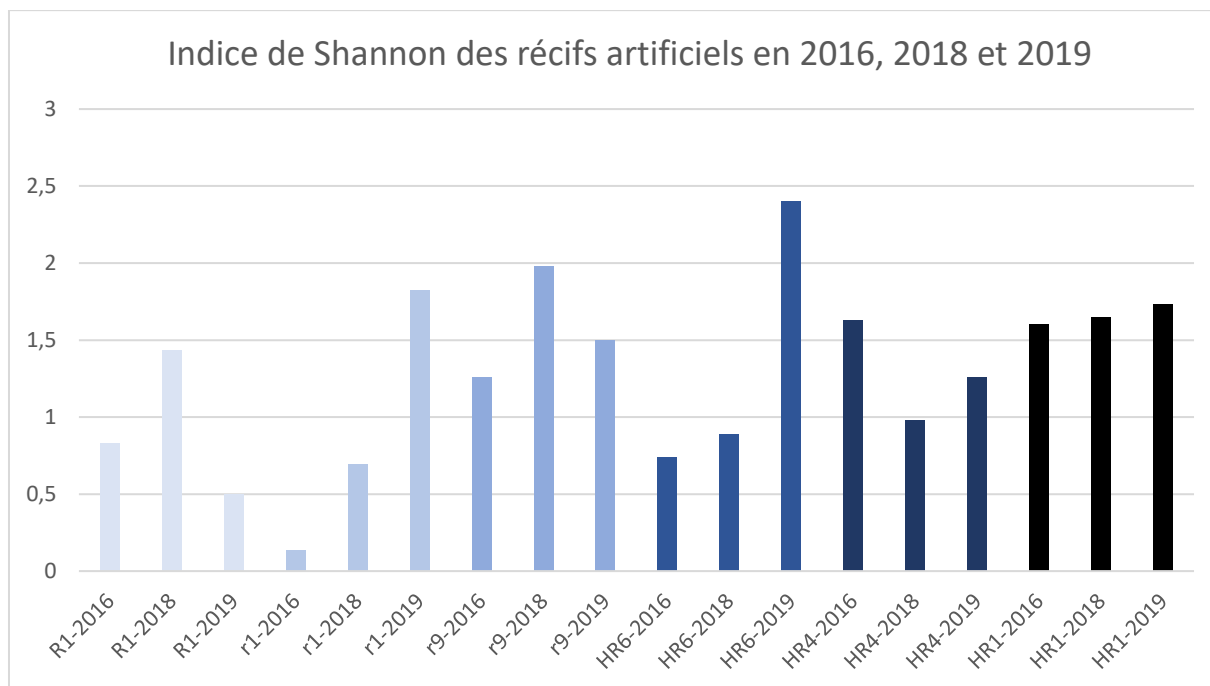


Figure 61. Indice de Shannon (diversité) des récifs artificiels pour les 3 années de suivi

Les calculs des indices d'équitabilité de Pielou sur les récifs artificiels pour les 3 années de suivi ne montrent pas les mêmes tendances selon les récifs (Figure 62). Les récifs R1 et r1 situés dans la réserve et le récif HR6 situé en dehors de la réserve montrent une augmentation des valeurs d'équitabilité entre 2016 et 2019. En revanche le récif r9 situé dans la réserve et les récifs HR4 et HR1 situés en dehors présentent des diminutions des valeurs d'équitabilité sur la même période. Les récifs qui présentent des valeurs d'équitabilité les plus fortes sont les récifs r1 situé dans la réserve et HR1 situé en dehors de la réserve avec une répartition parfaitement équitable des espèces sur ces deux récifs.

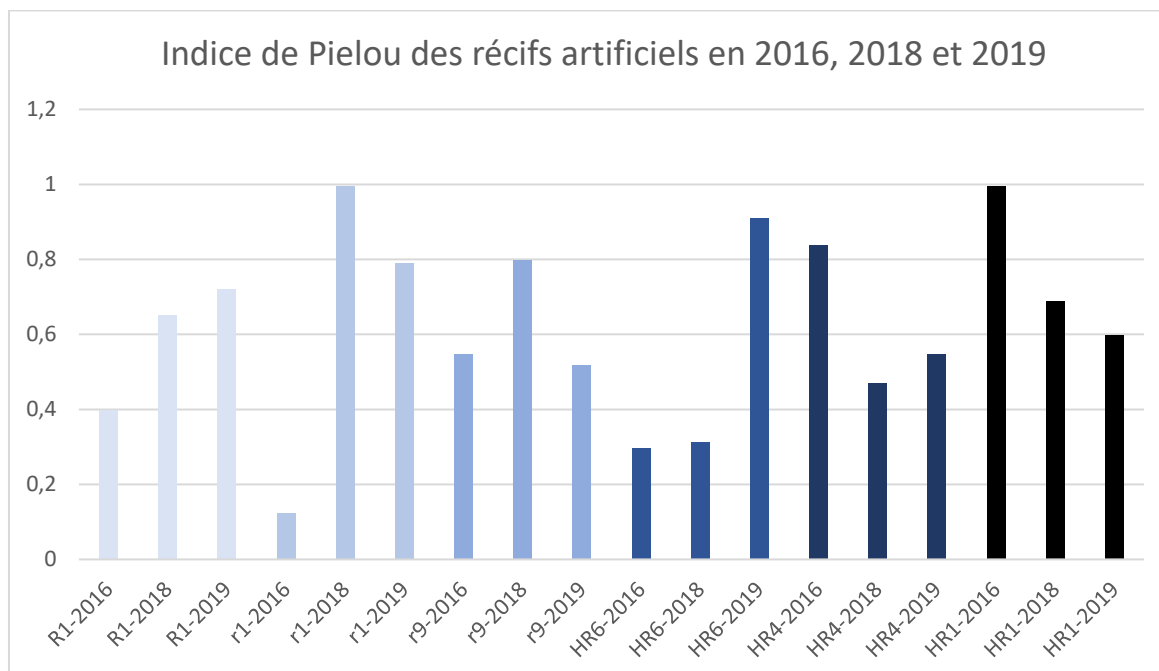


Figure 62. Indice de Pielou (équitabilité) des récifs artificiels pour les 3 années de suivi

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

La figure ci-dessous présente le dendrogramme des populations ichtyologiques sur les récifs pour chaque année de suivi (2016, 2018, 2019). Il permet de visualiser les similitudes dans les assemblages d'espèces entre les différents récifs et lors des différentes années de suivi. Trois groupes sont clairement distincts :

- Un groupe constitué des récifs R1 lors du suivi de 2019 et r1 lors du suivi de 2018,
- Un groupe constitué uniquement des récifs suivis en 2016,
- Un troisième groupe très hétérogène constitué de tous types de récif (cube ou buse), de toutes années de suivi (2016, 2018 ou 2019) et situé dans la réserve ou en dehors.

Ce résultat suggère que la répartition des populations ichtyologiques n'est pas dépendante d'un type de récif ou d'une localisation (réserve, hors réserve). En revanche, on observe un clivage temporel entre le suivi de 2016 et les suivis de 2018 et 2019, suggérant une évolution dans la distribution des peuplements ichtyologiques entre l'état zéro avant la mise en place de la réserve et les suivis de 2018 et 2019 après la mise en place de la réserve.

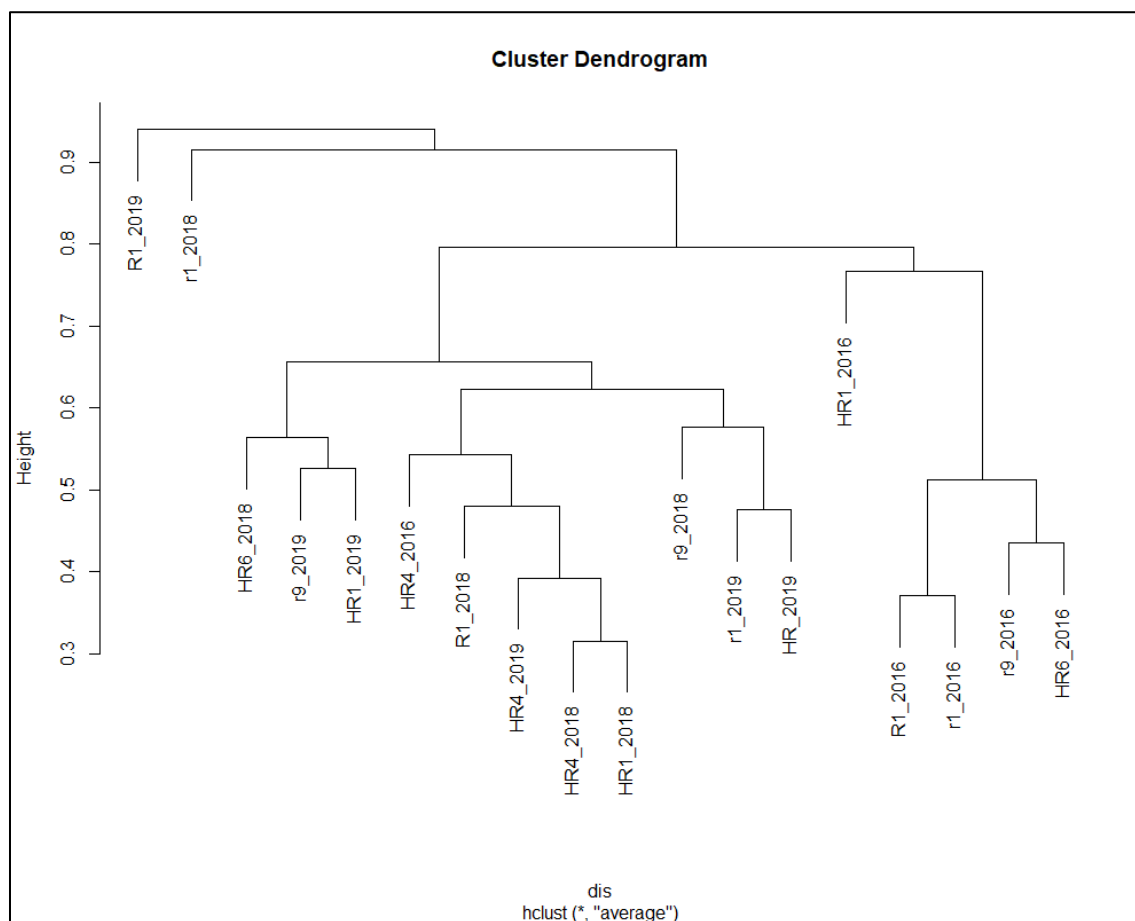


Figure 63. Dendrogramme de cluster des populations ichtyologiques sur les récifs pour chaque année de suivi.

A l'heure actuelle, l'étude des résultats des 3 années de suivi, que ce soit en termes d'abondance, de richesse spécifique, voire d'indice de diversité et d'équitabilité, ne permet pas d'identifier une tendance d'évolution concernant les populations ichtyologiques des récifs artificiels.

Aucune distinction entre les récifs situés dans la réserve et ceux localisés en dehors n'est établie.

4.1.2.2.3. Etude de l'évolution des espèces cibles

Le tableau ci-dessous (Tableau 15) montre la somme des abondances des espèces cibles sur les récifs situés dans la réserve et hors réserve pour les 3 années de suivi (2016, 2018 et 2019).

Tableau 15. Synthèse des abondances des espèces cibles sur les récifs dans la réserve et hors réserve pour les 3 années de suivi

Especies cibles	Noms vernaculaires	2016	2016	2018	2018	2019	2019
		Abondance Totale sur récifs de la réserve	Abondance totale sur récifs hors réserve	Abondance Totale sur récifs de la réserve	Abondance totale sur récifs hors réserve	Abondance Totale sur récifs de la réserve	Abondance totale sur récifs hors réserve
<i>Coris julis</i>	Girelle	3	0	0	0	0	0
<i>Conger conger</i>	Congre	0	0	1	1	0	3
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Loup	1	0	2	17	5	3
<i>Diplodus annularis</i>	Sparaillon	1	12	27	140	109	74
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	1	2	2	15	310	4
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche	0	2	0	2	0	1
<i>Palinurus elephas</i>	Langouste rouge	1	5	11	17	5	7
<i>Scorpaena notata</i>	Rascasse rouge	17	14	2	9	0	3
<i>Scorpaena scrofa</i>	Chapon	0	0	3	7	0	1
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran-chevrette	3	5	4	6	2	7

La Figure 64 montre l'abondance en rouget de roche (*Mullus surmuletus*) et en serran-chevrette (*Serranus cabrilla*) sur les récifs de la réserve et en dehors de la réserve pour les 3 années de suivi. Les rougets de roche ont été retrouvés exclusivement sur les récifs hors réserve et ce pour les 3 années de suivi (2016, 2018, 2019). Les serrans-chevrettes semblent eux aussi plus présents sur les récifs situés en dehors de la réserve et ce pour les 3 années de suivi également.

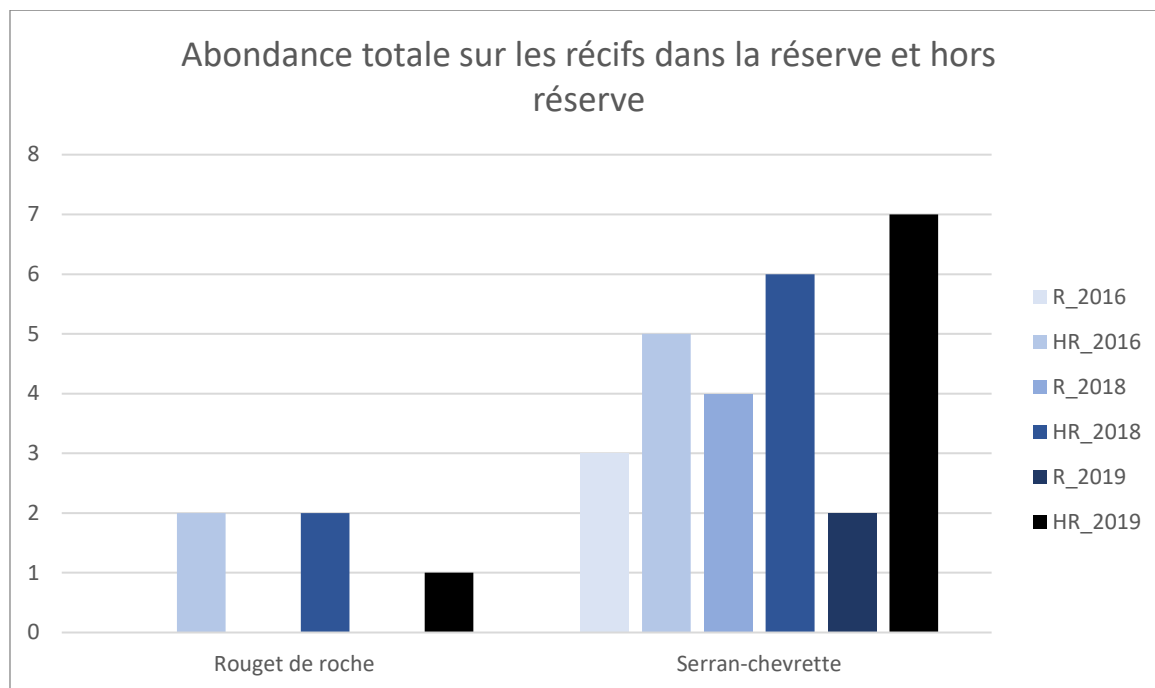


Figure 64. Abondance totale du rouget de roche (*Mullus surmuletus*) et du serran chevrette (*Serranus cabrilla*) sur les récifs dans la réserve et hors réserve

Les abondances totales des sparidés (*Diplodus annularis* et *Diplodus vulgaris*) sont présentées en Figure 65 pour chaque année de suivis. On observe une plus forte abondance sur les récifs de la réserve en 2019 par rapport aux récifs situés en dehors de la réserve pour le *Diplodus annularis* et une très nette « explosion » du nombre de *Diplodus vulgaris*, le sar à tête noire, sur les récifs de la réserve lors du suivi de 2019. De manière globale, l'évolution temporelle des abondances sur les récifs artificiels se traduit par une augmentation. Cette augmentation est d'autant plus marquée pour les sars à tête noire sur les récifs de la réserve.

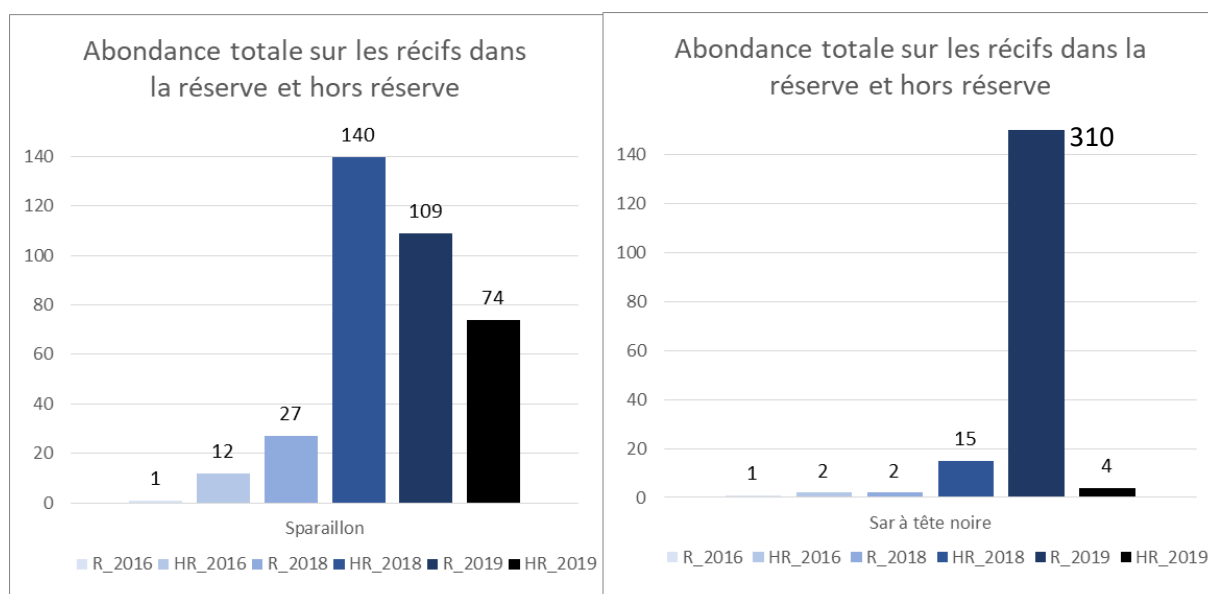


Figure 65. Abondance totale du sparailon (*Diplodus annularis*) et du sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*) sur les récifs dans la réserve et hors réserve

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

Les résultats de l'étude de la moyenne des tailles des espèces cibles sur les récifs de la réserve et en dehors de la réserve pour les 3 années de suivi sont présentés dans le Tableau 16 ci-dessous.

Tableau 16. Synthèse des moyennes de taille des espèces cibles sur les récifs de la réserve et en dehors de la réserve pour les 3 années de suivi

Moyennes de taille (en cm)		2016		2018		2019	
Especies cibles	Noms vernaculaires	récifs de la réserve	récifs hors réserve	récifs de la réserve	récifs hors réserve	récifs de la réserve	récifs hors réserve
<i>Coris julis</i>	Girelle	13,7 ± 2,4	x	x	x	x	x
<i>Conger conger</i>	Congre	x	x	1	1	0	3
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Loup	50	x	62,5 ± 12,5	46,3 ± 3,3	35,6 ± 9,8	40
<i>Diplodus annularis</i>	Sparaillon	15	13,8 ± 1,88	29,7 ± 0,94	18,7 ± 0,9	18	16,8 ± 2,5
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	15	18 ± 5,7	30	36 ± 5,3	30	28,9 ± 7,8
<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche	x	22,5 ± 5	x	25	x	40
<i>Palinurus elephas</i>	Langouste rouge		7 ± 1,4	20	31,2 ± 3	30	33,3 ± 10,3
<i>Scorpaena notata</i>	Rascasse rouge	13,9 ± 2,4	12 ± 1,6	15	17,3 ± 4,1	x	14
<i>Scorpaena scrofa</i>	Chapon			23,3 ± 11	13,7 ± 1,5	x	10
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran-chevrette	13,3 ± 7	18 ± 2,3	12	19,7 ± 2,7	12	24 ± 2,2

Beaucoup de données manquent sur les estimations des tailles des espèces cibles sur les suivis des récifs artificiels.

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Les tailles moyennes des espèces cibles présentes sur l'ensemble des structures pour les 3 années de suivis ainsi que le rouget de roche (*Mullus surmuletus*), recensé uniquement sur les récifs hors réserve, sont présentées ci-dessous (Figure 66). Les résultats montrent une augmentation de la taille moyenne des rougets sur les récifs hors réserve (HR) entre les suivis de 2016, 2018 et 2019. Les résultats concernant la moyenne des tailles du serran chevrette montre une tendance à l'augmentation au cours du temps pour les individus situés hors réserve et très peu d'évolution concernant les individus sur les récifs de la réserve. En revanche, on observe une augmentation de la taille moyenne des sars (*Diplodus annularis* et *Diplodus vulgaris*) entre les suivis de 2016 et 2018 pour les individus des récifs artificiels de la réserve mais également hors réserve. Les données étant très disparates en termes d'abondance d'un suivi sur l'autre pour les différentes espèces cibles étudiées (cf. Tableau 14), il est peu pertinent de réaliser des tests de comparaison de moyenne et les conclusions de ces observations ne peuvent donner lieu qu'à des tendances observées.

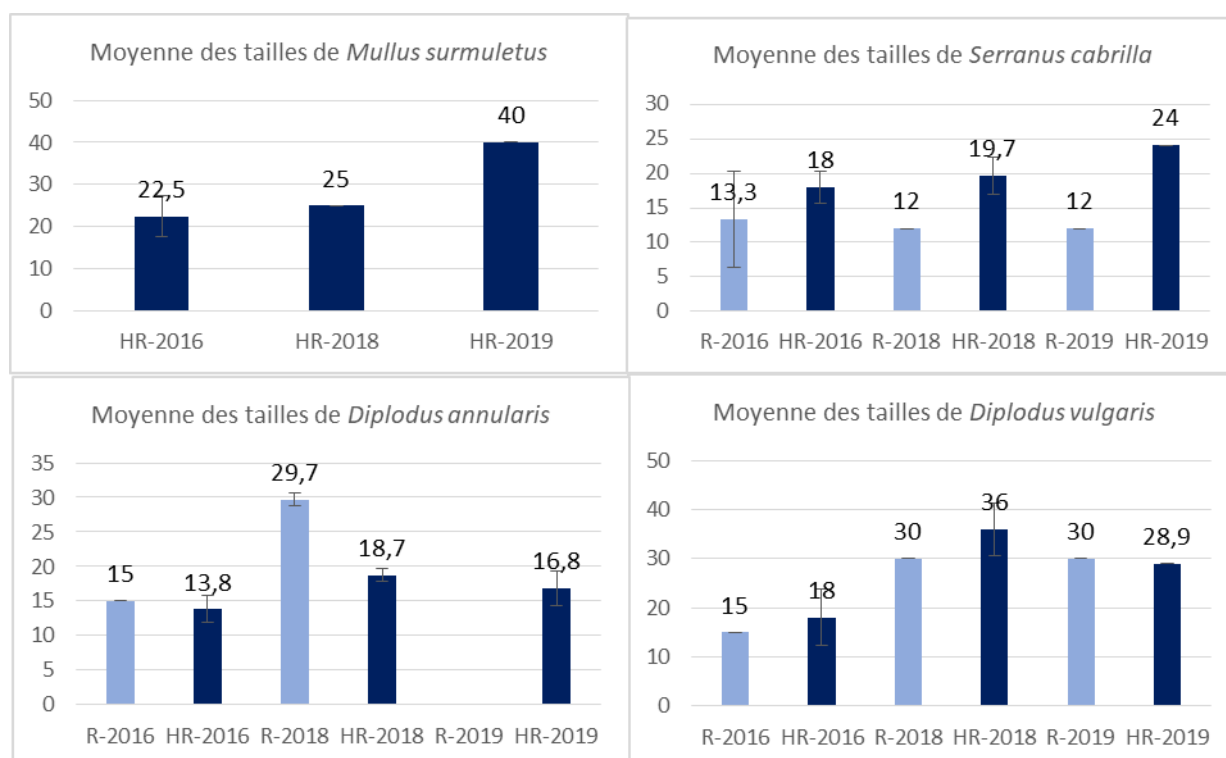


Figure 66. Evolution temporelle des moyennes de tailles de 4 espèces cibles sur les récifs de la réserve (R) et hors réserve (HR)

Entre 2016 et 2019, l'attractivité des récifs situés dans la réserve, par rapport à ceux situés en dehors, n'est pas avérée. En effet, les rougets de roche (*Mullus surmuletus*) et les serrans chevrette (*Serranus cabrilla*) sont plus abondants hors réserve. Pour les sars, leur localisation est très variable, d'une année à l'autre.

En ce qui concerne la taille des individus recensés, on observe une légère progression pour les rougets et les serrans hors réserve. Pour les sars, les tailles sont supérieures pour les suivis de 2018 et 2019, par rapport à 2016, mais sans corrélation avec la localisation des récifs (dans ou hors réserve). Il semble que les peuplements sur les récifs soient temporaires et que ces structures soient l'objets de nombreux échanges avec les habitats naturels voisins.

4.1.3. 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 17).

Tableau 17. 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	mauvaise	mauvaise	mauvaise	très mauvaise	Bonne
Sol	sableux coquillé	sableux coquillé/petits rochers	sableux coquillé/petit bloc rocheux	sableux/petits cailloux/rocher	sableux coquillé/petit rochers
Organismes visualisés					
Gorgones (<i>Eunicella sp</i>)	4	19	27	89	10
Vérétilles	117	4	45	5	0
Etoile de mer	0	1	4	4	0
Poisson	3	2	3	2	36
Gastéropodes	0	0	1	0	20
Alcyon (sur gorgone)	0	1	1	2	0
Spirographe	0	2	13	8	4
Padine	0	0	1	0	0
Algues à crochet	0	0	1	0	0
Eponge	0	0	1	0	0
Oursin	0	0	0	0	1
Espèces NI	2	1	14	8	12
Total abondance	126	30	111	118	83
Densité/ha	840	200	740	786,7	553,3

La figure ci-dessous présente les abondances totales et les densités par hectare en espèces benthiques. Le transect qui présente l'abondance la plus élevée est le transect A, situé dans la réserve, entre Cousanço Sud et Porquières Ouest avec 840 individus/ha, suivi par le transect D, situé en dehors de la réserve, au sud de Guérites Est, avec 786,7 individus/ha puis le transect C, situé au sud des Guérites Ouest avec 740 individus/ha. Le transect le plus pauvre est le transect B, situé à la frontière sud de la réserve, avec seulement 200 individus/ha.

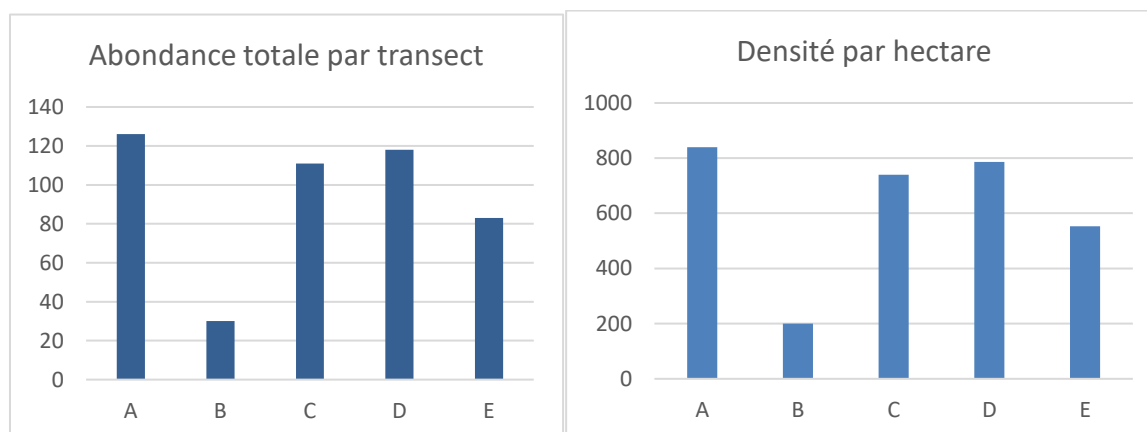


Figure 67. Abondance totale et densité par hectare sur les différents transects suivi par caméra tractée

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

L'analyse des populations benthiques détectées sur les fonds meubles montre une distribution majoritaire d'espèces benthiques épigées telles que les gorgonaires (*Eunicella sp*) et les pennatulaires du genre *Veretillum sp*.

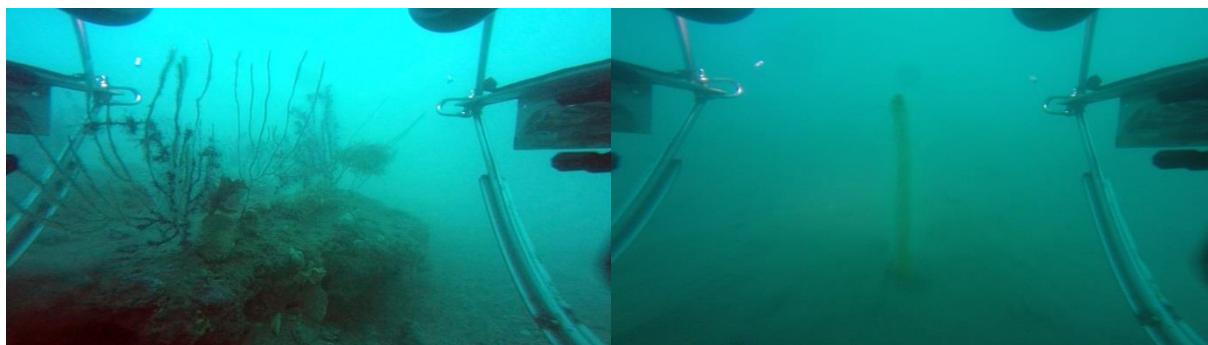


Figure 68. Gorgones et vérétille, observation par caméra tractée

Cependant, la répartition des espèces benthiques en fonction des différents transects s'est révélée plutôt hétérogène (Figure 69). Alors que les transects A et C (respectivement situés dans la réserve et en dehors de la réserve proche de Guérites Ouest) sont principalement peuplés par les vérétilles (*Veretillum cynomorium*), les transects B et D (situés respectivement à la frontière sud de la réserve et au sud de Guérites Est) présentent une majorité de gorgones du genre *Eunicella*. Enfin, le transect E, situé le plus à l'ouest de la réserve et le plus éloigné des roches à coralligène se distingue de par sa répartition benthique avec moins de 15% de gorgones du genre *Eunicella* et une absence totale de vérétille. La composition de ce site est principalement faite d'espèces mobiles comme les gastéropodes et les poissons. C'est d'ailleurs la station où le nombre de poissons observés est le plus élevé avec 36 individus détectés sur l'ensemble des 3 réplicats.

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

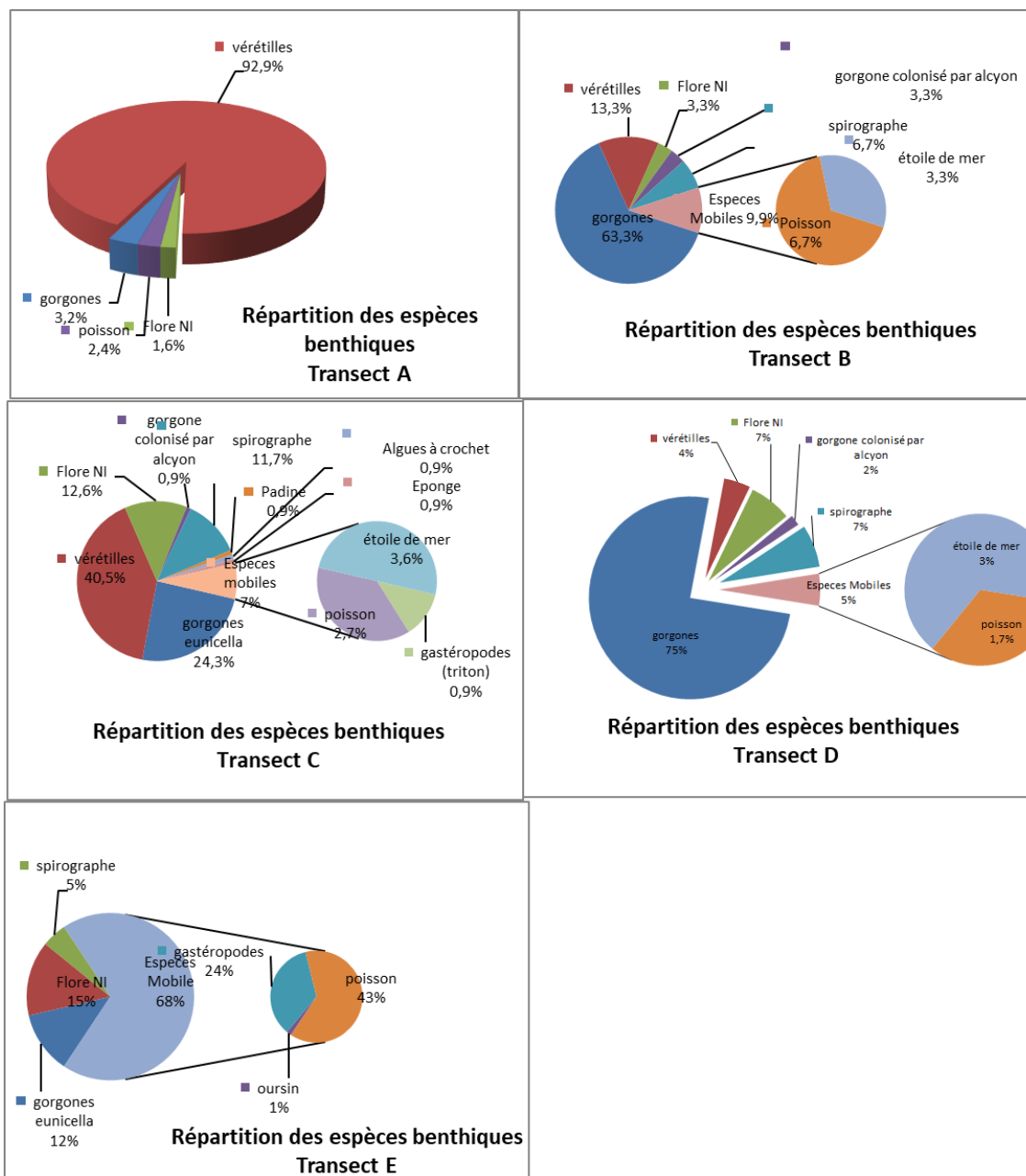


Figure 69. Répartition des différentes espèces benthiques sur les transects suivis par caméra tractée

Le suivi des fonds meubles, débuté lors de la campagne de 2019, révèle la présence quasi-généralisée d'espèces benthiques épigées, en particulier les gorgones (*Eunicella sp*) et les vérétilles (*Veretillum sp*). Les espèces mobiles (poissons et gastéropodes) sont peu nombreuses, sauf sur le transect E, où elles représentent 68% des observations. Toutefois, les conditions de visibilité lors des investigations de terrain peuvent représenter un paramètre crucial en termes d'observations et d'identification des individus.

Les transects présentent une abondance plutôt similaire, à l'exception du transect B (en bordure de réserve) qui est relativement pauvre et, dans une moindre mesure, du transect E.

4.2. Evolution de l'espèce épigée *Eunicella singularis* sur la zone de Cousanço

Les résultats de comptage et de relevé des paramètres de vitalité du gorgonaire *Eunicella singularis* lors des 3 années de suivi sur le site de Cousanço, ainsi que sur le site de Porquières pour ce suivi de 2019, ont permis des analyses comparatives spatiales et temporelles.

Les données ont permis d'obtenir des moyennes de taille des individus par site et par année de suivi ainsi que des moyennes de densité au m². Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tableau 18). Le test de comparaison de Wilcoxon et Mann-Whitney a été utilisé pour comparer les moyennes de taille des individus entre les différentes années de suivi entre les différents sites.

Tableau 18. Analyse comparative des densités et des tailles de la gorgone blanche pour les 3 années de suivi

	CS_2016	CS_2018	CS_2019	PO_2019
Abondance totale	225	171	95	117
Densité/m²	18,75	14,25	7,92	9,75
Taille moyenne (en cm)	25,2 ± 8,6	16,9 ± 9,7	17,9 ± 8,1	28,1 ± 10,1
Wilcoxon test	p_value<2,2e-16		p_value=4,064e-13	
	CS_2016	CS_2019	CS_2018	CS_2019
	p_value=2,523e-11		p_value=0,2202	

La figure suivante (Figure 70) présente les abondances et les densités au m² de *Eunicella singularis*. On observe une nette diminution du nombre d'individus sur le site de Cousanço Sud entre les suivis de 2016, 2018 et 2019 avec des effectifs qui passent de 225 à 95 individus entre le suivi de 2016 et celui de 2019. Les densités au m² passent de 18,75 en 2016 à 7,92 en 2019.

Concernant les résultats du site témoin de Porquières Ouest, la comparaison la même année de suivi avec le site de Cousanço Sud a été réalisée. La densité d'individus au m² est inférieure sur le site de Cousanço par rapport à la densité observée sur le site de Porquières.

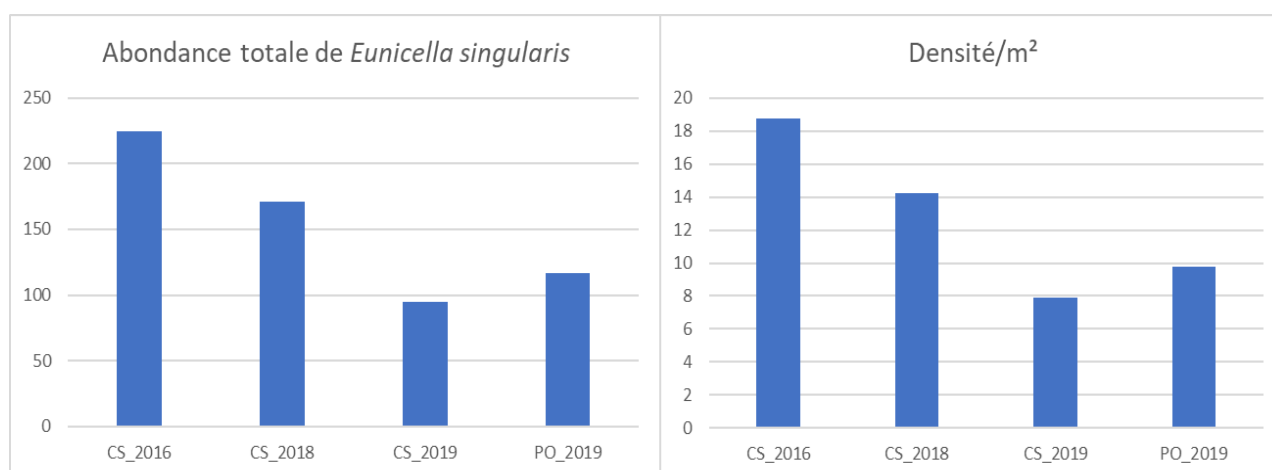


Figure 70. Abondance totale et densité/m² de *Eunicella singularis* sur le site de Cousanço sud pour les 3 années de suivi et sur le site de Porquières ouest pour le suivi de 2019

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

Concernant la taille moyenne des individus (Figure 71), on observe également une diminution significative ($p_value < 2,2 \times 10^{-16}$) entre la moyenne des tailles des individus en 2016 et celle des individus en 2018 mais également avec celle des individus de 2019 ($p_value = 2,523 \times 10^{-11}$). En revanche, on n'observe pas de différence significative entre la moyenne des tailles des individus de Cousanço Sud entre 2018 et 2019 ($p_value = 0,2$).

Les tailles des individus sont significativement plus petites sur le site de Cousanço Sud ($p_value = 4,064 \times 10^{-13}$) que sur le site de Porquières Ouest.

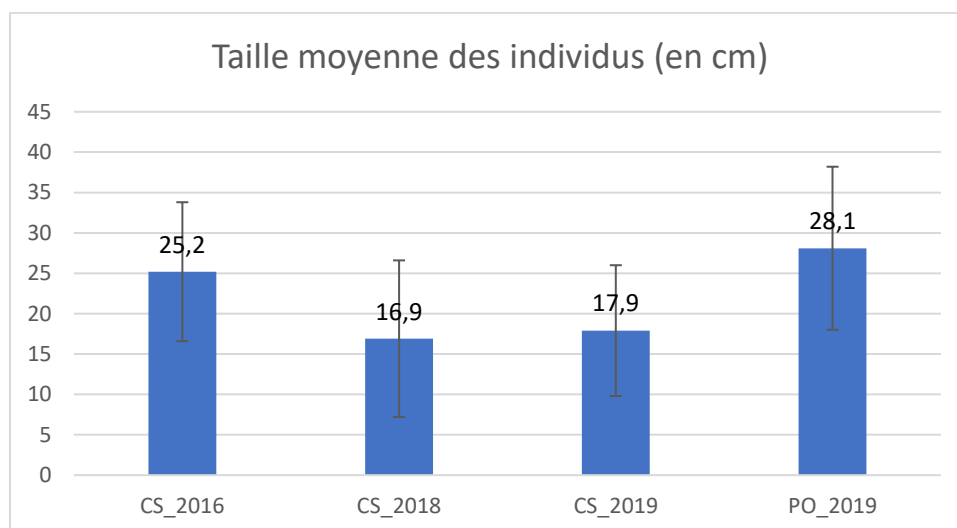


Figure 71. Taille moyenne des individus sur le site de Cousanço Sud pour les 3 années de suivi et le site de Porquières ouest pour le suivi de 2019

Une analyse plus 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*). Leur état de vitalité est facile à constater et à évaluer (Figure 72).



Figure 72. 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

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Le Tableau 19 présente à la fois le pourcentage d'individus nécrosés ainsi que le taux de nécrose moyen de ces individus nécrosés. Le pourcentage total d'individus nécrosés par suivi et par site a été calculé en faisant le ratio des individus nécrosés sur le nombre total d'individus pour les 3 quadrats. Les résultats montrent que sur le site de Cousanço, 1 individu sur 2 est nécrosé et le pourcentage augmente entre le suivi de 2018 et celui de 2019. Le site de Porquières témoigne au contraire d'individus majoritairement sains puisque seulement 14,2% des individus du site sont nécrosés (tableau 17). Le site de Cousanço présente des pourcentages moyens de nécrose plus élevés d'un suivi sur l'autre (2018 vs 2019) mais également en comparaison avec le site de Porquières (53,5% de nécrose en moyenne par individu sur Cousanço Sud pour 2,3% sur Porquières Ouest) en 2019.

Tableau 19. Pourcentage moyen de nécrose par individu et pourcentage total d'individus nécrosés par site et par année

	CS_2018	CS_2019	PO_2019
Pourcentage total d'individus nécrosés	49,7%	57,9%	14,2%
Pourcentage moyen de nécrose par individu	23,3%	53,5%	2,3%

Le suivi des gorgones blanches (*Eunicella singularis*) sur le site de Cousanço Sud, depuis 2016, permet de constater une diminution continue du nombre d'individus, la densité passant de 18,75 ind/m² en 2016 à 7,92 en 2019, couplée à une diminution de la taille moyenne des individus (de 25,2 cm à 17,9 cm). En parallèle, le pourcentage d'individus nécrosés, tout comme le pourcentage moyen de nécrose par individu, augmente entre 2018 et 2019.

L'état des gorgones du site de Cousanço semble se dégrader fortement. L'étude d'un site témoin, à Porquières Ouest, depuis 2019, permet de constater que les gorgones présentes sur ce site sont à la fois, plus abondantes, plus grandes et très nettement moins nécrosées qu'à Cousanço.

4.3. Suivi complémentaire (programme de science participative de la commission biologie FFEISSM)

4.3.1. Campagnes de terrain

Une veille biologique est réalisée par les plongeurs de la commission biologique du Comité Départemental de la FFEISSM. 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.

4.3.2. 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 écritoire et d'une fiche submersible sur laquelle sont répertoriées les principales espèces benthiques et ichtyologiques.

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Lorsqu'un plongeur détecte une espèce, il inscrit le chiffre 1 pour indiquer qu'il a observé cette espèce. 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. Quatre années de suivi ont été réalisées par la commission biologique : 2016, 2017, 2018 et 2019.

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 ichthyologiques,
- Pour chaque espèce, une moyenne des observations réalisées par les différentes palanquées a été faite, pour chaque sortie (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, etc.),
- Un tableau de moyenne des détections, oscillant entre 0 et 1 pour chaque espèce et pour chaque sortie, est alors obtenu,
- Une moyenne par année de suivi a ensuite été calculée à partir des valeurs de chaque sortie pour chaque espèce.

4.3.3. Résultats

Les synthèses des inventaires des différentes espèces benthiques et ichthyologiques pour chaque année de suivi sont présentées en Figure 73 et Figure 74. Les résultats montrent l'évolution temporelle des présences des différentes espèces dans la réserve.

Concernant les espèces benthiques, la moyenne des présences par espèce semble supérieure pour le suivi de 2016 avec plus de détection d'arthropodes, de cnidaires et d'échinoderme. Les détections des mollusques et des vers sont en revanche plus nombreuses pour le suivi de 2019.

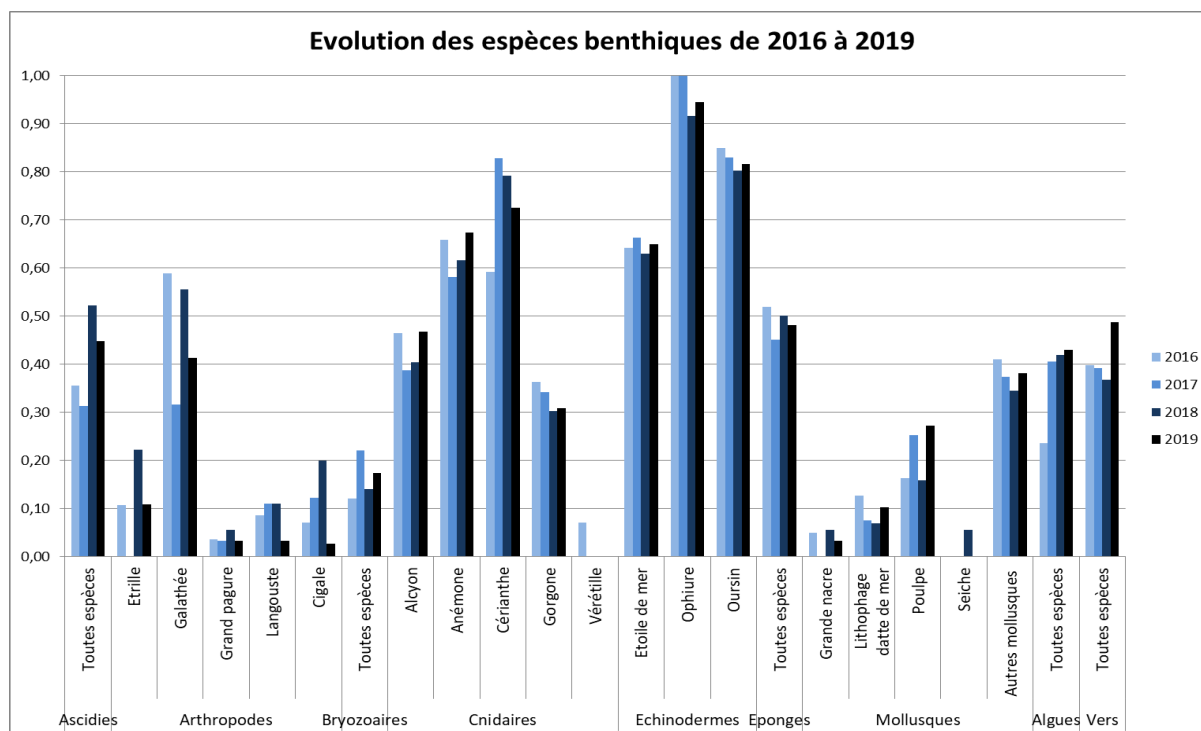


Figure 73. Synthèse des présences/absences par année de suivi pour les différentes espèces benthiques (source FFESSM)

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

L'évolution des populations de poissons de 2016 à 2019 montre également des détections plus nombreuses pour le suivi de 2016 et ce pour de nombreuses espèces parmi lesquelles le rouget (*Mullus surmuletus*), la daurade grise (*Sparus aurata*), le sar commun (*Diplodus sargus*), le cabot (*Parablennius gattorugine*). Seul le serran chevrette (*Serranus scriba*) et le congre (*Conger conger*) sont plus détectés dans les suivis de 2019.

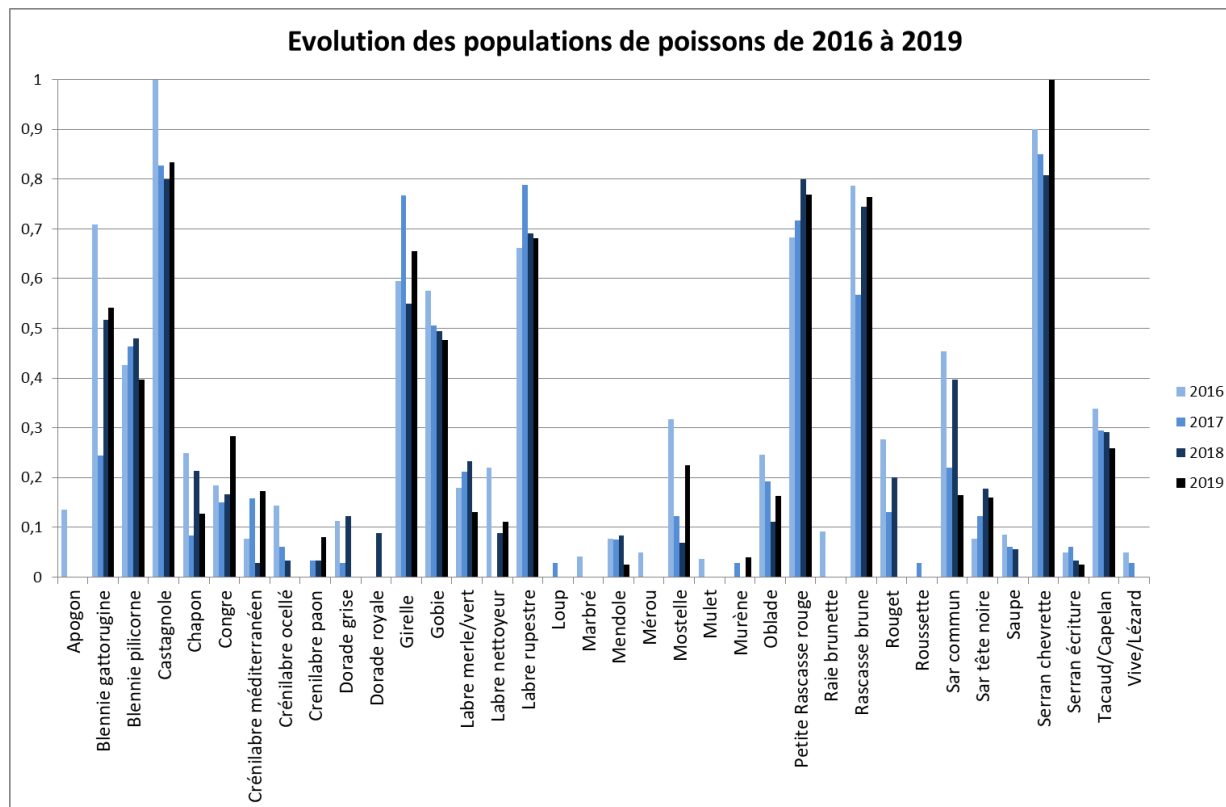


Figure 74. Synthèse des présences/absences par année de suivi pour les différentes espèces de poisson (source FFESSM)

Ces résultats sont à prendre avec beaucoup de précautions car il ne s'agit pas d'un protocole standardisé. Bien que la moyenne des observations par année permette de « lisser » les biais introduits par les nombreux paramètres « non standardisés » (nombre de plongeurs et de palanquées par suivi, effet plongeur, etc...), il faut prendre en compte avant tout que ces résultats présentent des présences/absences d'espèces. En aucun cas il ne s'agit d'analyse d'abondance. De ce fait, ces suivis donnent davantage d'information en ce qui concerne la richesse spécifique par année, c'est-à-dire le nombre de détection globale d'espèces benthiques et ichtyologiques par année de suivi.

La Figure 75 présente la moyenne des détections totales de poissons et d'espèces benthiques par année de suivi. Concernant les poissons, les résultats montrent que l'année 2016 semble effectivement être l'année où le plus de détection (présence) a été constatée. Les variations entre les différentes années de suivi sont cependant très faibles. Etant donné le protocole basé sur des données de présence/absence ces variations peuvent être dues à des biais méthodologiques. Pour les espèces benthiques, les variations observées ne sont pas significatives, les observations restent globalement stables au cours du temps.

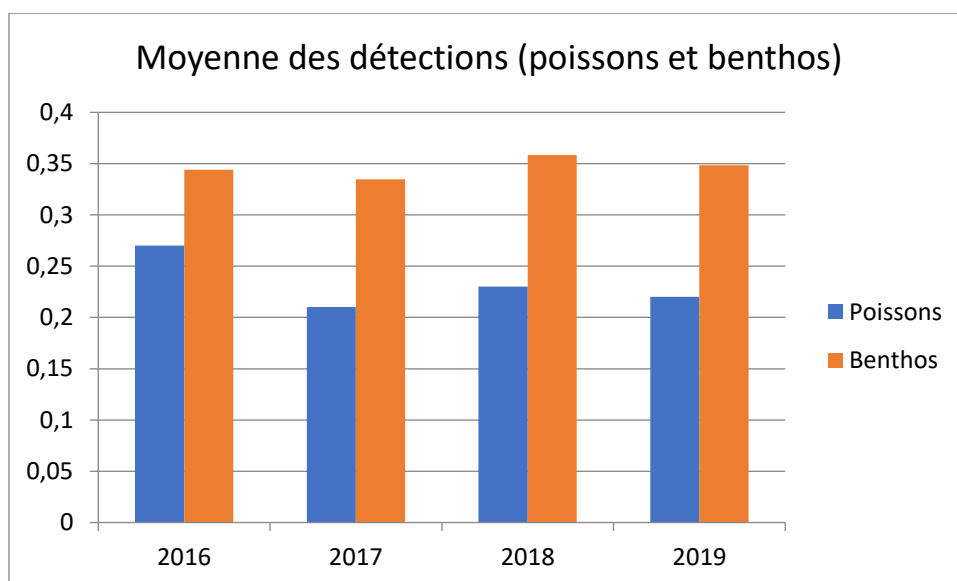


Figure 75. Moyenne totale des détections de poissons et espèces benthiques

5. Synthèse des résultats

Le présent document, rapport intermédiaire de 2019, présente les résultats des 3 années de suivi depuis la mise en place de la RMCP en 2016. Il se veut descriptif mais également comparatif. Les données de la campagne de 2019, 3 ans après la mise en réserve, ont été analysées pour une comparaison spatiale des différents sites situés dans la réserve et en dehors de la réserve. L'objectif était d'avoir une première impression sur les tendances d'évolution de cette « jeune » réserve. Dans le souci d'établir un premier bilan comparatif temporel, les données des 3 années de suivi ont été comparées et analysées. Les suivis de comptages ichtyologiques et benthiques ont été complétés cette année par les analyses des données vidéos de deux types :

- Données des caméras fixes sur les stations rocheuses
- Données des caméras tractées sur fonds meubles

Les données de suivi de l'espèce épigée *Eunicella singularis* sur la zone de Cousanço Sud ont cette année été complétées par les données de la zone de Porquières Ouest, en zone de protection intégrale, qui en constitue depuis 2019, la zone témoin.

Enfin, les données de suivi complémentaire (données d'observation de l'ichtyofaune et du benthos par les plongeurs de la commission bio) ont également été intégrées à ce rapport intermédiaire.

5.1. Evolution de la faune benthique

La faune benthique est constituée en majorité d'espèces sessiles. Le suivi de l'évolution de ces peuplements sur des transects définis et identiques pour chaque année de suivi constitue un témoin des changements tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif. Les résultats de la campagne de 2019 montrent que l'espèce la plus représentée sur l'ensemble des transects est toujours le gorgonaire *Eunicella singularis*. Les variations d'abondance observée d'un site à l'autre sont fortement corrélées aux abondances de cette espèce. Les stations les plus abondantes sont Cousanço Nord et Porquières Sud, situées dans la réserve. La station la plus riche est la station de Porquières Sud avec notamment la présence de la grande nacre (*Pinna nobilis*). Ce premier niveau de comparaison spatiale témoigne d'une influence positive de la réserve sur les peuplements benthiques.

Les comparaisons temporelles sont également encourageantes puisqu'on observe une augmentation des abondances totales entre les suivis de 2016 et ceux de 2019 pour chaque station, situées dans la réserve et en dehors. Cette augmentation globale, sur tous les sites, fait néanmoins émerger des questionnements quant à la participation de la mise en réserve à l'observation de ces phénomènes à l'instar des facteurs environnementaux. Le dendrogramme de Cluster montre clairement une ségrégation des stations par année de suivi suggérant de toute évidence une influence temporelle très importante sur les populations benthiques.

5.2. Evolution de la faune mobile

L'analyse des données de suivi de l'année 2019 sur les peuplements ichtyologiques a permis des comparaisons spatiales des différentes stations de suivi. Les résultats ont mis en évidence les fortes abondances de poissons avec notamment de nombreux bancs de castagnoles, de bogues et de

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

sparidés pour cette campagne de 2019. Les abondances moyennes calculées dans et en dehors de la réserve pour le suivi 2019, en excluant le banc de 10 000 sardines sur la station de Porquières Ouest, montrent une légère différence avec un avantage pour les stations situées dans la réserve. Ces observations se sont d'ailleurs confirmées avec les analyses vidéo des caméras fixes et notamment la vidéo de Porquières Sud, exceptionnellement riche en abondance et en diversité lors de cette campagne de 2019.

Les comparaisons temporelles des suivis ichtyologiques témoignent également d'évolution avec des augmentations de 357% et 283,6% entre les suivis de 2016 et de 2019 pour les stations de Cousançà Sud et de Porquières Ouest respectivement si l'on considère l'ensemble de la population ichtyologique. Les richesses spécifiques augmentent également avec un nombre d'espèce qui double sur l'ensemble des sites investigués.

Le dendrogramme de cluster montre que la dissemblance entre les stations pour les campagnes d'une même année tend à se réduire. La campagne 2019 montre une réduction des disparités spatiales entre les peuplements. Toutes les stations sont issues du même groupe, même si les stations les plus semblables restent les plus proches spatialement.

De la même manière que pour les peuplements benthiques, l'augmentation globale d'abondance et de richesse spécifique des populations ichtyologiques sur l'ensemble des stations en 2019 soulève des questions sur la part de contribution de la réserve à ces observations. Il est encore tôt pour préjuger d'un « effet de dispersion » des populations et donc d'une influence positive de la réserve sur les stations situées hors réserve. De nombreux paramètres notamment environnementaux ou anthropologiques pourraient expliquer les augmentations observées.

Les analyses des entropies de Renyi nous donnent des informations intéressantes sur l'évolution des espèces. Les espèces rares deviennent de plus en plus nombreuses, la diversité des taxons s'accroît. Avec le temps, les abondances des populations se renforcent. L'ensemble des stations comptent de plus en plus d'espèces rares et les bancs de poissons deviennent de plus en plus abondants comme les bancs de sars par exemple.

L'étude de l'évolution spatiale des abondances totales de la faune ichtyologique regroupées par degré de protection des sites montrent très clairement un avantage pour la zone de Porquières, en zone de protection intégrale. De même, les évolutions temporelles de l'abondance par degré de protection des sites montrent une très forte augmentation sur le site de Porquières. Ces résultats sont encourageants et vont dans le sens d'un effet de mise en protection sur les populations mobiles qui commence à dépasser la variabilité naturelle.

L'étude plus spécifique de l'évolution des espèces cibles, d'intérêt halieutique montrent également une augmentation en abondance et en taille moyenne au cours de temps. Il y a globalement plus d'individu et ils sont plus gros. Concernant leur répartition spatiale, on observe plus de poissons dans la zone de Porquières en protection intégrale, en particulier pour les sars, la daurade royale (*Sparus aurata*) et le serran chevrette. En revanche, l'étude des tailles moyennes des espèces cibles ne permet pas de conclure pour l'instant quant au fait que les poissons de la réserve (protection partielle ou intégrale) soient systématiquement plus gros.

Enfin, les résultats concernant les peuplements ichtyologiques sur les récifs artificiels montrent, qu'en moyenne, il y a plus de poissons sur les récifs situés dans la réserve. Ce résultat est à prendre avec précaution car il résulte d'une forte abondance de sparidés observés sur le récif r9 lors du suivi de 2019. L'évolution temporelle des populations de poissons sur les récifs est plus modérée que celle observée sur les stations rocheuses, cependant les abondances en sparidés ont tendance à augmenter au cours du temps.

L'interprétation globale des populations mobiles sur les sites de la réserve et en dehors de la réserve est positive et la tendance montre que les abondances augmentent au cours du temps et en particulier dans les zones de protection intégrale. Les premières espèces ciblées par cette augmentation sont les sparidés, qui se regroupent et forment des bancs de plus en plus conséquents. Cette augmentation pourrait être le témoin d'une augmentation à des niveaux trophiques inférieurs qui ne sont pas toujours détectées lors des suivis sur transect en plongée.

5.3. Evolution de l'espèce épigée *Eunicella singularis*

Le suivi de la gorgone blanche (*Eunicella singularis*) sur la zone de Cousança sud durant 3 ans a permis de voir l'évolution de cette espèce épigée, sensible aux facteurs environnementaux, sur la zone de Cousança, autorisée à la plongée. Les indicateurs biologiques tels que l'abondance ou la densité/m² et la taille moyenne des individus ont permis de mettre en évidence une réelle « fragilisation » de l'espèce au cours du temps sur le site de plongée. La comparaison lors de la campagne de 2019 avec les individus du site de Porquières Ouest, selon le même protocole témoigne d'individus en mauvais état de vitalité sur la station de Cousança Sud, avec 57,9% d'individus nécrosés en 2019 sur le site de Cousança sud contre 14,2% en 2019 sur le site de Porquières Ouest. Ces résultats suggèrent une dégradation globale des gorgones sur le site de Cousança Sud. Cette dégradation peut venir des activités entropiques dues au mouillage des bateau mais également aux mouvements des plongeurs (coup de palme, etc.). Elle peut également venir de conditions météorologiques extrêmes et les suivis sur le plus long terme des deux stations (Cousança et Porquières) nous permettront d'apporter plus de réponse à ce phénomène observé.

5.4. Suivi des fonds meubles par caméra tractée

Cette année et pour la première fois depuis le suivi scientifique de la réserve marine de la côte palavasienne, les fonds meubles qui représente 2/3 de la biocénose de la réserve ont été investigués.

Cette première campagne a mis en évidence la forte présence d'espèces benthiques épigées (gorgonaires (*Eunicella sp.*) et pennatulaires du genre *Veretillum sp.*). En comparaison, peu d'espèces mobiles (poissons, gastéropodes, etc.) ont été observées. Pour cette campagne, aucune différence significative entre les stations situées dans ou à proximité de la réserve par rapport aux stations témoins plus éloignées n'a été observée.

6. Discussion

Comparaison de la faune mobile

Les résultats de l'évolution de la RMCP sur trois ans ont été comparés avec les zones marines protégées de Méditerranée de Cap-Couronne, du Cap roux, du Prado et du Golfe du Beauduc à pas de temps équivalent (soit deux ou trois ans après la création). La comparaison concerne principalement l'évolution des poissons et crustacés mobiles, et des espèces cibles.

La réserve marine de Cap-Couronne, créée en 1995, présente une superficie de 210 ha en protection intégrale et une profondeur variant de 13 à 50m dans une zone de transition entre le faciès sédimentaire et la côte rocheuse (fond rocheux et sédiments meubles). Au bilan des deux ans, entre 1995-98, des récifs artificiels y étaient immergés depuis 18 mois. Afin d'observer l'évolution à plus long terme, le bilan des cinq ans en 2001 a aussi été pris en compte.

Le cantonnement du Cap Roux est une zone de 450 ha où la pêche est interdite. Sa profondeur varie entre 0 et 75m mais les échantillonnages ont été réalisés à 35m maximum. Ses fonds sont composés d'herbiers de posidonie, de zones rocheuses et coralligènes. La comparaison se fait avec le bilan des trois ans (2004-2007).

La réserve du Prado comprend une zone sanctuaire de 110 ha et une zone de pêche règlementée de la même taille (transitoirement en sanctuaire, de la création à 2012). Des récifs artificiels (plus de 30 000 m³) y ont été immergés à 25 à 30 m de profondeur en 2008, en même temps que la création de la zone règlementée. C'est la plus importante opération d'immersion d'Europe. La baie du Prado est caractérisée par une mosaïque de zones rocheuses, d'herbier de posidonie et de fond sableux. Les données comparées sont celles présentant les résultats des pêches expérimentales deux ans après la création de la zone marine protégée et des suivis en plongée.

Au sein du golfe du Beauduc un cantonnement de pêche de 450 ha a été mis en place en 2013, il est caractérisé par sa faible profondeur n'excédant pas 15m. Des récifs artificiels avaient été implantés dans le golfe en 1989 (24 ans auparavant). Le suivi comparé est celui des trois ans suivant la création (2017).

Les méthodes d'échantillonnages utilisées sont des observations en plongée et des pêches expérimentales.

L'abondance augmente au sein de la majorité des zones marines protégées, au sein de la RMCP elle croît de 275% entre 2016 et 2019.

Il y a une modification des espèces prédominantes et une augmentation de la proportion (ou abondance relative) des espèces cibles tels que *Serranus cabrilla*, *Diplodus vulgaris*, *Coris julis* dans la réserve de Cap-Couronne et *Mullus surmuletus*, *Serranus cabrilla*, *Coris julis* et *Diplodus sp.* dans celle du Prado (Jouvenel et Roche, 2010 ; Astruch *et al.* 2010). Ces espèces sont souvent les premières à montrer une réaction à l'effet-réserve. Le serran chevrette est considéré comme indicateur de la pression de pêche (Harmelin *et al.*, 1995). Les espèces majoritaires dépendent principalement des paramètres environnementaux (types de fond, bathymétrie), ainsi la composition des espèces

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

présentes au sein du cantonnement de pêche du Golfe du Beauduc diffère (fond de sédiments meubles).

La biomasse augmente dans la RMCP, elle double hors zone de protection et triple en zone marine protégée dans le Golfe du Beauduc entre l'état zéro et le suivi à trois ans (Le Direach *et al.*, 2018), au Cap-Couronne après la mise en place des récifs artificiels elle est multipliée par 11 après deux ans (Jouvenel *et al.*, 2005). Cela témoigne de la forte attractivité des récifs artificiels, qui semble renforcée par la mise en place d'une zone de protection.

Au stade des 2-3 ans, la richesse spécifique tend à augmenter mais ne présente pas de tendance uniforme. Au sein de la RMCP elle est supérieure en zone marine protégée (excepté sur les récifs artificiels) et a presque doublé sur certaines stations. Elle augmente plus faiblement au Cap-Couronne : 5 espèces en trois ans (de 34 à 39 espèces, Jouvenel et Bachet, 1998) et au Cap roux également avec 6 espèces en trois ans (de 11 à 17 espèces, Seytre et Francour, 2009). Au Prado le nombre de taxons a doublé passant de 28 à 56 taxons (Le Diréach *et al.* 2011).

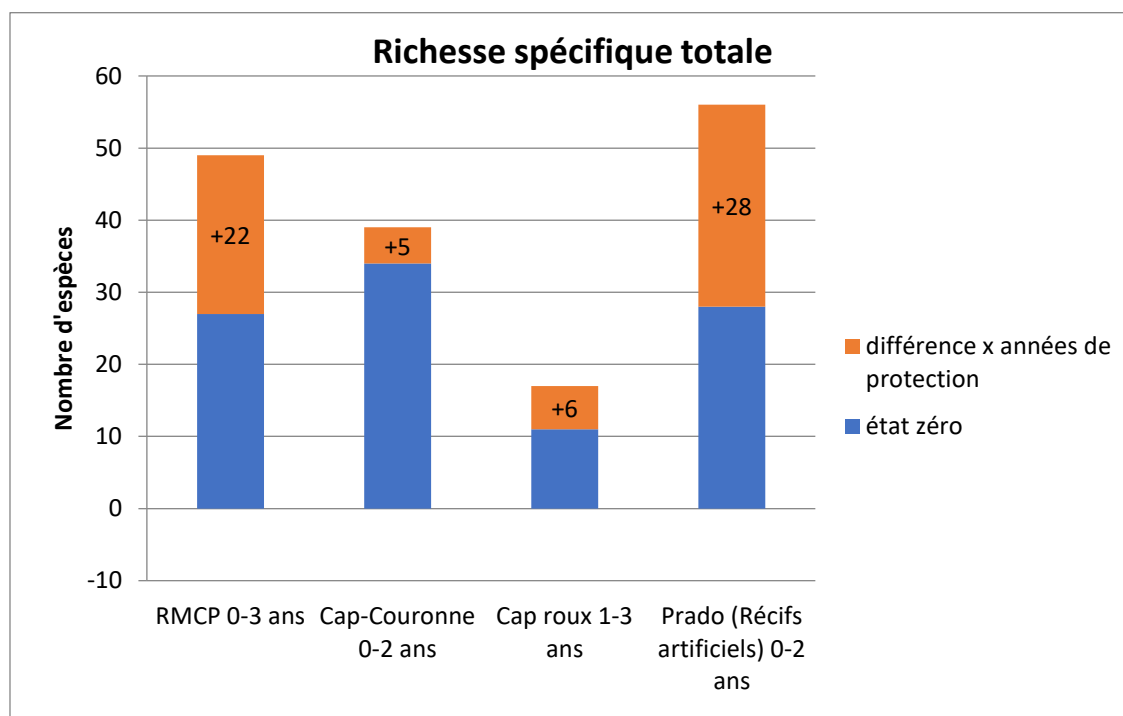


Figure 76. Richesse spécifique totale comparée pour 4 réserves marines du Golfe du Lion.

Au sein de la RMCP le nombre d'espèce présentes par station semble atteindre une valeur seuil de 25 espèces hors zone marine protégée ce qui n'est pas le cas en zone protégée où l'on observe jusqu'à 31 espèces par station (4.1.2.1.2).

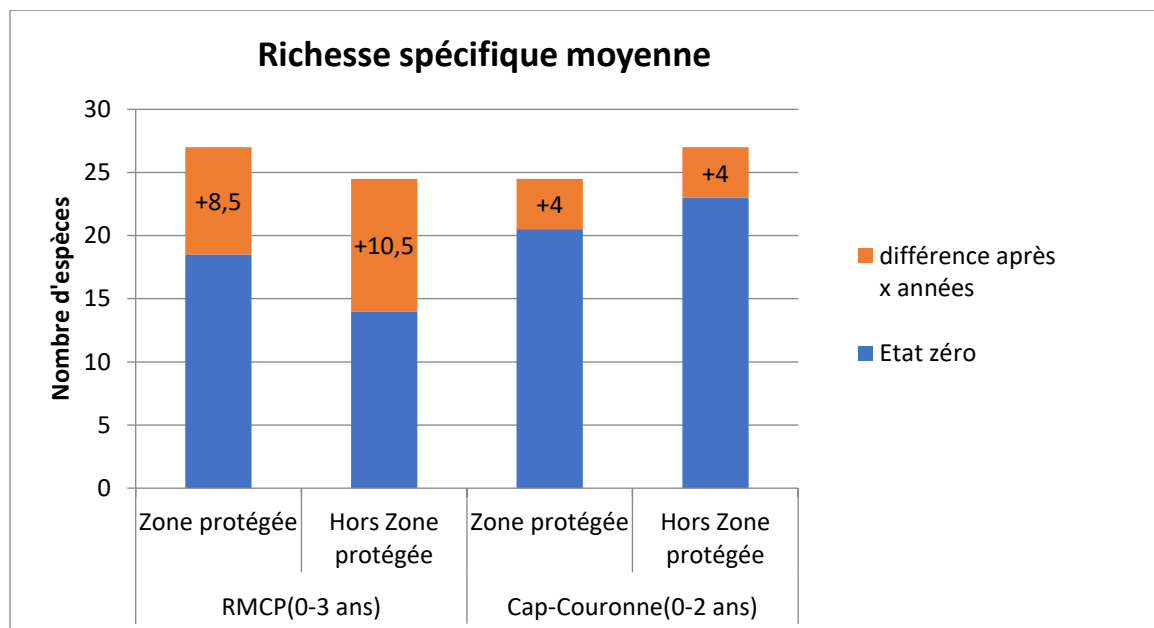


Figure 77. Richesse spécifique moyenne comparée pour 4 réserves marines du Golfe du Lion.

La diversité spécifique (Indice de Shannon) évolue peu, elle a augmenté au sein de la RMCP mais stagne ou diminue dans certains cas (Cap-Couronne, Prado, Golfe du Beauduc). Bien que la diversité des taxons augmente. L'indice est possiblement impacté par l'augmentation de l'abondance d'espèces majoritaires au détriment de la diversité (4.1.2.1.2).

La répartition spatiale des populations est peu impactée par la localisation des sites en/hors zone de protection mais est influencée par les conditions environnementales pour l'ensemble des zones marines protégées comparées. En effet, il y a plus de similarité selon les saisons que selon les sites (stations hors ou en zone marine protégée). On assiste toutefois à une homogénéisation spatiale et une diminution de la variabilité saisonnière au sein des zones marines protégées de Cap-Couronne, de Cap roux et du Golfe du Beauduc. De même au sein de la RMCP les disparités spatiales diminuent dans la zone marine protégée avec un regroupement des stations par niveau de protection (4.1.2.1.2).

Espèces cible

Abondance

Au sein de la RMCP, malgré de fortes disparités spatiales, certaines espèces cibles comme *Coris julis* et *Sparus aurata* sont plus présentes en zones protégées. D'autres espèces, comme *Mullus surmuletus*, *Serranus cabrilla* et *Diplodus sp.*, voient leur abondance augmenter sans marquer de préférence pour la zone protégée. En comparaison, au Cap-Couronne, l'abondance d'espèces cibles (*Dentex*, *Serranus sp.*, *Sarpa salpa* et *Mullus surmuletus*) avait augmenté de 12% en zone de protection et diminué de 9% en dehors entre l'état zéro et le suivi à deux ans (Jouvenel et Bachet, 2001). Dans le golfe de Beauduc, certaines espèces ont vu leur abondance augmenter (*Raja asterias*, *Torpedo marmorata*, *T. Torpedo*, *Trachurus trachurus* et les soles) et d'autres diminuer (*Scomber scombrus* et *Sparus aurata*) mais l'abondance globale a doublé (Le Diréach et al., 2018).

Taille

En parallèle on observe de plus grande proportion d'espèces cibles de grande taille en zone marine protégées au Cap-Couronne (*S. cabrilla* et *Coris julis*), au Cap roux et au Prado (*Mullus surmuletus*). Au sein de la RMCP, la tendance est à la hausse pour tous les sites mais, dû à la faible quantité de données disponibles, il n'y a pas de différences significatives. On peut tout de même noter une augmentation de moyenne des tailles chez le rouget, *Mullus surmuletus* et le serran chevrette, *Serranus cabrilla* sur les récifs artificiels hors zone marine protégée et une augmentation de taille du genre *Diplodus* sur l'ensemble de la zone étudiée. En général, l'augmentation de taille est principalement visible sur les espèces à croissance rapide (*Serranus cabrilla*, +5.3cm en 18 mois à Cap-Couronne, Jouvenel et Bachet, 1998).

Evolution à long terme, exemple de Cap-Couronne

A plus long terme (exemple de Cap-Couronne à cinq ans) on assiste à forte augmentation de l'abondance des espèces cibles en zone de protection renforcée (+73%, Jouvenel *et al.* 2005) qui tend à diminuer au profit d'espèces moins recherchées en dehors. La richesse spécifique en zone de protection renforcée augmente ainsi que la proportion de gros individus (de 24% en 98 à 58% en 2001, Jouvenel *et al.* 2005) ce qui permet une restauration des chaînes trophiques. Après 5 ans il semblerait que la mise place d'une zone marine protégée influence positivement les zones adjacentes (augmentation de l'abondance) (Jouvenel et Bachet, 2001). Au Cap-Couronne la biomasse continue d'augmenter mais évolue moins rapidement que lors des premières années (avec toutefois un accroissement de 180%, Jouvenel et Bachet, 2001).

Le bilan à 3 ans concernant l'évolution de la biodiversité dans la Réserve Marine de la Côte Palavasienne est positif et semble être en accord avec les observations faites dans les autres réserves marines comparables du golfe du Lion sur des pas de temps de mise en protection identiques. Les réserves marines de Méditerranée et de manière plus générale, de l'ensemble du globe, ont montré que les effets sont d'autant plus visibles que la réserve est « vieille ». Le bilan final, à 5 ans, nous permettra de confirmer les tendances d'évolution observées dans le but de poursuivre ce projet de conservation de la biodiversité sur le long terme.

Bibliographie :

Bigot L., Bruggemann H., Cadet C., Chabanet P., Durville P., Mulochau T. (2016) - Point 1 du suivi de « l'effet réserve » sur les communautés ichthyologiques et benthiques récifales de la Réserve Naturelle Marine de la Réunion.

Cadiou G., Boudouresque C.F., Bonhomme P., Le Diréach L., 2008. The management of artisanal fishing within the Marine Protected Area of the Port-Cros National Park (northwest Mediterranean Sea): a success story ? International Council for the Exploration of the Sea, advanced access publication, 41-49.

Charbonnel E., Francour P. et Harmelin J.G. (1997). Finfish population assessment techniques on artificial reef: a review in the European Union. In European Artificial Reefs Research Proceedings of the EARRN conference Ancona, Italy, March 1996, Jensen A.C. ed. Southampton Oceanography Center publ. Southampton : 261-277.

Charbonnel E. 2010 – Compte-rendu de la campagne d'inventaire des populations de mérous et de corbs dans les îles marseillaises. Parc Marin de la Côte Bleue – Groupe d'Etude du Mérou.

Dalias N., Astruch P., Foulquié M., Rouanet E., 2012. Suivi à long terme de l'impact potentiel de la plongée sous-marine sur les peuplements d'invertébrés benthiques au sein de la Réserve naturelle de Cerbère / Banyuls-sur-Mer (2007-2011) – Rapport final. Contrat CG. Pyrénées-Orientales & SEANEO-GIS Posidonie publ. Fr. : 136 pages.

Francour P. 1994. Pluriannual analysis of the reserve effect on ichthyofauna in the Scandola natural reserve (Corsica, Northwestern Mediterranean). Oceanologica Acta 17 : 309-317.

Harmelin-Vivien M.-L. et J.-G. HARMELIN, 1975. Présentation d'une méthode d'évaluation in situ de la faune ichthyologique. Travaux scientifiques du Parc National de Port-Cros ; 1 :47-53.

Harmelin-Vivien, ML ; Harmelin, JG ; 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. Revue d'écologie. 1985. Vol.40.

Harmelin J.-G., Bachet F. et F. Garcia, 1995. Mediterranean marine reserve: fish indices as tests of protection efficiency. Marine Ecology, 16 (3):233-284.

Gell & Roberts, 2002. The fishery effects of marine reserves and fishery closures. Endangered Seas Campaign. World Wildlife fund Report, Washington, DC, USA, 2002.

JOUVENEL J.-Y., 1997. Ichthyofaune de la côte rocheuse des Albères (Méditerranée N.-O., France). Thèse de Doctorat d'Océanologie Biologique de l'E.P.H.E., label Européen, 280pp.

Jouvenel J. J.-Y., Bachet F., Charbonnel E. E., Daniel B., 2005 - Suivi des peuplements de poissons de la réserve marine du Cap Couronne. Bilan 1995-2004. P2A Développement / Parc Marin de la Côte Bleue., Fr. : 1-98.

Lester, S.E., Halpern, B.S., Grorud-Colvert, K., Lubchenco, J., Ruttenberg, B.I., Gaines, S.D., Aïramé, S., Warner, R.R. 2009. Biological effects within no-take marine reserves: a global synthesis. Marine Ecology Progress Series, vol.384, pp.33-46.

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

Louisy P., Lenfant P., Francour P., 2012. 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. Rapport d’étude Laboratoire « Ecosystèmes Marins côtiers et Réponses aux Stress » / Laboratoire « Centre de Formation et de Recherche sur les Ecosystèmes Méditerranéens » / Association Peau-Bleue.

Pérez-Ruzafa A., 2006. Effects of fishing protection on the genetic structure of fish populations. Biological Conservation. Volume 129, Issue 2, April 2006, Pages 244-255.

Roberts & Hawkins, 2000. Fully-protected marine reserves : a guide. WWF Endangered Seas Campaign, 1250 24th Street, NW, Washington, DC 20037, USA and Environment Department, University of York, York, YO10 5DD, UK.

Shears & Babcock, 2003. Continuing trophic cascade effects after 25 years of no-take marine reserve protection. Marine Ecology Progress Series. Vol 246.

Tsallis, C. Possible generalization of Boltzmann-Gibbs statistics. J Stat Phys 52, 479_487 (1988).

Worm, B., et al. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. Science 314:787–790.

Réserve de Cap-Couronne

Jouvenel J.-Y. et F. Bachet, 1995. Aménagement de la bande côtière de la Côte Bleue – Programme de suivi des peuplements ichtyologiques de la réserve de Carro. Premier rapport point zéro. Rapport du P.R.M.C.B. et de la DIREN PACA, 40 pp.

Jouvenel J.-Y. et F. Bachet, 1998. Aménagement de la bande côtière de la Côte Bleue – Programme de suivi des peuplements ichtyologiques de la réserve de Carro. Bilan à deux ans. Rapport du P.R.M.C.B., de l’Agence de l’Eau Rhône Méditerranée Corse et de la DIREN PACA, 53 pp.

Jouvenel J.-Y. et F. Bachet, 2001- Programme de suivi des peuplements ichtyologiques de la réserve marine Richard Fouque du Cap-Couronne – Rapport final bilan 1995 à 2001. AquaFish Technology / Parc Marin de la Côte Bleue.

Cantonement de Cap Roux

Francour P., Seytre C. 2006. Le cantonnement de pêche du Cap Roux : Problématique, méthodologie et premiers résultats. Rapport intermédiaire (octobre 2006). Contrat Mairie de Saint-Raphaël et Université de Nice-Sophia Antipolis. LEML publ., Nice: 1-24.

Seytre, C., and Francour, P. 2009. The Cap Roux MPA (Saint-Raphaël, French Mediterranean): changes in fish assemblages within four years of protection. – ICES Journal of Marine Science, 66.

Prado

Suivis de pêche :

Jouvenel J.-Y., Faure, V. 2005 - Etat zéro de la « pêche artisanale aux petits métiers » dans la baie du Prado (rade sud de Marseille) - Rapport final. Contrat P2A Développement - Ville de Marseille, Direction

Suivi scientifique de la RMCP – Rapport intermédiaire 2020

Réserve Marine de la Côte Palavasienne

de la Qualité de Vie Partagée, Division Mer et Littoral, octobre 2005 : 92pp.

Jouvenel J.-Y., Roche, E. 2011 – Programme de suivis des récifs du Prado (Rade sud de Marseille) : réalisation d'un suivi de la pêche artisanale aux petits métiers - Rapport final. Contrat P2A Développement - Ville de Marseille, Direction de l'Environnement et de l'Espace Urbain, avril 2011 : 91 pp.

Suivis en plongée :

Astruch P., Le Diréach L., Antonioli A., Bonhomme D., Bonhomme P., 2010. Opération Récifs Prado : suivi scientifique, biologique et technique dans la zone d'immersion (suivi obligatoire). Rapport annuel 2009. GIS Posidonie – Ville de Marseille, Fr. 1-98

Le Diréach L., Antonioli P.A., Astruch P., Bonhomme P., Bonhomme D., 2011. Opération Récifs Prado : suivi scientifique, biologique et technique dans la zone d'immersion (suivi obligatoire). Rapport annuel 2010. Résultats. GIS Posidonie – Ville de Marseille, Fr. 1-218.

Réserve naturelle marine du Golfe du Beauduc :

Le Direach L., Bonhomme J., Astruch P., Chassaing L., Goujard A., Bonhomme P., Losson C., 2015. Création d'une réserve marine dans le golfe de Beauduc. Etat initial. Années 2014-2015. Partenariat Parc naturel régional de Camargue & GIS Posidonie publ., Fr. : 1-79.

Le Direach L., Charpentier M., Marobin D., 2018. Suivi du peuplement de poissons de la réserve marine du golfe de Beauduc 3 ans après l'état initial. Rapport de synthèse. Années 2017-2018. Partenariat Parc naturel régional de Camargue & GIS Posidonie publ., Fr. : 1-84.

Ouvrages généraux :

Harmelin J.-G., Bachet F., Garcia F., 1995. Mediterranean marine reserve: fish indices as tests of protection efficiency. Marine Ecology, 16 (3): 233-28: 4.