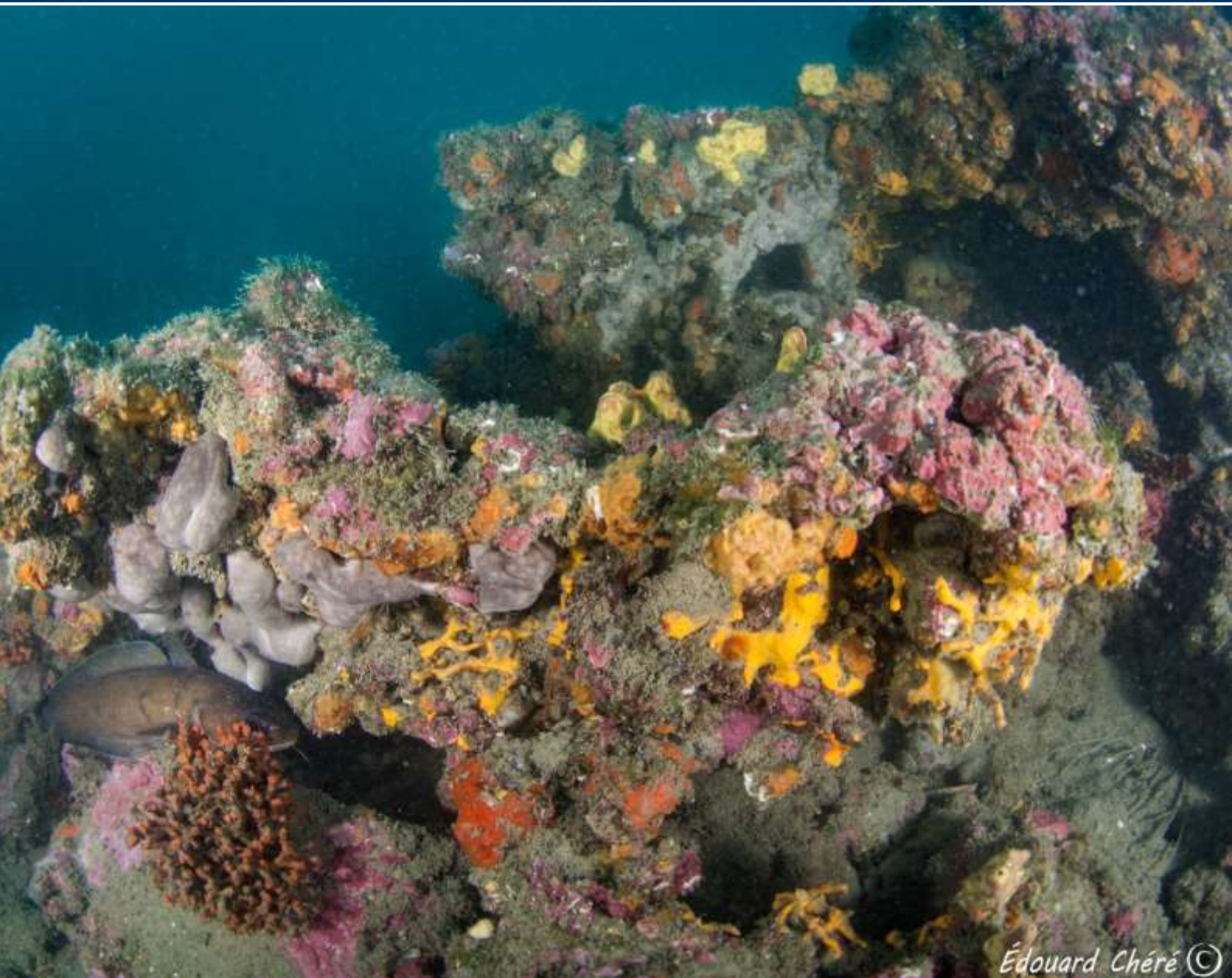


Evaluation du cantonnement de pêche du Roc de Brescou (Agde)



Édouard Chéré ©

Rapport final – octobre 2025



Évaluation du cantonnement de pêche du Roc de Brescou
Rapport final
Octobre 2025

<p>Ville d'Agde Direction du Milieu Marin Rue Alsace Lorraine 34300 Agde</p> <p><u>Responsable de l'étude:</u> Sylvain Blouet sylvain.blouet@ville-agde.fr</p>	 <p>The logo for Agde Archipel de vie features the word 'agde' in a stylized blue font with a wave-like underline. Below it, 'Archipel de vie' is written in a smaller font. Further down, 'Aire Marine Protégée' is written above a graphic of a boat on the water. At the bottom, 'Côte agathoise' is written.</p>
--	--

Ce projet de cantonnement de pêche du roc de Brescou ainsi que les suivis scientifiques relatifs à ce cantonnement ont été possibles grâce au co-financement du programme européen LIFE MARHA (MARine HABitats)



Crédits photographiques :

Sylvain Blouet, Renaud Dupuy de la Grandrive, Edouard Chéré

Avertissement : Les documents rendus par la Ville d'Agde dans le cadre de cette étude engagent sa responsabilité et sa crédibilité scientifique. Ils ne peuvent, pour cette raison, être modifiés sans son accord.

Ce document doit être cité sous la forme suivante :

Blouet S., Chéré E., Trougan M., Keller F. Dupuy de la Grandrive R. 2025. Évaluation du cantonnement de pêche du Roc de Brescou. Rapport final, octobre 2025. Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR-9101414. Ville d'Agde publ. Fr. : 179 PP

Table des matières

1	Le cantonnement de pêche du Roc de Brescou.....	1
2	Indicateurs d'évaluation et synthèse des résultats	2
	2.1 Indicateurs suivis	2
	2.2 Synthèse des résultats des indicateurs	2
3	Critères sociaux.....	1
	3.1 Acceptabilité du projet	1
	3.1.1 Connaissance et acceptabilité des pêcheurs de loisir	1
	3.1.2 Acceptabilité du cantonnement et volonté de renouvellement du cantonement par les représentants d'usagers	6
	Critères écologiques.....	11
	3.2 Evaluation du recouvrement de l'habitat coralligène	12
	3.2.1 Matériel et méthodes	12
	3.2.2 Résultats.....	14
	3.2.3 Bilan.....	18
	3.3 Evaluation de la ressource halieutique	19
	3.3.1 Suivi par pêches expérimentales	19
	3.3.2 Suivi par comptage visuel.....	57
	3.4 Evaluation de la biodiversité	92
	3.4.1 Suivi de l'état de conservation du coralligène	92
	3.4.2 Suivi acoustique.....	129
4	Critères économiques.....	134
	4.1 Evaluation des captures pour les pêcheurs professionnels entre 2007 et 2024	134
	4.1.1 Objectifs	134
	4.1.2 Matériel et méthodes	134
	4.2 Résultats.....	138
	4.2.1 Effort d'échantillonnage	138
	4.2.2 Répartition spatiale de l'effort de pêche	139
	4.2.3 Perception des pêcheurs.....	143
	4.2.4 Discussions	144
	4.3 Suivi de la fréquentation.....	146
	4.3.1 Introduction.....	146
	4.3.2 Méthodologie	146
	4.3.3 Résultats.....	147
	4.3.4 Conclusions	153
5	Critères de gestion	155
	5.1 Moyens	155
	5.2 Communication.....	157
	5.3 Budget dédié	160
	5.4 Surveillance.....	160
	5.4.1 Résultats.....	161

5.4.2	Conclusion	163
6	Bibliographie	164
7	Annexe.....	170
7.1	Annexe 1 : Taxons pris en charges pour l'INDEX-COR	170
7.2	Annexe 2 : Analyse statistiques	174
7.2.1	Bryozoaires dressés :	174
7.2.2	Blanchiment	176
7.2.3	Peyssonnelia.....	176
7.2.4	Ascidie	177
7.2.5	Spongiaires.....	178

- **Liste des figures :**

Figure 1 : Cantonnement de pêche du Roc de Brescou au sein du site N2000 « Posidonies du Cap d'Agde ».....	1
Figure 2 : Sources de connaissance du cantonnement	4
Figure 3 : Entretiens individuels avec un pêcheur petits métiers à gauche, et à droite, un gérant de centre de plongée.....	6
Figure 4 : Illustration d'un Groupe de travail « pêche et chasse de loisir » mené à la Maison de la mer.....	7
Figure 5 : En haut, cartographie juxtaposant l'ensemble des propositions de cantonnement. En bas, cartographie déclinant l'intensité de réponse des dessins de cantonnement par maillage de 200x200 m.....	9
Figure 6 : Principe méthodologique des prises de vue photogrammétriques sur les sites de coralligène	12
Figure 7 : Prise de photos pour la modélisation sur un des sites de coralligène.....	13
Figure 8 : Matériel de repérage pour la photogrammétrie (à gauche). Équipement photographique pour la photogrammétrie (à droite).....	13
Figure 9 : Profil du transect principal sur le site des Trois Pics	15
Figure 10 : Orthomosaïque du transect principal sur le site des Trois Pics	16
Figure 11 : DEM + courbes de niveau du transect principal sur le site des Trois Pics	16
Figure 12 : Modèle 3D (MESH) du transect principal sur le site des Trois Pics	17
Figure 13 : Schéma d'un filet maillant.....	20
Figure 14 : Schéma d'un filet trémail.....	20
Figure 15 : localisation des stations en fonction du type de filet des habitats.....	21
Figure 16 : Protocole de prise de mesure pour : (a) les poissons, (b), les crustacés et (c) les céphalopodes (source : Ifremer, 2012)	23
Figure 17 : Inventaire des espèces pêchées par année, saison et secteur (HR / ZPR). Les espèces ont été classées par abondance (toutes années incluses). La mostelle de roche est ainsi la plus abondante et les espèces du corb à l'étoile de mer sont les moins abondantes.	26
Figure 18 : Boxplots de la richesse spécifique par filet en fonction de la saison, l'année et du secteur (HR / ZPR)	27
Figure 19 : Compositions des pêches expérimentales (familles) en fonction des années, saisons et secteurs.....	28
Figure 20 : Boxplots des CPUE (en biomasse) par filet en fonction des années, saisons et secteurs	31
Figure 21 : Analyses des CPUE (en biomasse) - test de Kruskal-Wallis.....	32
Figure 22 : Boxplots des CPUE (en nombre d'individus) par filet en fonction des années, saisons et secteurs.....	32
Figure 23 : Analyses des CPUE (en nombre d'individus) - test de Kruskal-Wallis.....	33
Figure 24 : Boxplots des CPUE (biomasse) par filet sur le coralligène	34
Figure 25 : Analyses des CPUE (en biomasse) sur le coralligène - test de Kruskal-Wallis	34
Figure 26 : Boxplots des CPUE (en nombre d'individus) par filet sur le coralligène.....	35
Figure 27: Analyses des CPUE (en nombre d'individus) sur le coralligène - test de Kruskal-Wallis	35
Figure 28 : Boxplots des RSPUE par filet sur le coralligène	36
Figure 29 : Analyses des RSPUE sur le coralligène - test de Kruskal-Wallis.....	37
Figure 30 : Boxplots des CPUE (en biomasse) par filet sur les récifs artificiels	38
Figure 31 : Boxplots des CPUE (en nombre d'individus) sur les récifs artificiels.....	39
Figure 32 : Analyses statistiques sur les CPUE (en nombre d'individus) sur les récifs artificiels - test de Kruskal-Wallis)	39
Figure 33 : Boxplots des RSPUE par filet sur les récifs artificiels.....	40
Figure 34 : Analyses statistiques des RSPUE par filet sur les récifs artificiels - test de Kruskal-Wallis	41
Figure 35 : Boxplots des CPUE (en biomasse) par filet sur la roche	42
Figure 36 : Analyses statistiques des CPUE (en biomasse) par filet sur la roche – test de Kruskal-Wallis	42
Figure 37 : Boxplots des CPUE (en nombre d'individus) sur la roche.....	43

Figure 38 : Analyses statistiques sur les CPUE (en nombre d'individus) sur la roche - test de Kruskal-Wallis	43
Figure 39 : Boxplots des RSPUE pour l'habitat rocheux.....	44
Figure 40 : Analyses statistiques des RSPUE par filet sur la roche - Test de Kruskal-Wallis.....	44
Figure 41 : Analyses statistiques de l'abondance des langoustes (CPUE langoustes/filet) en fonction du secteur et de l'année – test de Kruskal-Wallis	46
Figure 42 : Histogramme des classes de tailles de langouste rouge en saisons froides en fonction des années et secteurs.....	48
Figure 43 : Boxplots des biomasses (à gauche) et des tailles de céphalothorax (à droite) pour la langouste rouge en fonction des années et secteurs.	48
Figure 44 : Analyses statistiques de la taille et de la biomasse des langoustes en saisons froides en fonction du secteur et de l'année– Test de Kruskal-Wallis	49
Figure 45 : Analyses statistiques des abondances par filet de la mostelle de roche - test de Kruskal-Wallis	50
Figure 46 : Histogramme des classes de tailles de la mostelle de roche en saisons froides en fonction des années et secteurs.....	51
Figure 47 : Boxplots des tailles et des biomasses pour la mostelle de roche en saisons froides	51
Figure 48 : Analyses statistiques de la taille et de la biomasse des de roche en saisons froides en fonction du secteur et de l'année– Test de Kruskal-Wallis	52
Figure 49 : Analyses statistiques des abondances relatives de rascasses brunes par filet - Test de Kruskal-Wallis	53
Figure 50 : Boxplots des tailles et des biomasses pour la rascasse brune en saisons froides	54
Figure 51 : Analyses statistiques de la taille et de la biomasse des rascasses brunes en saisons froides en fonction du secteur et de l'année– Test de Kruskal-Wallis.....	54
Figure 52 : histogramme des classes de tailles de la rascasse brune en saison froide en fonction du secteur et de l'année.....	55
Figure 53 : Etude quantitative lors d'un transect de 50m (à gauche ; Source Mathieu Foulquié). Schématisation d'un transect de 50 m de long par 4 m de large (à droite).	57
Figure 54 : Sites de suivi pour les campagnes de comptage ichtyofaune en plongée sous-marine.....	58
Figure 55 : Représentation schématique des phases de comptage en fonction du type d'espèces.....	59
Figure 56 : Organisation spatiale de l'ichtyofaune sur les fonds rocheux infralittoraux méditerranéens (Harmelin, 1987)	61
Figure 57 : Richesse spécifique totale au cours des 4 campagnes dans les deux zones et pour tous les habitats.....	63
Figure 58 : Richesse spécifique totale moyenne des 4 campagnes (bleu 2019, rouge 2020, vert 2021, violet 2022) dans le cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR) tout habitat confondu.....	63
Figure 59 : Représentation des espèces inventoriées par zone tout habitat confondu (coralligène, récifs artificiel et roche) entre 2019 et 2023.....	64
Figure 60 : Représentation des espèces inventoriées par zone (A : HR et B : ZPR) par année tous habitats confondus.....	65
Figure 61 : Richesse spécifique totale moyenne des deux zones par 4 campagnes et par habitat	65
Figure 62 : Richesse spécifique totale au cours des 6 campagnes de suivi dans les deux zones pour l'habitat coralligène.....	66
Figure 63 : Représentation des espèces inventoriées par secteur.....	67
Figure 64 : Représentation des espèces inventoriées par secteur (A : HR et B : ZPR) par année tous habitats confondus.....	68
Figure 65 : Evolution de la richesse spécifique par année et par secteur (ZPR et HR)	68
Figure 66 : Abondance totale (log (X+1)) toutes campagnes (2019 à 2023), zones et habitats confondus	69
Figure 67 : Représentativité (%) de l'abondance totale par catégorie spatiale entre 2019 et 2023, tous habitats confondus.....	70
Figure 68 : Représentativité de l'abondance totale pour les catégories spatiales 4-5-6 dans le cantonnement entre 2019 et 2023, tous habitats confondus	70

Figure 69 : Représentativité de l'abondance totale par famille hors cantonnement (gauche) et dans le cantonnement (droite), tous habitats confondus entre 2019 et 2023	71
Figure 70 : Abondance totale (log10) par famille dans le cantonnement (A) et hors cantonnement (B) au cours de 4 campagnes (2019 à 2023) tous habitats confondus.....	72
Figure 71 : Abondances totales des espèces (log (X+1)) toutes années (2019 à 2025) et secteurs confondus, sur l'habitat coralligène	72
Figure 72 : Représentativité (%) de l'abondance totale par catégorie spatiale	73
Figure 73 : Boxplots des abondances log transformées par site en fonction des secteurs et des années.....	74
Figure 74 : Evolution annuelle de l'abondance totale des espèces (ayant comptabilisé au total plus de 100 individus lors des campagnes) au sein du coralligène de la ZPR	75
Figure 75 : Représentativité de l'abondance totale par famille (si plus de 100 individus décomptés sur l'ensemble des campagnes) hors cantonnement (droite) et dans le cantonnement (gauche).....	75
Figure 76 : Densité totale moyenne dans la réserve et hors réserve au cours des 3 premières campagnes (2019 à 2022) (tout habitat confondu)	76
Figure 77 : Densité totale moyenne dans la réserve et hors réserve au cours de 3 premières campagnes (2019 à 2022) sur l'habitat coralligène.....	76
Figure 78 : Densité totale moyenne dans et hors cantonnement au cours de 3 premières campagnes (2019 à 2022) sur l'habitat récif artificiel	77
Figure 79 : Densité moyenne par site dans le cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR) au cours de 6 campagnes sur l'habitat coralligène	78
Figure 80 : Densité moyenne par site pour les espèces nectobenthiques dans le cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR) au cours de 6 campagnes sur l'habitat coralligène.....	79
Figure 81 : Densités totales moyennes dans et hors cantonnement au cours de 4 campagnes (2019 à 2023, tous habitats confondus) pour le congre, le homard, la langouste, la mostelle de roche, la petite rascasse rouge et le rouget de roche	80
Figure 82 : Densité totale moyenne dans la réserve et hors réserve au cours de 4 campagnes (2019 à 2023) pour la langouste rouge sur l'habitat coralligène et les récifs artificiels	80
Figure 83 : Densité totale moyenne dans et hors cantonnement par classe de taille (Grand =400-500g, Moyen=200-400g, Petit=50-200g) au cours des 4 campagnes (2019 à 2023) pour la langouste rouge sur l'habitat coralligène et les récifs artificiels.....	81
Figure 84 : Densités totales moyennes dans et hors cantonnement au cours des 4 campagnes (2019 à 2023) pour la mostelle de roche sur l'habitat coralligène et les récifs artificiels	81
Figure 85 : Densités totales moyennes dans et hors cantonnement par classe de taille (cm) en 2023 pour la mostelle de roche sur l'habitat coralligène et les récifs artificiels	82
Figure 86 : Densité totale moyenne dans et hors cantonnement au cours de 4 campagnes (2019 à 2023) pour la petite rascasse rouge sur l'habitat coralligène et les récifs artificiels	82
Figure 87 : Densité totale moyenne dans et hors cantonnement par classe de taille (cm) en 2023 pour la petite rascasse rouge sur l'habitat coralligène et les récifs artificiels	82
Figure 88 : Densité totale moyenne dans et hors cantonnement au cours de 4 campagnes (2019 à 2023) pour le congre sur l'habitat coralligène et les récifs artificiels	83
Figure 89 : Densité totale moyenne dans et hors cantonnement par classe de taille (cm) au cours de 4 campagnes (2019 à 2023) pour le congre sur l'habitat coralligène et les récifs artificiels.....	83
Figure 90 : Densité totale moyenne dans et hors cantonnement au cours de 4 campagnes (2019 à 2023) pour le serran chevrette sur l'habitat rocheux.....	83
Figure 91 : Densités moyennes dans le cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR) au cours des 6 campagnes (2019 à 2025) pour la langouste rouge sur l'habitat coralligène	85
Figure 92 : Densités totales dans le cantonnement et hors cantonnement par classes de taille (Très Grand =>500g, Grand =400-500g, Moyen=200-400g, Petit=50-200g) au cours des 6 campagnes (2019 à 2025) pour la langouste rouge sur l'habitat coralligène	85
Figure 93 : Densités moyennes dans le cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR) au cours des 6 campagnes pour la petite rascasse rouge sur l'habitat coralligène	86
Figure 94 : Densités totales dans le cantonnement et hors cantonnement par classes de taille au cours des 6 campagnes pour la petite rascasse rouge sur l'habitat coralligène	87

Figure 95: Histogramme empilé des densités en classes de taille pour la petite rascasse rouge durant les 6 années de campagnes et en fonction des secteurs (ZPR/ HR) sur l'habitat coralligène	87
Figure 96 : Densités moyennes dans le cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR) au cours des 6 campagnes pour la mostelle de roche sur l'habitat coralligène	88
Figure 97 : Densités totales dans le cantonnement et hors cantonnement par classes de taille au cours des 6 campagnes pour la mostelle de roche sur l'habitat coralligène	89
Figure 98 : Densités moyennes dans le cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR) au cours des 6 campagnes pour le congre sur l'habitat coralligène	90
Figure 99 : Densités totales dans le cantonnement et hors cantonnement par classes de taille au cours des 6 campagnes pour le congre sur l'habitat coralligène.....	90
Figure 100 : Biocénoses de l'Aire marine protégée de la côte agathoise, site Natura 2000 « posidonies du Cap d'Agde FR9101414	93
Figure 101 : Localisation des sites d'étude au sein de l'AMPCA (roc sous-marin en marron et Cantonnement marine en rouge)	95
Figure 102 : Quadrat photographique	98
Figure 103 : Cartographies des sites d'étude pour les transects permanents	99
Figure 104 : Schéma du positionnement des quadrats le long des transects.....	99
Figure 105 : Analyse surfacique sous le logiciel CPCE	100
Figure 106: Echantillonnage dans un quadrat aléatoire	101
Figure 107: Mesure des colonies de bryozoaires (gauche : <i>Pentapora fascialis</i> ; droite : <i>Myriopora truncata</i>)	101
Figure 108: Calcul du volume théorique d'une colonie de bryozoaires : Volume d'une demi ellipsoïde avec b pour la hauteur et a,c pour la largeur de la colonie.	101
Figure 109: Degrés d'exposition des espèces étudiées (modifié selon Francour & koukouras, 2000).	102
Figure 110: Modèle conceptuel de fonctionnement de l'écosystème coralligène. MOP : matière organique particulaire, MOD : matière organique dissoute. En vert : la production primaire, en marron : la production secondaire. Les compartiments numérotés de 1 à 10 sont ceux qui ont été sélectionnés pour faire l'objet d'une évaluation pour le calcul de l'EBQI. Le cadre rouge délimite l'écosystème.	104
Figure 111 : Évolution de la densité moyenne en bryozoaires dressés entre 2010 et 2023 sur les sites des Trois Pics, du Casier Sud (HR) et du Témoin 2 (ZPR) pour les quadrats permanents..	107
Figure 112 : Comparaison de la densité moyenne en bryozoaires dressés dans les quadrats permanents entre les différents sites de 2023 dans et hors cantonnement	107
Figure 113 : Évolution de la densité moyenne en bryozoaires dressés entre 2013 et 2023 les sites des Trois Pics, du Casier Sud (HR) et du Témoin 2 (ZPR) pour les quadrats aléatoires	108
Figure 114 : Comparaison de la densité moyenne en bryozoaires dressés dans les quadrats aléatoires entre les différents sites de 2023 dans et hors cantonnement	109
Figure 115 : Évolution de la surface moyenne des colonies de <i>Myriapora truncata</i> dans et hors cantonnement au sein des transects permanents.....	109
Figure 116 : Comparaison de la surface moyenne des colonies de <i>M. truncata</i> dans et hors cantonnement au sein des transects permanents en 2023	110
Figure 117 : Évolution du volume moyen des colonies de <i>Myriapora truncata</i> dans et hors cantonnement au sein des quadrats aléatoires.....	110
Figure 118: Comparaison de la surface moyenne des colonies de <i>M. truncata</i> dans et hors cantonnement au sein des transects aléatoires en 2023	111
Figure 119 : Évolution de la répartition des classes de taille des colonies de <i>M. truncata</i> au sein d'un site dans le cantonnement (Témoin 2, en haut) et 1 site hors cantonnement (Trois Pics, en bas) pour les quadrats aléatoires (Volume en cm ³ en abscisse)	112
Figure 120 : Évolution de la fréquence par classe de taille pour <i>M. truncata</i> en 2023, au sein des 3 sites dans le cantonnement (Témoin 2, A7 & A9) et des 3 sites hors cantonnement (Merveilleuses, Casier Sud & Trois Pics), à partir des données des quadrats aléatoires (Volume en cm ³).....	113
Figure 121 : Exposition des colonies de bryozoaires dressés dans et hors cantonnement en 2023. Exposition : 1 Epibionte, 2 Surface convexe, 3 Surface concave, 4 Cavité, 5 Surplomb, 6 Paroi verticale.....	113

Figure 122 : Proportion de points aléatoires au sein des transects permanents en 2023 correspondant à des algues calcaires, du recouvrement ou du blanchiment.	114
Figure 123 : Proportion de points aléatoires sur les algues calcaires non recouvertes, au sein des transect permanents.	114
Figure 124 : Évolution des surfaces de blanchiment de 2013 à 2023 par quadrats, sur les transects permanents des sites Témoin 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR)	115
Figure 125 : Répartition de la taille des zones de blanchiment en fonction de la fréquence d'observation de 2013 à 2023 sur le site Témoin 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR)	116
Figure 126 : Surface moyenne de recouvrement par quadrat par le blanchiment d'algues calcaires pour les 6 sites d'étude depuis 2013, au sein des transects permanents.....	117
Figure 127 : Évolution des surfaces de <i>Peyssonnelia sp.</i> entre 2013 et 2023 par quadrats, sur les transects permanents des sites Témoin 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR)	117
Figure 128 : Évolution de la densité en <i>Peyssonnelia</i> par quadrats entre 2013 et 2023, sur les transects permanents des sites Témoin 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR)	118
Figure 129: Surface moyenne de recouvrement et densité des <i>Peyssonnelia sp.</i> par quadrat en 2023, au sein des transects permanents.....	118
Figure 130 : Évolution de la densité en ascidies par quadrat entre 2013 et 2023, sur les transects permanents des sites Témoins 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR).....	119
Figure 131 : Évolution de la densité <i>H. papillosa</i> par quadrats entre 2013 et 2023, sur les transects permanents des sites Témoins 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR).....	120
Figure 132 : Comparaison de la densité de <i>H. papillosa</i> en 2023, au sein des quadrats aléatoires	120
Figure 133 : Comparaison de l'exposition des ascidie <i>Halocynthia papillosa</i> entres les sites d'étude par quadrats aléatoires en 2023.....	121
Figure 134 : Densité moyenne par m ² en ascidie <i>Halocynthia papillosa</i> en 2023 sur les sites d'études dans la ZPF et hors ZPF, au sein des transects permanents.....	121
Figure 135 : Évolution de la densité par quadrats en clones de 2010 à 2023, sur les transects permanents des sites Témoin 2 (ZPR) et Trois Pics (HR)	122
Figure 136 : Évolution des surfaces en clones entre 2010 et 2023 par quadrats, sur les transects permanents des sites Témoin 2 (ZPR) et Trois Pics (HR)	122
Figure 137 : Répartition de la taille des clones en fonction de la fréquence d'observation de 2010 à 2023 sur le site Témoin 2 (ZPF)	123
Figure 138 : Répartition de la taille des clones en fonction de la fréquence d'observation de 2010 à 2023 sur le des Trois Pics (HZPF)	123
Figure 139 : Densité moyenne par m ² en ascidie <i>Halocynthia papillosa</i> en 2023 sur les sites d'études dans la ZPF et hors ZPF, au sein des transects permanents.....	124
Figure 140 : Nombre d'oursins granuleux <i>Sphaerechinus granularis</i> observés lors du suivi par quadrats aléatoire de 2013 à 2023.....	124
Figure 141 : Localisation des capteurs acoustiques. "Calme ZPR" étant le capteur situé à l'intérieur du cantonnement et "Calme HR" étant le capteur situé à l'extérieur du cantonnement	129
Figure 142 : Photo du déploiement et fixation de l'enregistreur autonome.	130
Figure 144 : Mesure d'un individu, avec une règle de 30 cm.....	135
Figure 145 : Relations régissant les interactions entre les différentes tables de la base de données Access utilisée lors du suivi.	136
Figure 145 : Répartition de l'effort de pêche (en h.m ²) en (A) 2007 ; B) 2010 ; C) 2019 ; D) 2024)	140
Figure 146 : Boxplots de tous les métiers confondus pour les métriques : A) CPUE, B) RSPUE, C) Effort, D) Biomasse pêchée.....	142
Figure 147 : Boxplots des CPUE pour les : A) langoustes rouges ; B) homards européens ; C) mostelles de roche ; D) rascasses brunes ; E) petites rascasses rouges ; F) chapons.....	143
Figure 148 : Zonage de l'AMP pour le comptage terrain du suivi de la fréquentation estivale	147
Figure 149 : Proportions moyennes d'occupation par secteurs de l'AMP pour les embarcations de pêche de loisir en période estivale entre 2018 et 2025 lors du pic d'activité matinal.....	150
Figure 150 : Cartographie de la fréquentation journalière moyenne estivale des embarcations de pêche de loisir en août des 2018, 2019, 2021, 2024 et 2025.....	152

Figure 151 : Evolution entre 2018 et 2021 du pourcentage moyen journalier d'embarcations de plongée sous-marine au pic matinal estival.....	153
Figure 152 : Bateau de 9m en aluminium.....	156
Figure 153 : Capture d'écran du logiciel de suivi des données radar et AIS	156
Figure 154 : Visuels de l'application AMP-Agde	159
Figure 155 : Répartition entre le nombre de sorties terrain total et les sorties dédiées spécifiquement à la surveillance. En 2025, les données correspondent à la période du 01/01 au 21/08.	161
Figure 156 : Répartition de l'effort de surveillance par mois entre 2020 et 2025 (en 2025, les données s'arrêtent au 21/08)	162
Figure 157: Nombre de jours de surveillance et d'infractions relevés par surveillance dans le cantonnement de pêche du roc de Brescou	162
Figure 158 : Typologie des infractions relevées sur le cantonnement de pêche du roc de Brescou	163

- **Liste des tableaux :**

Tableau 1 : Indicateurs pour l'évaluation du cantonnement	2
Tableau 2 : Résultats synthétiques des indicateurs	1
Tableau 3 : Proportion de pêcheurs ayant connaissance de la présence d'un cantonnement de pêche au sein de l'AMP entre 2020 et 2022.....	3
Tableau 4 : Connaissance de la réglementation du cantonnement marine entre 2020 et 2022	3
Tableau 5 : Perception que la réglementation du cantonnement est adaptée entre 2021 et 2022.....	4
Tableau 6 : Perception du respect de la réglementation du cantonnement en 2021 et 2022..	5
Tableau 7 : Satisfaction de la mise en place du cantonnement	5
Tableau 8 : Statistique de l'effort d'échantillonnage pour les 10 sites étudiés	14
Tableau 9 : Rugosité linéaire au sein des sites de coralligène.....	18
Tableau 10 : Coordonnées GPS (en WGS84, degrés décimaux) des calées de filet sur les différentes stations, en fonction de l'habitat, du secteur et du type de filet. Deux points sont présents par station qui correspondent au début et à la fin du filet.....	21
Tableau 11 : stratégie d'échantillonnage des pêches expérimentales par campagne.....	22
Tableau 12 : Plan d'échantillonnage des pêches expérimentales réalisé en 2019 et 2022	24
Tableau 13 : Richesse spécifique capturée en fonction des années, saisons et secteurs (HR / ZPR)	27
Tableau 14 : Test de Kruskal-Wallis et Dunn sur la richesse spécifique par filet.....	28
Tableau 15 : Nombre d'individus pour les 11 espèces les plus abondantes en fonction de l'année (2019 / 2022) et en saison froide. Les espèces sont classées par abondance totale dans la saison (la 1 ^{ère} ligne du tableau correspondant à l'espèce la plus pêchée)	29
Tableau 16 : Nombre d'individus pêchés par espèce en fonction des années, saisons et secteurs. Les espèces sont classées par abondance (la 1 ^{ère} ligne correspondant à l'espèce la plus pêchée et la dernière ligne à l'espèce la moins pêchée). La ligne « Autres espèces » correspond aux espèces dont moins de 5 individus ont été pêchés dans la totalité des pêches expérimentales.....	30
Tableau 17 : CPUE moyennes (en biomasse) pour le coralligène en fonction des années, saisons et secteurs	33
Tableau 18 : CPUE moyennes (en nombre d'individus) sur le coralligène en fonction des années, saisons et secteurs	35
Tableau 19 : RSPUE moyennes sur le coralligène en fonction des années, saisons et secteurs	36
Tableau 20 : CPUE moyennes en biomasse par filet sur les récifs artificiels en fonction des années ; saisons et secteurs	37
Tableau 21 : Analyses des CPUE (en biomasse) par filet sur les récifs artificiels – test de Kruskal-Wallis	38
Tableau 22 : CPUE moyennes (en nombre d'individus) par filet sur les récifs artificiels en fonction des années, saisons et secteurs.....	39

Tableau 23 : RSPUE moyennes sur les récifs artificiels en fonction des années, saisons et secteurs	40
Tableau 24 : CPUE (en biomasse) moyennes sur la roche en fonction des années, saisons et secteurs	41
Tableau 25 : CPUE (en nombre d'individus) moyennes sur la roche en fonction des années, saisons et secteurs	43
Tableau 26 : RSPUE moyennes sur la roche en fonction des années, saisons et secteurs	44
Tableau 27 : Abondance totale des langoustes rouges par année, saison et secteur	46
Tableau 28 : Abondances relatives de langoustes : CPUE moyennes de langoustes /filets en saison froide, en fonction des années et secteurs	46
Tableau 29 : Abondances totales de mostelles de roche par année, saison et secteurs	50
Tableau 30 : Abondances relatives moyennes de mostelles de roche en fonction des années et secteurs	50
Tableau 31 : Abondances totales de rascasses brunes pêchées en fonction des années, saisons et secteurs	52
Tableau 32 : Abondances relatives de rascasses brunes par filet en saisons froides en fonction de l'année et du secteur	53
Tableau 33 : Biomasses et tailles moyennes de rascasses brunes pêchées en saisons froides en fonction de l'année et du secteur	54
Tableau 34: Liste des espèces d'intérêt commercial	60
Tableau 35 : Résultats des indices de Dice entre les années de suivi	66
Tableau 36 : Tableau de l'abondance moyenne par site en fonction des secteurs cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR)) et des années sur l'habitat coralligène ..	73
Tableau 37 : Coordonnées et antériorité de suivi des sites d'études	95
Tableau 38 : Tableau de synthèse des espèces bioindicatrices retenues	100
Tableau 39: Classes permettant de caractériser l'état écologique de l'écosystème de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> en fonction de la valeur de l'EBQI (Ruitton et al., 2017)	105
Tableau 40 : Évolution de la richesse spécifique en bryozoaires dressés dans le temps sur les trois sites de référence (Données issues et combinées des quadrats aléatoires et permanents) .	106
Tableau 41 : Richesse spécifique sur les différents sites d'étude en 2023 (Données des quadrats aléatoires)	106
Tableau 42 : Résultats IndexCor sur les 6 sites d'étude	125
Tableau 43 : Résultats de l'indice EBQI en 2022	125
Tableau 44 : Résultats de l'indice CAI de 2012 à 2024 sur le site des Trois Pics	125
Tableau 45 : Caractéristiques des instruments acoustiques déployés en 2021	130
Tableau 46 : Effectif des calées échantillonnées par métier et par année durant la période de mai à juillet (ND : Nappe Droite)	139
Tableau 47 : Effectif des pêcheurs interrogés lors des débarquements	139
Tableau 48 : Nombre moyen d'embarcations par catégorie d'usagers durant les étés de 2018 à 2021 dans le secteur du cantonnement et de l'AMP au pic d'activité matinal	148
Tableau 49 : Nombre moyen d'embarcations par catégorie d'usagers durant les étés de 2018 à 2021 dans le secteur du cantonnement au pic d'activité post-méridien	149
Tableau 50 : Évolution des moyens de l'AMPCA	157

1 Le cantonnement de pêche du Roc de Brescou

Au sein de l'Aire Marine Protégée de la Côte Agathoise (AMPCA), le cantonnement de pêche du Roc de Brescou a été mise en place par l'arrêté du 27 décembre 2019 du Ministère de l'Agriculture de l'Alimentation qui interdit toutes formes de pêche dans ce secteur. Puis, il a été complété par l'arrêté préfectoral du 31 janvier 2020 afin de réglementer le mouillage des navires, la plongée sous-marine et le dragage. L'ensemble de ce deux arrêtés forme ce qui est appelé communément pour le grand public, dans un objectif de meilleure compréhension, la réserve marine du Roc de Brescou.

L'objectif de cette protection est le maintien des ressources halieutiques, la préservation des habitats naturels- notamment le coralligène- et des espèces patrimoniales en vue de soutenir le tissu économique local de la pêche professionnelle.

Cet espace marin de 310 hectares a été mis en place par la Direction du milieu marin de la Ville d'Agde, qui gère en parallèle le site Natura 2000 marin « Posidonies du Cap d'Agde » FR9101414, à la demande des acteurs locaux et notamment des pêcheurs aux petits métiers. La détermination de la taille et du zonage de ce cantonnement de pêche est d'ailleurs le fruit d'une importante concertation avec l'ensemble des acteurs locaux concernées. Ce zonage permet de protéger différents habitats sous-marins, dont 46% du coralligène (Figure 1).

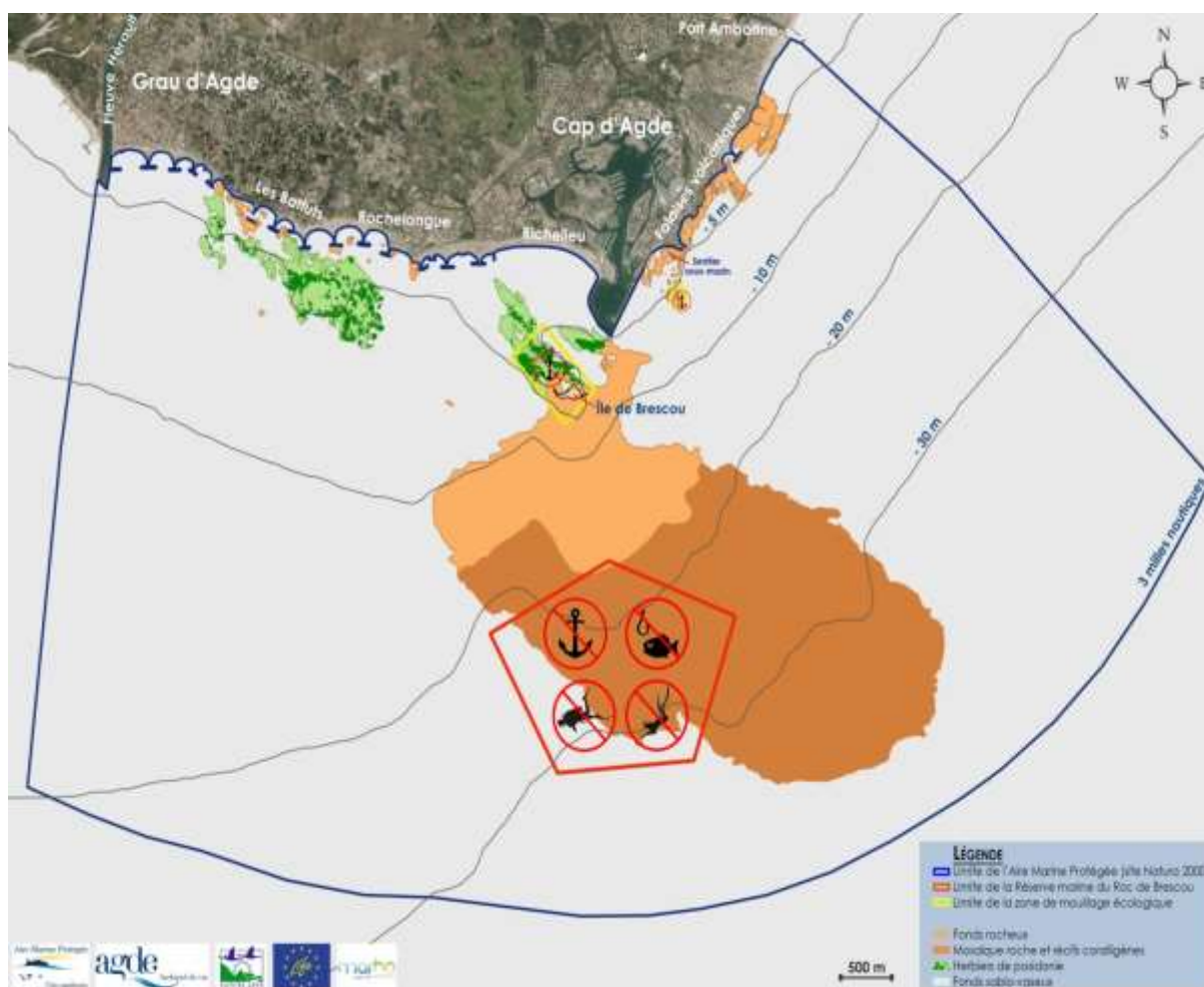


Figure 1 : Cantonnement de pêche du Roc de Brescou au sein du site N2000 « Posidonies du Cap d'Agde »

2 Indicateurs d'évaluation et synthèse des résultats

2.1 Indicateurs suivis

Conformément à l'arrêté ministériel et dans un souci d'évaluer l'efficacité de ce moyen de protection mis en place, des suivis scientifiques ont été effectués avant et à la suite de la mise en place du cantonnement.

Ainsi, afin de suivre l'atteinte des objectifs de ce cantonnement, différents indicateurs ont été proposés (Tableau 1).

Tableau 1 : Indicateurs pour l'évaluation du cantonnement

Critères	Indicateurs	Nom	Métriques
Sociaux	Acceptabilité du projet	<i>Perception</i>	<i>Adhésion au projet, % d'intérêt de conflit d'usages, satisfaction des aménagements, etc.</i>
Ecologiques	Protection du coralligène	<i>Coralligène</i>	<i>Recouvrement du coralligène</i>
	Evaluation de la ressource halieutique	<i>Ressource</i>	<i>Densité, diversité, biomasse, top prédateur, etc. des peuplements de poissons</i>
	Evaluation de la biodiversité	<i>Biodiversité</i>	<i>Densité et richesse spécifique de la faune et la flore associées aux habitats naturels et artificiels</i>
Economiques	Evaluation des captures pour les pêcheurs professionnels	<i>Captures</i>	<i>CPUE (en kg/m²/h), Débarquements (en tonnes)</i>
	Fréquentation	<i>Fréquentation</i>	<i>Nombre de bateaux des pêcheurs récréatifs, des plaisanciers, des chasseurs sous-marins et nombre de plongées par an et par club en dehors du cantonnement</i>
De gestion	Respect des réglementations et moyens	<i>Réglementations</i>	<i>Moyens, communication, infractions</i>

Le suivi de ces différents indicateurs est décliné par la suite dans ce rapport, en suivant leur présentation dans ce tableau.

A noter que le cantonnement pourra être aussi nommé « **ZPR** » pour **zone de protection renforcée** » dans la suite du rapport, les secteurs suivis en dehors du cantonnement étant alors nommés « **HR** »

2.2 Synthèse des résultats des indicateurs

Les principaux résultats des indicateurs pour évaluer l'efficacité du cantonnement du roc de Brescou décrits dans le rapport ci-dessous sont synthétisés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Résultats synthétiques des indicateurs

Critères	Indicateurs	Nom	Métriques	Résultats
Sociaux	Acceptabilité du projet	<i>Perception</i>	<i>Adhésion au projet, % d'intérêt de conflit d'usages, satisfaction des aménagements, etc.</i>	Les enquêtes menées entre 2020 et 2024 montrent une très forte appropriation du dispositif : près de 90 % des pêcheurs de loisir connaissent l'existence du cantonnement et 88 % se déclarent favorables à sa pérennisation. Les structures de plongée et les associations locales soutiennent la mesure. Les critiques portent sur l'absence de balisage. L'adhésion globale demeure stable et la concertation locale est jugée exemplaire. L'ensemble des usagers considèrent que le cantonnement est un atout pour le territoire maritime d'Agde et qu'ils sont favorables à son maintien.
Ecologiques	Protection du coralligène	<i>Coralligène</i>	<i>Recouvrement du coralligène</i>	A l'absence de données ultérieures, cet état initial permettra lors des prochains suivis, de suivre l'évolution de l'état structurel, de la microrugosité, du recouvrement et de la répartition des espèces constitutives du coralligène, pour les sites dans le cantonnement et hors cantonnement.
	Evaluation de la ressource halieutique	<i>Ressource</i>	<i>Densité, diversité, biomasse, top prédateur, etc. des peuplements de poissons</i>	<p>Pêches expérimentales : Pêches globalement moins importantes en 2022 par rapport à 2019, toutes zones confondues Premiers effets significatifs sur le rendement dans la ZPR Abondances plus importantes en langoustes, rascasses brunes et chapons dans la ZPR Langoustes plus grosses dans la ZPR en 2022</p> <p>Pour rappel à la décision de la prud'homie les pêches expérimentales ne seront plus réalisées dans le cantonnement pour éviter de prélever dans le cantonnement.</p> <p>Comptable visuel : Après 6 années de mesures réglementaires de protection, la mise en protection a eu pour effet d'augmenter la densité des espèces, et notamment assez rapidement de celles des espèces nectobenthiques et benthiques à faibles déplacements.</p>

				<p>Parmi les espèces commerciales ciblées par les pêcheurs professionnels, un effet « réserve » est déjà observé sur trois espèces sédentaires sur le coralligène : la langouste rouge (densité et taille), la mostelle (densité) et le congre (densité).</p> <p>Il n'a pas été constaté pour l'instant d'évolution sur d'autres espèces cibles à plus forts déplacements tels que le sar commun, le pagre ou encore le pageot commun. Cependant ces espèces étant plus fuyantes, un biais peut apparaître sur l'estimation du nombre d'espèces présentes sur ces espèces selon la visibilité sous l'eau lors du comptage.</p> <p>A noter, une augmentation de l'abondance et de la taille des serrans chevrette, espèce indicatrice de la pêche de loisir, dans la réserve et en dehors de la réserve qui pourrait être liée à la réduction de la pêche de loisir sur le roc de Brescou, ce qui est cohérent avec les suivis de fréquentation qui montre un déport de cette activité en bordure ouest de la réserve sur la zone sableuse.</p>
	<p>Evaluation de la biodiversité</p>	<p>Biodiversité</p>	<p><i>Densité et richesse spécifique de la faune et la flore associées aux habitats naturels et artificiels</i></p>	<p>Suivi de l'état de conservation du coralligène :</p> <p>Pas d'augmentation du blanchiment des corallines dans le temps (en HR comme en ZPR)</p> <p>Augmentation de la densité des algues <i>Peyssonnelia</i> en ZPR, ainsi qu'une tendance à l'augmentation de la taille des thalles.</p> <p>Tendance à l'augmentation de la densité et de la taille, des colonies de bryozoaires dressés en ZPR.</p> <p>Proportion de colonies de bryozoaires dressés en position exposée (Position 2 et 3) légèrement plus importante dans la ZPR par rapport à HR. Les ascidies <i>Halocynthia papillosa</i> sont en position un peu moins cryptique/protégée en ZPR qu'en HR.</p> <p>Légère diminution en éponges foreuses du genre <i>Cliona</i> en ZPR et en HR entre 2010 et 2023</p> <p>Densité en oursins granuleux très faible sur tous les sites.</p> <p>Évolution positive de l'état de conservation du coralligène pour les deux index bénéficiant d'un suivi temporel</p>

				<p>Suivi acoustique : Un effet du cantonnement sur la biophonie des poissons a été constaté. Sur 4 indicateurs poissons étudiés, trois d'entre eux ont un meilleur score dans le cantonnement qu'en dehors.</p> <p>Il n'a pas été observé d'effet du cantonnement pour la biophonie des invertébrés benthiques.</p>
Economiques	Evaluation des captures pour les pêcheurs professionnels	Captures	<i>CPUE (en kg/m²/h), Débarquements (en tonnes)</i>	<p>Suivi des débarquements de la pêche professionnelle : À ce stade, aucune augmentation robuste des débarquements par unité d'effort ne peut être attribuée au cantonnement. En revanche, plusieurs signaux précurseurs (notamment tailles en hausse pour certaines espèces, dont la langouste rouge ou le homard) suggèrent un effet « Réserve » naissant.</p>
	Fréquentation	Fréquentation	<i>Nombre de bateaux des pêcheurs récréatifs, des plaisanciers, des chasseurs sous-marins et nombre de plongées par an et par club en dehors du cantonnement</i>	<p>Suivi des usages : Six ans après la mise en place du cantonnement, la fréquentation du secteur protégé a fortement diminué, passant de 8 % en 2018 à seulement 2,1 % en 2025. La pêche de loisir demeure l'activité la plus fréquemment observée au sein de la zone, principalement en matinée ; cette pratique, bien qu'illicite, résulte le plus souvent d'une méconnaissance du périmètre exact du cantonnement. Le besoin de contrôle et de sensibilisation reste donc essentiel pour garantir le respect de la réglementation. Par ailleurs, aucune modification significative de l'utilisation de l'espace par les plongeurs et les pêcheurs de loisir n'a été constatée depuis la création du cantonnement.</p>
De gestion	Respect des réglementations et moyens	Réglementations	<i>Moyens, communication, infractions</i>	<p>Moyens : Suite à la mise en place du cantonnement de pêche, la direction du milieu marin de la Ville d'Agde a augmenté ses moyens humains, techniques et budgétaires, afin de gérer au mieux et de façon durable ce cantonnement de pêche</p> <p>Le budget dédié à la surveillance du cantonnement, aux suivis scientifiques et a été de 552 000 € Amélioration de l'application AMP-Agde en juillet 2023.</p>

				<p>Conservation d'une communication forte et diversifiée, mise en place dès la première année.</p> <p>Mise en place d'une patrouille bleue de façon pérenne d'un point de vue technique et budgétaire.</p> <p>Mise en place de l'application d'information pour les usagers de la mer AMP-Agde en juin 2021.</p> <p>Surveillance :</p> <p>Près de 60% des sorties de surveillance révèlent une infraction à la réglementation sur le cantonnement de pêche du roc de Brescou majoritairement des bateaux moteurs en action de pêche de loisir ancrés ou en dérive. De manière constante, la majorité des infractions sont relevées en période estivale.</p>
--	--	--	--	--

3 Critères sociaux

3.1 Acceptabilité du projet

L'opinion des usagers, professionnels comme particuliers, est indispensable au succès d'un projet car elle affecte le degré d'appui ou d'opposition des usagers au projet. Ce critère permet de prendre en compte les préoccupations des différents groupes d'usagers ainsi que l'impact des décisions de gestion prises par l'AMP. L'analyse des perceptions, comportements ou des relations entre usagers et gestionnaires se fait souvent par des questionnaires ouverts ou des entretiens donnant des résultats qualitatifs peu faciles à intégrer dans des calculs d'indicateurs et difficilement comparable dans le temps. Afin d'avoir des données quantitatives et donc codifiables, la ou les variable(s) de chaque indicateur repose(nt) sur des questions posées lors d'entretiens fermés.

Au sein de l'AMP différentes catégories d'usagers sont potentiellement impactés par la mise en place du cantonnement de pêche du roc de Brescou : il s'agit principalement de la pêche professionnelle aux petits métiers, de la pêche de loisir (pêche et chasse) et de la plongée sous-marine. Si la pêche professionnelle et la plongée sont majoritairement pratiquées par le biais de structures, associatives ou professionnelles, la pêche de loisir, quant à elle, est pratiquée par de nombreux usagers particuliers qui ne passent pas forcément par une association locale pour réaliser leur activité.

Ainsi il a été réalisé deux enquêtes :

- Une campagne d'enquêtes auprès des pêcheurs de loisir directement *in situ*, pour permettre de récupérer les perceptions et opinions des usagers, fédérés ou non, sur le cantonnement de pêche et avoir ainsi un panel représentatif de l'activité pêche de loisir embarquée. Ces enquêtes ont été réalisées entre 2020 et 2022.
- Une enquête, sous forme d'entretiens individuels en face à face, réalisée entre septembre 2023 et avril 2024 auprès des acteurs structurés : associations et structures commerciales de loisir locales (pêche et chasse sous-marine de loisir, plongée) ainsi que les pêcheurs professionnels aux petits métiers. L'objectif de cette enquête étant de faire un bilan sur le cantonnement de pêche (après 4 ans de création), recueillir leurs avis dessus, et déterminer s'ils souhaitaient renouveler le cantonnement.

3.1.1 Connaissance et acceptabilité des pêcheurs de loisir

Avant la mise en place du cantonnement, les principaux utilisateurs (en nombre) en période estivale de ce secteur étaient les pêcheurs de loisir embarqués, qui sont des usagers majoritairement non fédérés autour d'associations de pêche. Afin d'évaluer les impacts du cantonnement marine sur cette activité (tant en termes de retombées halieutiques que de perceptions et d'acceptabilité), un suivi, au travers d'enquêtes, a été réalisé sur cette activité entre 2020 et 2022.

3.1.1.1 Méthodologie

- Stratégie d'échantillonnage

Le suivi de l'activité de pêche de loisir a été réalisé directement auprès des pêcheurs. Cette méthode se nomme le « Roving-roving », où le recensement et les entretiens sont menés par les enquêteurs *in situ*, pendant que les pêcheurs pratiquent leur activité (Lockwood, 2000). Ces enquêtes ont été réalisées selon un protocole d'échantillonnage aléatoire auprès des pêcheurs de plaisance sur embarcation. Cette méthode est dite aléatoire car les enquêtes ont été réalisées au hasard, c'est-à-dire sans distinction entre les pêcheurs. Le but était

d'effectuer un maximum d'enquêtes à chaque sortie dans toute la zone de l'AMP. Cette approche directe a l'avantage d'être plus précise en termes de qualité des données récoltées car la détection de tout biais est plus réalisable étant donné la nature directe et vérifiable des données (espèces pêchées, nombre de lignes utilisées, tailles d'hameçons, etc.).

Quel que soit le niveau de connaissance de la population mère de pêcheurs de loisir, le plan d'échantillonnage défini doit permettre d'avoir une bonne représentativité de l'ensemble de l'activité dans l'espace (sur la zone d'étude) et dans le temps (durée de l'étude) (Gamp *et al.*, 2016). Pour cela, les enquêtes doivent cibler un spectre de pêcheurs le plus large possible, ayant des caractéristiques les plus diversifiées. Selon Gamp *et al.* (2016), le nombre minimal d'enquête recommandé pour le suivi de la pêche récréative est de 200 afin d'avoir des estimations de rendements satisfaisants.

Enfin, le plan d'échantillonnage doit prendre en compte les différents facteurs pouvant influencer la pratique comme par exemple : le type de jours (jours de semaines, week-end, jours fériés, vacances) et les mois. Il faut noter que la météo est également un facteur souvent essentiel. C'est pourquoi lors de l'interprétation des données, cette information ne devra pas être négligée.

Dans l'AMPCA, le nombre de bateaux pratiquant la pêche récréative atteint son maximum à 10h00 (Trougan *et al.*, 2020). Les enquêtes se sont donc déroulées entre 8h30 et 15h en semaine mais aussi lors de week-end. Cette méthode a été utilisée et s'est révélée concluante lors de nombreux suivis concernant la pêche de loisir (Font *et al.*, 2012), bien qu'elle ne permette pas de réaliser un échantillonnage de tous les pêcheurs. Aucune enquête n'a été faite pendant les jours de mauvais temps ou de grand vent.

Pour des raisons de logistique et d'organisation du personnel de l'AMPCA ce suivi a été effectué du mois de mai à août. Cette période demeure néanmoins la période la plus importante en termes de fréquentation de cette activité dans l'AMP (Trougan *et al.*, 2020).

- Acquisition et type de données récoltées

Les informations relatives aux données générales sur le capitaine de l'embarcation, l'activité de pêche du jour et ses captures ont été enregistrées, de même que les perceptions vis-à-vis du cantonnement nouvellement mis en place. Ces données sont écrites manuellement dans une fiche questionnaire lors de l'enquête. Cette dernière a été élaborée à partir d'études similaires déjà réalisées dans d'autres régions de la Méditerranée tout en l'adaptant au fil des études précédentes de l'AMPCA (Dali, 2020 ; Font *et al.*, 2012 ; Grati *et al.*, 2021 ; Verbeke & Maison, 2013) afin que les données soient le plus possible comparables les unes aux autres.

Données générales sur le capitaine de l'embarcation :

La première partie concerne les données à visée socio-économique permettant de recueillir des informations sur le profil des pêcheurs et leurs habitudes, plus particulièrement sur le capitaine du bateau, telles que son âge, sa provenance (vacancier ou résident de l'Hérault), le port d'attache de l'embarcation, son nombre de sorties pêche par an avec une estimation en heures par jour, son expérience (en années) et enfin si de manière générale il pêche plutôt à l'année ou bien en saison estivale.

Activité du jour :

La deuxième partie concerne la pêche du jour par embarcation. Cette partie permet de caractériser les captures en recueillant les données sur l'effort de pêche avec : le nombre de pêcheurs, l'heure de début de l'activité, la technique de pêche utilisée, le type et le nombre d'engins utilisés avec le nombre et la taille des hameçons par engin et le type d'appât. Pour plus de facilité dans l'analyse des résultats, les différentes techniques de pêche ont été regroupées selon la position de l'hameçon dans la colonne d'eau : surface, mi-eau, fond.

Captures conservées :

Les espèces de poissons pêchés (conservés et non conservés), le nombre d'individus par espèce ainsi que la taille ont été recueillis. La plupart du temps les tailles réelles ont pu être

mesurées. Pour les pêcheurs réticents à l'idée que les poissons soient manipulés, certaines tailles ont été estimées avec des classes de taille de 2cm (Bell *et al.*, 1985).

Connaissance et perceptions du cantonnement marine :

Enfin, des données concernant les connaissances des pêcheurs vis-à-vis de l'existence du cantonnement marine ont été enregistrées. Des questions concernant les connaissances de sa réglementation ainsi que leur ressenti et leur satisfaction ont été renseignés. Une question ouverte en ce qui concerne leurs connaissances par rapport au(x) but(s) de la mise en place du cantonnement a aussi été posée. Enfin il a été demandé qu'elles étaient leurs sources d'information de l'existence du cantonnement.

3.1.1.2 Résultats

Les résultats présentés ici se concentrent sur la partie connaissance et perceptions du cantonnement marine par les pêcheurs de loisir.

- Connaissance du cantonnement marine

Si dès la 1^{ère} année de création du cantonnement marine, celle-ci est déjà connue presque les deux tiers des pêcheurs interrogés (63,2%), ce chiffre ne cesse d'augmenter d'année en année pour avoir jusqu'à près de 89% des pêcheurs (Tableau 3).

On peut donc considérer que la très grande majorité des pêcheurs, connaissent le cantonnement de pêche du roc de Brescou trois ans après sa mise en place.

Tableau 3 : Proportion de pêcheurs ayant connaissance de la présence d'un cantonnement de pêche au sein de l'AMP entre 2020 et 2022

Connaissance du cantonnement	Nombre pêcheurs interrogés	% non	% oui
2020	204	36,8%	63,2%
2021	263	25,5%	74,5%
2022	70	11,4%	88,6%

- Connaissance de la réglementation du cantonnement marine

En 2020 et 2021, à peine plus de la moitié des pêcheurs interrogés avaient connaissance de la réglementation présente dans le cantonnement du roc de Brescou, alors qu'entre les deux tiers (2020) puis les trois quart (2021) avaient connaissance de la mise en place du cantonnement. En 2022, la proportion de pêcheurs connaissant la réglementation mis en place avait augmenté à près de 71%, mais cela veut dire qu'encore 18 % des personnes ayant connaissance d'un cantonnement sur Agde n'en avaient qu'une connaissance très vague (Tableau 3 ; Tableau 4).

Tableau 4 : Connaissance de la réglementation du cantonnement marine entre 2020 et 2022

Connaissance de la réglementation	Nombre pêcheurs interrogés	% non	% oui
2020	204	45,1%	54,9%
2021	261	46,4%	53,6%
2022	72	29,2%	70,8%

La principale source qu'ont eu les pêcheurs pour connaître le cantonnement et sa réglementation est le gestionnaire de ce cantonnement, à savoir l'AMP/mairie d'Agde (pour

57% des personnes connaissant le cantonnement et sa réglementation) (Figure 2). Cela est dû aux panneaux d'informations mis en place dans les points stratégiques (capitaineries, ports à sec, cales de mises à l'eau, etc.) mais surtout à la présence journalière d'une « patrouille bleue » de sensibilisation directement auprès des pêcheurs en mer en période estivale. Par la suite, c'est le bouche-à-oreille entre pêcheurs de loisir et les réseaux sociaux / presse (qui est en partie gérée par la ville d'Agde) qui représentent les autres sources d'informations les plus communes (pour environ 10 à 13% de pêcheurs selon la source) (Figure 2).

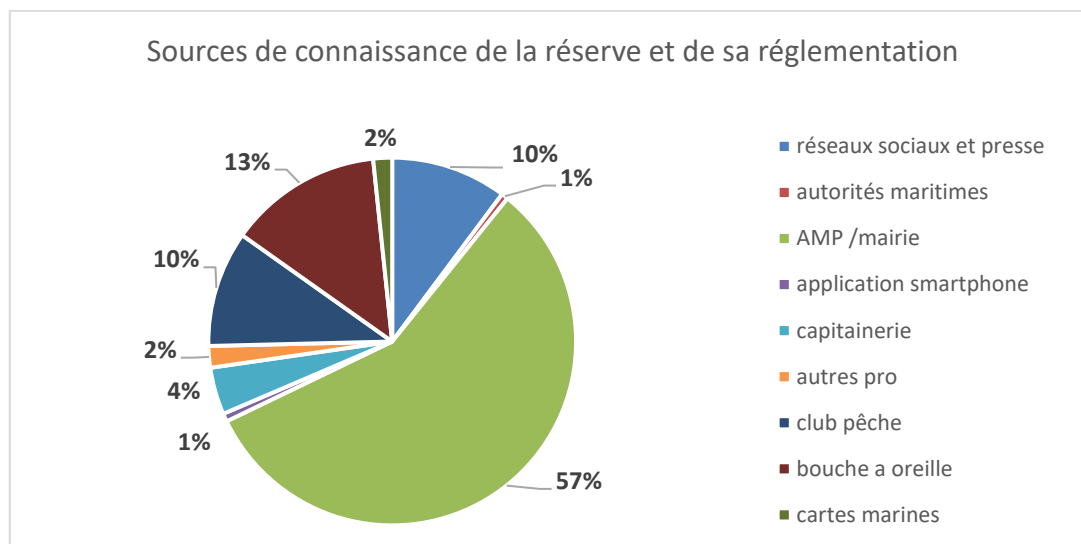


Figure 2 : Sources de connaissance du cantonnement

- Perception de l'adaptabilité de la réglementation du cantonnement marine :

Après avoir expliqué la réglementation du cantonnement à ceux qui ne la connaissaient pas, il en ressort que plus des deux tiers des pêcheurs trouvent que cette réglementation est bien adaptée. Si en 2021 un quart la trouvait insuffisante (souvent liée à un manque de contrôle en mer par les autorités maritimes) ou alors trop contraignante pour leur activité (12%), en 2022, plus de pêcheurs (16%) se sont abstenus de donner un avis sur la réglementation et la proportion de ceux qui la trouvaient insuffisante ou trop stricte est retombée (Tableau 5).

Tableau 5 : Perception que la réglementation du cantonnement est adaptée entre 2021 et 2022

La réglementation du cantonnement est :	<i>Bien adaptée</i>	<i>Insuffisante</i>	<i>NSPP</i>	<i>Trop stricte</i>
2021	68,3%	19,4%	0,4%	11,9%
2022	72,1%	8,8%	16,2%	2,9%

- Perception du respect de la réglementation :

Un peu plus d'un tiers des pêcheurs interrogés trouvent que le cantonnement est plutôt bien respectée, en 2021 comme en 2022. Par contre si en 2021, seulement un cinquième pensaient que le cantonnement était mal respectée (la majorité (46%) n'ayant pas d'avis sur la question), en 2022, la part de pêcheurs trouvant que le cantonnement n'est pas bien respectée a presque doublé, passant à 35%, soit autant que ceux qui trouvent qu'elle est bien respectée (Tableau 6).

De manière spontanée, 22 % en 2021 et 25% en 2022, ont demandé à ce que le cantonnement soit balisé en surface afin de permettre une meilleure visualisation du périmètre interdit et ainsi limiter le non-respect de ce cantonnement.

Tableau 6 : Perception du respect de la réglementation du cantonnement en 2021 et 2022

Le cantonnement est-elle bien respectée ?	<i>Non</i>	<i>NSPP</i>	<i>Oui</i>
2021	18,6%	45,8%	35,6%
2022	35,3%	27,9%	36,8%

- Satisfaction de la création du cantonnement :

Globalement la grande majorité des pêcheurs de loisir sont contents d'avoir un cantonnement au sein de l'AMP côte agathoise, bien que ce chiffre diminue un peu (d'environ 95% à 88%) en 2022 (Tableau 7). Les principales explications citées sont l'intérêt de la protection et du repeuplement de la faune et flore pour ceux qui ont un avis positif et l'enlèvement de sites de pêche et le fait que cela ne serve à rien qui pour ceux ont un avis négatif.

Tableau 7 : Satisfaction de la mise en place du cantonnement

Satisfaction du cantonnement	<i>Oui</i>	<i>Non</i>	<i>Les deux</i>	<i>NSPP</i>
2020	94,5%	4,0%	0,0%	1,5%
2021	95,4%	1,2%	0,4%	3,1%
2022	88,4%	8,7%	1,4%	1,4%

3.1.1.3 Conclusion

Après trois ans de mise en place du cantonnement marine du Roc de Brescou, les pêcheurs de loisir sont en très grande majorité satisfaits de la présence de ce cantonnement, trouvant que sa réglementation est globalement bien adaptée.

Près de 90% des pêcheurs interrogés connaissent l'existence du cantonnement, mais un travail de connaissance concernant la réglementation et la délimitation du cantonnement doit encore être accentué, car encore près de 30% ne connaissent pas la réglementation et le périmètre exact du cantonnement.

En ce qui concerne le respect du cantonnement, la perception des pêcheurs est mitigée : autant de pêcheurs trouvent qu'elle est bien respectée que non respectée ou sans avis. L'absence de balisage sur zone en est la principale cause.

Principaux résultats :

- 90% des pêcheurs interrogés connaissent l'existence du cantonnement
- 30% ne connaissent pas la réglementation et le périmètre exact du cantonnement.
- La perception des pêcheurs est mitigée sur le respect du cantonnement, principalement due à l'absence de balisage sur zone.

3.1.2 Acceptabilité du cantonnement et volonté de renouvellement du cantonnement par les représentants d'usagers

Dans le cadre d'une démarche de concertation avec les acteurs locaux au sujet d'une évolution possible de la gestion de l'AMPCA et de ses zones réglementaires (dont le cantonnement de pêche), il a été réalisé une phase de concertation auprès des associations et structures professionnelles locales maritimes en 2023-2024.

L'un des objectifs de cette concertation a été d'évaluer, auprès des acteurs concernés – d'abord individuellement puis collectivement – l'intérêt du cantonnement, ainsi que ses freins et ses points positifs. Cette réflexion doit permettre d'anticiper la décision à prendre à l'issue de sa durée de validité (6 ans, soit fin 2025). La question finale consistera à déterminer s'il convient de demander aux autorités maritimes le renouvellement du cantonnement en l'état, sa modification ou bien sa suppression.

3.1.2.1 Méthodologie

La concertation avec les acteurs locaux structurés sur le bilan et le futur du cantonnement de pêche du roc de Brescou s'est déroulé en deux étapes :

1) Entretiens individuels

Ces entretiens ont été réalisées auprès des représentants d'associations et ceux des structures professionnelles locales maritimes.

Chaque entretien, réalisé au sein de la Maison de la mer (locaux de l'AMP côte agathoise), s'est déroulé en deux temps (Figure 3):

- Un 1^{er} temps, mené par un membre de l'AMPCA, a été dédié à présenter les résultats des suivis scientifiques réalisés sur le cantonnement de pêche
- Un 2^{ème} temps, a été dédié à un entretien à questions ouvertes et fermées sur la perception de la structure interrogée sur l'efficacité, l'intérêt et les axes d'améliorations ou négatifs sur le cantonnement de pêche.

A la fin de l'entretien, il a aussi été demandé quel avenir était envisagé par la structure pour le cantonnement : un renouvellement en l'état à la fin de sa date de validité, la création d'un autre cantonnement, le changement du cantonnement en lui-même (taille/forme).

A la suite de ces entretiens individuels, les données ont été compilées au sein d'une base de données Excel et au sein des données SIG via le logiciel cartographique QGIS.



Figure 3 : Entretiens individuels avec un pêcheur petits métiers à gauche, et à droite, un gérant de centre de plongée

2) Groupes de travail par catégorie d'usagers

A la suite des analyses de la phase d'entretiens individuels, il a été proposé aux structures des réunions en groupes de travail par catégorie d'usagers pour discuter collectivement des résultats de ces entretiens.

Ces groupes de travail ont été menés, au sein de la Maison de la mer, entre mars 2024 et novembre 2024 (Figure 4).

Durant ces groupes de travail, l'objectif a été de valider collectivement le renouvellement du cantonnement et sa forme.



Figure 4 : Illustration d'un Groupe de travail « pêche et chasse de loisir » mené à la Maison de la mer

3) Présentation en COPIL Natura 2000

Les résultats de cette phase de concertation ont été présentés durant le COPIL N2000 « posidonies du Cap d'Agde » (AMPCA) devant l'ensemble des acteurs locaux, des institutionnels et autres structures en novembre 2024.

3.1.2.2 Résultats

Ci-dessous est présenté une synthèse des principaux résultats obtenus durant

1) Entretiens individuels

Entre septembre 2023 et avril 2024, 46 structures sur les 50 identifiées ont accepté de réaliser l'entretien, soit un **taux de participation de 92 %**.

Il a été ainsi interrogé 8 structures de plongée, 32 pêcheurs aux petits métiers, 4 associations de pêche et chasse sous-marine de loisir ainsi que 6 structures de plaisance / promenade.

Principaux résultats :

- Conflits générés par le cantonnement :

93 % des répondants ont estimé que la création du cantonnement n'a pas généré de conflits entre acteurs, 5 % oui, correspondant à la pêche professionnelle (à la pose des engins de pêche à proximité directe du cantonnement, mais conflits légers ayant eu tendance à diminuer avec le temps). 2 % étaient sans avis particulier sur ce point précis.

- Efficacité de la surveillance :

Sur l'efficacité de la surveillance de la zone par les autorités maritimes, **73 % des répondants n'étaient pas satisfaits**, 23 % si et 4% sans avis. La majorité des retours négatifs étaient liés au manque ressenti de présence sur zone des autorités maritimes

- Nuisance liée à l'absence de balisage du cantonnement

A la question si l'absence de balisage physique (bouées en surface) du cantonnement avait, à leur avis, nuit au bon fonctionnement du cantonnement, **la grande majorité (80%) ont répondu oui**, 18% n'ont pas trouvé de nuisance à leur absence et 2 % étaient sans avis.

- Bilan ressenti du cantonnement à mi-parcours :

Pour près des **¾ des répondants (73%), la création du cantonnement est un succès**, avec un début de résultats biologiques positifs et de l'intérêt propre de zone de non prélèvement. Pour 10% d'entre eux, cela a été un demi-succès, lié au fait que cela ne fait que peu de temps que celui-ci a été installé. 18 % n'ont pas souhaité se prononcer et **personne n'a trouvé que le cantonnement a été un échec**.

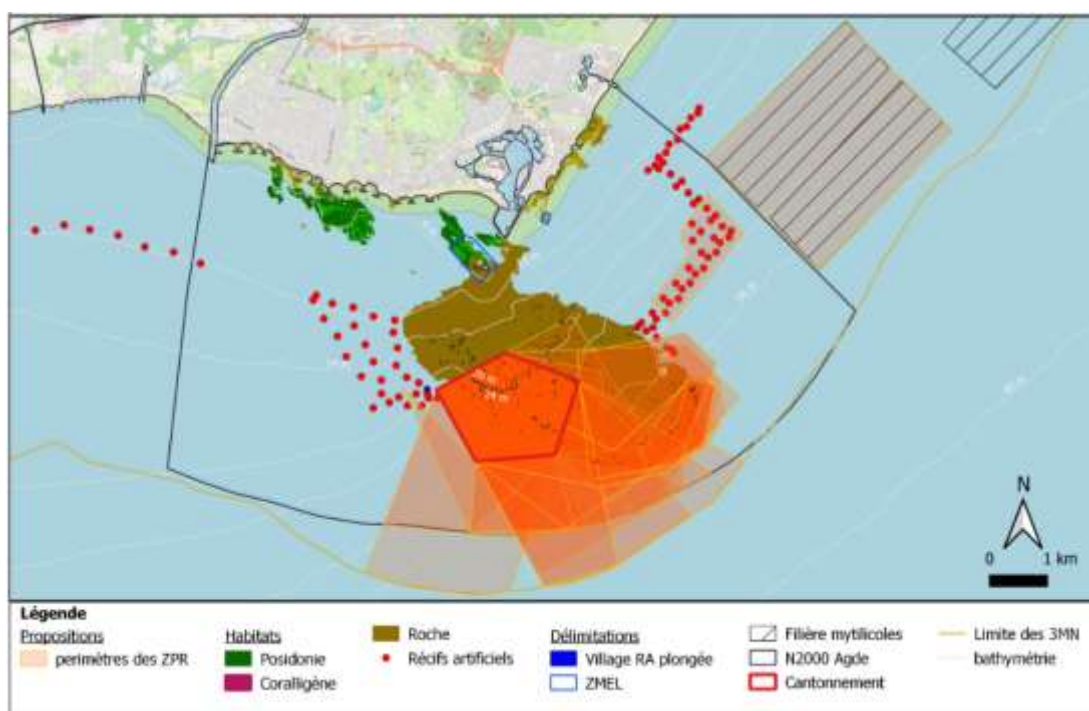
- Renouvellement du cantonnement :

100 % des répondants ont souhaité à minima renouveler en l'état le cantonnement à la fin de sa validité (fin 2025).

38 % ont proposé d'augmenter son périmètre et 28 % ont souhaité créer un 2^{ème} cantonnement.

Dans les deux cas, les répondants ont été unanimes pour faire une augmentation vers le large et non dirigée vers la côte, pour éviter de supprimer des secteurs où plusieurs activités se côtoient.

Ci-dessous, en Figure 5, a été transcrit l'ensemble des propositions d'augmentation ou de création d'un 2^{ème} cantonnement dessinées par les acteurs.



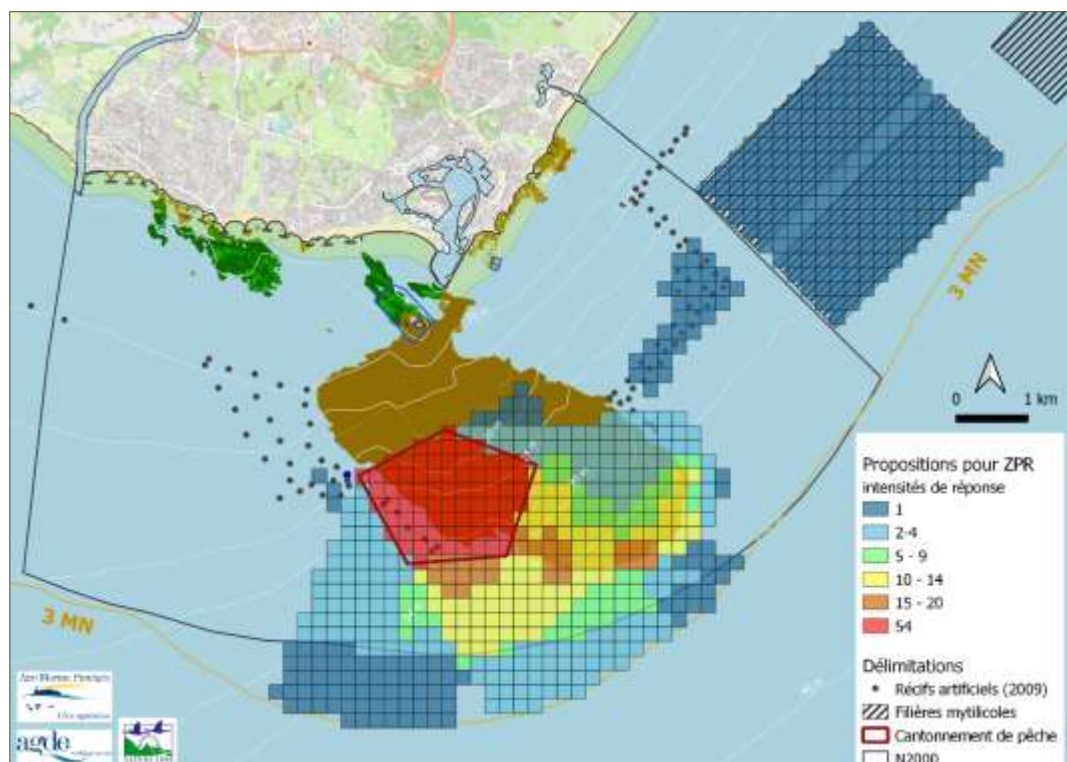


Figure 5 : En haut, cartographie juxtaposant l'ensemble des propositions de cantonnement. En bas, cartographie déclinant l'intensité de réponse des dessins de cantonnement par maillage de 200x200 m

2) Groupes de travail

Plusieurs groupes de travail (GT) ont été réalisés entre mars 2024 et novembre 2024, dont 4 qui ont discutés des résultats des entretiens individuels et du future du cantonnement.

GT plongée (25 mars 2024) :

Validation par l'ensemble des structures présentes (associatives et commerciales) du renouvellement en l'état du cantonnement, avec la possibilité d'une augmentation vers le large de ce cantonnement.

GT activités nautiques (associations de plaisance, location bateau, activités sportives de glisse, structures commerciales de VNM...) (24 juin 2024) :

Validation par l'ensemble des structures présentes (associatives et commerciales) du renouvellement en l'état du cantonnement.

2/3 des acteurs ont souhaité agrandir ou créer un 2^e cantonnement vers le large, si acceptation par les pêcheurs de loisir et la pêche professionnelle.
Souhait d'un balisage du cantonnement par la majorité des acteurs.

GT pêche et chasse de loisir (deux GT)

. GT du 06 mai 2024 : Validation du renouvellement en l'état du cantonnement, et discussion à avoir sur un agrandissement vers le large, en fonction de l'emprise proposée.

. GT du 07 juin 2024 : Une des structures s'est prononcée contre l'extension du cantonnement

GT pêche professionnelle aux petits métiers (12 septembre 2024) :

Validation par l'ensemble des pêcheurs de la prud'homie d'Agde présents :

- Du renouvellement en l'état du cantonnement de pêche du roc de Brescou (pas d'extension ou d'ajout d'un deuxième secteur)
- De la demande d'un balisage physique du cantonnement

Conclusions :

Le cantonnement est globalement très bien accepté par les représentants des usagers de toutes les catégories

Les acteurs ont tous, individuellement comme collectivement, validé le renouvellement en l'état du cantonnement de pêche du roc de Brescou.

Pour une majorité d'entre eux, il est aussi souhaité la présence d'un balisage physique et de plus de surveillance.

Critères écologiques

Le critère écologique se compose selon deux approches :

- Le suivi principal qui 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 protection de l'habitat coralligène. Ces indicateurs, conformes à l'état de l'art, permettront d'orienter les modalités de gestion du cantonnement.
- Le suivi complémentaire, selon une approche de sciences participatives, sera réalisé essentiellement par les différentes catégories d'usagers (plongeurs en scaphandre, chasseurs sous-marins, pêcheurs plaisanciers). Seules les catégories plongeurs et chasseur sous-marins seront autorisées (sur demande d'une autorisation) de prospecter dans le cantonnement. Ce suivi aura pour principaux objectifs d'exercer une veille biologique, de réaliser des inventaires, de réaliser des prises de vues photo et vidéo afin de valoriser cet espace. Les protocoles seront issus de méthodologies appliquées dans le cadre du réseau Medobs et Sentinelle.

Aucun suivi complémentaire n'a encore été mis en œuvre.

- Plusieurs axes d'études sont proposés pour le suivi principal
 - Un **suivi du recouvrement de l'habitat coralligène** dans et en dehors du cantonnement (justification de la mesure de **protection de habitats**).
 - Un **suivi des ressources halieutiques** exploitées dans et en dehors du cantonnement (justification de la mesure de cantonnement pour **l'amélioration de l'état de ressource halieutique**).
 - Un **suivi de la biodiversité** dans et en dehors du cantonnement (justification de la mesure de restriction des activités pour **l'amélioration de la biodiversité**),

L'ensemble des suivis pour l'évaluation de l'indicateur écologique s'appuieront sur les études antérieures disponibles menées dans l'AMPCA pour comparer (références) et évaluer l'atteinte des objectifs du cantonnement.

L'objectif global du suivi scientifique est de pouvoir évaluer, au fur et à mesure des années, l'efficacité de la mise en place de la zone de protection forte. Les résultats de ces suivis serviront d'outils d'aide à la décision, lors de l'examen de la prolongation des mesures de restriction des usages au bout des six années de mise en place du cantonnement, en fournissant des données concrètes et chiffrées concernant la diversité et l'abondance des espèces présentes.

- Choix des sites d'études

Afin de qualifier et quantifier la mesure de protection de l'habitat, de la ressource halieutique et la biodiversité suite à la création du cantonnement marine, une évaluation dans le cantonnement (ZPR) mais également en dehors du cantonnement (HR) doit être réalisée simultanément afin d'avoir une approche spatiale et temporelle comparative.

Pour chacune des méthodes décrites ci-dessous, 3 stations dans le cantonnement (ZPR) et 3 stations hors cantonnement (HR) seront suivies. Ces sites ont été espacés afin d'éviter les pseudo-réplicas.

3.2 Evaluation du recouvrement de l'habitat coralligène

Dans le cadre du protocole d'étude sur l'efficacité du cantonnement, il a été retenu d'avoir une approche tri-dimensionnelle pour effectuer une analyse à grande échelle structurale de l'habitat coralligène pour 3 sites dans le cantonnement (ZPR) et les 3 hors cantonnement (HR). Ainsi, cette approche a été réalisée à partir de l'outil photogrammétrique. Cette méthode permet de reproduire des modèles 2D et 3D à partir de photographies prises sous différents angles et de réaliser un suivi spatio-temporel de la structure. Les résultats de l'analyse ainsi obtenus permettent de mesurer les effets de la protection face aux impacts mécaniques anthropiques. De plus, cette technique permet de suivre à une plus petite échelle la microrugosité de la structure de coralligène, qui est un indicateur de l'état écologique de cet habitat biogène.

Lors de ce suivi, un état de référence a été réalisé sur les 6 sites d'étude en 2025. Il servira de référence pour les futures analyses.

3.2.1 Matériel et méthodes

3.2.1.1 Stratégie d'échantillonnage

Le suivi par photogrammétrie a été effectué au sein des mêmes stations que le suivi de l'état de conservation du coralligène (Figure 103, page 99). La prise de données photographiques a été réalisée afin d'obtenir un haut niveau de précision et de détail le long des transects permanents sur une largeur de 1m (Figure 6). Ainsi, un total de 10 transects a été effectué sur ces 6 sites.

Les photographies ont été réalisées avec un Nikon Z6II, bénéficiant d'un capteur de 23,9mm, et monté avec un objectif Nikon d'une focale 12mm. En considérant les conditions de visibilité et de luminosité dans les eaux agathoises par -20m de profondeur, mais aussi dans un objectif de travail sur la microrugosité, les prises de vue ont été effectuées à 50cm du fond. Cette hauteur de prise de vue permet d'avoir une couverture photo de 1m de large.

Suivant cette notion, un repère visuel a été positionné sur le transect permanent, ainsi que deux autres à 1m de part et d'autre. Les photos ont été réalisées en recouvrant l'ensemble de ces repères sous-marins, suivant un recouvrement latéral et longitudinal de 75 % (Figure 6).

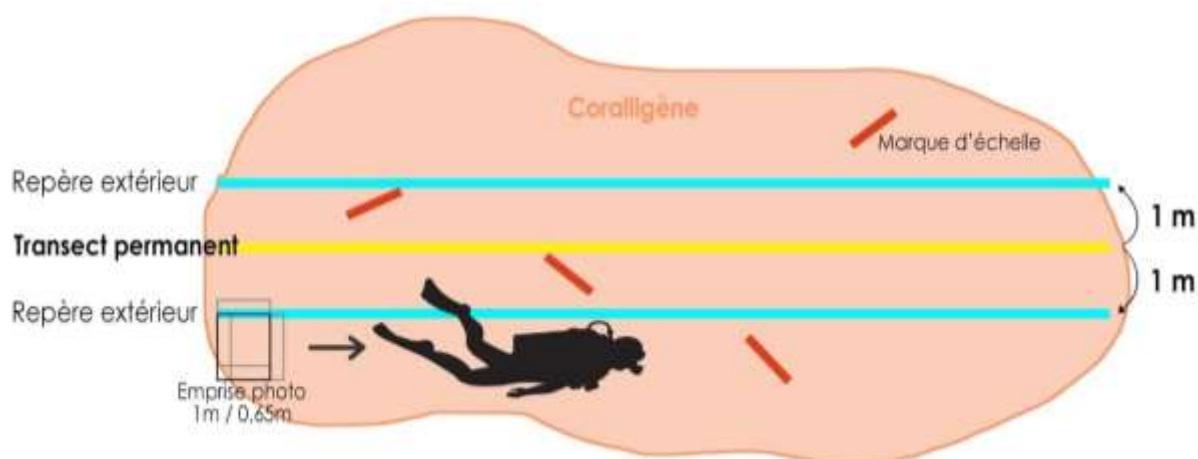


Figure 6 : Principe méthodologique des prises de vue photogrammétriques sur les sites de coralligène

Afin de calibrer la modélisation, des repères d'échelle sont mis en place le long du parcours (Figure 6). Ces repères sont équipés de marques spéciales qui permettent au logiciel de modélisation de les identifier automatiquement (Figure 7 ; Figure 8).



Figure 7 : Prise de photos pour la modélisation sur un des sites de coralligène.

Pour la réalisation de ces opérations, il a été nécessaire d'avoir de bonnes conditions de visibilité, de luminosité ainsi que de courant.

3.2.1.2 Moyens techniques d'acquisition des données

La réalisation de ce type de protocole nécessite l'utilisation de repères, permettant au plongeur de se localiser dans l'espace pour garantir un recouvrement optimal de la zone, mais aussi de disposer de règles de mise à l'échelle (Figure 8).

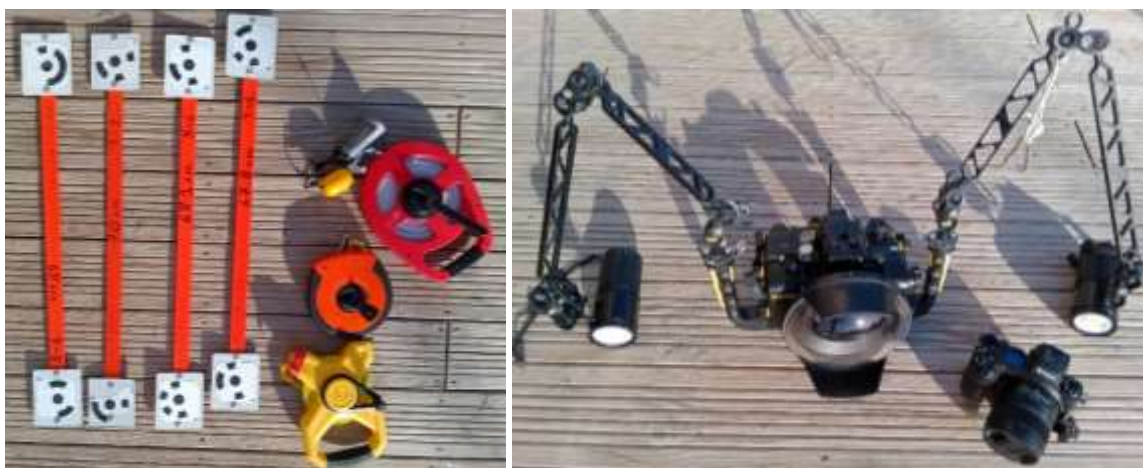


Figure 8 : Matériel de repérage pour la photogrammétrie (à gauche). Équipement photographique pour la photogrammétrie (à droite).

L'équipement photographique doit permettre une prise de photos en haute définition, et avec une vitesse de déclenchement rapide. Pour cela, un boîtier reflex Nikon Z6ii a été utilisé avec son caisson étanche. Un objectif 12mm y a été ajouté, permettant une prise de photo en grand angle sans déformation de l'image. Afin de pallier aux mauvaises conditions de visibilité, deux phares 11 000 lumens ont été utilisés (Figure 8).

3.2.1.3 Modélisation

A partir des photos réalisées sur les 6 sites d'étude, des modèles en 2D et en 3D de chacun des transects ont été réalisés. Pour cela, un logiciel de photogrammétrie a été utilisé afin d'aligner, de mettre à l'échelle et de créer un maillage à partir de ces photos.

Ces traitements ont permis d'obtenir des Digital Elevation Model (DEM), des MESH ou maillage 3D et des orthomosaïques des transects.

Le MESH, complété d'une texturation permet d'apprécier l'état architectural de la structure et de réaliser une comparaison temporelle.

Le DEM est une représentation en 3D qui permet d'obtenir des données d'élévation, de pente, et de rugosité.

L'orthomosaïque est une vue d'ensemble composée d'une multitude de photos permettant d'obtenir une image sans distorsion et de créer des cartes très détaillées.

3.2.1.4 Analyse des données

Pour l'analyse, les modèles sont redécoupés en un polygone intégrant le transect permanent dans sa longueur et d'une emprise de 1m de part et d'autre de celui-ci.

- Analyse de la rugosité surfacique

La rugosité surfacique est le rapport entre la surface de projection orthogonale sur un plan et la surface développée. Elle est obtenue en calculant l'aire plan 2D et l'aire 3D de la surface à partir du DEM.

Cette métrique permet d'observer dans le temps les effets de la protection de cet habitat dans le cantonnement face aux impacts anthropiques hors cantonnement.

- Rugosité linéaire

Calculée à partir du profil du DEM, la rugosité linéaire est le rapport entre la longueur en 2D et la longueur 3D. C'est-à-dire le cheminement suivant l'hétérogénéité de la surface de l'habitat. Cette valeur est comprise entre 0 et 1 où 1 est l'absence de rugosité et d'hétérogénéité.

- Evolution du profil

La réalisation du profil le long du transect est une métrique complémentaire permettant d'observer dans le temps les effets de la protection de cet habitat dans la ZPR face aux impacts anthropiques.

3.2.2 Résultats

3.2.2.1 Effort d'échantillonnage

La réalisation d'un état de référence par la technique de photogrammétrie a été effectuée sur l'ensemble des transect permanents suivis sur le coralligène. Le détail de l'effort d'échantillonnage sur ces 10 transects est décrit ci-dessous (Tableau 8).

Tableau 8 : Statistique de l'effort d'échantillonnage pour les 10 sites étudiés

Nombre de photos	Nombre de jours Préparation & entretien	Nombre de plongées	Nombre de jours d'analyse
9699	6	15	61

Les jours de « préparation & entretien », représentent le temps passé à préparer l'opération, puis le temps pour la gestion et l'entretien du matériel et du bateau. Cela représente une ½ journée de préparation et une ½ journée de rangement/entretien.

Pour chaque plongée 2 opérateurs étaient en immersion, conformément à la réglementation hyperbare, à savoir 1 opérateur pour la photogrammétrie et 1 en sécurité. Sur le support de

surface, pour les sites de coralligène à -20m de profondeur, 1 plongeur de secours était présent en plus du pilote sur le bateau.

L'analyse comprend la récupération des photos, le post-traitement et l'analyse sous un logiciel de photogrammétrie. Pour cette dernière, certaines phases d'analyse ont nécessité jusqu'à 4 jours de traitement par l'ordinateur.

3.2.2.2 Modélisation

Pour l'ensemble des transects, les MESH, DEM et Orthomosaiques ont été réalisés. Dans un souci de lisibilité au sein de ce rapport, seul le site des Trois Pics, situé hors cantonnement est exposé à titre d'exemple (Figure 9 ; Figure 10 ; Figure 11 ; Figure 12).

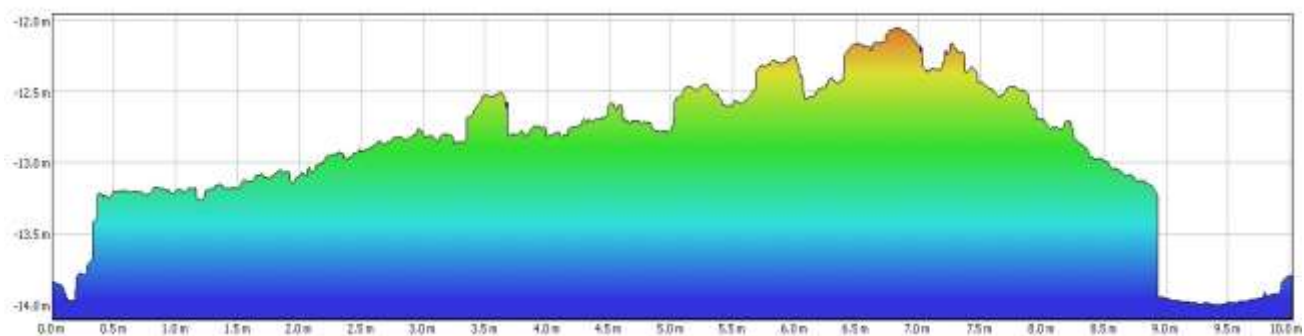


Figure 9 : Profil du transect principal sur le site des Trois Pics

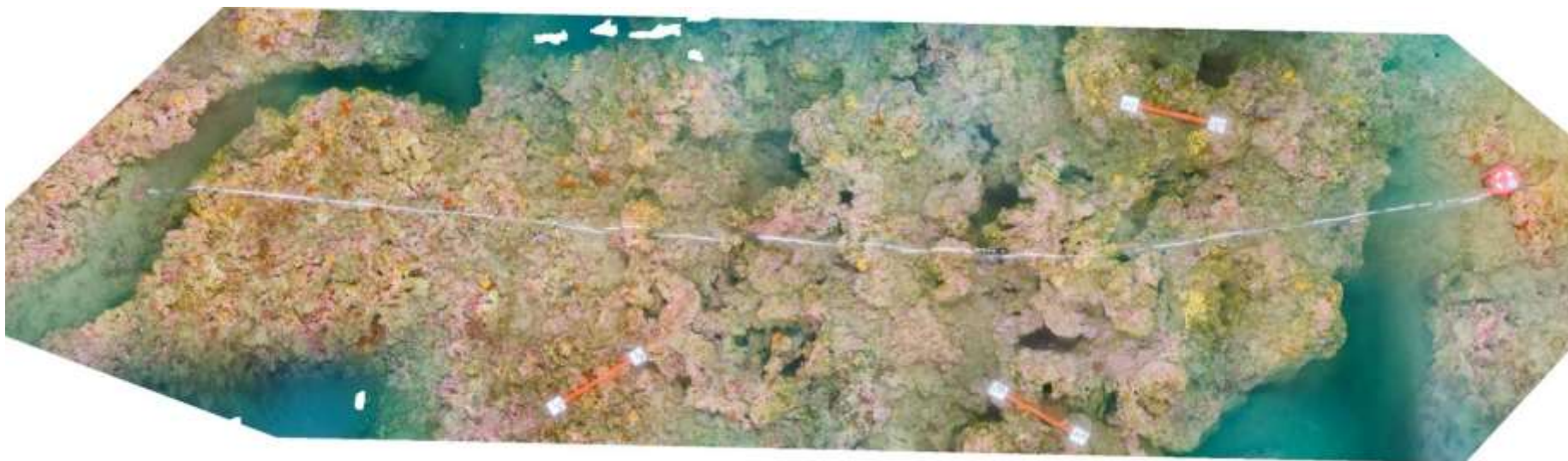


Figure 10 : Orthomosaique du transect principal sur le site des Trois Pics

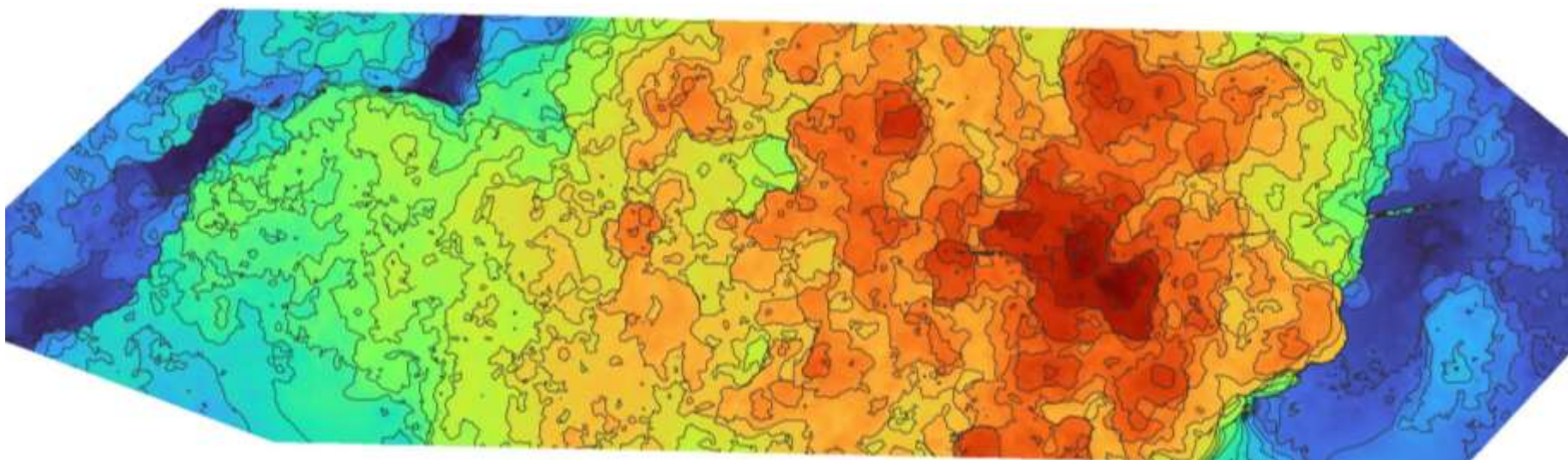


Figure 11 : DEM + courbes de niveau du transect principal sur le site des Trois Pics



Figure 12 : Modèle 3D (MESH) du transect principal sur le site des Trois Pics

3.2.2.3 Rugosité linéaire

Le calcul de la rugosité linéaire a été réalisé pour l'ensemble des transects pour chaque site étudié (Tableau 9). Ils serviront d'état de référence pour les prochains suivis.

Tableau 9 : Rugosité linéaire au sein des sites de coralligène

ZPR/HR	Site	Transect	Profil 2D (m)	Profil 3D (m)	Rugosité linéaire
ZPR	A9	AB	5,8	9,9	0,59
		CD	7,7	13,9	0,55
	A7	AB	5,8	11,18	0,52
		CD	8,4	17,32	0,48
	Témoïn 2	-	18	31,5	0,57
HR	Merveilleuses	Principal	10,2	23	0,44
		Secondaire	3,9	6,6	0,59
	Trois Pics	Principal	10	16,6	0,60
		Faille	10,8	16,2	0,67
	Casier Sud	-	16,5	31,64	0,52

3.2.3 Bilan

Initialement, il était prévu de réaliser les modèles lors l'état initial (TO) puis à T+5 pour suivre l'évolution de l'intégrité structurelle de ces sites de coralligène. Cette méthodologie n'ayant pas été opérationnelle à cette période, l'état initial a été effectué lors du suivi T+5.

Pour ce bilan final, l'intégralité des 10 transects permanents étudiés au sein de l'habitat coralligène dans le cadre du suivi de son état de conservation ont été modélisés par la technique de la photogrammétrie.

Cet état initial permettra lors des prochains suivis, de suivre l'évolution de l'état structurel, de la microrugosité, du recouvrement et de la répartition des espèces constitutives du coralligène, pour les sites dans le cantonnement et hors cantonnement.

3.3 Evaluation de la ressource halieutique

3.3.1 Suivi par pêches expérimentales

3.3.1.1 Enjeux et objectifs du suivi

Ce suivi halieutique par pêches expérimentales doit permettre d'évaluer l'impact de la mise en place du cantonnement sur la pêche professionnelle aux petits métiers. L'enjeu à cette étape de l'étude est d'évaluer si un effet « Réserve » sur les ressources halieutiques commence à apparaître au bout de 3 ans de mise en place du cantonnement marine du Roc de Brescou. Pour cela, un état de la ressource halieutique pêchée dans le cantonnement et en dehors par rapport à trois habitats principaux est réalisé : le coralligène, la roche et les récifs artificiels. Ces données de pêche standardisée seront comparées dans le temps (avant et + 3 ans près la mise en place du cantonnement) et dans l'espace afin d'évaluer des évolutions possibles dans les compositions halieutiques, les quantités et l'efficacité de pêche.

Une nouvelle campagne de pêche était prévue en 2025 pour avoir un état de la ressource à + 6 ans après la création du cantonnement. Cependant, la prud'homie des pêcheurs d'Agde a préféré ne pas réaliser cette dernière campagne pour arrêter toute pêche au sein de la zone protégée.

3.3.1.2 Matériel et méthodes

- Méthodologie du suivi

L'intérêt des pêches expérimentales :

Le suivi halieutique par pêche expérimentale permet d'obtenir des renseignements précis sur les espèces présentes localement, sur leurs abondances et sur leurs données biologiques : biomasse et classes de taille (Charbonnel *et al.*, 1997, 1995 ; Thiao, 2020). En effet, cette approche se faisant avec des engins de pêche localement utilisés, elle permet d'avoir une estimation instantanée de la ressource halieutique disponible (Dalias *et al.*, 2012). De plus, cette méthodologie a déjà été utilisée localement pour des suivis scientifiques (Blouet *et al.*, 2015) et sur une étude d'évaluation de l'efficacité halieutique d'une aire marine protégée (Damalas *et al.*, 2022). Cette approche basée sur le prélèvement direct de la ressource est complémentaire du suivi ichtyologique en plongée sous-marine (comptages visuels), réalisé dans le cadre de l'évaluation du cantonnement par l'AMP.

Moyens humains et matériel utilisé :

Les pêches expérimentales sont effectuées par des pêcheurs professionnels aux « petits métiers » locaux choisis par la prud'homie des pêcheurs d'Agde et sous la responsabilité de l'AMP. Au cours d'une campagne (correspondant à une année de suivi), les pêches expérimentales sont réalisées par le même pêcheur et le même matériel afin d'obtenir une meilleure cohérence dans les résultats.

Les pêches expérimentales sont réalisées à l'aide d'engins de pêche standardisés qui correspondent à des filets à maille utilisés couramment par les pêcheurs de la prud'homie d'Agde (filets maillants et filets trémails) (Blouet *et al.*, 2010 ; Damalas *et al.*, 2022 ; Thiao, 2020). Les filets à mailles sont des filets de forme rectangulaire, maintenus à la surface grâce à des flotteurs plus ou moins lestés dans leur partie inférieure selon le type de filets (maillant ou trémail) (Gambaiani, 2017).

Le filet maillant simple est constitué d'une seule couche de mailles (Figure 13). Il se positionne verticalement dans la colonne d'eau permettant la capture des poissons pélagiques (*Dicentrarchus labrax*, *Sparus* sp., *Diplodus* sp. etc.). Les poissons sont capturés de trois façons différentes selon les mouvements du poisson : la maille s'entoure autour de son corps, glisse dans les opercules des branchies ou bloque une protubérance (dents, nageoires, etc.) (Gambaiani, 2017). Ce type de filets possède une corde lestée ou de multiples lests légers dans la partie inférieure du filet pour assurer sa stabilité dans la colonne d'eau (Bonnet, 1966).

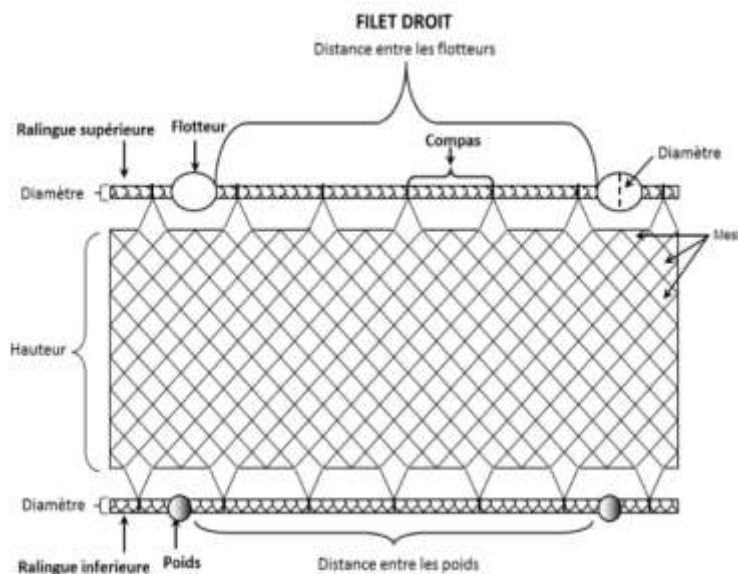


Figure 13 : Schéma d'un filet maillant

L'AMP fournit deux filets maillants simples de 300 m de long sur 4 m de haut avec une maille de 42 mm.

Le filet trém ail est constitué de trois nappes de filet : une centrale (la flue) et une de chaque côté (les aumées) (Figure 14), la maille de la nappe interne étant inférieure à celle des nappes externes (Karakulak and Erk, 2008). Il existe plusieurs combinaisons de tailles de mailles pour mieux s'adapter à l'espèce cible pêchée. Ils se positionnent au fond pour capturer les espèces benthiques (*Solea solea*, *Scophthalmus rhombus*, etc.)

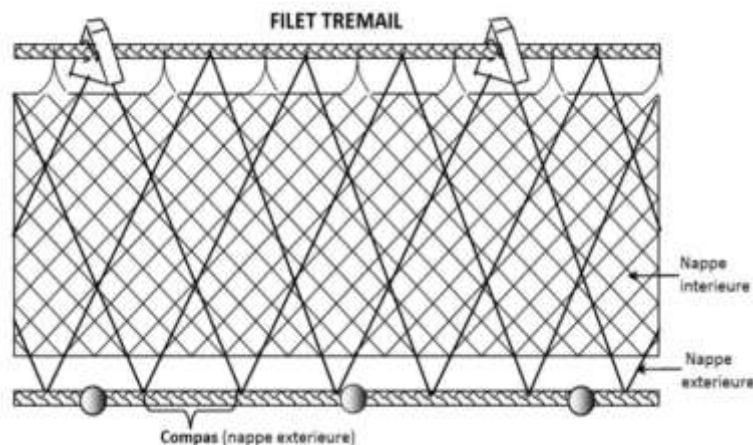


Figure 14 : Schéma d'un filet trém ail

L'AMP fournit deux filets trémails de 300m de long sur 2m de haut avec un vide de mailles fixes de 40/50mm.

Stratégie d'échantillonnage et localisations des stations :

Les pêches expérimentales se déroulent sur deux saisons par campagne : une saison dite « froide », d'avril à juin, et une saison dite « chaude » de septembre à octobre.

L'étude est réalisée au sein de l'AMP côte agathoise, entre des bathymétries de 20 à 35m, sur et à proximité du secteur du roc de Brescou. La zone d'étude a été séparée en deux secteurs en fonction de son statut réglementaire : dans le cantonnement marine du roc de Brescou (ZPR) et hors du cantonnement (HR). Dans chacun de ces secteurs, trois habitats, ayant chacun leur propre intérêt halieutique, ont été ciblés : la Roche, le Coralligène et les Récifs artificiels (sur fonds sableux). Pour chaque couple secteur/habitat, deux stations proches l'une de l'autre ont été fixées (coordonnées GPS) correspondant à la localisation d'une part du filet

maillant et du filet trémail d'autre part. A noter que pour chaque habitat étudié, les stations de chaque secteur ont été sélectionnées pour avoir la même orientation et les mêmes profondeurs (Harmelin *et al.*, 1995) : fond rocheux (27 m), coralligène (20 m) et récif artificiel (30m) (Tableau 10 ; Figure 15).

Tableau 10 : Coordonnées GPS (en WGS84, degrés décimaux) des calées de filet sur les différentes stations, en fonction de l'habitat, du secteur et du type de filet. Deux points sont présents par station qui correspondent au début et à la fin du filet.

SECTEUR	Cantonnement (ZPR)	HABITAT	STATION			
			Maillant		Trémail	
			X	Y	X	Y
	Cantonnement (ZPR)	Roche	3.50560	43.23971	3.50560	43.23915
			3.50922	43.24025	3.50929	43.23928
		Coralligène	3.50736	43.24626	3.50825	43.24575
		3.51063	43.24752	3.51183	43.24639	
		Récifs artificiels	3.50207	43.23458	3.50255	43.23426
		3.50511	43.23611	3.50566	43.23571	
Hors cantonnement (HR)	Roche	3.52851	43.24854	3.52877	43.24753	
		3.53220	43.24859	3.53238	43.24811	
	Coralligène	3.51555	43.25009	3.51509	43.25118	
	3.51846	43.25175	3.51799	43.25286		
	Récifs artificiels	3.54127	43.24905	3.54028	43.25012	
	3.54376	43.25104	3.54274	43.25213		



Figure 15 : localisation des stations en fonction du type de filet des habitats

Les pêches expérimentales, tout comme l'activité quotidienne de pêche professionnelle, sont dépendantes des aléas climatiques, lesquels influencent le comportement du poisson et donc le rendement des engins. La variabilité des prises impose donc de réaliser des réplicas afin d'établir une moyenne la plus représentative possible d'une journée type de pêche. Sur cette étude, chaque station a été répliquées six fois par saison (Tableau 11). Ce nombre de réplicas a été choisi en s'appuyant sur d'autres études effectuées sur l'efficacité de mesure de gestion halieutique en Méditerranée française (Blouet *et al.*, 2015 ; Seytre & Francour, 2008).

Une calée correspond à la pose des quatre filets (deux maillants et deux trémails) posés le soir et relevés le matin sur un habitat donné. Lors de chaque calée, le pêcheur échantillonne 1 station en ZPR et 1 station en HR, toutes les deux correspondant au même habitat. Ainsi, au bout de trois jours, un réplica complet est obtenu sur les trois types d'habitat suivis. 18 jours de calées sont donc nécessaires par saison pour réaliser les 6 réplicas.

Tableau 11 : stratégie d'échantillonnage des pêches expérimentales par campagne

			STATION				
			Saison Froide		Saison Chaude		
			Maillant	Trémail	Maillant	Trémail	
SECTEUR	Cantonnement (ZPR)	HABITAT	Roche	6 fois	6 fois	6 fois	6 fois
			Coralligène	6 fois	6 fois	6 fois	6 fois
			Récifs artificiels	6 fois	6 fois	6 fois	6 fois
	Hors cantonnement (HR)		Roche	6 fois	6 fois	6 fois	6 fois
			Coralligène	6 fois	6 fois	6 fois	6 fois
			Récifs artificiels	6 fois	6 fois	6 fois	6 fois

Débarquement et récolte des données :

Au débarquement journalier des pêches expérimentales (*ie.* à la fin de la calée), tous les individus pêchés sont démaillés par le pêcheur et séparés par filet (donc par station pêchée). Le pêcheur, appuyé ponctuellement par un agent de l'AMP, relève les données biologiques suivantes pour chaque individu :

- L'identification jusqu'au niveau de l'espèce. En cas de doute d'identification d'un individu, des photographies peuvent être prises pour permettre son identification grâce au livre « Guide d'identification des poissons marins en Europe et Méditerranée » (Patrick Louisy – édition 2015) ainsi qu'avec des sites internet spécialisés comme Doris (<https://doris.ffesm.fr/>). En l'absence d'identification certaine, il est marqué le genre de l'espèce suivi de la mention « sp. » (pour espèce non identifiée).
- La taille (au cm près) à l'aide d'une règle graduée millimétrée. Pour les poissons, il est mesuré la longueur totale. Pour les crustacés, la longueur céphalothoracique et pour les mollusques la longueur du manteau (Figure 16). Pour les invertébrés comme le Murex, la taille n'est pas enregistrée, seule la classification commerciale est choisie : petit, moyen ou gros.

- La biomasse individuelle (au gramme près). Cette biomasse est mesurée à l'aide d'une balance électronique présente à quai et est enregistrée en kilogramme.

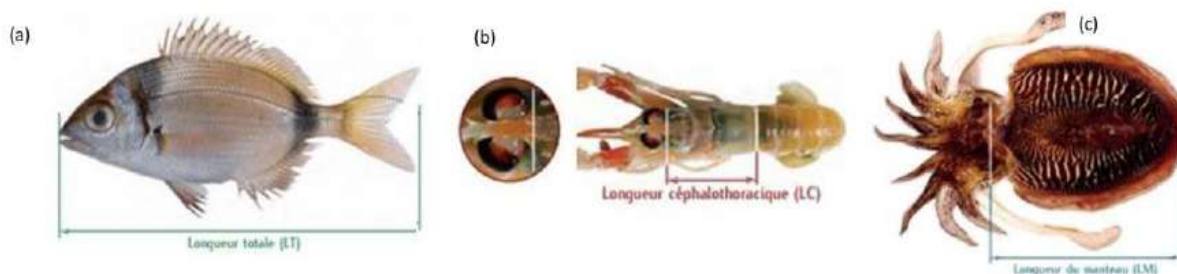


Figure 16 : Protocole de prise de mesure pour : (a) les poissons, (b) les crustacés et (c) les céphalopodes (source : Ifremer, 2012)

Les données sont rentrées dans une fiche de débarquement journalière comportant les informations suivantes (une fiche par station réalisée) :

- Des informations environnementales sur la calée et la station échantillonnée :
 - o Date
 - o Conditions météo (état de la mer, force et direction du vent...)
 - o Effort de pêche : type d'engin (maillant ou trémail), heures de pose et de levée du filet, durée de pose
 - o Identifiant de la station pêchée (par ex : Site large – cantonnement-maillant)
- Le produit de la pêche (pour une même station/filet) :
 - o Composition de la pêche : identification de l'espèce pour chaque individu pêché
 - o Taille et biomasse de chaque individu pêché

Les données sont par la suite rentrées dans une base de données informatisée de type Excel.

3.3.1.3 Traitement et analyses de données

A partir des données relevées sur le terrain (espèces, tailles, biomasses) et de la connaissance de l'effort de pêche pour chaque filet (calculé en multipliant la surface du filet par sa hauteur), plusieurs variables biologiques vont être calculées et analysées :

- La taille, qui sera aussi déclinée en classes de taille. Elle est exprimée en cm et permettra en outre d'évaluer du potentiel reproducteur.
- La biomasse. Exprimée en kg, la biomasse est calculée comme la somme des biomasses individuelles des poissons pêchés par filet ou comme la somme des biomasses d'une espèce par filet en fonction des analyses portées par la suite.
- L'abondance. Elle est exprimée en nombre d'individus pêchés et peut correspondre à l'abondance totale (toutes espèces confondues) ou une abondance par espèce.
- Le rendement de pêche ou CPUE (Captures par Unité d'Effort) en biomasse est une variable qui s'affranchit de l'effort de pêche, afin de pouvoir comparer les différents filets entre eux. Ce rendement correspond à la somme de biomasse pêchée dans le filet divisé par son effort de pêche et est exprimé en kg/m²/h.
- L'abondance relative ou CPUE en nombre d'individus permet elle aussi de comparer l'abondance entre filets en s'affranchissant de l'effort de pêche. Elle correspond au

nombre d'individus pêchés dans le filet divisé par son effort de pêche, avec comme unité le nombre d'individus/m²/h.

- La richesse spécifique et la RSPUE (Richesse spécifique par unité d'effort) : La richesse spécifique correspond au nombre d'espèces capturées. Tout comme pour le rendement, il est nécessaire de s'affranchir de l'effort de pêche pour comparer les filets entre eux. La RSPUE est donc obtenue en divisant la richesse spécifique par l'effort de pêche.

L'objectif de cette étude étant d'analyser l'effet du cantonnement sur la ressource halieutique dans le temps et comparativement à un secteur hors cantonnement, plusieurs niveaux d'analyses ont été réalisés. Les variables présentées ci-dessus ont été comparées entre elles en fonction des facteurs Années et saisons (saisons froides de 2019 et de 2022) et du secteur (Cantonnement / Hors cantonnement) au travers de tests non paramétriques (Test de Kruskal-Wallis).

La saison chaude 2022 n'ayant pas pu avoir lieu, les données en saison chaude 2019 n'ont été comparées qu'entre elles (comparaisons entre secteurs ZPR/HR), et non au regard des années.

3.3.1.4 Résultats

Deux campagnes de pêches expérimentales ont été réalisées dans le cadre de cette étude :

- Une campagne complète en 2019, correspondant à l'année de référence T0, avant la mise en place du cantonnement marine. En 2019, les pêches ont été effectuées sur les deux saisons : chaudes (calées réalisées entre le 30/04/2019 et le 27/06/2019) et froides (du 12/09/2019 au 29/11/2019).
- Une campagne en 2022, correspondant à 3 ans après la 1ère campagne de suivi et 2,5 ans post mise en place du cantonnement. Seule la saison « froide » a pu être réalisée en 2022 (du 31/05/2022 au 28/08/2022) du fait des mauvaises conditions météorologiques de septembre /octobre empêchant la réalisation des pêches en saison « chaude ». La période de pêche en saison « froide » a été longue (jusqu'en août) de par la présence massive durant l'été de méduses qui limitait les possibilités de pêche.

Le plan d'échantillonnage pour chaque saison a globalement été bien respecté, bien que trois réplicas (un réplica pour 3 stations) n'aient pas été conservés durant la saison froide de 2019 car les données ont été perdues par le pêcheur ou incomplètes (Tableau 12).

Tableau 12 : Plan d'échantillonnage des pêches expérimentales réalisé en 2019 et 2022

		2019		2022	Total général
		Saison froide	Saison chaude	Saison froide	
CORALLIGÈNE	HORS CANTONNEMENT	12	12	12	36
	Maillant	6	6	6	18
	Trémail	6	6	6	18
	CANTONNEMENT	12	12	12	36
	Maillant	6	6	6	18
	Trémail	6	6	6	18
R OCH	HORS CANTONNEMENT	11	12	12	35

	Maillant	5	6	6	17
	Trémail	6	6	6	18
	CANTONNEMENT	11	12	12	35
	Maillant	5	6	6	17
	Trémail	6	6	6	18
RECIFS ARTIFICIELS (RA)	HORS CANTONNEMENT	11	12	12	35
	Maillant	6	6	6	18
	Trémail	5	6	6	17
	CANTONNEMENT	12	12	12	36
	Maillant	6	6	6	18
	Trémail	6	6	6	18
Total général		69	72	72	213

- Diversité

Composition et richesse spécifique cumulée

Sur les 59 espèces capturées, les principales espèces pêchées sont globalement communes à tous les suivis et secteurs (à l'exception de la saupe, qui n'a été pêché qu'en saison chaude dans les deux secteurs HR et ZPR et du maquereau commun, espèce pélagique et saisonnière, non pêchées en 2022 hors cantonnement) et représentatives des pêches locales (Figure 17).

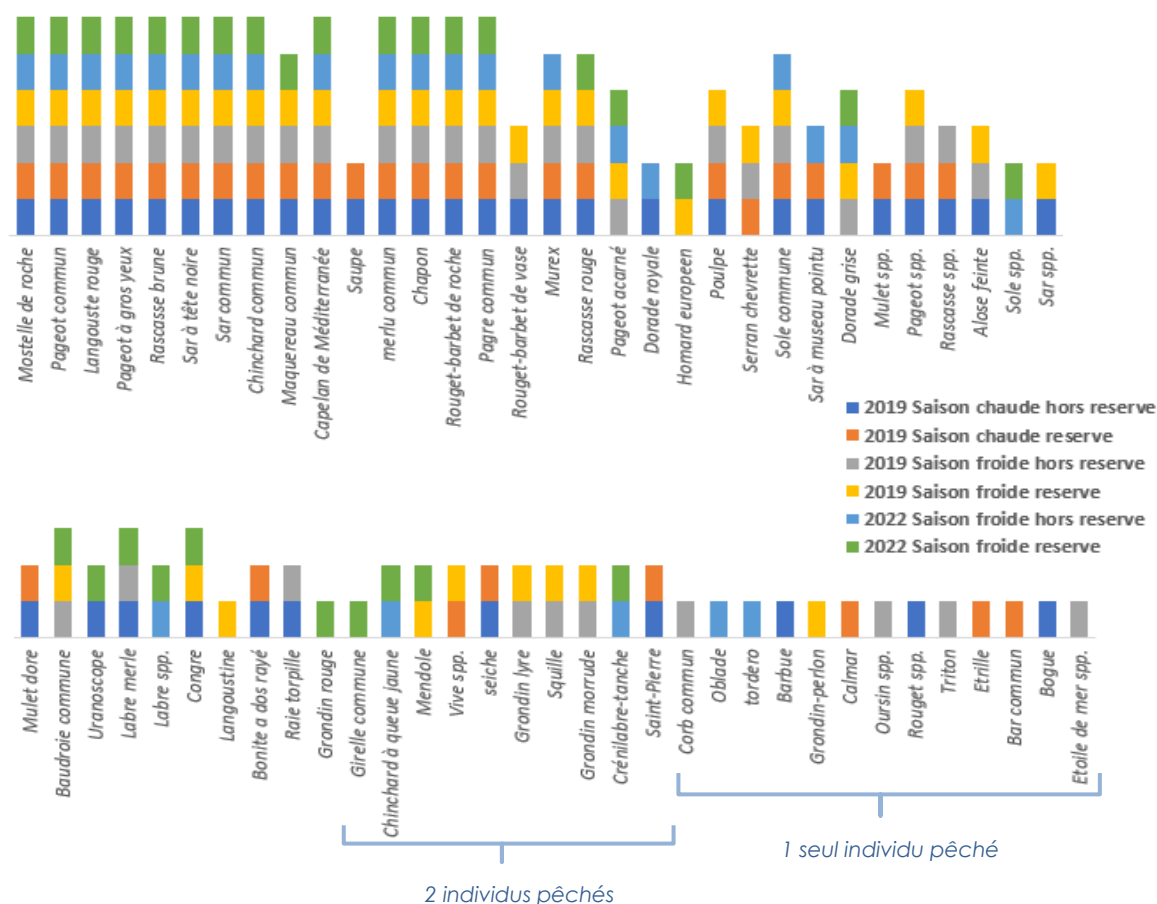


Figure 17 : Inventaire des espèces pêchées par année, saison et secteur (HR / ZPR). Les espèces ont été classées par abondance (toutes années incluses). La mostelle de roche est ainsi la plus abondante et les espèces du corb à l'étoile de mer sont les moins abondantes.

- Richesse spécifique :

• Comparaisons des données de 2019

En 2019, le nombre total d'espèces pêchées est globalement identique peu importe la saison et le secteur (HR ou ZPR), bien qu'il faille noter une plus faible diversité globale dans le cantonnement en saison chaude (Tableau 13). Cependant au regard des richesses spécifiques par filet en saison chaude en fonction des secteurs, aucune différence notable entre le cantonnement ($RS_{moy} = 3.7$ espèces ($\pm 1,6$) et hors cantonnement (3.8 espèces $\pm 1,8$) n'est observable (Figure 18 ; Tableau 14).

Si les boxplots des richesses spécifiques semblent montrer une différence entre saison froide et saison chaude en 2019 (peu importe le secteur) (Figure 18), cette différence n'est significative qu'entre la saison froide hors cantonnement et la saison chaude (pour les deux secteurs) (test de kruskal-Wallis suivi d'un test de Dunn (Tableau 14).

• Comparaisons des données de 2022

En 2022, il est observé une richesse spécifique globalement plus importante dans le cantonnement (28 espèces) que hors cantonnement (25 espèces) (Tableau 13). Cependant au regard des richesses spécifiques par filet entre secteurs, aucune différence significative entre le cantonnement ($RS_{moy} = 3.4$ espèces (± 2.3) et hors cantonnement (3.2 espèces ± 2.0) n'est observable (Figure 18 ; Tableau 14).

- *Comparaison entre les saisons froides de 2019 et de 2022*

Entre 2019 et 2022 il est observé une diminution de la richesse spécifique globale, plus importante hors cantonnement (-24% par rapport au même secteur en 2019) que dans le cantonnement (-15%) (Tableau 13). Cette diminution est aussi retrouvée dans la richesse spécifique moyenne par filet (-35% hors et dans cantonnement entre 2019 et 2022). Cette baisse est considérée significative (Figure 18, test de Kruskal-Wallis, suivi d'un test de Dunn) et peut s'expliquer par l'arrivée massive de méduses rhizostomes durant presque la moitié des calées qui ont endommagé les filets et grandement limité sa capacité de pêche).

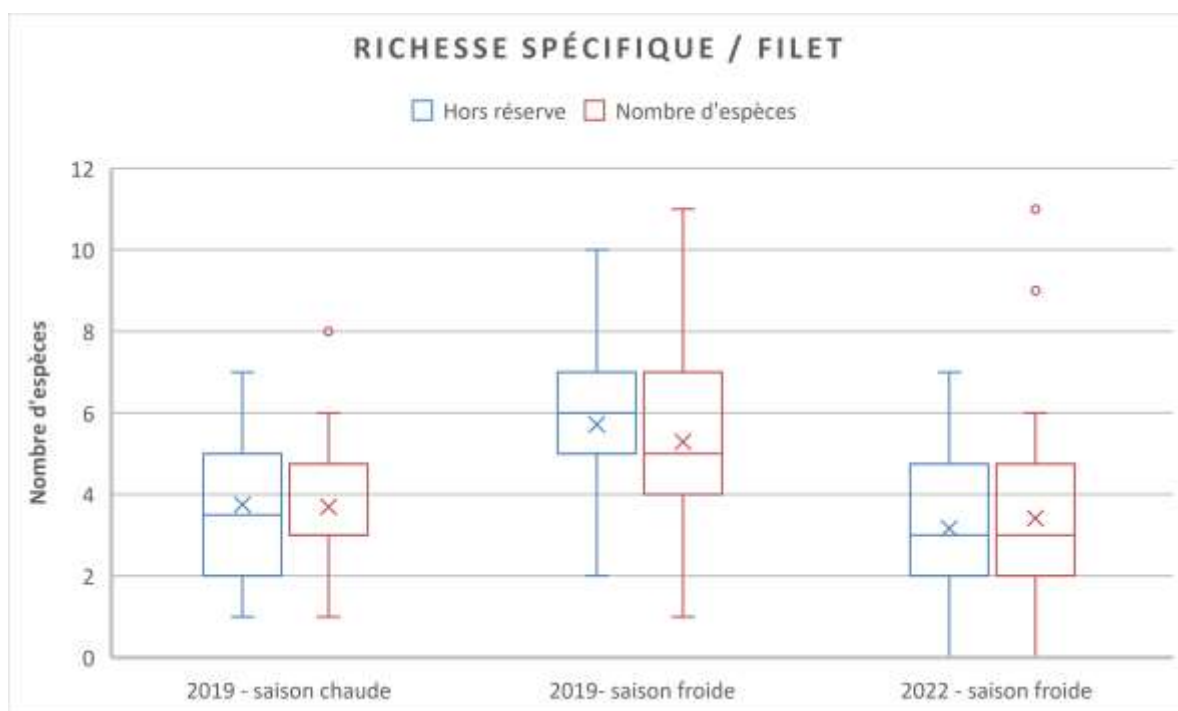


Figure 18 : Boxplots de la richesse spécifique par filet en fonction de la saison, l'année et du secteur (HR / ZPR)

Tableau 13 : Richesse spécifique capturée en fonction des années, saisons et secteurs (HR / ZPR)

Richesse spécifique globale	2019				2022	
	Saison chaude		Saison froide		Saison froide	
	Hors cantonnement	Cantonnement	Hors cantonnement	Cantonnement	Hors cantonnement	Cantonnement
Nombre d'espèces total	33	29	33	33	25	28

Tableau 14 : Test de Kruskal-Wallis et Dunn sur la richesse spécifique par filet

Test de Kruskal-Wallis / Test bilatéral :

K (Valeur observée)	41,782
K (Valeur critique)	11,070
DDL	5
p-value (unilatérale)	<0,0001
alpha	0,05

:

Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Dunn

P value	2019 SC HR	2019 SC ZPR	2019 SF HR	2019 SF ZPR	2022 SF HR	2022 SF ZPR
2019 SC HR	1	0,867	0,000	0,006	0,263	0,414
2019 SC ZPR	0,867	1	<0,0001	0,004	0,341	0,517
2019 SF HR	0,000	<0,0001	1	0,263	<0,0001	<0,0001
2019 SF ZPR	0,006	0,004	0,263	1	0,000	0,000
2022 SF HR	0,263	0,341	<0,0001	0,000	1	0,762
2022 SF ZPR	0,414	0,517	<0,0001	0,000	0,762	1

Niveau de signification corrigé de Bonferroni : 0,0033

- Composition et abondance des captures

Composition des pêches expérimentales :

En saison chaude 2019, les pêches expérimentales étaient largement dominées par la famille des sparidés (plus de 50% des pêches, peu importe le secteur). En saisons froides, la composition de l'ichtyofaune est globalement semblable entre années et entre secteurs, avec une co-dominance des sparidés et des gadidés et dans une moindre mesure des palinuridés et des scorpanidés (Figure 19).

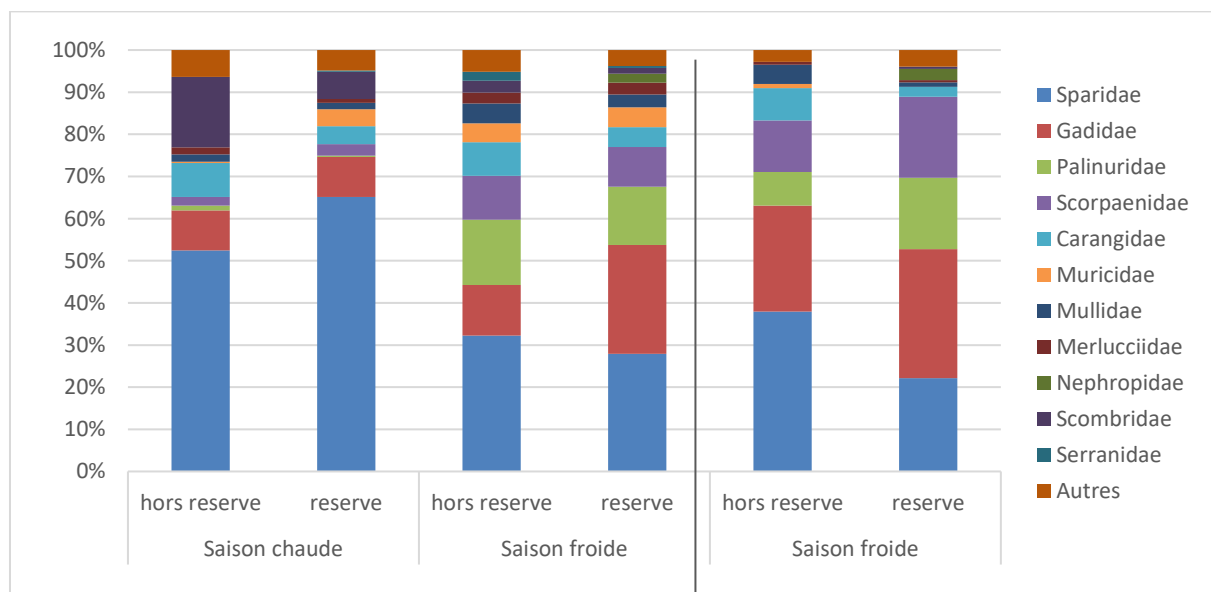


Figure 19 : Compositions des pêches expérimentales (familles) en fonction des années, saisons et secteurs

Dans une vue d'ensemble, il a été capturé 2163 individus, dont près de 70 % correspondent à 8 espèces (7 poissons et 1 crustacé) : la mostelle (15,1% des captures), le pageot commun (11,3%), la langouste rouge (10%), le pageot à gros yeux (7,6%), la rascasse brune (6,6%), deux sars : sar à tête noire (5,9%) et sar commun (5,8%) et enfin le chinchard commun (5,8%) (Tableau 16).

Entre les saisons froides de 2019 et 2022, les mêmes assemblages sont retrouvés puisque 7 espèces sur les 11 plus abondantes de chaque année sont communes, avec les trois espèces (mostelle, langouste et pageot commun) restant dans le trio de tête (Tableau 15).

Si globalement, une baisse de près de 19% du nombre de prises totales est à noter entre les saisons froides de 2019 et de 2022 (passant de 822 à 667 individus), la proportion du nombre d'individus capturés est plus importante en 2022 dans le cantonnement (57%) que hors cantonnement (43%), ce qui n'était pas le cas en 2019, quel que soit la saison (Tableau 16).

Il est intéressant de noter que pour les espèces benthiques (inféodées au milieu) les plus abondantes (en rouge dans le Tableau 16), le nombre d'individus pêchés est plus important dans le cantonnement que hors cantonnement en 2022. Cette différence était déjà notable en 2019 pour la mostelle, la rascasse rouge et le homard mais est spécifique à 2022 pour la langouste rouge, la rascasse brune et le chapon.

Tableau 15 : Nombre d'individus pour les 11 espèces les plus abondantes en fonction de l'année (2019 / 2022) et en saison froide. Les espèces sont classées par abondance totale dans la saison (la 1^{ère} ligne du tableau correspondant à l'espèce la plus pêchée)

2019 – saison froide	Hors réserve	Réserve	2022 – saison froide	Hors réserve	Réserve
Langouste rouge	66	59	Mostelle de roche	68	113
Mostelle de roche	42	80	Pageot commun	56	50
Pageot commun	43	58	Langouste rouge	23	64
Sar à tête noire	64	25	Rascasse brune	28	54
Chinchard commun	34	20	Sar commun	15	16
Rascasse brune	29	25	Chinchard commun	21	8
Capelan de Méditerranée	9	30	Chapon	7	16
Murex	19	20	Sar à tête noire	12	10
Sar commun	12	15	Pageot a gros yeux	16	2
Rouget-barbet de vase	17	10	Rouget-barbet de roche	13	4
Merlu commun	11	12	Homard européen		10

Tableau 16 : Nombre d'individus pêchés par espèce en fonction des années, saisons et secteurs. Les espèces sont classées par abondance (la 1ere ligne correspondant à l'espèce la plus pêchée et la dernière ligne à l'espèce la moins pêchée). La ligne « Autres espèces » correspond aux espèces dont moins de 5 individus ont été pêchés dans la totalité des pêches expérimentales.

Nombre d'individus par espèce	2019						2022			Total 2019 +2022	%
	Saison chaude		Total saison chaude	Saison froide		Total saison froide	Saison froide				
	Hors cantonnement	Canton-nement		Hors canton-nement	Canton-nement		Hors canton-nement	Canton-nement			
Mostelle de roche	11	13	24	42	80	122	68	113	181	327	15,12%
Pageot commun	14	24	38	43	58	101	56	50	106	245	11,33%
Langouste rouge	4	1	5	66	59	125	23	64	87	217	10,03%
Pageot à gros yeux	75	69	144	1	2	3	16	2	18	165	7,63%
Rascasse brune	2	5	7	29	25	54	28	54	82	143	6,61%
Sar à tête noire	6	11	17	64	25	89	12	10	22	128	5,92%
Sar commun	31	37	68	12	15	27	15	16	31	126	5,83%
Chinchard commun	28	14	42	34	20	54	21	8	29	125	5,78%
Maquereau commun	57	19	76	12	6	18		2	2	96	4,44%
Capelan de Méditerranée	22	18	40	9	30	39	4	3	7	86	3,98%
Saupe	25	56	81			0			0	81	3,74%
Merlu commun	6	3	9	11	12	23	2	2	4	36	1,66%
Chapon	1	1	2	6	4	10	7	16	23	35	1,62%
Rouget-barbet de roche	3	5	8	3	3	6	13	4	17	31	1,43%
Pagre commun	7	11	18	7	2	9	1	1	2	29	1,34%
Rouget-barbet de vase	2		2	17	10	27			0	29	1,34%
Murex	1	13	14	6	6	12	3		3	29	1,34%
Rascasse rouge	1	2	3	7	11	18		3	3	24	1,11%
Pageot acarné			0	6	8	14	3	1	4	18	0,83%
Dorade royale	13		13			0	3		3	16	0,74%
Homard européen			0		6	6	0	10	10	16	0,74%
Poulpe	2	2	4	5	4	9			0	13	0,60%
Serran chevrette		1	1	9	2	11			0	12	0,55%
Sole commune	2	2	4	6	1	7	1		1	12	0,55%
Sar à museau pointu	6	4	10			0	1		1	11	0,51%
Autres espèces (30)	28	16	48	15	18	33	11	20	31	104	4,99%
Total nombre d'individus	347	327	674	413	409	822	288	379	667	2163	100%
% entre HR/ZPR par saison et année	51%	49%		50%	50%		43%	57%			

- Analyses des rendements de pêche

Le rendement de pêche ou CPUE biomasse :

• *En 2019 :*

Si la CPUE moyenne en saison froide 2019 est supérieure dans le cantonnement (+26%), cette différence n'est pas significative au regard des variations importantes de biomasse par calée (Figure 20 ; Figure 21). Ainsi en saison froide comme en saison chaude, il n'y a pas de différence significative de biomasse capturée à effort de pêche égal entre secteurs (Hors cantonnement / Cantonnement) pour 2019 (Figure 20 ; Figure 21).

• *En 2022*

La CPUE moyenne par filet dans le cantonnement est 86% plus importante que hors cantonnement. Cette différence étant significative (Test Kruskal-Wallis avec $p_{\text{value}} < 0.05$, Figure 21), il peut être dit qu'en 2022, la pêche a été globalement importante (en termes de biomasse pêchée) dans le cantonnement en 2022 qu'hors cantonnement pour un même effort de pêche.

• *Evolution entre saisons froides 2019 et 2022*

Si dans le cantonnement, la CPUE moyenne a peu évolué entre 2019 et 2022 (+5%), celle-ci a chuté dans le secteur hors cantonnement (-29%). Cependant du fait des variations de biomasse pêchée en fonction des calées, cette diminution n'est pas considérée comme significative (Figure 20 ; Figure 21).

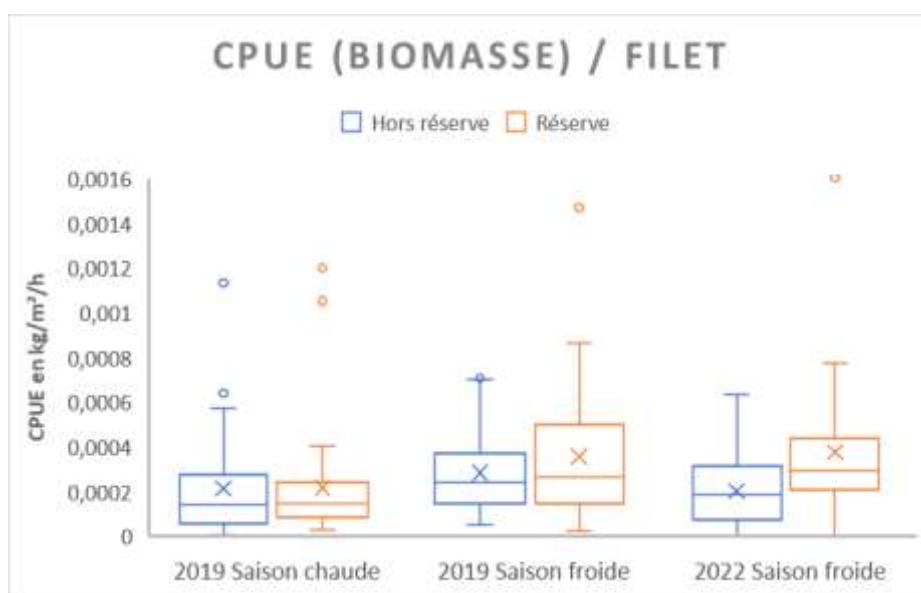


Figure 20 : Boxplots des CPUE (en biomasse) par filet en fonction des années, saisons et secteurs

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) - CPUE (biomasse) (Feuille de données24)					
		Var. indépendante (classement) - variable					
		Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 213) =21,53387 p = .000					
Dépend :		2019 Saison froide hors réserve	2019 Saison chaude hors réserve	2022 Saison froide hors réserve	2019 Saison froide réserve	2019 Saison chaude réserve	2022 Saison froide réserve
CPUE (biomasse)		R:121,96	R:86,403	R:90,222	R:125,10	R:86,792	R:132,94
2019 Saison froide hors réserve			0,226354	0,451082	1,000000	0,243502	1,000000
2019 Saison chaude hors réserve		0,226354		1,000000	0,129699	1,000000	0,020340
2022 Saison froide hors réserve		0,451082	1,000000		0,269300	1,000000	0,649085
2019 Saison froide réserve		1,000000	0,129699	0,269300		0,140107	1,000000
2019 Saison chaude réserve		0,243502	1,000000	1,000000	0,140107		0,622315
2022 Saison froide réserve		1,000000	0,020340	0,049085	1,000000	0,022315	

Figure 21 : Analyses des CPUE (en biomasse) - test de Kruskal-Wallis

L'abondance relative ou CPUE en nombre d'individus :

- Comparaison des données par année

En 2019, peu importe la saison, les CPUE moyennes étaient globalement identiques entre secteurs (Figure 22 ; Figure 23).

En 2022, bien que la CPUE moyenne soit 36% plus importante dans le cantonnement qu'hors cantonnement, il n'y a pas de différence significative de CPUE entre secteurs (Figure 22 ; Figure 23).

- Evolution entre saisons froides 2019 et 2022

Si les CPUE moyennes (en nombre d'individus) ont diminué entre 2019 et 2022 (-39% hors cantonnement et -19% dans le cantonnement), cette baisse n'est statistiquement significative que pour le secteur hors cantonnement.

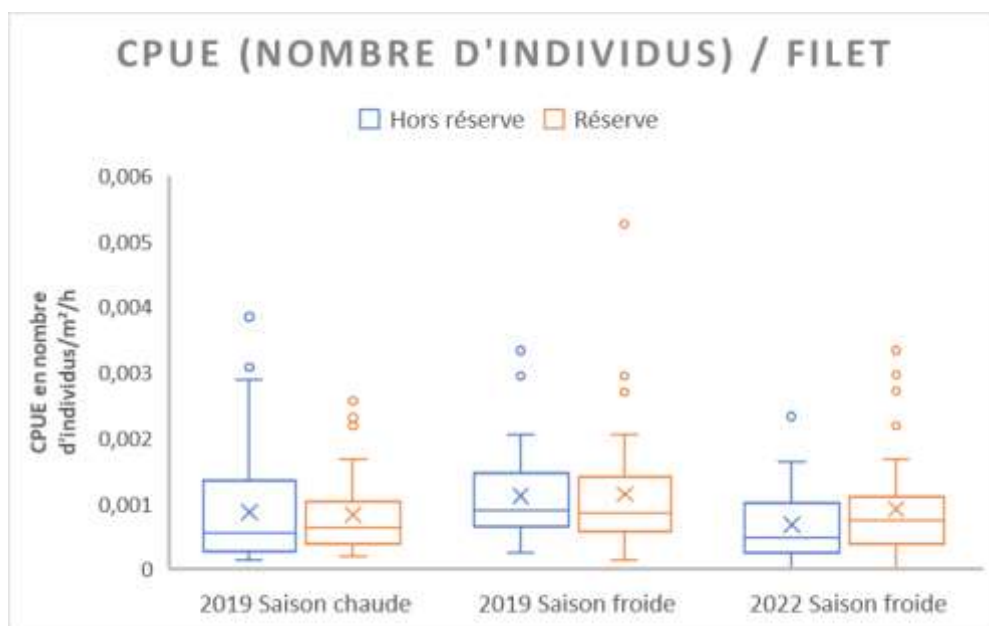


Figure 22 : Boxplots des CPUE (en nombre d'individus) par filet en fonction des années, saisons et secteurs

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; CPUE (nb ind) (Feuille de données24)						
Var. indépendante (classement) ; variable						
Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 213) =14,18756 p = 0,14						
Dépend. : CPUE (nb ind)	2019 Saison froide hors réserve R:131,56	2019 Saison chaude hors réserve R:94,444	2022 Saison froide hors réserve R:85,778	2019 Saison froide réserve R:123,85	2019 Saison chaude réserve R:101,25	2022 Saison froide réserve R:106,74
2019 Saison froide hors réserve		0,167845	0,026301	1,000000	0,574614	1,000000
2019 Saison chaude hors réserve	0,167845		1,000000	0,690151	1,000000	1,000000
2022 Saison froide hors réserve	0,026301	1,000000		0,146784	1,000000	1,000000
2019 Saison froide réserve	1,000000	0,690151	0,146784		1,000000	1,000000
2019 Saison chaude réserve	0,574614	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
2022 Saison froide réserve	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

Figure 23 : Analyses des CPUE (en nombre d'individus) - test de Kruskal-Wallis

- Analyses de l'effet du cantonnement par habitat

Comparaisons sur l'habitat Coralligène :

Rendements en biomasse

• **En 2019 :**

Selon la saison, la CPUE moyenne est plus (en saison froide) ou moins (en saison chaude) importante dans le cantonnement qu'en dehors, avec des CPUE globalement plus importantes en saison froide qu'en saison chaude (Tableau 17). Cependant au vu des variations de CPUE par filet, il n'y a pas de différence significative de rendement (en biomasse) entre secteur et saison en 2019 (Figure 24 ; Figure 25).

• **En 2022 :**

La CPUE (en biomasse) moyenne dans le cantonnement est deux fois plus importante que hors cantonnement en 2022 (Tableau 17) mais cette différence n'est pas considérée comme significative à la vue des gros écarts de CPUE par filet en 2022 (Figure 24 ; Figure 25).

• **Evolution entre 2019 et 2022 :**

En moyenne, le rendement de pêche (CPUE) en biomasse a été globalement en diminution (-12%) hors cantonnement entre 2019 et 2022 alors qu'il a été en augmentation (+50%) dans le cantonnement (Tableau 17). Cependant ces différences ne sont pas significatives (Figure 24 ; Figure 25).

Tableau 17 : CPUE moyennes (en biomasse) pour le coralligène en fonction des années, saisons et secteurs

CPUE (en biomasse) moyennes	2019		2022	Différence saisons froides 2019/2022
	Saison chaude	Saison froide	Saison froide	
Hors réserve (HR)	0,000246	0,000298	0,000263	-12%
Réserve (ZPR)	0,000171	0,000349	0,000522	+50%
Différence dans ZPR par rapport à HR (en %)	-31%	+17%	+99%	

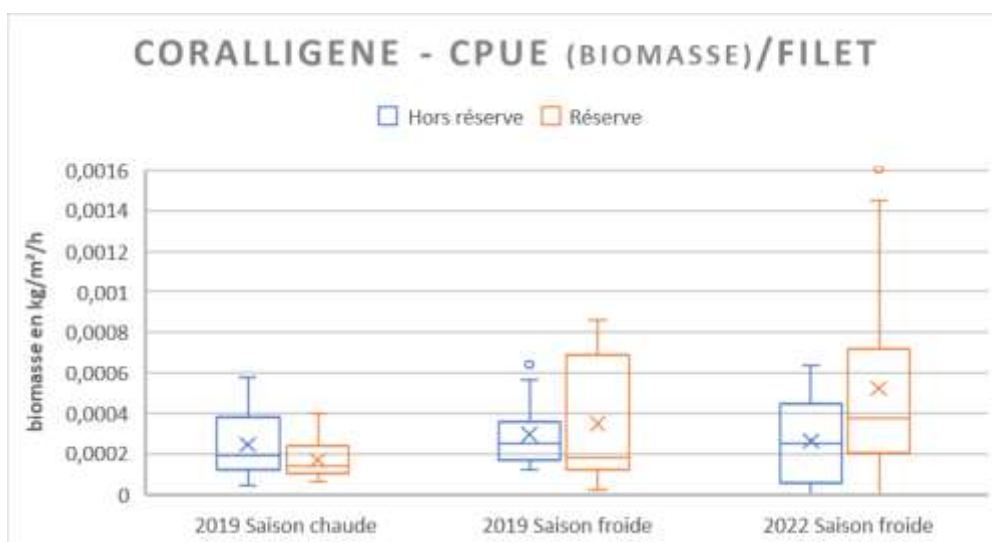


Figure 24 : Boxplots des CPUE (biomasse) par filet sur le coralligène

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) : CPUE (biomasse) ID (Feuille de données1)
 Var. indépendante (classement) : variable
 Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 72) =6,348561 p = 273

Dépend. : CPUE (biomasse) ID	2019 - SC Hors réserve R:33,833	2019 - SC Réserve R:26,000	2019 - SF Hors réserve R:41,250	2019 - SF Réserve R:37,333	2022 - SF Hors réserve R:34,708	2022 - SF Réserve R:45,875
2019 - SC Hors réserve		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2019 - SC Réserve	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	0,300124
2019 - SF Hors réserve	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
2019 - SF Réserve	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
2022 - SF Hors réserve	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
2022 - SF Réserve	1,000000	0,300124	1,000000	1,000000	1,000000	

Figure 25 : Analyses des CPUE (en biomasse) sur le coralligène - test de Kruskal-Wallis

Rendements en nombre d'individus

- En 2019 :

Les CPUE (en nombre d'individus) moyennes sont identiques par secteur entre saison chaude et froide mais par contre elles sont 27 % moins importante dans le cantonnement que hors cantonnement (Tableau 18). La différence entre secteurs n'est cependant pas significative au regard des boxplots et analyses statistiques (Figure 26 ; Figure 27).

- En 2022 :

Au contraire de 2019, le nombre d'individus capturés à effort de pêche constant est plus important dans le cantonnement que hors cantonnement (Tableau 18), bien que cela ne soit pas significatif au regard des boxplots et analyses (Figure 26 ; Figure 27).

- Evolution entre 2019 et 2022 :

Si hors cantonnement, le nombre d'individus à effort égal a diminué de 12% entre 2019 et 2022, dans le cantonnement, au contraire, il a augmenté de 57 % (Tableau 18). Cependant, ces différences ne sont pas significatives au regard des grandes variations de CPUE selon les calées (Figure 26 ; Figure 27).

Tableau 18 : CPUE moyennes (en nombre d'individus) sur le coralligène en fonction des années, saisons et secteurs

CPUE (en nombre d'individus) moyennes	2019		2022	Différence saisons froides 2019/2022
	Saison chaude	Saison froide	Saison froide	
Hors réserve	0,0011	0,0011	0,0094	-12%
Réserve	0,0008	0,0008	0,0012	+57%
Différence dans ZPR par rapport à HR (en %)	-27%	-27%	+30%	

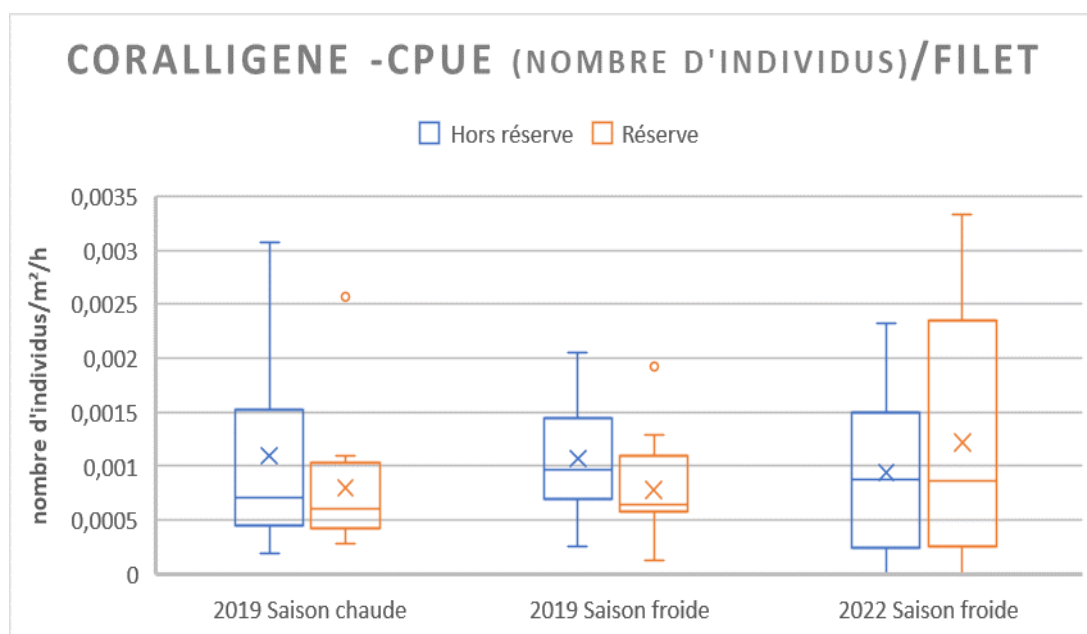


Figure 26 : Boxplots des CPUE (en nombre d'individus) par filet sur le coralligène

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; CPUE (nb ind) /ID (Feuille de données1)
 Var. indépendante (classement) : variable
 Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 72) =2,536041 p =,771

Dépend. : CPUE (nb ind) /ID	2019 - SC Hors réserve R:36,125	2019 - SC Réserve R:31,750	2019 - SF Hors réserve R:43,458	2019 - SF Réserve R:32,333	2022 - SF Hors réserve R:36,875	2022 - SF Réserve R:38,458
2019 - SC Hors réserve		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2019 - SC Réserve	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2019 - SF Hors réserve	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
2019 - SF Réserve	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
2022 - SF Hors réserve	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
2022 - SF Réserve	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

Figure 27: Analyses des CPUE (en nombre d'individus) sur le coralligène - test de Kruskal-Wallis

La richesse spécifique

- En 2019 :

A effort constant, le nombre d'espèces pêché est en moyenne plus faible dans le cantonnement que hors cantonnement peu importe la saison (Tableau 19), bien que cela ne soit pas significativement différent (Figure 28 ; Figure 29).

- En 2022 :

Comme en 2019, il est pêché, à effort de pêche identique, moins d'espèces en moyenne dans le cantonnement que hors cantonnement bien que cette diminution soit moins importante qu'en 2019 (Tableau 19). Cependant au regard des variations de RSPUE par calée, on ne peut pas conclure à une différence significative entre secteurs en 2022 (Figure 28 ; Figure 29).

- Evolution entre 2019 et 2022 :

Peu importe le secteur, en moyenne la RSPUE a diminué entre 2019 et 2022, avec une baisse plus forte hors cantonnement (-41%) que dans le cantonnement (-35%) (Tableau 19). Cependant ces diminutions ne sont pas significatives (Figure 28 ; Figure 29).

Tableau 19 : RSPUE moyennes sur le coralligène en fonction des années, saisons et secteurs

RSPUE moyenne CORALLIGENE	2019		2022	Différence saisons froides 2019/2022
	Saison chaude	Saison froide	Saison froide	
Hors réserve	0,00044	0,00055	0.00032	-41%
Réserve	0,00036	0,00044	0.00029	-35%
Différence dans ZPR par rapport à HR (en %)	-19%	-19%	-10%	

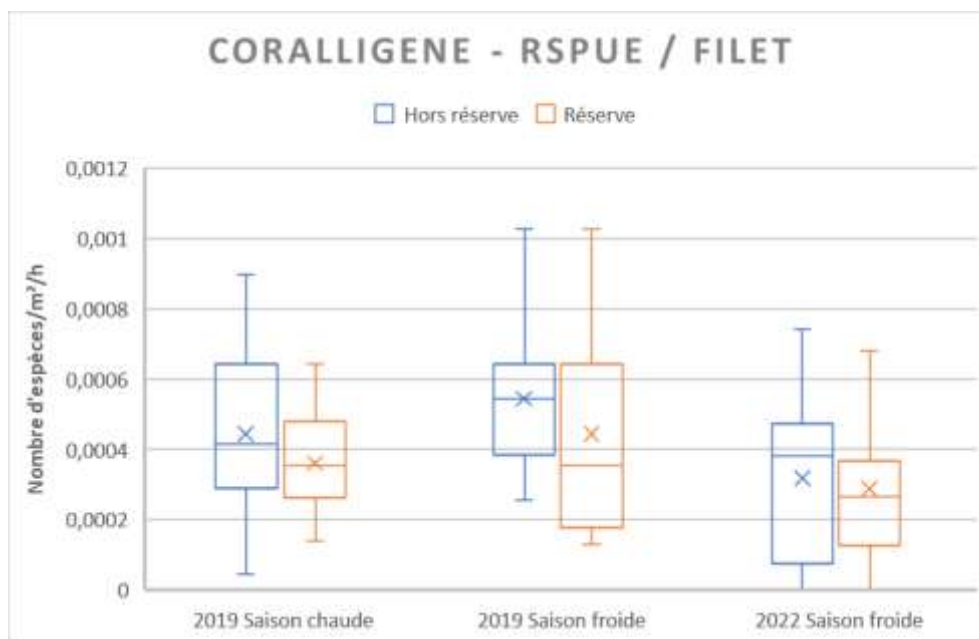


Figure 28 : Boxplots des RSPUE par filet sur le coralligène

Dépend : RSPUE/ID	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; RSPUE/ID (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : variable Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 72) =10,47608 p = 0,62					
	2019 - SC Hors réserve R:41,125	2019 - SC Réserve R:33,958	2019 - SF Hors réserve R:49,583	2019 - SF Réserve R:39,167	2022 - SF Hors réserve R:30,333	2022 - SF Réserve R:24,833
2019 - SC Hors réserve		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,848206
2019 - SC Réserve	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2019 - SF Hors réserve	1,000000	1,000000		1,000000	0,363847	0,056554
2019 - SF Réserve	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
2022 - SF Hors réserve	1,000000	1,000000	0,363847	1,000000		1,000000
2022 - SF Réserve	0,848206	1,000000	0,056554	1,000000	1,000000	

Figure 29 : Analyses des RSPUE sur le coralligène - test de Kruskal-Wallis

Comparaisons sur l'habitat Récif artificiel :

Rendements en biomasse

- En 2019 :

Les rendements de pêche en biomasse sur les récifs artificiels sont en moyenne plus importants dans le cantonnement que hors cantonnement que cela soit en saison chaude (+11%) qu'en saison froide (+44%) (Tableau 20). Cependant les variations de rendement par calée font que ces plus fortes pêches en Cantonnement ne sont pas significatives (Figure 30 ; Tableau 21).

- En 2022 :

Les CPUE sont en moyenne 1,5 fois supérieures dans le cantonnement que hors cantonnement (Tableau 20) mais sans significativité statistique (Figure 30 ; Tableau 21).

- Evolution entre 2019 et 2022 :

Que cela soit hors cantonnement ou dans le cantonnement, les rendements de pêche ont en moyenne diminué d'un peu plus d'un tiers entre 2019 et 2022 (Tableau 20). Cependant au regard des boxplots et des analyses statistiques aucune différence significative n'est observable (Figure 30 ; Tableau 21).

Tableau 20 : CPUE moyennes en biomasse par filet sur les récifs artificiels en fonction des années ; saisons et secteurs

CPUE (en biomasse) moyennes Récifs artificiels	2019		2022	Différence saisons froides 2019/2022
	Saison chaude	Saison froide	Saison froide	
Hors réserve	0,000256	0,000307	0,000196	-36%
Réserve	0,000284	0,000441	0,000292	-34%
Différence dans ZPR par rapport à HR (en %)	+11%	+44%	+49%	

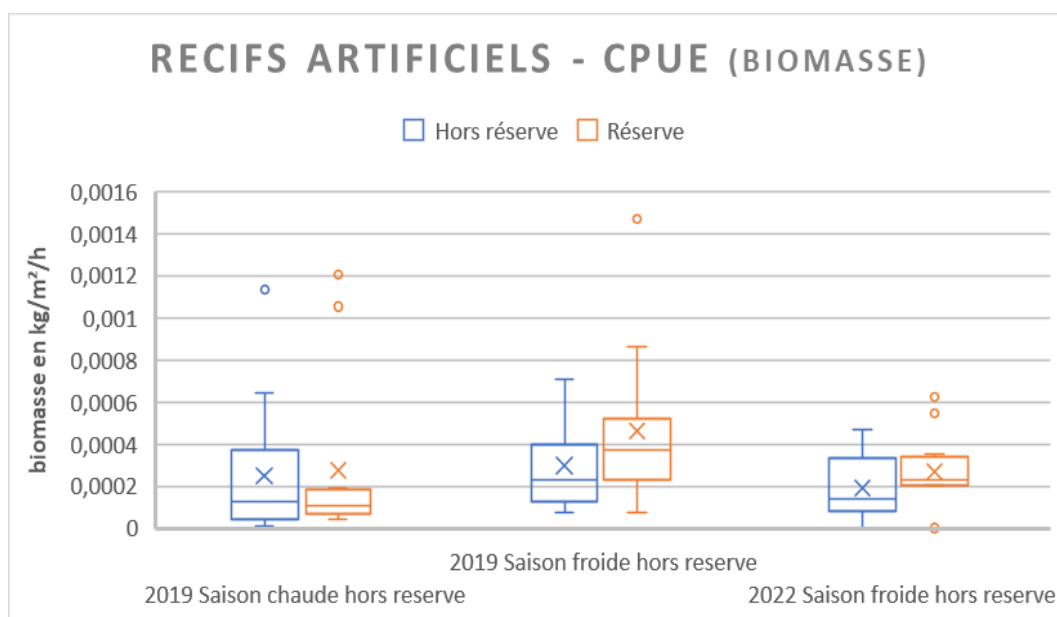


Figure 30 : Boxplots des CPUE (en biomasse) par filet sur les récifs artificiels

Tableau 21 : Analyses des CPUE (en biomasse) par filet sur les récifs artificiels – test de Kruskal-Wallis

Dépend. : CPUE (biomasse)/ID	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; CPUE (biomasse)/ID (Feuille de données9)					
	Var. indépendante (classement) : variable					
	Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 71) =10,25742 p =,068					
	2019 - SC- HR R:27,583	2019 - SC- ZPR R:28,583	2019 - SF- HR R:41,333	2019 - SF- ZPR R:49,545	2022 - SF- HR R:30,583	2022 - SF- ZPR R:39,500
2019 - SC- HR		1,000000	1,000000	0,161987	1,000000	1,000000
2019 - SC- ZPR	1,000000		1,000000	0,224575	1,000000	1,000000
2019 - SF- HR	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
2019 - SF- ZPR	0,161987	0,224575	1,000000		0,416120	1,000000
2022 - SF- HR	1,000000	1,000000	1,000000	0,416120		1,000000
2022 - SF- ZPR	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

Rendements en nombre d'individus

- En 2019 :

Le nombre d'individus capturés à effort de pêche égal est en moyenne supérieur dans le cantonnement qu'en dehors en saison froide (+17%), mais est légèrement inférieur en saison chaude (-7%) (Tableau 22). Cependant au regard des boxplots et des analyses statistiques menées, il n'y a pas de différence de CPUE entre secteur ou saison en 2019 (Figure 31 ; Figure 32).

- En 2022 :

La CPUE moyenne dans le cantonnement est légèrement supérieure à celle hors cantonnement (+9%) (Tableau 22) sans qu'il n'y ait de différence significative (Figure 31 ; Figure 32).

- Evolution entre 2019 et 2022 :

Les CPUE en 2022 ont baissé d'environ 50% par rapport à 2019 quel que soit le secteur (Tableau 22). Cependant cette baisse n'est pas significative (Figure 31 ; Figure 32).

Tableau 22 : CPUE moyennes (en nombre d'individus) par filet sur les récifs artificiels en fonction des années, saisons et secteurs

CPUE (en nombre d'individus) moyennes Récifs artificiels	2019		2022	Différence saisons froides 2019/2022
	Saison chaude	Saison froide	Saison froide	
Hors cantonnement	0,000882	0,00130	0,000670	-49%
Cantonnement	0,000824	0,001515	0,000727	-52%
Différence dans ZPR par rapport à HR (en %)	-7%	+17%	+9%	

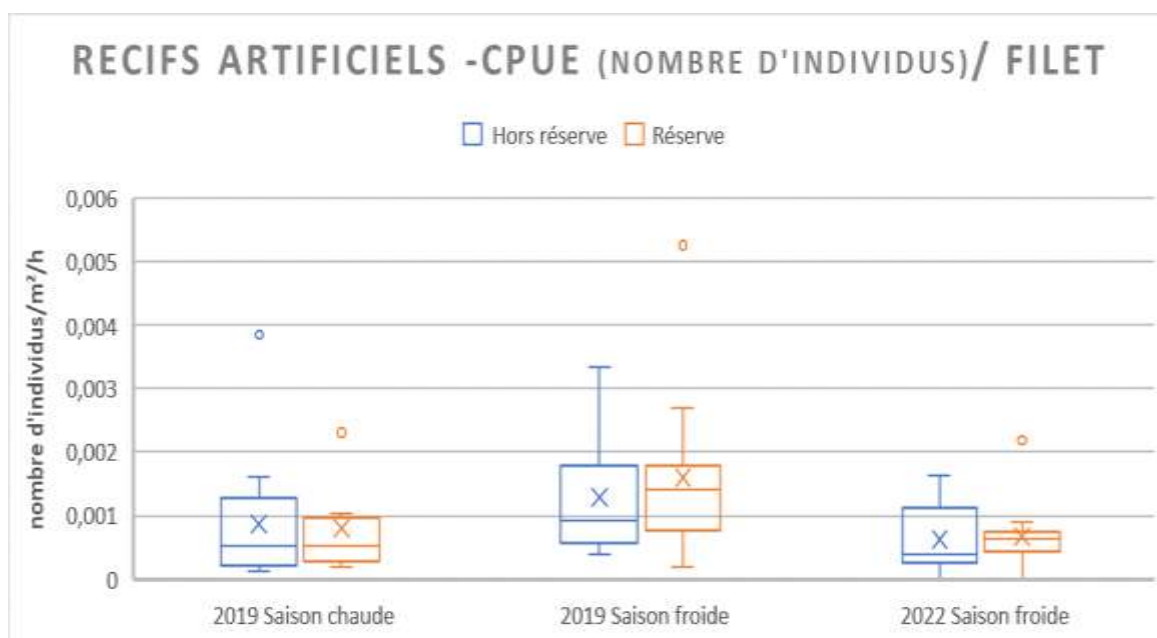


Figure 31 : Boxplots des CPUE (en nombre d'individus) sur les récifs artificiels

Dépend. : CPUE (nb ind) /ID	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; CPUE (nb ind) /ID (Feuille de données9) Var. indépendante (classement) : variable Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 71) =11,20244 p =,047					
	2019 - SC- HR R:29,417	2019 - SC- ZPR R:32,500	2019 - SF- HR R:46,042	2019 - SF- ZPR R:49,273	2022 - SF- HR R:28,250	2022 - SF- ZPR R:31,625
2019 - SC- HR		1,000000	0,727392	0,317764	1,000000	1,000000
2019 - SC- ZPR	1,000000		1,000000	0,773376	1,000000	1,000000
2019 - SF- HR	0,727392	1,000000		1,000000	0,520963	1,000000
2019 - SF- ZPR	0,317764	0,773376	1,000000		0,220249	0,607866
2022 - SF- HR	1,000000	1,000000	0,520963	0,220249		1,000000
2022 - SF- ZPR	1,000000	1,000000	1,000000	0,607866	1,000000	

Figure 32 : Analyses statistiques sur les CPUE (en nombre d'individus) sur les récifs artificiels - test de Kruskal-Wallis)

Richesse spécifique

- En 2019 :

Il y a très peu de différences entre secteurs des RSPUE moyennes en saison froide comme en saison chaude (Tableau 23).

- En 2022 :

Il n'y a pas de différence de richesse spécifique à effort de pêche identique en 2022 entre les deux secteurs (Tableau 23 ; Figure 33).

- Evolution entre saisons froide de 2019 et 2022 :

On observe une diminution du nombre d'espèces pêchées entre 2019 et 2022, légèrement plus importante dans le cantonnement (-48%) que hors cantonnement (-42%) (Tableau 23). Cependant le test de Kruskal-Wallis mené ne montre aucune différence significative entre les saisons 2019 et 2022 pour un même secteur (Figure 33 ; Figure 34).

Tableau 23 : RSPUE moyennes sur les récifs artificiels en fonction des années, saisons et secteurs

RSPUE moyenne Récifs artificiels	2019		2022	Différence saisons froides 2019/2022
	Saison chaude	Saison froide	Saison froide	
Hors réserve	0,000293	0,000534	0,000309	-42%
Réserve	0,000272	0,000539	0,000281	-48%
Différence dans ZPR par rapport à HR (en %)	-7%	+1%	-9%	

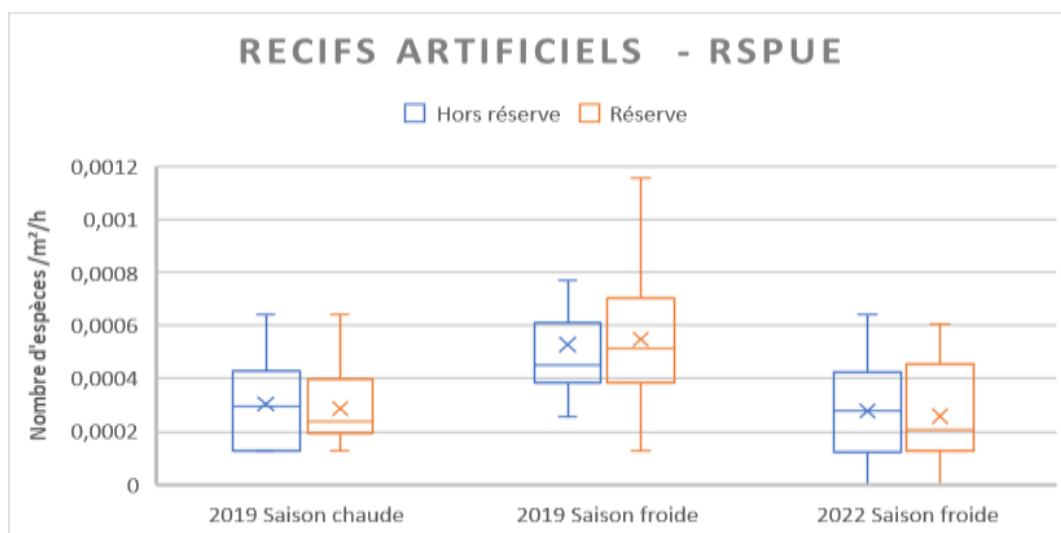


Figure 33 : Boxplots des RSPUE par filet sur les récifs artificiels

Dépend. : RSPUE/ID	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; RSPUE/ID (Feuille de données9) Var. indépendante (classement) : variable Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 71) =17,13628 p =,004					
	2019 - SC- HR R:30,500	2019 - SC- ZPR R:30,000	2019 - SF- HR R:49,958	2019 - SF- ZPR R:51,091	2022 - SF- HR R:28,583	2022 - SF- ZPR R:27,125
2019 - SC- HR		1,000000	0,313921	0,252741	1,000000	1,000000
2019 - SC- ZPR	1,000000		0,267820	0,215470	1,000000	1,000000
2019 - SF- HR	0,313921	0,267820		1,000000	0,167832	0,100980
2019 - SF- ZPR	0,252741	0,215470	1,000000		0,134846	0,081110
2022 - SF- HR	1,000000	1,000000	0,167832	0,134846		1,000000
2022 - SF- ZPR	1,000000	1,000000	0,100980	0,081110	1,000000	

Figure 34 : Analyses statistiques des RSPUE par filet sur les récifs artificiels - test de Kruskal-Wallis

Comparaisons sur l'habitat rocheux :

Rendement en biomasse

- En 2019 :

Si en saison froide il n'y a qu'une très faible différence de CPUE moyenne entre secteurs, en saison chaude, la CPUE moyenne dans le cantonnement est bien supérieure à celle en dehors (+41%) (Tableau 24). Cependant à la vue des boxplots, cette différence n'est pas significative.

- En 2022 :

A effort de pêche égal, la biomasse pêchée par filet a en moyenne plus que doublé (+119%) (Tableau 24)., cette différence est significative au regard du test de Kruskal-Wallis mené (Figure 35 ; Figure 36).

- Evolution entre les saisons froides de 2019 et 2022 :

Si hors cantonnement, la CPUE a en moyenne diminué entre 2019 et 2022 (-39%), à l'intérieur du cantonnement celle-ci a augmenté (+29%) en 2022 (Tableau 24). Cependant ces différences ne sont pas significatives (Figure 35 ; Figure 36).

Tableau 24 : CPUE (en biomasse) moyennes sur la roche en fonction des années, saisons et secteurs

CPUE (en biomasse) moyennes Roche	2019		2022	Différence saisons froides 2019/2022
	Saison chaude	Saison froide	Saison froide	
Hors cantonnement	0,000145	0,000254	0,000155	-39%
Cantonnement	0,000204	0,000264	0,000339	+29%
Différence dans ZPR par rapport à HR (en %)	+41%	+4%	+119%	

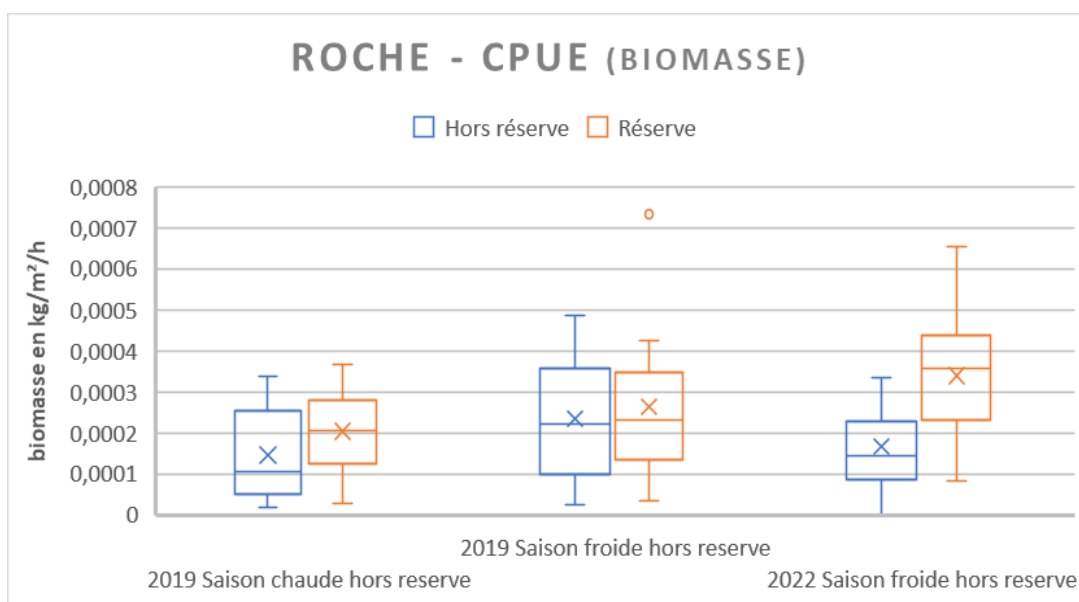


Figure 35 : Boxplots des CPUE (en biomasse) par filet sur la roche

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; CPUE/ID (Feuille de données17)
 Var. indépendante (classement) : variable
 Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 70) =14,09974 p =,015

Dépend. : CPUE/ID	2019- SC- HR R:24,417	2019- SC- ZPR R:34,000	2019- SF- HR R:40,455	2019- SF- ZPR R:38,636	2022- SF- HR R:25,500	2022- SF- ZPR R:50,667
2019- SC- HR		1,000000	0,885561	1,000000	1,000000	0,023707
2019- SC- ZPR	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	0,672800
2019- SF- HR	0,885561	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
2019- SF- ZPR	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
2022- SF- HR	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		0,036792
2022- SF- ZPR	0,023707	0,672800	1,000000	1,000000	0,036792	

Figure 36 : Analyses statistiques des CPUE (en biomasse) par filet sur la roche – test de Kruskal-Wallis

Rendement en nombre d'individus

- En 2019 :

Si les CPUE moyennes sont plus ou moins supérieures dans le cantonnement par rapport à hors cantonnement, cette augmentation n'est pas significative à la vue des boxplots des CPUE présentées (Tableau 25 ; Figure 37).

- En 2022 :

La CPUE moyenne a presque doublé dans le cantonnement par rapport à hors cantonnement (+87%), mais les variations intra-secteur de CPUE font qu'il n'y a pas de différence significative entre les secteurs (Figure 37 ; Figure 38).

- Evolution entre les saisons froides de 2019 et 2022 :

Bien qu'il n'y ait pas de différence significative de CPUE entre 2019 et 2022 pour le même secteur (Figure 37 ; Figure 38), on peut noter qu'en moyenne, il a été capturé, à effort de pêche égal, moins d'individus en 2022 qu'en 2019 avec une diminution plus prononcée hors cantonnement (-51%) que dans le cantonnement (-19%) (Tableau 25).

Tableau 25 : CPUE (en nombre d'individus) moyennes sur la roche en fonction des années, saisons et secteurs

CPUE (en nombre d'individus) moyennes Roche	2019		2022	Différence saisons froides 2019/2022
	Saison chaude	Saison froide	Saison froide	
Hors réserve	0,000638	0,000962	0,000469	-51%
Réserve	0,000899	0,001078	0,000875	-19%
Différence dans ZPR par rapport à HR (en %)	+41%	+12%	+87%	

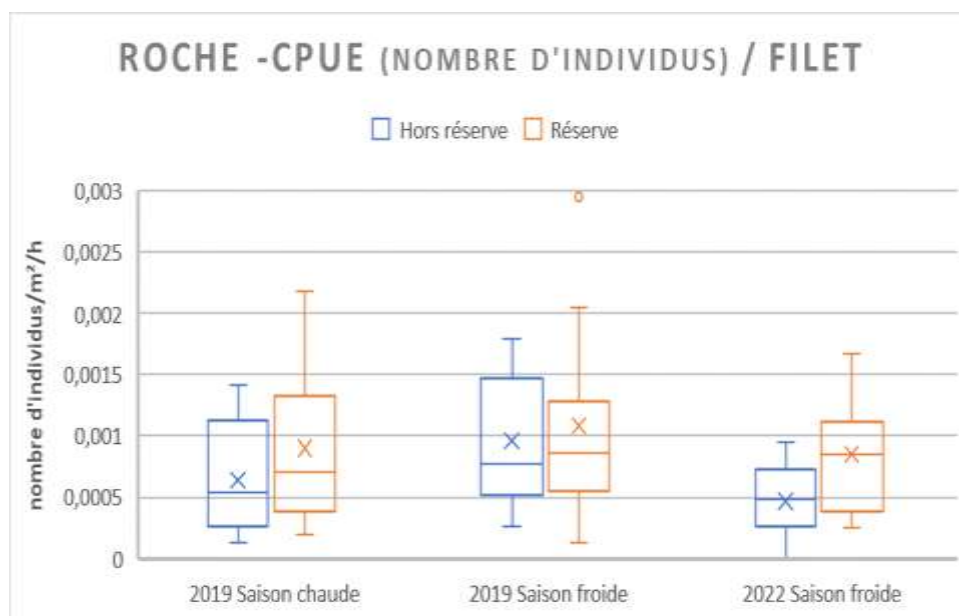


Figure 37 : Boxplots des CPUE (en nombre d'individus) sur la roche

Dépend. : CPUE (nb ind) /ID	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; CPUE (nb ind) /ID (Feuille de données17) Var. indépendante (classement) : variable Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 70) =9,321025 p =,096					
	2019- SC- HR R:29,250	2019- SC- ZPR R:38,917	2019- SF- HR R:41,455	2019- SF- ZPR R:42,455	2022- SF- HR R:22,250	2022- SF- ZPR R:39,750
2019- SC- HR		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2019- SC- ZPR	1,000000		1,000000	1,000000	0,672800	1,000000
2019- SF- HR	1,000000	1,000000		1,000000	0,356684	1,000000
2019- SF- ZPR	1,000000	1,000000	1,000000		0,260821	1,000000
2022- SF- HR	1,000000	0,672800	0,356684	0,260821		0,527637
2022- SF- ZPR	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,527637	

Figure 38 : Analyses statistiques sur les CPUE (en nombre d'individus) sur la roche - test de Kruskal-Wallis

Richesse spécifique

- En 2019 :

Bien que les différences ne soient pas significatives (Figure 39 ; Figure 40), le nombre d'espèces capturées à même effort de pêche a été en moyenne un peu supérieure (+19%) dans le cantonnement que hors cantonnement en saison chaude et au contraire légèrement plus faible en saison froide (-8%) (Tableau 26).

- En 2022 :

Bien qu'il a été en moyenne pêché près d'un tiers de plus d'espèces en Cantonnement que hors cantonnement (Tableau 26), il n'y a pas de différence significative entre secteurs (Figure 39 ; Figure 40).

- Evolution entre saisons froides de 2019 et 2022 :

Si on constate une diminution des RSPUE moyennes dans chaque secteur entre 2019 et 2022 (-52% hors cantonnement et -30% dans le cantonnement), cette diminution n'est significative que dans le secteur hors cantonnement (Figure 39 ; Figure 40).

Tableau 26 : RSPUE moyennes sur la roche en fonction des années, saisons et secteurs

RSPUE moyennes Roche	2019		2022	Différence saisons froides 2019/2022
	Saison chaude	Saison froide	Saison froide	
Hors cantonnement	0,000359	0,000530	0,000257	-52%
Cantonnement	0,000426	0,000490	0,000344	-30%
Différence dans ZPR par rapport à HR (en %)	+19%	-8%	+34%	

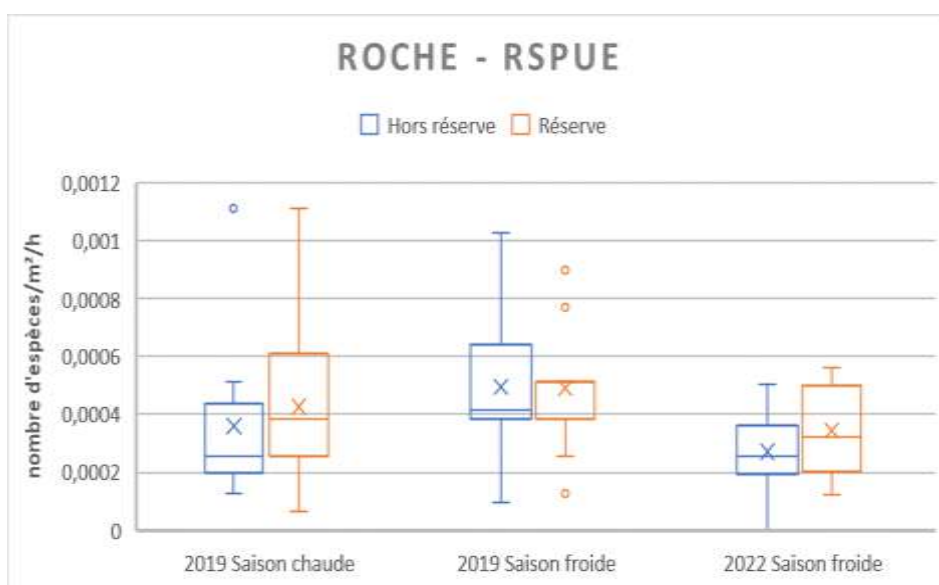


Figure 39 : Boxplots des RSPUE pour l'habitat rocheux

Dépend. : RSPUE/ID	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; RSPUE/ID (Feuille de données17) Var. indépendante (classement) : variable Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 70) =16,11106 p =,006					
	2019- SC- HR R:29,917	2019- SC- ZPR R:38,292	2019- SF- HR R:48,455	2019- SF- ZPR R:46,682	2022- SF- HR R:20,458	2022- SF- ZPR R:31,208
2019- SC- HR		1,000000	0,436416	0,726534	1,000000	1,000000
2019- SC- ZPR	1,000000		1,000000	1,000000	0,477558	1,000000
2019- SF- HR	0,436416	1,000000		1,000000	0,014732	0,635112
2019- SF- ZPR	0,726534	1,000000	1,000000		0,030336	1,000000
2022- SF- HR	1,000000	0,477558	0,014732	0,030336		1,000000
2022- SF- ZPR	1,000000	1,000000	0,635112	1,000000	1,000000	

Figure 40 : Analyses statistiques des RSPUE par filet sur la roche - Test de Kruskal-Wallis

- Espèces cibles

Le cantonnement du roc de Brescou étant récente, les 1^{ers} effets « Cantonnement » seront vraisemblablement visibles sur les espèces nectobenthiques à faibles déplacements. Afin de pouvoir comparer l'effet « Réserve », spatialement (dans et hors cantonnement) et temporellement (avant la mise en place du cantonnement et trois ans après), le choix des espèces cibles s'est porté sur les trois espèces sédentaires les plus abondantes (pour permettre une comparaison statistique) à savoir : la langouste rouge (*Palinurus elephas*), la mostelle de roche (*Phycis physis*) et la rascasse brune (*Scorpaena porcus*). Pour chacune de ces espèces, il a été ainsi analysé la structure de taille et de poids des individus pêchés ainsi que leur abondance.

La langouste rouge, *Palinurus elephas* :

Abondance

A la vue des très faibles abondances pêchées en saison chaude 2019 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, les comparaisons statistiques (tests non paramétriques de Kruskal-Wallis) d'abondance de langoustes par filet n'ont été réalisées que sur les saisons froides. Afin d'éliminer l'effet potentiel de la durée et du type de filet sur la calée et permettre de comparer les abondances de langoustes par filet entre secteurs et années, les abondances relatives par filet ont été calculées au travers des CPUE c'est-à-dire du nombre d'individus de langoustes/m² filet / heure posée.

• En 2019 :

Très peu de langoustes ont été pêchées en saison chaude alors qu'elle est la première espèce, en termes d'abondance totale pêchée en saison froide, avec une proportion quasi équivalente entre les secteurs (53% HR / 47 % ZPR) (Tableau 27).

Il n'y a pas de différence significative en 2019 entre les abondances relatives par filet entre le cantonnement et hors cantonnement (Tableau 28 ; Figure 41), sachant que 57% des filets (en Cantonnement comme hors cantonnement) n'ont pas capturé pas de langoustes.

• En 2022 :

Presque trois fois plus de langoustes ont été pêchées dans Cantonnement que hors cantonnement (Tableau 27), sachant que 89% des filets hors cantonnement ne comportaient pas de langoustes contre 72% dans le cantonnement.

En comparant les abondances relatives (CPUE langoustes rouges/filet) et bien que la CPUE soit bien plus forte dans le cantonnement que hors cantonnement (Tableau 28), il n'y a pas de différence significative entre secteurs (Figure 41).

• Entre 2019 et 2022 :

Il est constaté une baisse globale du nombre de langoustes rouges capturées liée uniquement à une diminution de 66 % des individus dans le secteur hors cantonnement en 2022. A l'inverse dans le cantonnement, la quantité de langoustes pêchées est légèrement en augmentation par rapport à 2019 (Tableau 27).

Du fait des variations fortes de CPUE par filet dans les mêmes secteurs, il n'y a pas de différence significative d'abondance relative entre 2019 et 2022 dans chacun secteurs. Par contre, en occultant le facteur secteur, il est mis en évidence une diminution significative d'abondance relative de langoustes rouges en 2022 par rapport à 2019 (Tableau 28 ; Figure 41).

Tableau 27 : Abondance totale des langoustes rouges par année, saison et secteur

Nombre total d'individus	2019		2022
	Saison chaude	Saison froide	Saison froide
Hors cantonnement	4	66	23
Cantonnement	1	59	64
Total général	5	125	87

Tableau 28 : Abondances relatives de langoustes : CPUE moyennes de langoustes /filets en saison froide, en fonction des années et secteurs

Abondances moyennes relatives (en nombre d'individus/m ² de filet/heure)	2019	2022
Hors réserve	0,000214 (±0,000519)	0,000058 (±0,000233)
Réserve	0,000187 (±0,000473)	0,000210 (±0,000521)
2019 (tous secteurs confondus)	0,000201 (±0,000497)	0,000134 (±0,000410)

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; CPUE_lang (Feuille de données8) Var. indépendante (classement) : variable Test de Kruskal-Wallis : H (3, N= 141) =10,15858 p =,017				
Dépend. : CPUE_lang	2019 HR R:79,100	2019 ZPR R:78,279	2022 HR R:56,917	2022 ZPR R:70,333
2019 HR		1,000000	0,132892	1,000000
2019 ZPR	1,000000		0,172484	1,000000
2022 HR	0,132892	0,172484		0,980749
2022 ZPR	1,000000	1,000000	0,980749	

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; CPUE_lang (Feuille de données8) Var. indépendante (classement) : année Test de Kruskal-Wallis : H (1, N= 141) =7,223419 p =,007		
Dépend. : CPUE_lang	2019 R:78,696	2022 R:63,625
2019		0,028522
2022	0,028522	

Figure 41 : Analyses statistiques de l'abondance des langoustes (CPUE langoustes/filet) en fonction du secteur et de l'année – test de Kruskal-Wallis

Structuration des tailles et des biomasses

Pour rappel, la taille mesurée pour les langoustes, est la longueur du céphalothorax (LC) et non pas la longueur totale (LT) de l'individu (comme ce qui est le cas chez les poissons).

La taille moyenne de maturité fonctionnelle des femelles (1^{ère} ponte) est de 8,6 cm (LC) pour 0,44 kg, correspondant à des individus de 5 ans. Pour les mâles, la taille de maturité sexuelle est estimée à 7,6 cm (LC), soit un poids de 0,3 kg et un âge de 4 ans (Marin, 1987).

A la vue des très faibles abondances pêchées en saison chaude 2019 (Tableau 27), cette saison n'a pas été conservée pour le reste des analyses de taille et de biomasse.

- En 2019 :

Les langoustes pêchées ont des tailles LC comprises entre 4,9 et 9 cm pour un poids compris entre 98 et 515 g tous secteurs confondus. Dans le cantonnement la taille et le poids moyen sont respectivement de 7,2 (±0,8) cm et 283 (±74) g contre 6,7 (± 0,8) cm et 232 (±74) g hors cantonnement. S'il est observé une taille et une biomasse moyennes de langoustes rouges

légèrement supérieures dans le cantonnement que hors cantonnement (Figure 43), seule la biomasse est significativement supérieure dans le cantonnement (Figure 44).

En 2019, les langoustes pêchées étaient globalement de petites tailles, car considérées comme immatures. En effet, hors cantonnement, aucune langouste pêchée n'avait atteint la taille de maturité des femelles (8,6cm LC) et seulement 4 langoustes pêchées (soit 6%) possédaient au moins la taille de maturité sexuelle des mâles. Dans le cantonnement, seul un individu capturé avait dépassé la taille de maturité des femelles et seulement 16 (soit 27%) possédaient au moins la taille de maturité des mâles.

- *En 2022 :*

Les langoustes pêchées en 2022 ont des tailles LC comprises entre 3 et 15,5 cm et un poids entre 90 g et 780 g (tous secteurs confondus). Dans le cantonnement la taille et le poids moyen sont respectivement de 10 ($\pm 2,1$) cm et 332 (± 180) g contre 9,0 ($\pm 2,2$) cm et 230 (± 140) g hors cantonnement.

Comme en 2019, si la taille et la biomasse moyenne sont supérieures dans le cantonnement par rapport au secteur hors cantonnement (Figure 43), cette différence n'est significative que pour la biomasse (Figure 44).

En moyenne les langoustes pêchées ont atteint la maturité sexuelle dans les deux secteurs mais la proportion de langoustes matures ($\geq 8,6$ cm LC) est plus importante dans le cantonnement (77%) que hors cantonnement (52%).

De même au travers de l'histogramme (Figure 42), il est observé une répartition des classes de taille plus étendue dans le cantonnement (de 3 à 15 cm LC) que hors cantonnement (de 6 à 15,5cm LC).

- *Entre 2019 et 2022 :*

Que cela soit hors cantonnement que dans le cantonnement, les tailles ont significativement augmenté en 2022 par rapport à 2019. Par contre, même s'il est observé une biomasse moyenne dans le cantonnement supérieure en 2022 par rapport à 2019 alors qu'elle reste constante hors cantonnement, il n'y a aucune différence significative montrant un effet de l'année pour un même secteur (Figure 43 ; Figure 44).

L'amplitude des classes de tailles a aussi augmenté (de 3 à 15,5 cm) tous secteurs confondus par rapport à 2019 (4,9 à 9 cm). Il est constaté un décalage et une étendue des classes de tailles dominantes entre 2019 et 2022, plus important dans le cantonnement que hors cantonnement. En effet, dans le cantonnement près de 90% des individus sont compris dans la classe de taille [6-9[en 2019 alors qu'en 2022, ce sont 66% des langoustes qui sont compris entre [9-13[cm. Hors cantonnement, 80% des individus sont compris dans la classe de taille [6-8 cm[en 2019 contre 65% des individus entre 7 et 10cm en 2019.

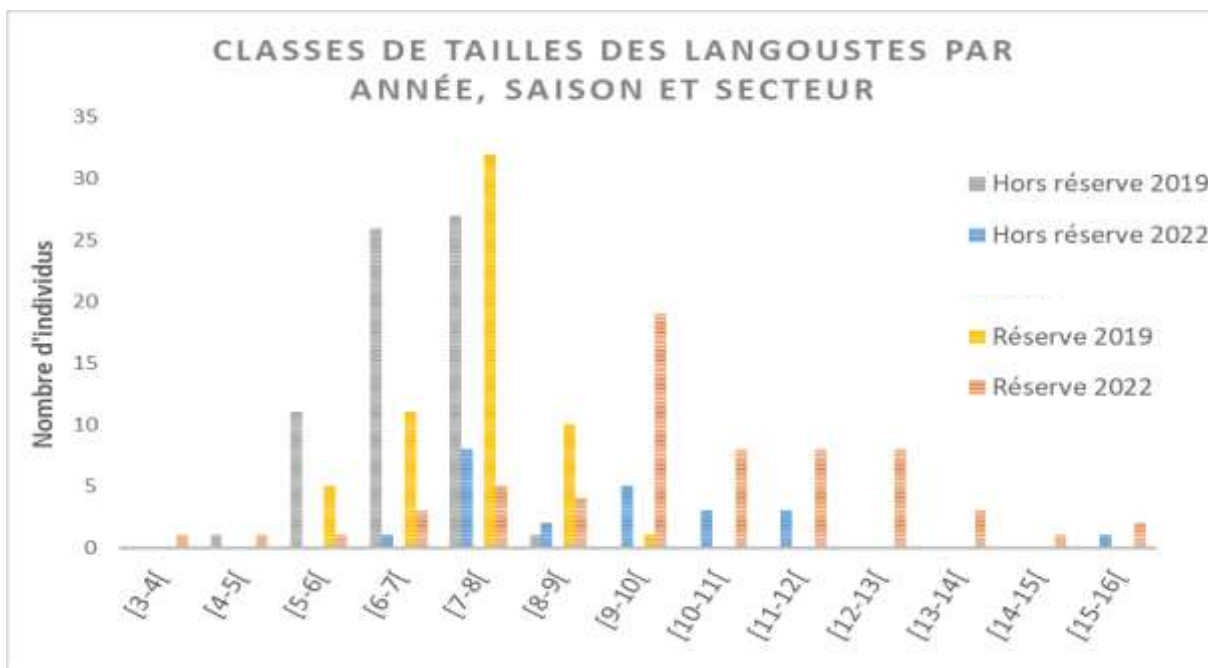


Figure 42 : Histogramme des classes de tailles de langouste rouge en saisons froides en fonction des années et secteurs

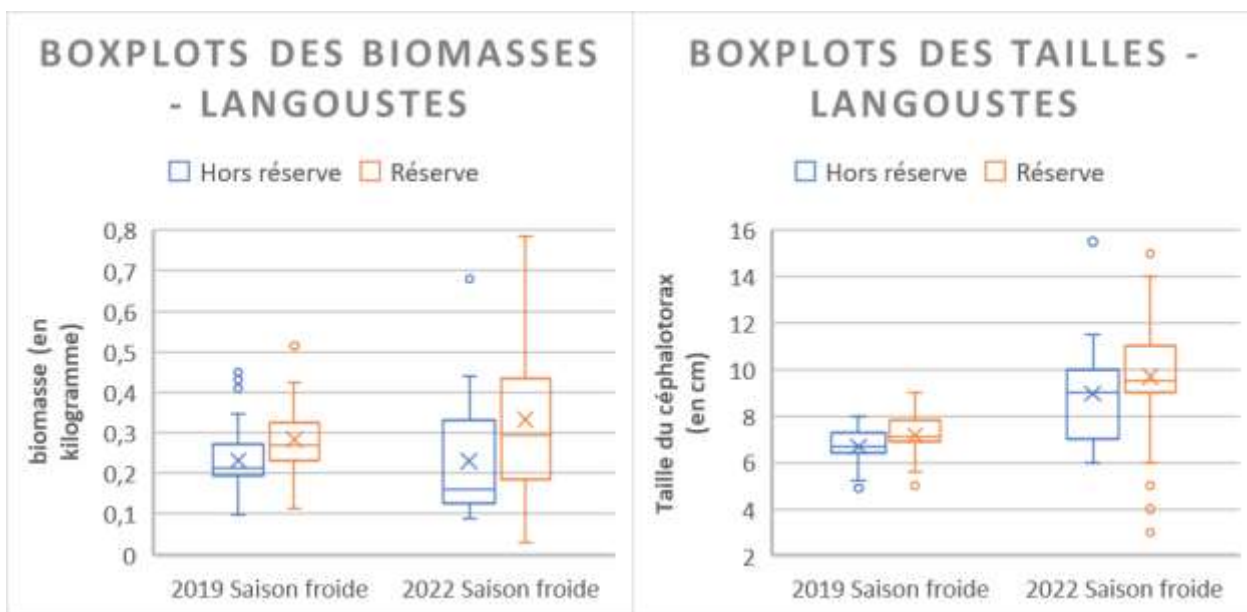


Figure 43 : Boxplots des biomasses (à gauche) et des tailles de céphalothorax (à droite) pour la langouste rouge en fonction des années et secteurs.

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Taille (Feuil1) Var. indépendante (classement) : variable Test de Kruskal-Wallis : H (3, N= 212) =89,05874 p =0,00				
Dépend. : Taille	2019 Saison froide hors reserve R:62,477	2022 Saison froide hors reserve R:138,76	2019 Saison froide reserve R:88,432	2022 Saison froide reserve R:156,96
2019 Saison froide hors reserve		0,000002	0,109195	0,000000
2022 Saison froide hors reserve	0,000002		0,005071	1,000000
2019 Saison froide reserve	0,109195	0,005071		0,000000
2022 Saison froide reserve	0,000000	1,000000	0,000000	

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; biomasse (Feuil1) Var. indépendante (classement) : variable Test de Kruskal-Wallis : H (3, N= 212) =20,53567 p =,000				
Dépend. : biomasse	2019 Saison froide hors reserve R:86,455	2022 Saison froide hors reserve R:78,022	2019 Saison froide reserve R:121,02	2022 Saison froide reserve R:124,02
2019 Saison froide hors reserve		1,000000	0,009975	0,002887
2022 Saison froide hors reserve	1,000000		0,026128	0,012229
2019 Saison froide reserve	0,009975	0,026128		1,000000
2022 Saison froide reserve	0,002887	0,012229	1,000000	

Figure 44 : Analyses statistiques de la taille et de la biomasse des langoustes en saisons froides en fonction du secteur et de l'année– Test de Kruskal-Wallis

La mostelle de roche, *Phycis phycis*

Abondance

A la vue des très faibles abondances pêchées en saison chaude 2019 (Tableau 29), les comparaisons statistiques (tests non paramétriques de Kruskal-Wallis) d'abondance relatives (CPUE) de mostelle par filet n'ont été réalisées que sur les saisons froides.

- En 2019 :

Un faible nombre d'individus de mostelles de roche a été pêché en saison chaude, que cela soit dans le cantonnement que hors cantonnement. En saison froide, il a été pêché 83% plus d'individus en Cantonnement que hors cantonnement (Tableau 29).

Malgré une abondance moyenne doublée dans le cantonnement par rapport à hors cantonnement (Tableau 30) il n'y a pas de différence significative entre secteur pour 2019 (Figure 45).

A noter qu'en 2019, il a plus été régulièrement pêché de mostelles dans le cantonnement (20% des filets hors cantonnement ne comportaient pas de mostelle) que hors cantonnement (31%).

- En 2022 :

Comme en 2019, Il a été observé plus d'individus dans le cantonnement que hors cantonnement (+65%) (Tableau 29). Cependant en comparant les abondances de mostelles par filet, il n'y a pas de différence significative observable (Figure 45).

A noter qu'en 2022, 39% des filets dans le cantonnement ne comportaient pas de mostelle contre 22% dans le cantonnement. Comme en 2019, il a donc été plus régulièrement pêché de mostelles dans le cantonnement que hors cantonnement.

- Evolution entre 2019 et 2022 :

Dans les deux secteurs, les captures ont été plus fortes en 2022, avec une augmentation plus importante hors cantonnement (+62%) que dans le cantonnement (+45%), bien que les captures soient toujours supérieures dans le cantonnement (Tableau 29).

Cependant au regard des analyses statistiques, il n'y a pas de différence significative d'abondances relatives entre année pour un même secteur ou même pour même sans prendre en compte le facteur secteur (Figure 45).

Tableau 29 : Abondances totales de mostelles de roche par année, saison et secteurs

Nombre total d'individus	2019		2022
	Saison chaude	Saison froide	Saison froide
Hors réserve	10	42	68
Réserve	13	77	112
Total général	23	119	180

Tableau 30 : Abondances relatives moyennes de mostelles de roche en fonction des années et secteurs

Abondances moyennes relatives (en nombre d'individus/m ² de filet/heure)	2019	2022
Hors réserve	0,000110 (±0,000119)	0,000154 (±0,000192)
Réserve	0,000221 (±0,000217)	0,000260 (±0,000327)
2019 (tous secteurs confondus)	0,000164 (±0,000183)	0,000207 (±0,000273)

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; CPUE_most (Feuille de données8) Var. indépendante (classement) : variable Test de Kruskal-Wallis : H (3, N= 141) =9,922626 p =,019				
Dépend. : CPUE_most	2019 HR R:58,929	2019 ZPR R:81,426	2022 HR R:61,944	2022 ZPR R:81,944
2019 HR		0,133061	1,000000	0,105674
2019 ZPR	0,133061		0,276649	1,000000
2022 HR	1,000000	0,276649		0,226633
2022 ZPR	0,105674	1,000000	0,226633	

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; CPUE_most (Feuille de données8) Var. indépendante (classement) : annee Test de Kruskal-Wallis : H (1, N= 141) =,0810813 p =,775		
Dépend. : CPUE_most	2019 R:70,014	2022 R:71,944
2019		0,779128
2022	0,779128	

Figure 45 : Analyses statistiques des abondances par filet de la mostelle de roche - test de Kruskal-Wallis

Structuration des tailles et des biomasses

A la vue des faibles abondances pêchées en saison chaude 2019 (Tableau 29), seules les analyses sur les saisons froides sont réalisées par la suite.

Il est considéré que la mostelle de roche, *Phycis physis*, a une taille moyenne de 25 cm, avec un maximal connu de 65 cm et un poids pouvant aller jusqu'à 3,9 kg.

Très peu de données existent sur la taille de maturité sexuelle pour cette espèce mais sur le site de référence fishbase.mnhn.fr, cette taille de 1^{ère} maturité est estimée à 36 cm.

Que cela soit en 2019 ou en 2022, il n'y a aucune différence de taille ou de biomasse entre les secteurs pour la mostelle de roche (Figure 48), avec une taille moyenne de 33 cm et un poids moyen autour de 0,46 kilogrammes (Figure 47).

Au regard de l'histogramme (Figure 46), il est observé une structuration des tailles globalement identique peu importe l'année ou le secteur avec une majorité d'individus entre 30 et 40cm de longueur (Figure 46). Cependant en 2022, on observe une plus forte proportion d'individus dans cette classe de taille moyenne par rapport à 2019 et ce pour les deux secteurs, bien que cela soit plus important dans le cantonnement.

En considérant une taille de maturité sexuelle à 36 cm, environ 50 % des individus pêchés en 2022 (peu importe le secteur) et hors cantonnement en 2019 étaient adultes reproducteurs, pour seulement 37% dans le cantonnement en 2019.

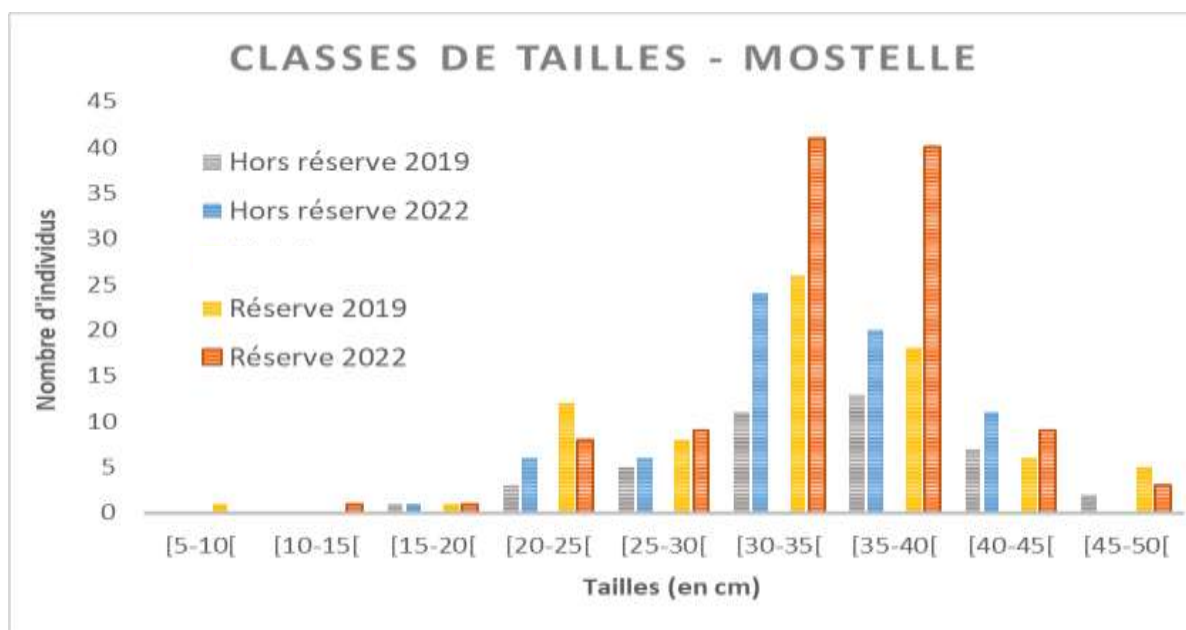


Figure 46 : Histogramme des classes de tailles de la mostelle de roche en saisons froides en fonction des années et secteurs

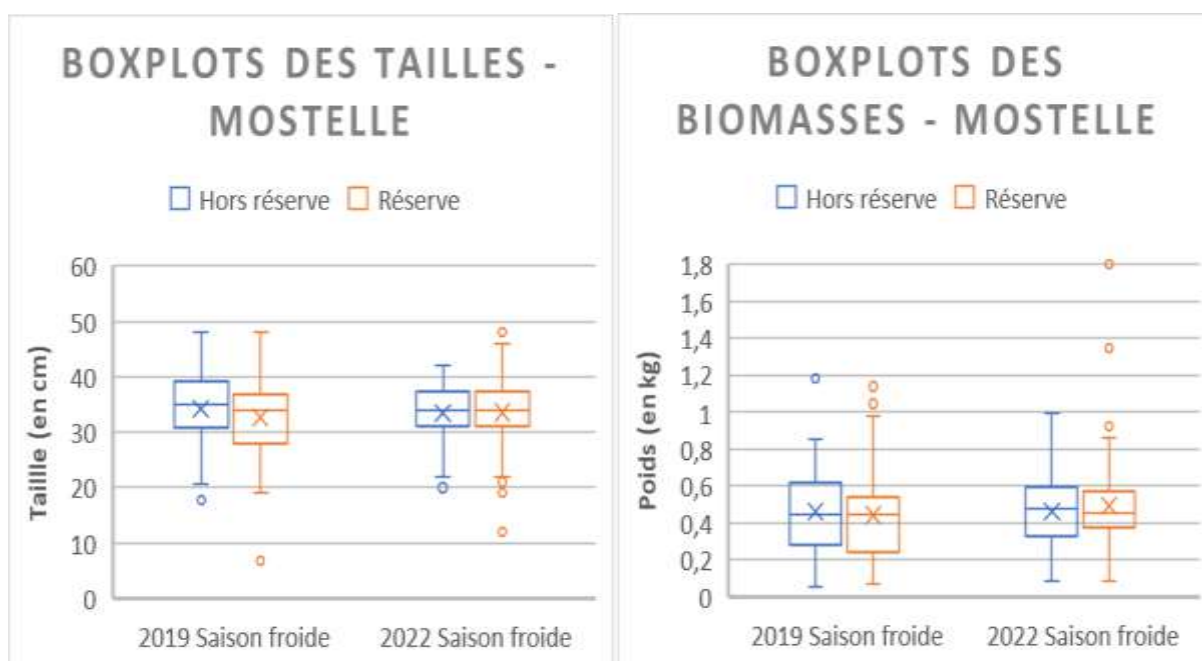


Figure 47 : Boxplots des tailles et des biomasses pour la mostelle de roche en saisons froides

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Taille (langoustes pêches exp)						
Var. indépendante (classement) - variable						
Test de Kruskal-Wallis H (5, N= 322) =9.667429 p = 0,85						
Dépend.	2019 Saison chaude hors réserve R:111,80	2019 Saison froide hors réserve R: 177,48	2022 Saison froide hors réserve R: 164,95	2019 Saison chaude réserve R: 184,12	2019 Saison froide réserve R: 157,74	2022 Saison froide réserve R: 167,15
2019 Saison chaude hors réserve		0,674669	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2019 Saison froide hors réserve	0,674669		1,000000	0,195535	1,000000	1,000000
2022 Saison froide hors réserve	1,000000	1,000000		0,466801	1,000000	1,000000
2019 Saison chaude réserve	1,000000	0,195535	0,466801		0,821008	0,312587
2019 Saison froide réserve	1,000000	1,000000	1,000000	0,821008		1,000000
2022 Saison froide réserve	1,000000	1,000000	1,000000	0,312587	1,000000	

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; biomasse (langoustes pêches exp)						
Var. indépendante (classement) - variable						
Test de Kruskal-Wallis H (5, N= 323) =7.512794 p = 1,65						
Dépend.	2019 Saison chaude hors réserve R:136,58	2019 Saison froide hors réserve R: 162,95	2022 Saison froide hors réserve R: 167,15	2019 Saison chaude réserve R: 118,85	2019 Saison froide réserve R: 151,85	2022 Saison froide réserve R: 173,61
2019 Saison chaude hors réserve		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2019 Saison froide hors réserve	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2022 Saison froide hors réserve	1,000000	1,000000		0,696121	1,000000	1,000000
2019 Saison chaude réserve	1,000000	1,000000	0,696121		1,000000	0,326256
2019 Saison froide réserve	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
2022 Saison froide réserve	1,000000	1,000000	1,000000	0,326256	1,000000	

Figure 48 : Analyses statistiques de la taille et de la biomasse des de roche en saisons froides en fonction du secteur et de l'année– Test de Kruskal-Wallis

La rascasse brune, Scorpaena porcus

Abondance

A la vue des très faibles abondances pêchées en saison chaude 2019 (Tableau 31), les comparaisons statistiques (tests non paramétriques de Kruskal-Wallis) d'abondance relatives (CPUE) de mostelle par filet n'ont été réalisées que sur les saisons froides.

Deux fois plus de rascasses brunes ont été pêchées dans le cantonnement que hors cantonnement en 2022, alors qu'en 2019, pour la même saison (froide), la proportion de rascasses captures dans et hors cantonnement était à peu près identique (46% dans et 54% hors cantonnement) (Tableau 31).

Malgré une abondance relative moyenne doublée dans le cantonnement en 2022 par rapport aux autres variables (hors cantonnement 2022 et dans et hors cantonnement 2019) (Tableau 32), il n'y a pas de différence d'abondance relative entre secteurs, peu importe l'année. Il n'y a pas non plus de différence entre les années (sans prendre en compte le facteur secteur) (Figure 49).

A noter que durant les saisons froides, entre 74 (2019) et 81% (2022) des filets ne comportaient pas de rascasses hors cantonnement alors que dans le cantonnement, seulement 63 % (2019 et 2022) étaient vides de rascasses brunes.

En saison chaude 2019, les captures de rascasses ont été fortement réduites (Tableau 31).

Tableau 31 : Abondances totales de rascasses brunes pêchées en fonction des années, saisons et secteurs

Nombre d'individus	2019		2022
	Saison chaude	Saison froide	Saison froide
Hors cantonnement	2	29	28
Cantonnement	5	25	54
Total général	7	54	82

Tableau 32 : Abondances relatives de rascasses brunes par filet en saisons froides en fonction de l'année et du secteur

Abondances moyennes relatives (en nombre d'individus/m ² de filet/heure)	2019	2022
Hors cantonnement	0,000070 (±0,000156)	0,000077 (±0,000194)
Cantonnement	0,000075 (±0,000139)	0,000134 (±0,000230)
2019 (tous secteurs confondus)	0,0000725 (±0,000148)	0,000105 (±0,000214)

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; CPUE_rasc (Feuille de données8)						
Var. indépendante (classement) : variable						
Test de Kruskal-Wallis : H (3, N= 141) =2,822031 p =,419						
Dépend. : le bo	2019 HR	2019 ZPR	2022 HR	2022 ZPR		
CPUE_rasc	R:68,243	R:73,824	R:65,125	R:76,889		
2019 HR		1,000000	1,000000	1,000000		
2019 ZPR	1,000000		1,000000	1,000000		
2022 HR	1,000000	1,000000		1,000000		
2022 ZPR	1,000000	1,000000	1,000000			

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; CPUE_rasc (Feuille de données8)						
Var. indépendante (classement) : annee						
Test de Kruskal-Wallis : H (1, N= 141) =,6612E-5 p =,997						
Dépend. :	2019	2022				
CPUE_rasc	R:70,993	R:71,007				
2019		0,998355				
2022	0,998355					

Figure 49 : Analyses statistiques des abondances relatives de rascasses brunes par filet - Test de Kruskal-Wallis

Structuration des tailles et biomasses

A la vue des très faibles abondances présentes en saison chaude 2019, ces données ne seront pas traitées dans la suite de ces analyses.

D'après l'Ifremer (Delaunay, 2017) ; la longueur et l'âge à la 1^{ère} maturité sexuelle est respectivement de 14,4 cm et 1,7 ans. D'une taille variant de 22 à 25 cm (Doris ffessm), elle peut atteindre jusqu'à 40,5 cm (Delaunay, 2017) et atteindre un poids maximal connu de 870 g (fishbase.mnhn.org).

- Taille

Globalement la taille moyenne des rascasses brunes varie autour de 22 cm, avec une taille légèrement supérieure dans le cantonnement en 2022 (23,8 cm) (Tableau 33). Cependant cette légère augmentation n'est pas significative par rapport au secteur hors cantonnement ni par rapport à 2019 (Figure 50 ; Figure 51).

Il y a eu un léger décalage des classes dominantes dans le cantonnement entre 2019 et 2022 puisque 88% des individus en 2019 étaient dans la classe des 15-25 cm alors qu'en 2022, la classe dominante est celle des 20-30 cm (comprenant 83% des individus pêchés). Hors cantonnement la structuration des tailles est globalement identique entre les années. A noter que la gamme des classes de taille ne s'est étendue que dans le cantonnement en 2022 (entre 5 et 40 cm) alors que hors cantonnement et en 2019 cette gamme était comprise entre 10 et 35 cm (Figure 52).

A noter, qu'en considérant une taille de maturité à 14,4 cm, entre 96 et 100% des individus, peu importe le secteur ou l'année, sont considérés comme adultes reproducteurs.

- Poids

Bien que le poids moyen dans le cantonnement en 2022 soit supérieur de 30% (par rapport à 2019) et de 40% (par rapport au secteur hors cantonnement en 2022) (Tableau 33), il n'y a pas de différence significativement de poids pour la rascasse brune (Figure 50 ; Figure 51).

La gamme des classes de poids s'est élargie (0-800g) dans le cantonnement en 2022 (contre 0-500g hors cantonnement 2022 et en 2019) et de plus gros individus y ont été pêchés (Figure 52).

Tableau 33 : Biomasses et tailles moyennes de rascasses brunes pêchées en saisons froides en fonction de l'année et du secteur

Saisons froides	Biomasses moyennes (en kg)		Tailles moyennes (en cm)	
	2019	2022	2019	2022
Hors cantonnement	0,218 (±0,095)	0,219 (±0,104)	22,1 (±4,1)	21,5 (±3,5)
Cantonnement	0,237 (±0,103)	0,307 (±0,150)	21,3 (±3,3)	23,8 (±4,8)

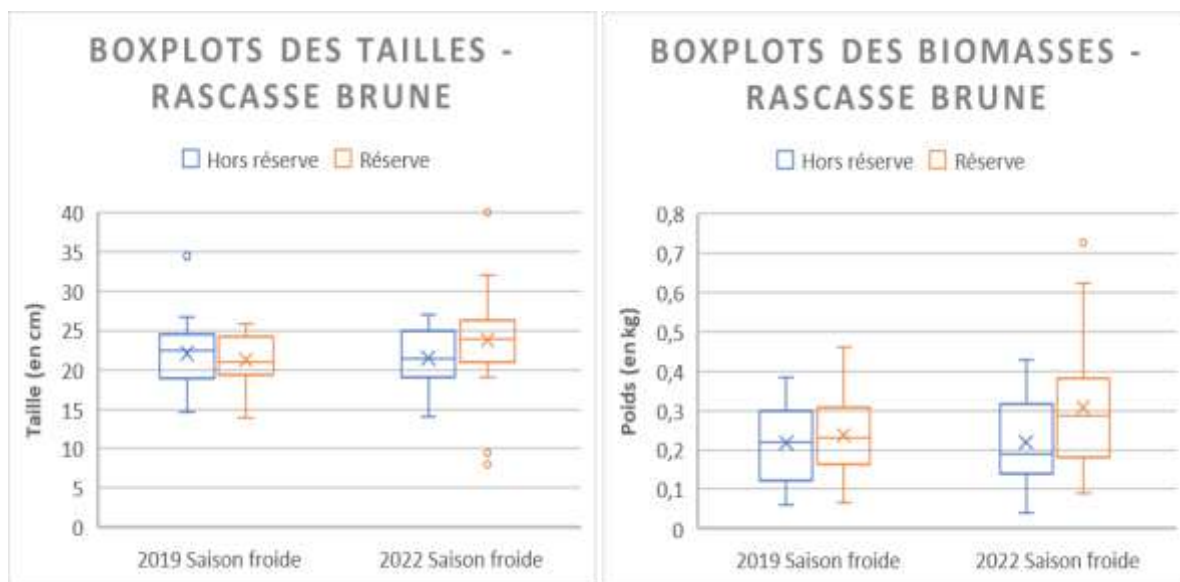


Figure 50 : Boxplots des tailles et des biomasses pour la rascasse brune en saisons froides

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) - Taille (langoustes peches exp)					
		Var indépendante (classement) : variable					
		Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 143) =12.63174 p= .027					
Dépend : Taille		2019 Saison chaude hors réserve R:93,256	2019 Saison froide hors réserve R:64.810	2022 Saison froide hors réserve R:62.161	2019 Saison chaude réserve R:88.608	2019 Saison froide réserve R:57.488	2022 Saison froide réserve R:86.139
2019 Saison chaude hors réserve			1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2019 Saison froide hors réserve		1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	0,379634
2022 Saison froide hors réserve		1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	0,194015
2019 Saison chaude réserve		1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
2019 Saison froide réserve		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		0,961560
2022 Saison froide réserve		1,000000	0,379634	0,194015	1,000000	0,061980	

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) - biomasse (langoustes peches exp)					
		Var indépendante (classement) : variable					
		Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 143) =10,93620 p= .662					
Dépend : biomasse		2019 Saison chaude hors réserve R:95,000	2019 Saison froide hors réserve R:60.483	2022 Saison froide hors réserve R:61.000	2019 Saison chaude réserve R:68.100	2019 Saison froide réserve R:67.420	2022 Saison froide réserve R:85,519
2019 Saison chaude hors réserve			1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2019 Saison froide hors réserve		1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	0,129905
2022 Saison froide hors réserve		1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	0,165527
2019 Saison chaude réserve		1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
2019 Saison froide réserve		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
2022 Saison froide réserve		1,000000	0,129905	0,165527	1,000000	1,000000	

Figure 51 : Analyses statistiques de la taille et de la biomasse des rascasses brunes en saisons froides en fonction du secteur et de l'année– Test de Kruskal-Wallis

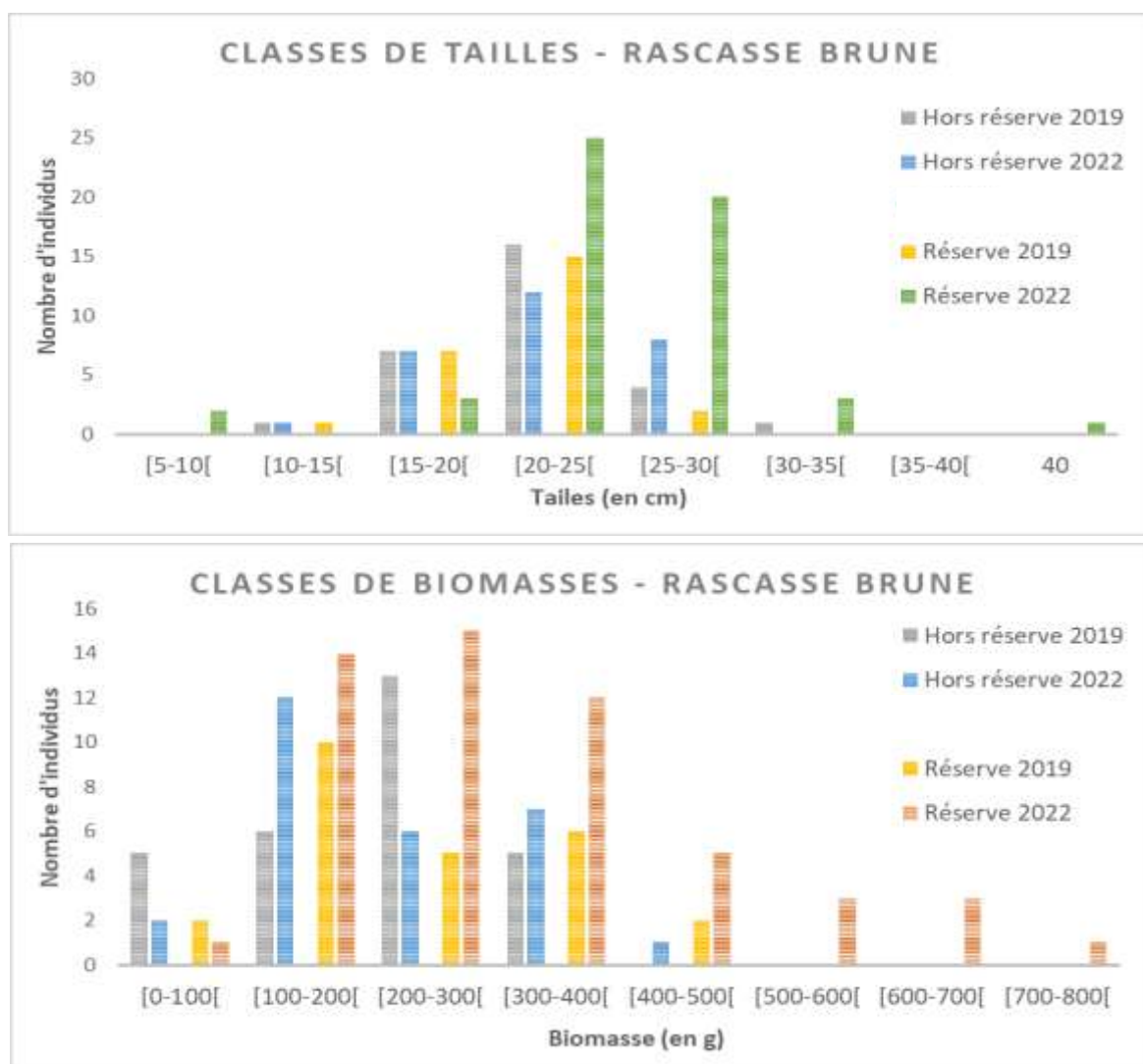


Figure 52 : histogramme des classes de tailles de la rascasse brune en saison froide en fonction du secteur et de l'année.

3.3.1.5 Conclusion

En 2022, les pêches ont globalement été moins abondantes qu'en 2019, avec une richesse spécifique plus faible. Cela a été causé par l'arrivée massive de grosses méduses rhizostomes en juillet et août qui ont endommagé les filets et limité fortement l'efficacité des filets à pêcher sur une partie des calées de la saison froide 2022.

Malgré cela, les premiers effets significatifs de cette zone de protection forte ont pu être mis en évidence trois ans après sa création. En effet en 2019, il n'y avait aucune différence significative entre la richesse spécifique, les rendements et l'abondance relative des pêches entre les secteurs Cantonnement et Hors cantonnement. Par contre, en 2022, soit trois ans après la création du cantonnement, il a été montré que :

- Globalement, les rendements de pêche par filet (CPUE en biomasse) sont plus importants dans le cantonnement que hors cantonnement en 2022 et que hors cantonnement, l'abondance relative par filet (CPUE en nombre d'individus) a significativement chuté par rapport à 2019 alors que ce n'est pas le cas dans le cantonnement.
- Sur l'habitat rocheux, la RSPUE (la richesse spécifique à effort de pêche égal) n'a significativement diminué entre 2019 et 2022 que dans le secteur hors cantonnement, et non pas dans le cantonnement.

Les Cantonnements ont pour objectifs d'accroître la densité des populations présentes, augmenter leur tailles (et de fait leurs biomasses). Particulièrement pour les espèces à croissance lente ou ciblées par la pêche, les Cantonnements sont des zones qui leur permettent de se développer et d'étendre la structure en taille et âge de leurs populations protégées permettant ainsi un meilleur potentiel reproducteur des espèces protégées et ainsi assurer une certaine résilience.

Selon le cycle de vie des espèces, leurs sédentarités, ces effets « Cantonnement » seront plus ou moins efficaces et rapidement visibles. En effet, une espèce nectobenthique très sédentaire, avec des déplacements rares de faible amplitude et dépendantes d'un abri (ex : la langouste) est moins amène à sortir d'un cantonnement et à être pêchée, au contraire une espèce ayant des déplacements plus importants (comme les sparidés) qui sont moins dépendant d'un abri et se déplacent bien plus.

Pour les 6 espèces benthiques (inféodées au milieu) les plus abondantes, le nombre d'individus pêchés est plus important dans le cantonnement que hors cantonnement en 2022. Cette différence était déjà notable en 2019 pour la mostelle, la rascasse rouge et le homard mais est spécifique à 2022 pour la langouste rouge, la rascasse brune et le chapon.

Si pour la mostelle et la rascasse brune, il n'y a pas de différence ni de poids ni de taille entre secteurs et entre années, il a été observé un effet « Réserve » sur la langouste rouge. En 2022, dans le cantonnement les langoustes sont significativement plus grandes et plus grosses qu'en 2019 et leur poids est plus important que hors cantonnement. De même, la proportion d'individus considérés comme matures est supérieur dans le cantonnement (77%) que hors cantonnement (55%) en 2022 alors qu'en 2019, la majorité des langoustes, peu importe le secteur n'avaient pas atteint la taille de maturité sexuelle. Enfin il a été constaté un décalage et une étendue des classes de tailles dominantes entre 2019 et 2022, plus important dans le cantonnement que hors cantonnement.

Après 3 années de protection forte :

- Pêches globalement moins importantes en 2022 par rapport à 2019
- Premiers effets significatifs sur le rendement dans le cantonnement
- Abondances plus importantes en langoustes, rascasses brunes et chapons dans le cantonnement
- Langoustes plus grosses dans le cantonnement en 2022

3.3.2 Suivi par comptage visuel

L'évaluation des peuplements de poissons mais aussi les crustacés ont été réalisées par des relevés visuels en scaphandre autonome. Cette méthode a l'avantage d'obtenir des données fiables sur l'abondance, la densité, la richesse spécifique et la taille des individus. Non destructifs, ils peuvent donc être répliqués. Deux méthodes ont été utilisées pour compter avec précision les poissons et crustacés selon le type d'habitat : la méthode du transect pour la roche et la méthode de comptage total par unité d'habitat pour les récifs artificiels et le coralligène.

3.3.2.1 Matériel et méthodes

- Méthode de comptage sur l'habitat rocheux

Afin d'obtenir des données quantitatives, il a été utilisé la méthode dite des « transects » (Figure 53). Cette méthode proposée par Brock en 1954 est la plus adéquate pour obtenir des données quantitatives sur les assemblages ichthyologiques par rapport aux autres méthodes visuelles (Goni *et al.*, 2000). Ces transects sont matérialisés par un pentamètre déroulé sur le fond, de part et d'autre duquel les comptages ont été entrepris. Il a été choisi d'effectuer des transects de 30 m sur une bande de 4 mètres de large (2m de chaque côté du transect) sur 1 m de hauteur. En effet, la largeur du transect doit être adaptée à la visibilité du milieu, à l'échelle du phénomène étudié, ainsi qu'aux caractéristiques des espèces rencontrées (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985). Le volume échantillonné par le plongeur est de 120 m³ à une vitesse de comptage d'environ 5m/min. Pour chaque site, 3 transects ont été réalisés.

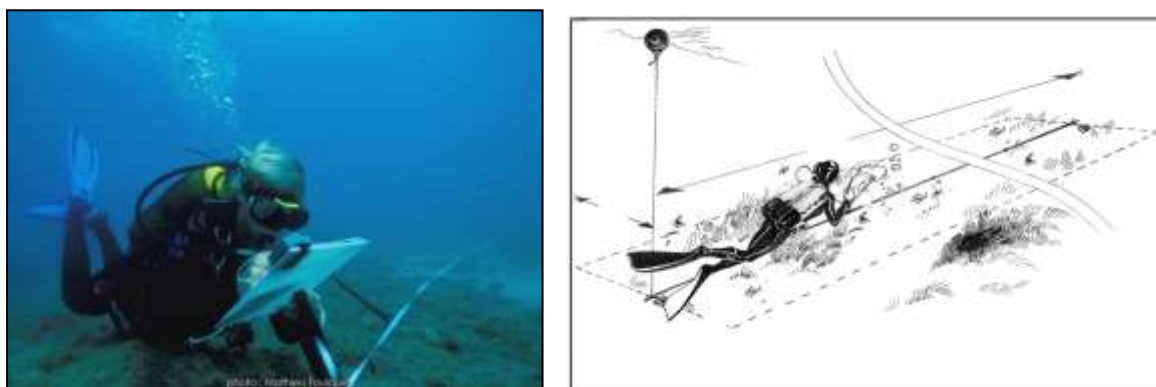


Figure 53 : Etude quantitative lors d'un transect de 50m (à gauche ; Source Mathieu Foulqué). Schématisation d'un transect de 50 m de long par 4 m de large (à droite).

- Méthode de comptage sur le coralligène et les récifs artificiels

La morphologie de l'habitat coralligène sur Agde ne permet pas de transposer la méthode des transects. Dans l'AMPCA, le coralligène est de type « coralligène de plateau », il se présente principalement sous l'apparence de récifs « patatoïdes » et de petits murets. Outre cette morphologie tridimensionnelle, la taille des patatoïdes varie entre 10 et 25m de long et de large sur 1 à 2 m de hauteur. Ces caractéristiques ne permettent donc pas de réaliser des transects standardisés.

Nous avons donc retenu de réaliser un inventaire sur le même principe méthodologique pour le coralligène et les récifs artificiels, à savoir inventorier l'ensemble du site (soit la « patate » de coralligène, soit l'intégralité du récif artificiel) et reporter les données par m³ (après une estimation du volume global de chaque site).

Pour chaque habitat (coralligène, roche et récifs artificiels) et pour chaque secteur (dans le cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR)), trois répliques ont été suivies pour moyenniser les données. Les différents sites sont identifiés sur la carte en Figure 54.

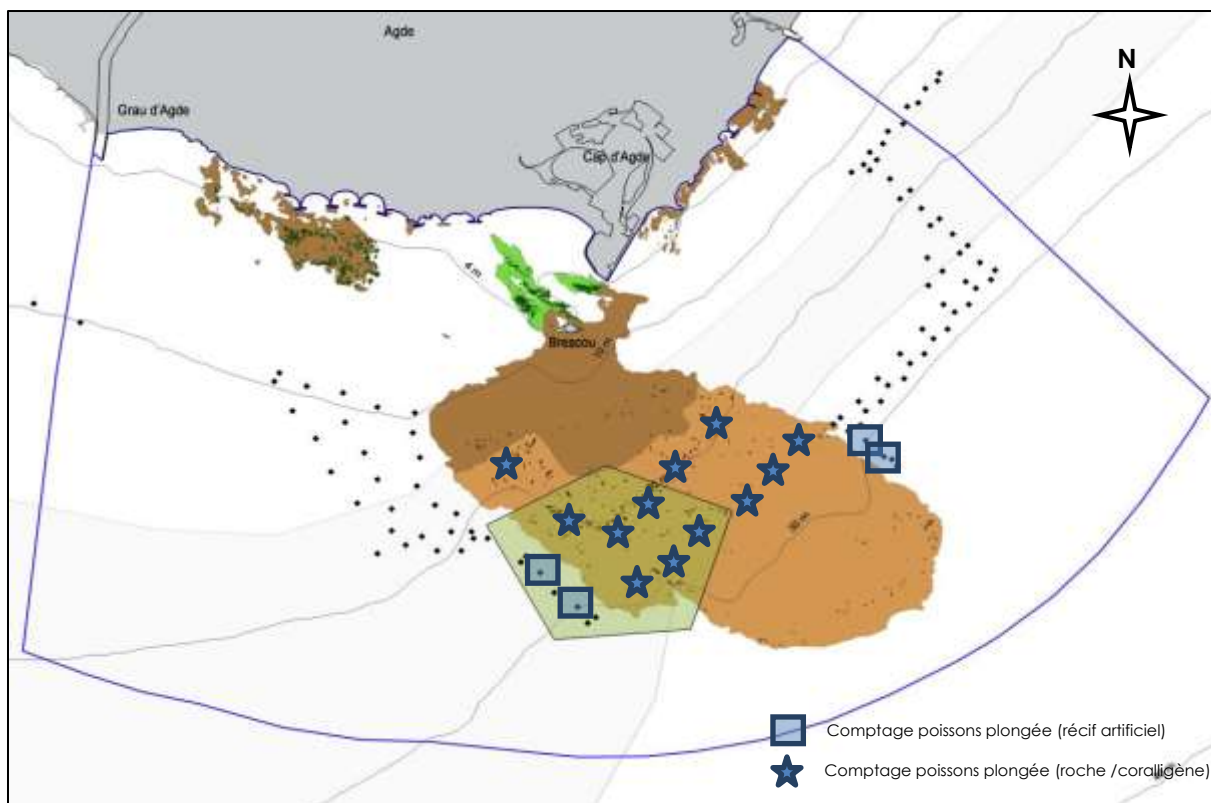


Figure 54 : Sites de suivi pour les campagnes de comptage ichtyofaune en plongée sous-marine

- Méthode de comptage des espèces sessiles (vertébrés et invertébrés)

Lors de la plongée, l'observateur étudie les principales espèces fixées sur le substrat. En complément, quand les conditions météorologiques le permettent, des prises de vue sont réalisées pour une analyse d'images ultérieure. Lors de ce suivi scientifique, une attention toute particulière est portée aux invertébrés présentant un intérêt commercial. Il conviendra néanmoins de signaler la présence des espèces sans importance commerciale.

- Méthode de comptage des espèces vagiles (poissons)

Afin de ne pas perturber les peuplements de poissons sur les récifs artificiels et le coralligène, un seul observateur de la palanquée réalise les comptages. L'approche et le déplacement sont réalisés strictement de la même façon à chaque inventaire.

Quatre types de distribution des espèces mobiles ont été choisis :

- Les espèces très mobiles et difficiles d'approche (sars, loups, pageots). Elles sont comptées en premier (Figure 55) ;
- Les espèces à proximité immédiate du récif (poissons : Labridae, Serranidae ; invertébrés : calmars, seiches) sont dénombrées (Figure 55) ;
- Les espèces inféodées aux récifs (poissons : congres, mostelles, rascasses, blennies, gobies ; invertébrés : poulpes, langoustes, etc.) sont répertoriées en explorant consciencieusement toutes les cavités ainsi que les zones internes à l'aide de phares sous-marins (Figure 55) ;
- Les espèces grégaires de pleine eau, peu craintives, souvent très abondantes (bogues, capelans, athérines) sont estimées en dernier.

Des enregistrements vidéo et/ou des photographies sont réalisés par le deuxième plongeur lorsque la visibilité le permet.

La difficulté de l'étude est souvent directement liée aux conditions météorologiques (visibilité faible, fort vent, courant). Une estimation ou une mesure de la visibilité est réalisée. La méthodologie de comptage est adaptée en fonction des sites et des conditions environnementales. Cette méthodologie est clairement consignée pour être facilement reproduite.

Les paramètres biologiques sont suivis selon les quatre niveaux de mobilité définis précédemment : mobiles et difficiles d'approche, à proximité du récif, à l'intérieur du récif et les espèces grégaires de pleine eau (Figure 55).

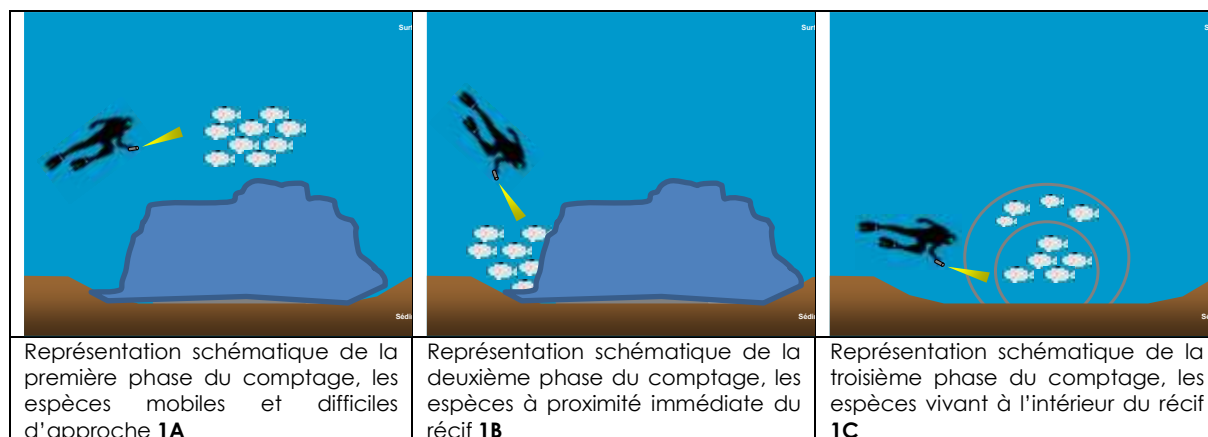


Figure 55 : Représentation schématique des phases de comptage en fonction du type d'espèces

- Choix des descripteurs

Lors de cette étude, le nombre d'espèces différentes est évalué. Une attention particulière est portée sur les espèces d'intérêt commercial. Cette liste d'espèces a été déterminée en collaboration avec les divers acteurs socio-économiques de la pêche. La densité des espèces d'intérêt commercial peut ainsi être évaluée.

La similarité qualitative de la richesse spécifique entre deux campagnes est analysée via l'indice de Dice :

$D_i = nc / (0,5(n_i + n_j))$, avec nc = nombre d'espèces communes entre les relevés i , n_i = nombre d'espèces du relevé i et n_j = nombre d'espèces du relevé j .

Cet indice varie de 0 à 1. Plus la valeur est proche de 1, plus les échantillons sont similaires. Une valeur égale à 1 indique que les deux échantillons sont identiques.

Remarques sur l'analyse des données quantitatives

Afin de faciliter l'interprétation des données quantitatives, une transformation $\text{Log}(X+1)$ est opérée sur les valeurs pour pondérer les espèces grégaires formant de large banc notamment les espèces de la catégorie spatiale 1, (Harmelin *et al.*, 1987), comprenant les poissons de pleine eau, généralement en bancs très mobiles, erratiques (domaine spatial vaste), à activité diurne (*Boops boops*, *Oblada melanura*, *Atherina boyeri*, *Trachurus mediterraneus*, *Spicara maena*, etc.).

- Densité des espèces en fonction de la taille

La densité est exprimée en nombre d'individus par m^3 d'habitat. Le nombre d'individus présents sur chaque unité est dénombré de façon directe jusqu'à 30 individus. Pour les espèces regroupées en bancs, le nombre d'individus est estimé selon une cotation d'abondance proche d'une progression géométrique de base 2 : 31-50 / 51-100 / 101-200 / 201-500 / > 500. Cette cotation correspond généralement aux abondances des différents groupements de poissons les plus souvent observés en plongée (Harmelin-Vivien & Harmelin, 1975). Les densités

sont calculées à partir de la moyenne arithmétique de chaque limite de classe (ex : 31-50 = 40).

L'emploi de classes d'abondance préfixées a l'avantage d'augmenter la rapidité de comptage et minimise donc les pertes d'informations qui découleraient de toute perte de temps lors de l'estimation d'un groupe de poissons. Malgré tout, plusieurs auteurs (Harmelin-Vivien & Harmelin, 1975 ; Frontier & Viale, 1977) ont démontré que le nombre d'individus comptabilisés est généralement sous-estimé. Les expériences réalisées par Harmelin-Vivien *et al.* (1985) ont montré qu'au-delà de 20 à 30 poissons, la numération directe était difficile. D'ailleurs, l'existence d'un seuil maximal de dénombrement possible, sans sous-estimation importante, a déjà été démontrée en psychologie humaine par Brevan *et al.* (1963). Ce seuil se situe aux alentours de la vingtaine d'objets.

La taille des individus a été évaluée à 2 centimètres près (Garcia-Charton & Perez Ruzafa, 1998 ; Bayle-Sempere, 1999 In : Goni *et al.*, 2000). L'évaluation de la taille des individus permet d'étudier le recrutement des espèces et de déterminer les biotopes préférentiels des juvéniles. De plus, cela permet de connaître la biomasse d'une zone étudiée. Cette mesure a nécessité au préalable un entraînement des opérateurs *in situ*. Les classe tailles ont ensuite été organisées par intervalle de 5cm : [0-5[; [5-10[, *etc.*

- Densité des espèces d'intérêt commercial

Lors de ce suivi, une attention particulière est portée sur les espèces d'intérêt commercial. Cette liste d'espèce a été déterminée en collaboration avec les divers acteurs socio-économiques de la zone d'étude (pêcheurs professionnels, Tableau 34). Toutefois, pour des raisons de clarté dans l'analyse des données, l'ensemble des espèces commercialisables rencontrées au cours du suivi ne sont pas représentées dans cette liste.

Tableau 34: Liste des espèces d'intérêt commercial.

Type	Nom	Nom latin
Vertébrés	Congre	<i>Conger conger</i>
	Loup	<i>Dicentrarchus labrax</i>
	Mostelle	<i>Phycis phycis</i>
	Petite rascasse rouge	<i>Scorpaena notata</i>
	Chapon	<i>Scorpaena scrofa</i>
	Rouget barbet de vase	<i>Mullus barbatus</i>
	Rouget barbet de roche	<i>Mullus surmuletus</i>
	Sar à tête noire	<i>Diplodus vulgaris</i>
	Sar commun	<i>Diplodus sargus</i>
	Rascasse brune	<i>Scorpaena porcus</i>
	Sparaillon	<i>Diplodus annularis</i>
	Sole	<i>Solea solea</i>
	Capelan	<i>Trisopterus luscus capelanus</i>
Invertébrés	Poulpe	<i>Octopus vulgaris</i>
	Seiche	<i>Sepia officinalis</i>
	Langouste	<i>Palinurus elephas</i>
	Homard	<i>Homarus gammarus</i>

- Catégories d'occupation spatiale

Afin de schématiser l'organisation spatiale de l'ichtyofaune, ces espèces ont été classées en 6 catégories spatiales (Harmelin, 1987) (liste ci-dessous). Cette catégorisation permet une évaluation de la répartition spatiale des différentes espèces présentes en fonction de leur écologie et de leur comportement.

Les catégories sont les suivantes (dans Le direach *et al.*, 2017 ; Figure 56) :

- **Catégorie 1 : espèces de pleine eau**, grégaires et très mobiles, avec un domaine spatial vaste et une activité diurne. Elle comprend notamment les espèces suivantes : *Spicara sp.*, *Boops boops*, *Oblada melanura*, les mugilidés en général, *Dicentrarchus labrax*, *Seriola dumerili* ;
- **Catégorie 2 : poissons sédentaires vivant en banc** dans toute la colonne d'eau. *Chromis chromis* et *Anthias anthias* appartiennent à cette catégorie ;
- **Catégorie 3 : espèces nectobenthiques** effectuant des **déplacements verticaux d'amplitude moyenne** (quelques mètres) et des déplacements latéraux plus ou moins importants, mais avec une fidélité stationnelle marquée. Ce sont les sparidés à activité diurne : *Diplodus spp.*, *Spondyliosoma cantharus*, *Sparus aurata*, *Sarpa salpa*, *Dentex dentex*, et *Epinephelus marginatus* ;
- **Catégorie 4 : espèces nectobenthiques à déplacements verticaux très faibles** et à déplacements latéraux importants. Seul *Mullus surmuletus* appartient à cette catégorie ;
- **Catégorie 5 : espèces nectobenthiques à forte sédentarité** ayant des déplacements verticaux et latéraux faibles. Cette catégorie regroupe tous les labridés présents ainsi que deux espèces de serranidés : *Serranus cabrilla* et *Serranus scriba*, et un scianidé : *Sciaena umbra* ;
- **Catégorie 6 : espèces nectobenthiques à très forte sédentarité**. Ces poissons présentent des déplacements verticaux quasi nuls et des déplacements verticaux rares et de très faible amplitude.

Deux sous-catégories 6a et 6b sont distinguées. La **catégorie 6a** comprend des espèces statiques à l'extérieur des abris. Ce sont des espèces diurnes : blenniidés, gobiidés, et triptérygiidés. La **catégorie 6b** comprend des espèces à tendance nocturne : scorpaenidés, *Conger conger*, *Phycis phycis*.

La catégorie 6a n'est pas considérée dans l'analyse des données, étant donné que les espèces et taxons la constituant ne sont pas pris en compte dans les recensements.

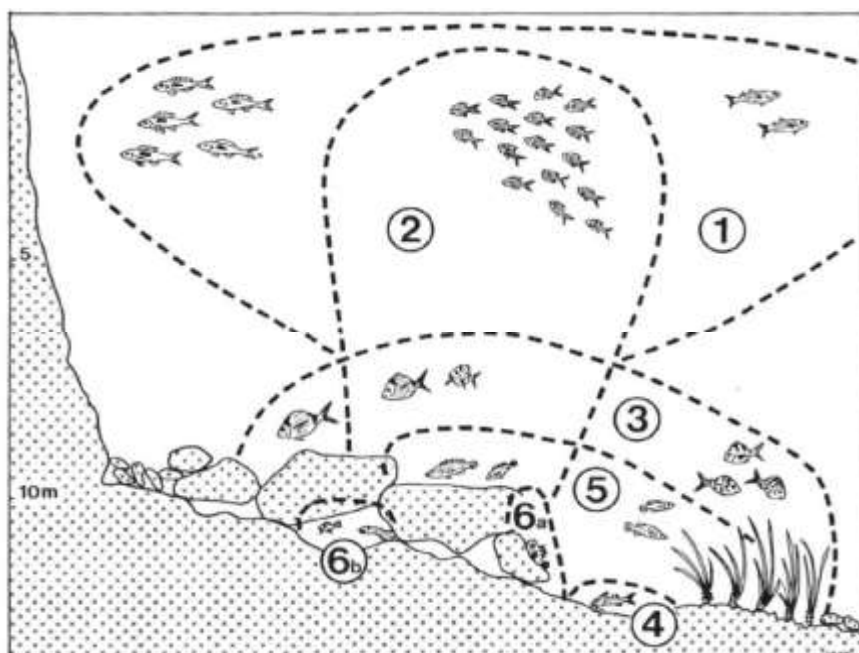


Figure 56 : Organisation spatiale de l'ichtyofaune sur les fonds rocheux infralittoraux méditerranéens (Harmelin, 1987)

Entre 2019 et 2023, des campagnes de comptage ont été menées sur trois types d'habitats : le coralligène, l'habitat rocheux et les récifs artificiels. En raison des contraintes logistiques importantes (temps et ressources humaines) nécessaires pour couvrir l'ensemble des sites sur chacun de ces habitats, **il a été décidé qu'à partir de 2024, le suivi de l'ichtyofaune serait recentré exclusivement sur l'habitat présentant le plus grand intérêt écologique : le coralligène.**

Les résultats présentés ci-dessous détailleront donc les analyses globales entre 2019 et 2022 sur les trois habitats, et un focus sur le coralligène sera réalisé pour chaque descripteur qui suivra les campagnes de 2019 à 2025.

3.3.2.2 Résultats

Plusieurs campagnes de comptage en plongée ont été réalisées dans le cadre de cette étude :

- Une campagne en 2019, correspondant à l'année de référence T0 réalisée entre mai et juin ;
- Une campagne en 2020, réalisée à l'année de référence T0 entre janvier et février ;
- Une campagne en 2022, réalisée entre juillet et septembre ;
- Une campagne en 2023, réalisée entre mai et août ;
- Une campagne concentrée sur le coralligène en 2024, réalisée le 27 août ;
- Une campagne concentrée sur le coralligène en 2025, réalisée entre le 28 et le 30 avril.

Au total 84 plongées d'inventaires ont été réalisées entre 2019 et 2025.

Ci-dessous dans le tableau sont synthétisées le nombre de réplicas (sites) par habitat et par secteur en fonction des années qui ont fait l'objet d'un suivi.

Années		2019		2020		2022		2023		2024		2025	
		HR	ZPR	HR	ZPR	HR	ZPR	HR	ZPR	HR	ZPR	HR	ZPR
Habitats	Récif artificiel	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0
	Roche	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0
	Coralligène	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

- Richesse spécifique

o Sur les trois habitats étudiés : campagnes de 2019 à 2023

Un total de 44 espèces a été inventorié lors des 4 campagnes, avec une richesse spécifique moyenne comprise entre 27 et 35 espèces. 22 espèces sont communes aux 4 campagnes entre 2019 et 2023 (Figure 57). La richesse spécifique est similaire entre les campagnes avec un indice de Dice compris entre 0.78 à 0.86.

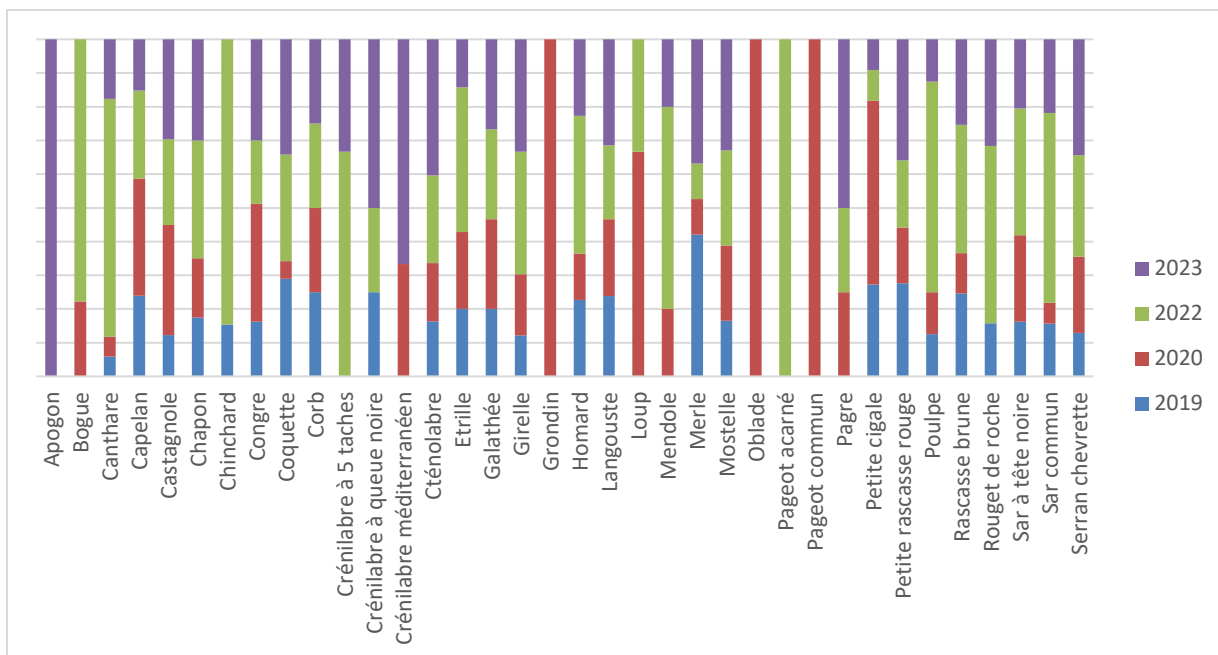


Figure 57 : Richesse spécifique totale au cours des 4 campagnes dans les deux zones et pour tous les habitats

La richesse spécifique totale est plus élevée hors cantonnement que dans le cantonnement avec respectivement 32 et 26 espèces. Toutefois, cette différence n'est pas significative entre les deux zones (test Kruskal-Wallis, $P > 0.05$) et entre les années (test Kruskal-Wallis, $P > 0.05$) (Figure 58).

Certaines espèces sont spécifiques à une zone, il s'agit du grondin perlon pour le cantonnement et de l'apogon, du crénilabre à 5 taches, du crénilabre à queue noire, du crénilabre méditerranéen, de l'oblade, du pagre, du pageot commun pour la zone hors cantonnement (Figure 59).

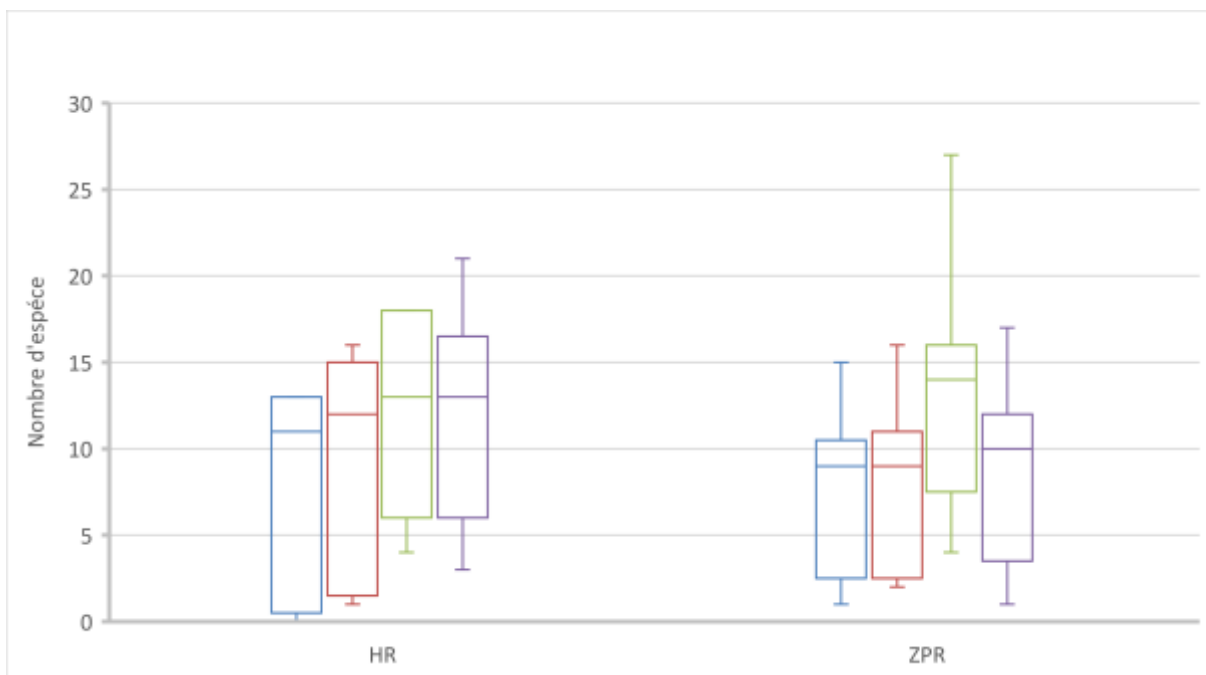


Figure 58 : Richesse spécifique totale moyenne des 4 campagnes (bleu 2019, rouge 2020, vert 2021, violet 2022) dans le cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR) tout habitat confondu.

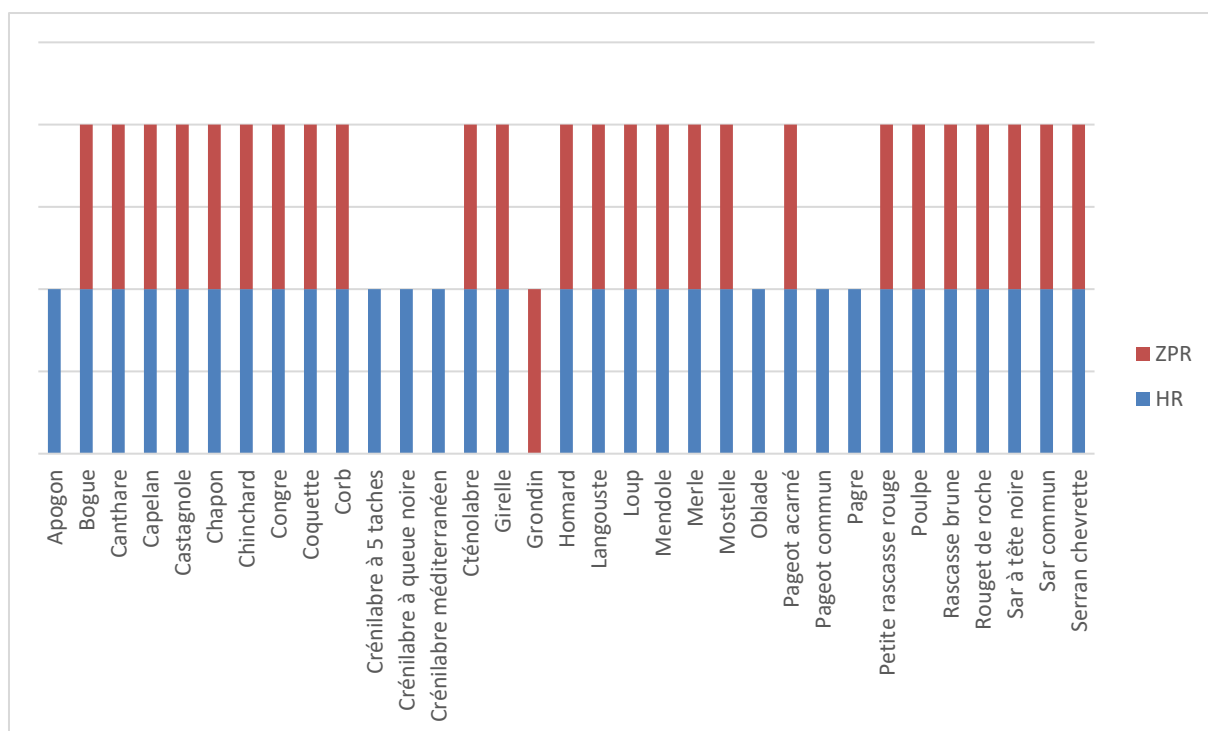
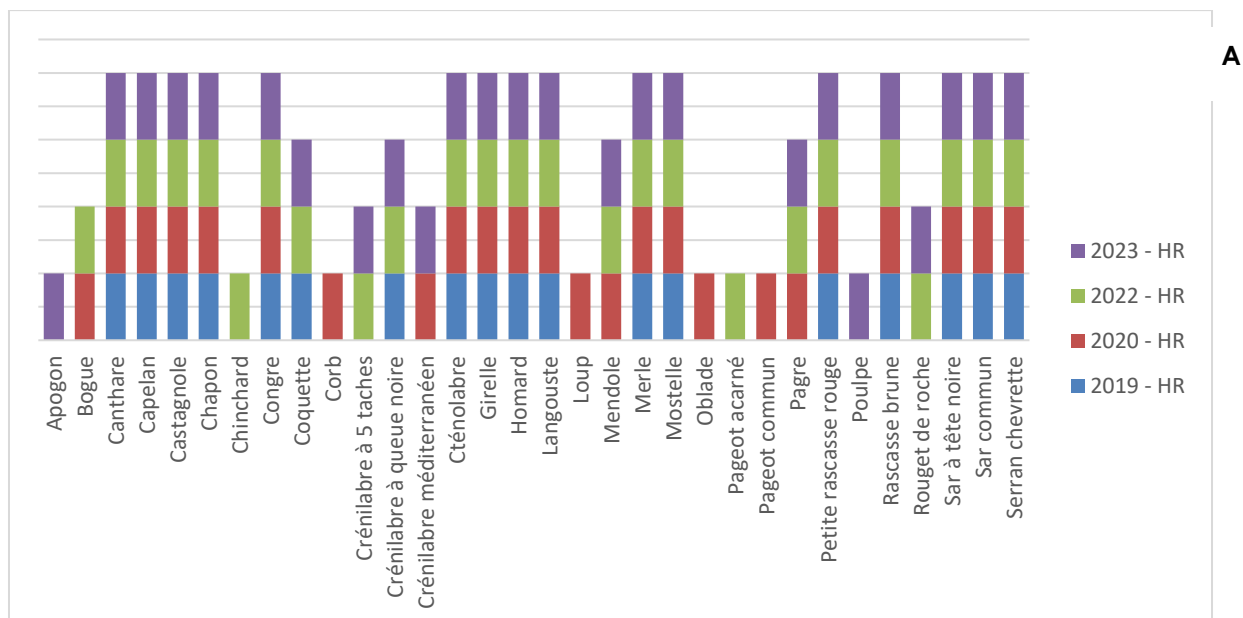


Figure 59 : Représentation des espèces inventoriées par zone tout habitat confondu (coralligène, récifs artificiel et roche) entre 2019 et 2023

Comparaisons de la Richesse spécifique dans et hors cantonnement

Selon les années et pour les trois habitats confondus, la richesse spécifique au sein des zones a évolué. 16 espèces sont communes aux 4 campagnes pour la zone hors cantonnement contre 15 pour le cantonnement (Figure 60).



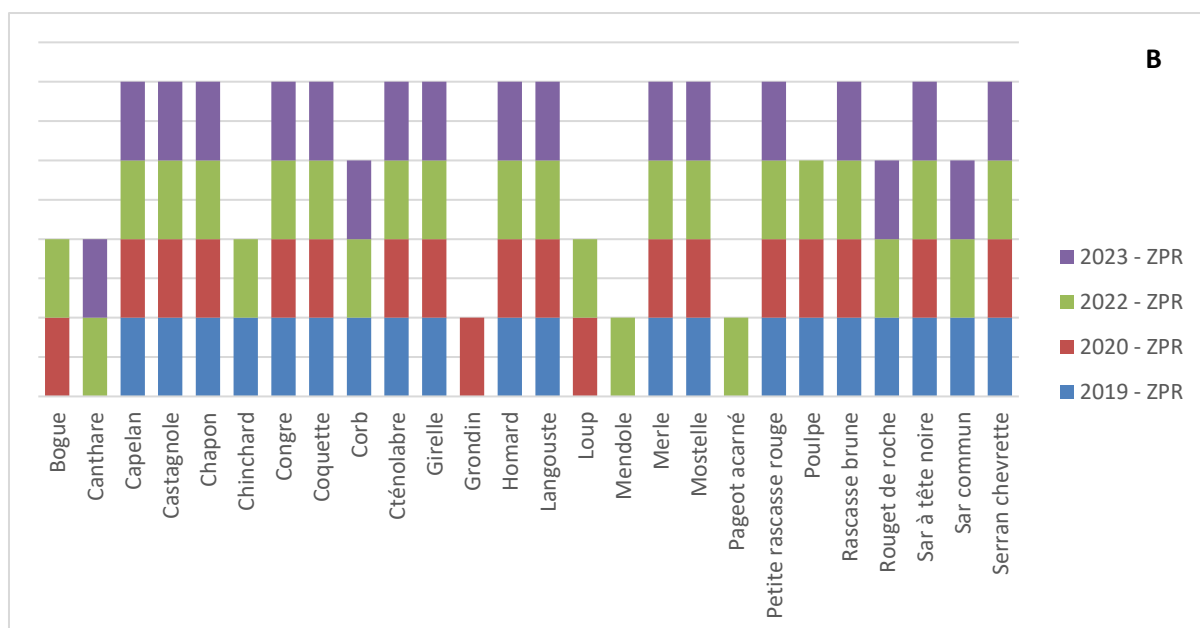


Figure 60 : Représentation des espèces inventoriées par zone (A : HR et B : ZPR) par année tous habitats confondus

Comparaisons de la richesse spécifique par type d'habitat entre 2019 et 2023

La richesse spécifique est plus élevée pour l'habitat coralligène avec en moyenne 14 espèces, suivi par l'habitat artificiel et la roche. Globalement, la richesse spécifique totale moyenne a augmenté dans les deux zones et dans tous les habitats entre 2019 et 2022 puis diminuée en 2023 (Figure 61).

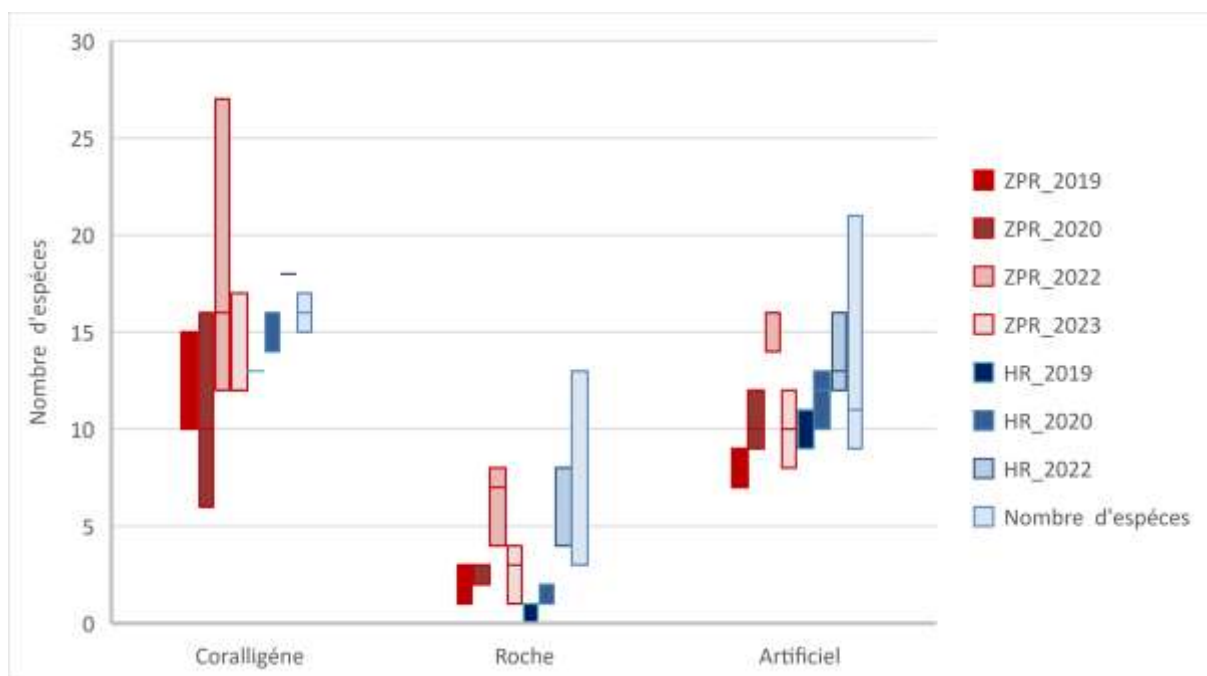


Figure 61 : Richesse spécifique totale moyenne des deux zones par 4 campagnes et par habitat

o Focus sur l'habitat coralligène entre 2019 et 2025

Entre 2019 et 2025, il a été inventorié un total de 39 espèces sur le coralligène lors des 6 campagnes, avec une richesse spécifique (tous sites confondus) variant de 23 à 31 espèces. 18 espèces sont communes à l'ensemble des campagnes sur le coralligène (Figure 62).

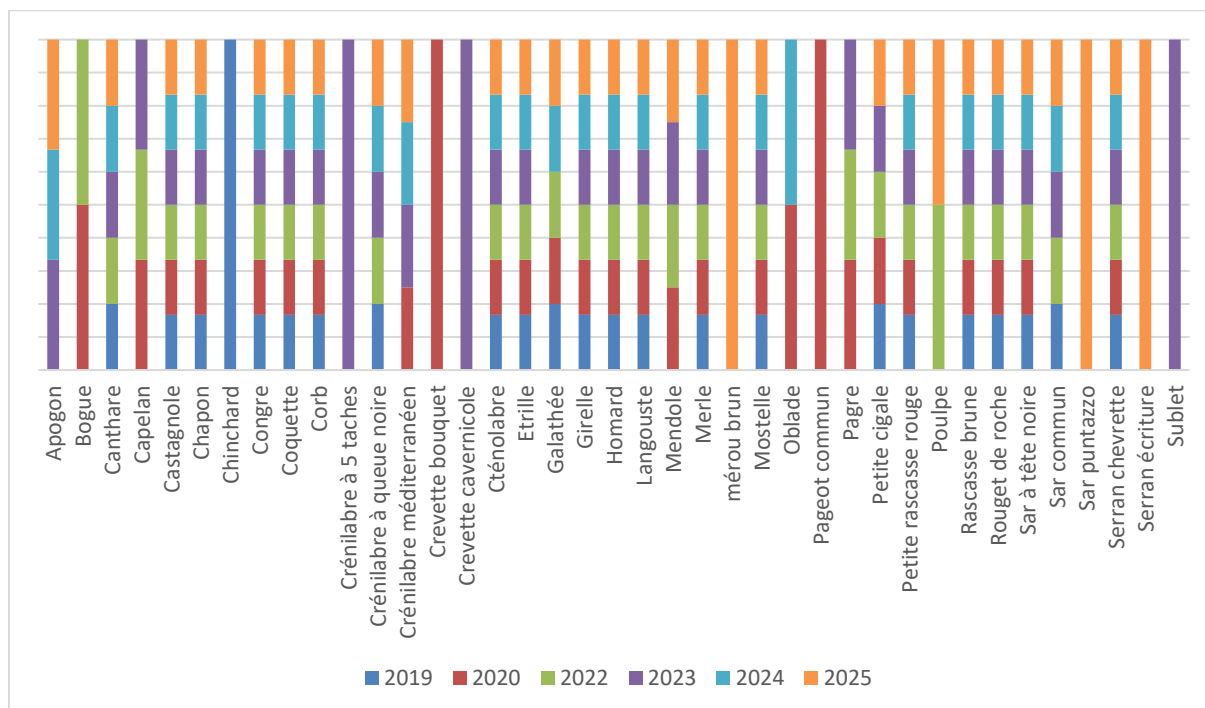


Figure 62 : Richesse spécifique totale au cours des 6 campagnes de suivi dans les deux zones pour l'habitat coralligène

Comparaison des indices de Dice sur l'habitat coralligène

Les indices de Dice calculés entre années indiquent une forte similarité dans la richesse spécifique entre les campagnes (entre 0.621 et 0.824), montrant qu'il n'y a pas été observé de changements brutaux dans la composition des communautés d'espèces durant la période du suivi sur le coralligène.

Tableau 35 : Résultats des indices de Dice entre les années de suivi

Annee_i	Annee_j	Dice_index	Annee_i	Annee_j	Dice_index
2019	2020	0.72	2020	2025	0.621
2019	2022	0.824	2022	2023	0.820
2019	2023	0.75	2022	2024	0.778
2019	2024	0.816	2022	2025	0.712
2019	2025	0.704	2023	2024	0.780
2020	2022	0.764	2023	2025	0.75
2020	2023	0.7	2024	2025	0.737
2020	2024	0.679			

Comparaison de la richesse spécifique dans et hors cantonnement sur le coralligène

Dans la globalité des campagnes (2019 à 2025), il a été observé en tout 31 espèces dans le cantonnement et 34 hors cantonnement.

Si 26 espèces sont communes aux deux secteurs, certaines espèces comme le chincharde, le capelan, la crevette cavernicole et le sublet n'ont été observées que dans le cantonnement. Au contraire, 8 espèces ont été exclusivement comptées qu'hors cantonnement : c'est le cas des trois crénilabres (à 5 tâches, à queue noire et méditerranéen), du mérrou brun, de l'oblade, du pageot commun, du pagre et du serran écriture (Figure 63).

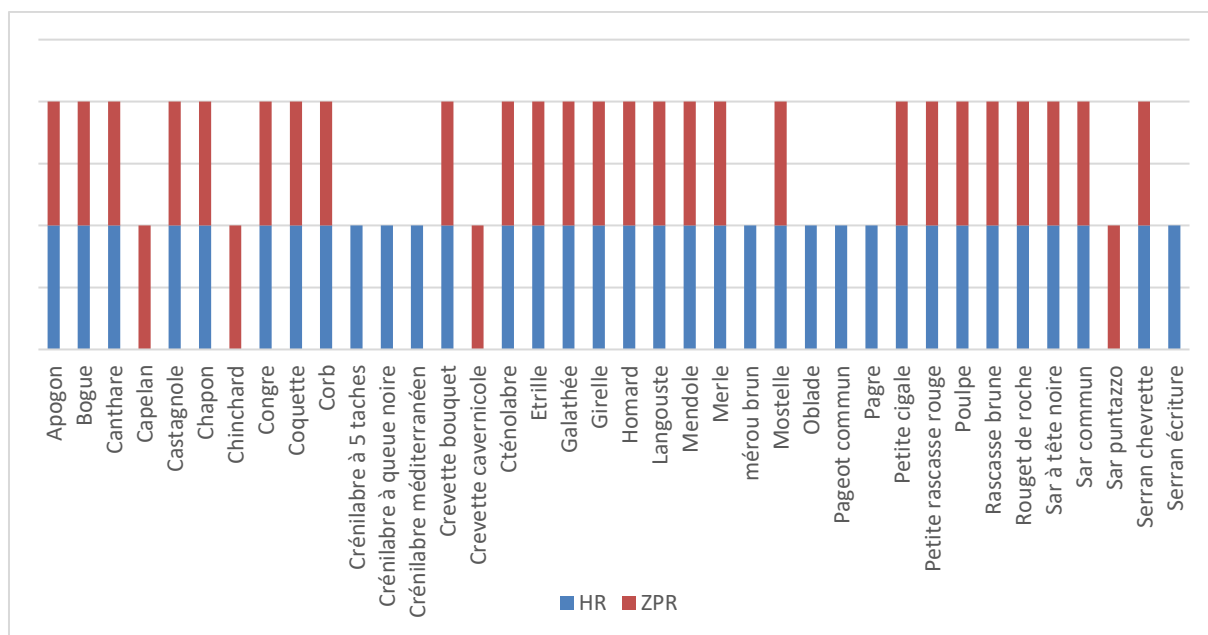
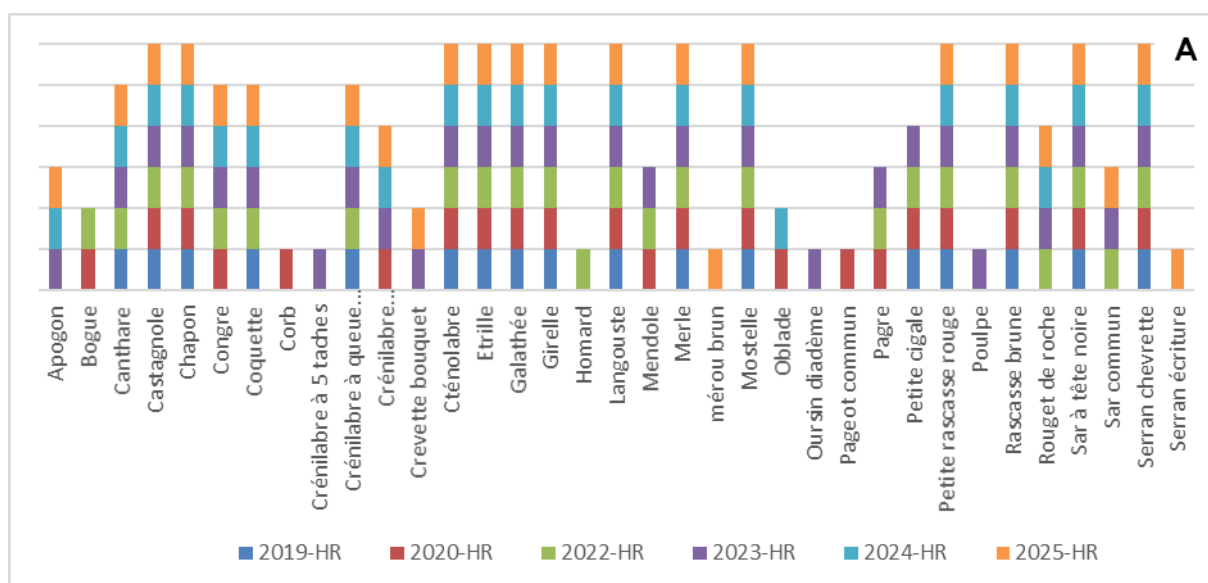


Figure 63 : Représentation des espèces inventoriées par secteur



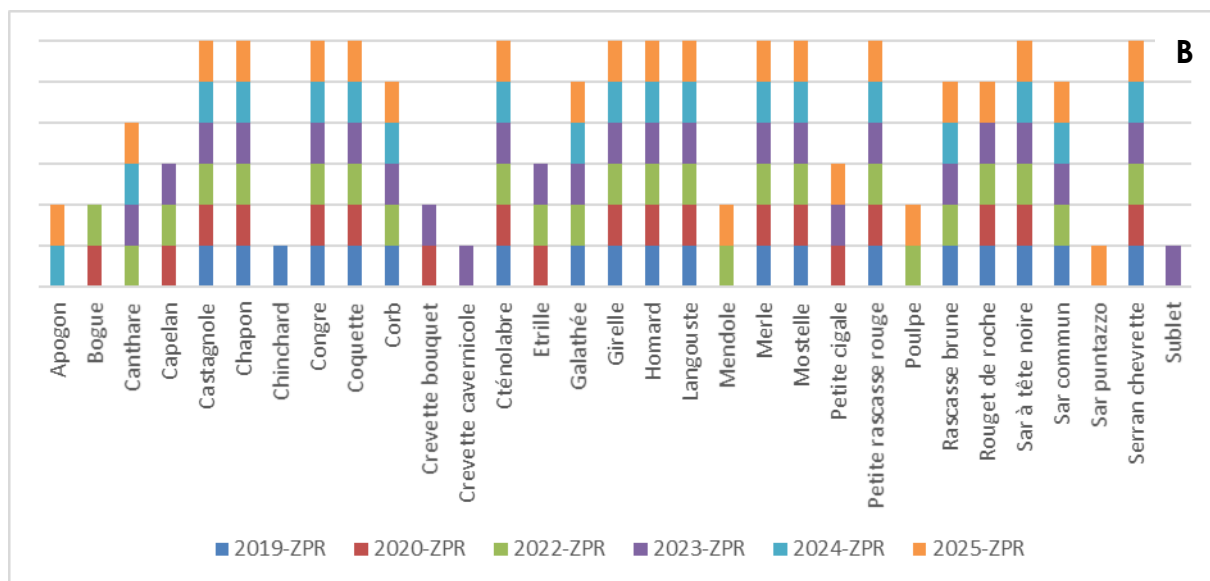


Figure 64 : Représentation des espèces inventoriées par secteur (A : HR et B : ZPR) par année tous habitats confondus

En moyenne par site, 15,9 espèces ont été recensées hors cantonnement contre 14,3 dedans. L'évolution de la richesse spécifique par année et par secteur montre des variations interannuelles de richesse spécifique dans chacun des secteurs, bien que plus prononcées dans le cantonnement (ZPR) qu'en dehors (HR) (Figure 65).

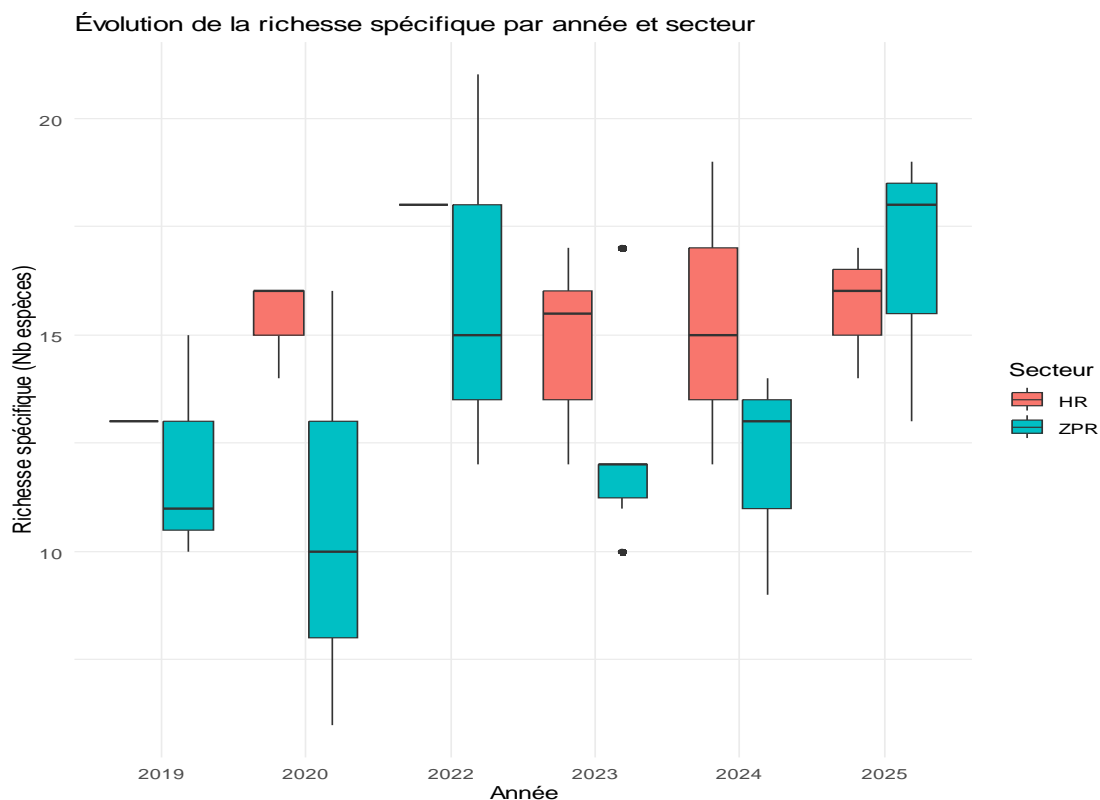


Figure 65 : Evolution de la richesse spécifique par année et par secteur (ZPR et HR)

Une analyse de variance à deux facteurs avec interaction a été réalisée afin de tester l'effet du secteur (HR vs ZPR), de l'année ainsi que de leur interaction sur la richesse spécifique selon le modèle : $RS \sim \text{Secteur} + \text{Année} + \text{Secteur} \times \text{Année}$

(sachant que les conditions d'application de l'ANOVA ont été remplies : les résidus suivent une distribution normale (test de Shapiro-Wilk, $p=0.475$) et les variances sont homogènes (test de Leven, $p=0.542$).

L'ANOVA à deux facteurs montre que la richesse spécifique varie significativement selon le secteur ($p = 0,016$) et selon l'année ($p = 0,036$). En revanche, l'interaction entre les deux facteurs n'est pas significative ($p = 0,571$), suggérant que l'effet du secteur sur la richesse spécifique est globalement constant dans le temps.

Ainsi la richesse spécifique tend à rester plus élevée chaque année hors cantonnement que dans le cantonnement, sans que cette différence ne s'amplifie ou ne se réduise de manière significative au fil des années.

Ces résultats suggèrent que le cantonnement n'a pas eu d'effet mesurable sur la richesse spécifique au sein du coralligène durant la période étudiée (2019 à 2025).

- Abondance
 - o Sur les trois habitats étudiés : campagnes de 2019 à 2023

Sur les trois habitats concernés, 9 espèces contribuent à plus de 90% de l'abondance totale des deux zones. Il s'agit par ordre d'importance (en nombre d'individus) du capelan, de la castagnole, de la langouste, du bogue, du chinchard, du pageot acarné du sar à tête noire, de la petite rascasse rouge et de la mostelle (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Pour les poissons, les espèces les plus abondantes appartiennent principalement aux catégories spatiales 1, 2 et 3 soit respectivement des poissons de pleine eau, en banc très mobile à domaine spatial vaste, des poissons sédentaires vivant en bancs dans toute la colonne d'eau avec une activité nocturne cryptique et enfin des poissons nectobenthiques très sédentaires avec des déplacements verticaux quasi nuls et des déplacements latéraux rares de très faible amplitude (Figure 72).

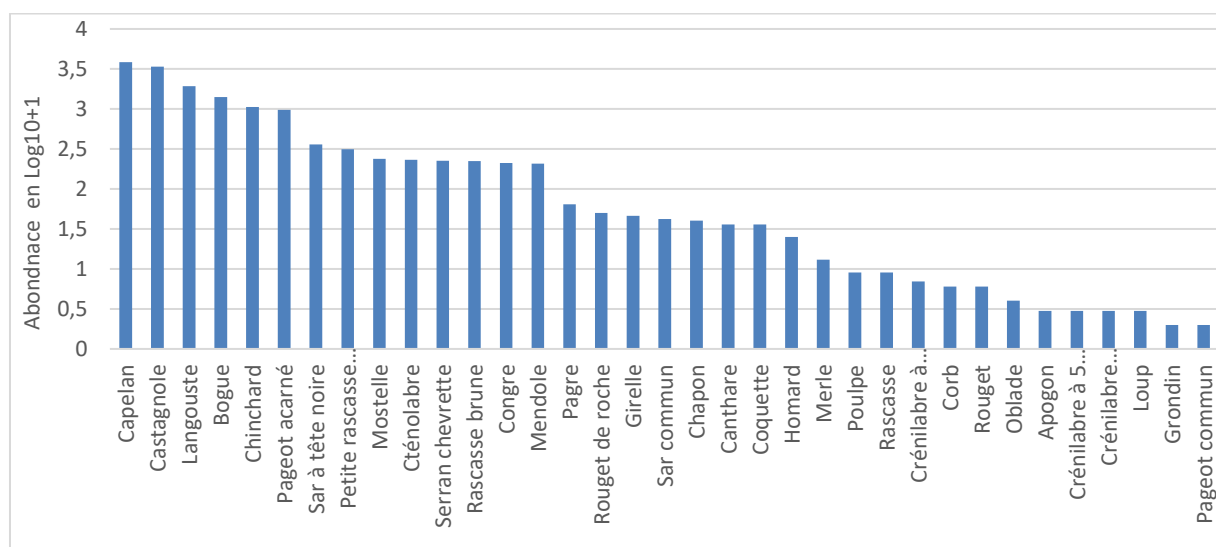


Figure 66 : Abondance totale (log (X+1)) toutes campagnes (2019 à 2023), zones et habitats confondus

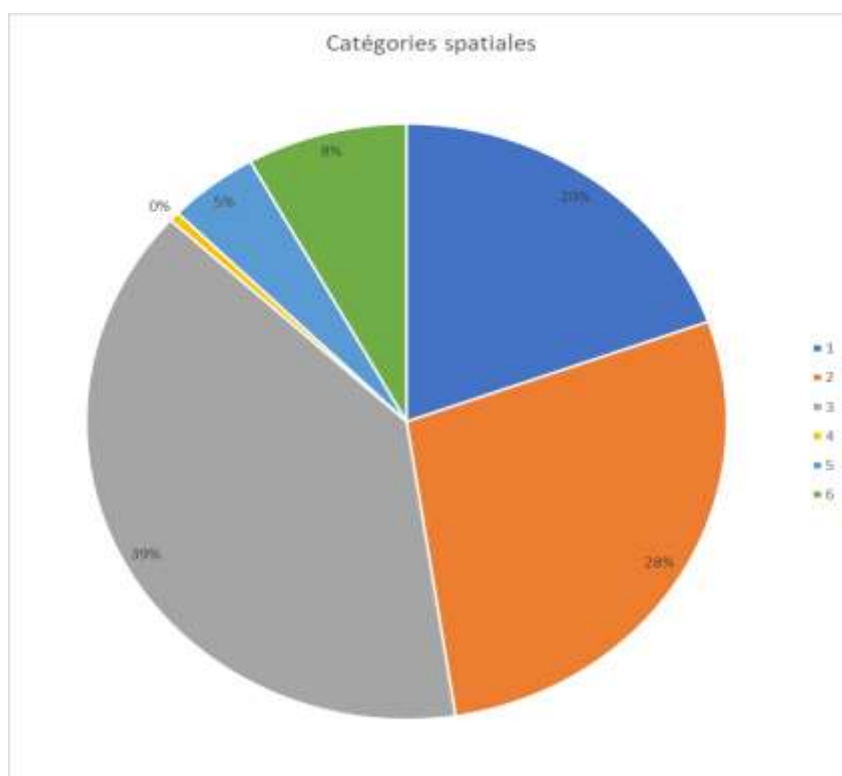


Figure 67 : Représentativité (%) de l'abondance totale par catégorie spatiale entre 2019 et 2023, tous habitats confondus

Comparaison de l'abondance dans et hors cantonnement sur le coralligène

Dans le cantonnement, il est observé une augmentation du nombre d'individus au cours des campagnes de suivi pour les catégories 4-5-6, à l'exception de la catégorie 5 en 2022 (Figure 68). La catégorie 4 est constituée principalement par les rougets de roche, la catégorie 5 par la girelle, la coquette, le merle, le cténolabre, le serran chevrette et les crénilabres, et enfin la catégorie 6 par la petite rascasse rouge, le chapon, la rascasse brune, la mostelle et le congre.

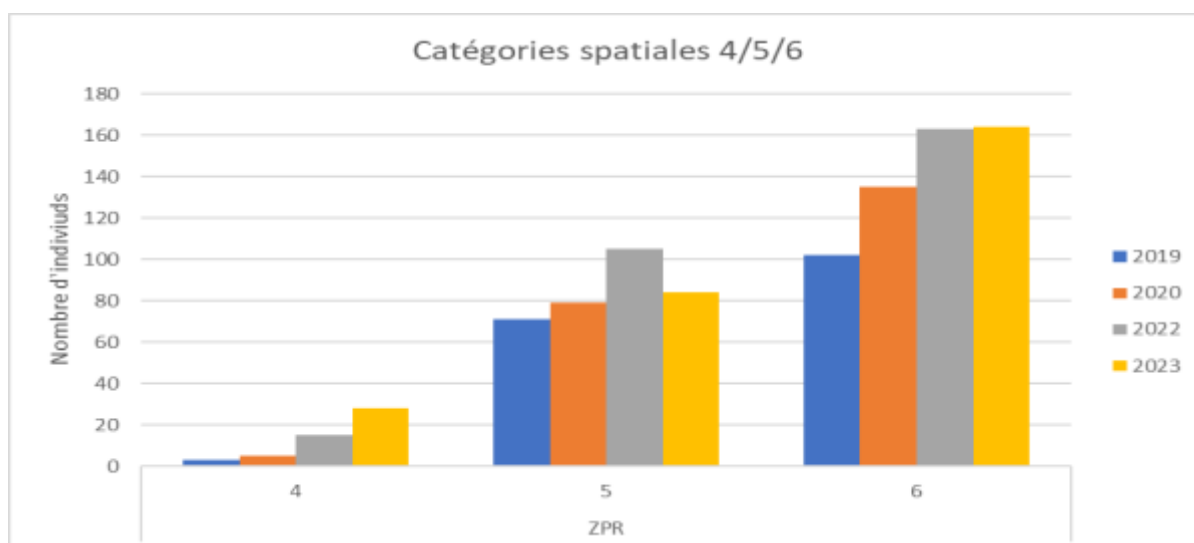


Figure 68 : Représentativité de l'abondance totale pour les catégories spatiales 4-5-6 dans le cantonnement entre 2019 et 2023, tous habitats confondus

Abondance des familles

Trois familles sont majoritaires mais dans des proportions différentes dans et hors cantonnement. Il s'agit respectivement des Gadidae, avec le capelan très présent dans la ZPR principalement sur les récifs artificiels, les Sparidae avec le sar à tête noire, le sar commun, le pagre, le pageot commun, le bogue, le canthare et l'oblade et les Pomacentridae avec la castagnole (Figure 69).

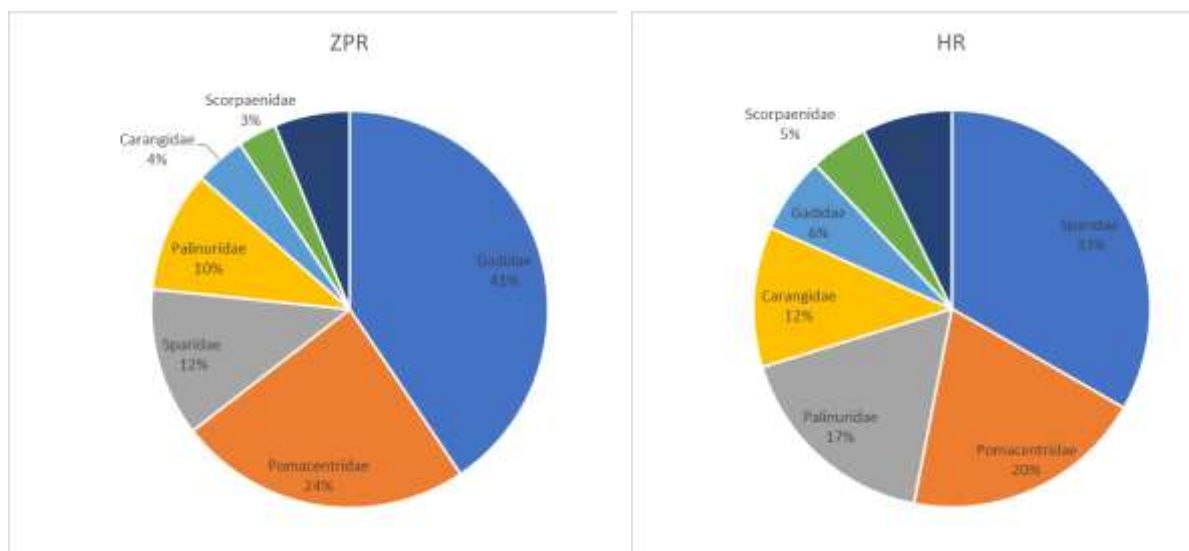
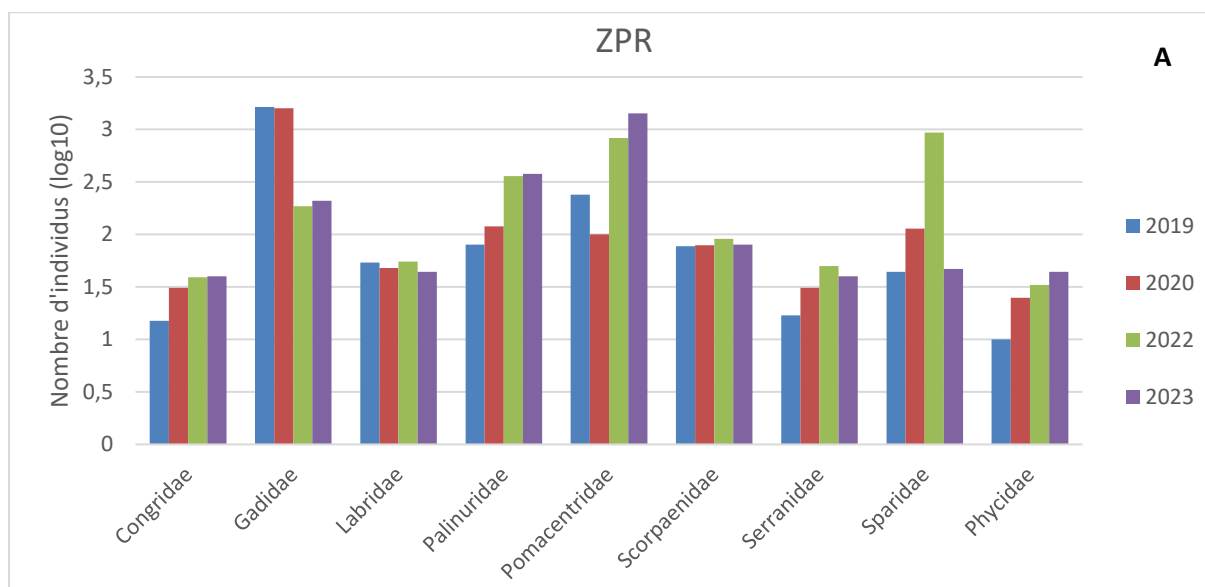


Figure 69 : Représentativité de l'abondance totale par famille hors cantonnement (gauche) et dans le cantonnement (droite), tous habitats confondus entre 2019 et 2023

Dans le cantonnement, on constate que le nombre d'individus pour les Phycidae, les Serranidae, les Palinuridae, les Pomacentridae et les Congridae sont en augmentation. Seule les Serranidae sont en augmentation dans les deux zones (HR et ZPR) (Figure 70).



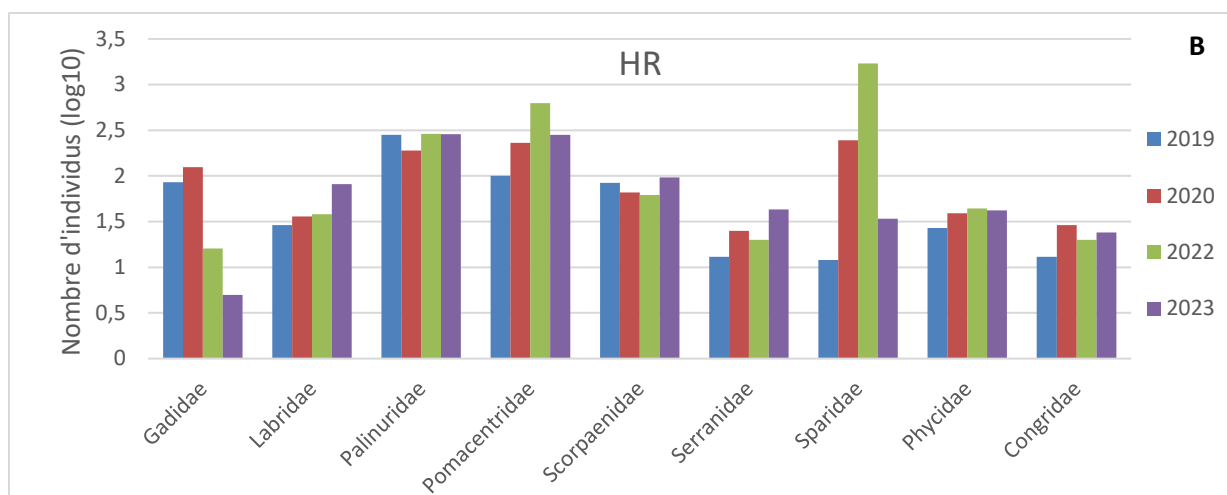


Figure 70 : Abondance totale (log10) par famille dans le cantonnement (A) et hors cantonnement (B) au cours de 4 campagnes (2019 à 2023) tous habitats confondus

o Focus sur l'habitat coralligène entre 2019 et 2025

Globalement une espèce est largement prédominante sur le coralligène en termes d'abondance, il s'agit de la castagnole (avec plus de 5400 individus comptés, soit 54,5 % de l'abondance totale relevée).

9 espèces contribuent à plus de 90% de l'abondance totale comptées sur le coralligène : il s'agit par ordre d'importance (en nombre d'individus) de la castagnole, de la langouste (8,4%), du sar à tête noire (6,7%), du bogue (5,9 %), de la petite rascasse rouge (3,4%), de la mostelle (2,9 %), du cténolabre (2,8%), du congre (2,3 %), de la mendole (2,2 %) et de la rascasse brune (1,6 %) (Figure 71).

Pour les poissons, les espèces les plus abondantes appartiennent principalement aux catégories spatiales 2, 6 et 3 soit respectivement des poissons sédentaires vivant en banc (représentés ici exclusivement par la castagnole), les poissons nectobenthiques à très forte sédentarité avec des déplacements verticaux quasi nuls et des déplacements latéraux rares de très faible amplitude (rascasses, mostelle et congre) et des poissons nectobenthiques à déplacements verticaux d'amplitude moyenne (sars, pagre, canthare, capelan, mérrou brun et pageot commun) (Figure 72).

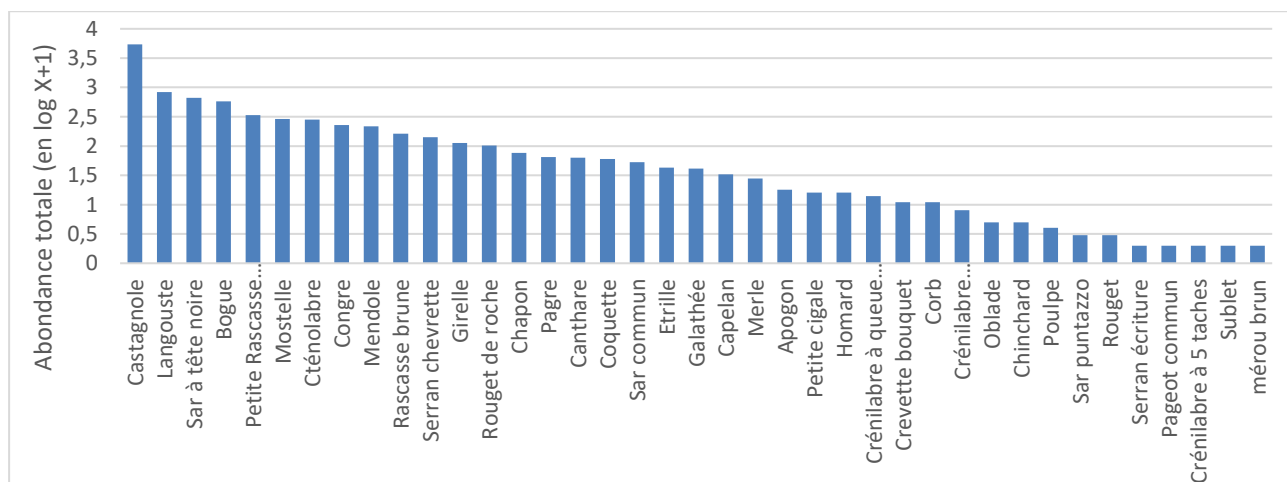


Figure 71 : Abondances totales des espèces (log (X+1)) toutes années (2019 à 2025) et secteurs confondus, sur l'habitat coralligène

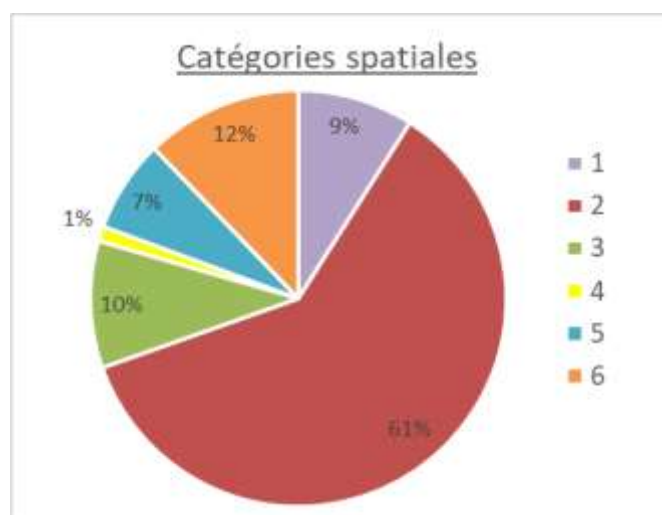


Figure 72 : Représentativité (%) de l'abondance totale par catégorie spatiale

Comparaison entre les secteurs cantonnement et hors cantonnement sur l'habitat coralligène

Avec en moyenne par site (toutes années confondues) une abondance de 161 individus hors cantonnement contre 311 dans le cantonnement, il a été globalement compté près de deux fois plus d'individus dans le coralligène du cantonnement qu'hors cantonnement. Cette différence est observée chaque année (sauf en 2020), avec des écarts particulièrement marqués en 2019, 2023 et 2025 (Tableau 36).

Même après transformation log (X+1) pour limiter l'influence des espèces grégaires (castagnole, bogue...), les variations interannuelles demeurent, avec des fluctuations marquées dans les deux secteurs mais plus atténuées hors cantonnement (Figure 73).

L'année 2022 se démarque par des abondances exceptionnellement élevées dans les deux secteurs, en lien avec de fortes quantités de bogues, picarels ou sparidés.

Tableau 36 : Tableau de l'abondance moyenne par site en fonction des secteurs cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR) et des années sur l'habitat coralligène

Années	HR			Total HR	ZPR			Total ZPR	Total général
	Casier N	Merveilleuses	3 pics		A7	A9	Temoin		
2019	66	55	101	74	196	115	118	143	108,5
2020	145	195	130	156,7	271	74	54	133	144,8
2022	310	496	385	397	930	595	229	584,7	490,8
2023	84,5	93,5	126,5	101,5	673	152,5	256	360,5	231
2024	123	102	215	146,7	314	124	120	186	166,3
2025	209	89	155	151	603	371	248	407,3	279,2
Total général	146	160,6	177	161,2	522,9	226,3	183	310,7	236,0

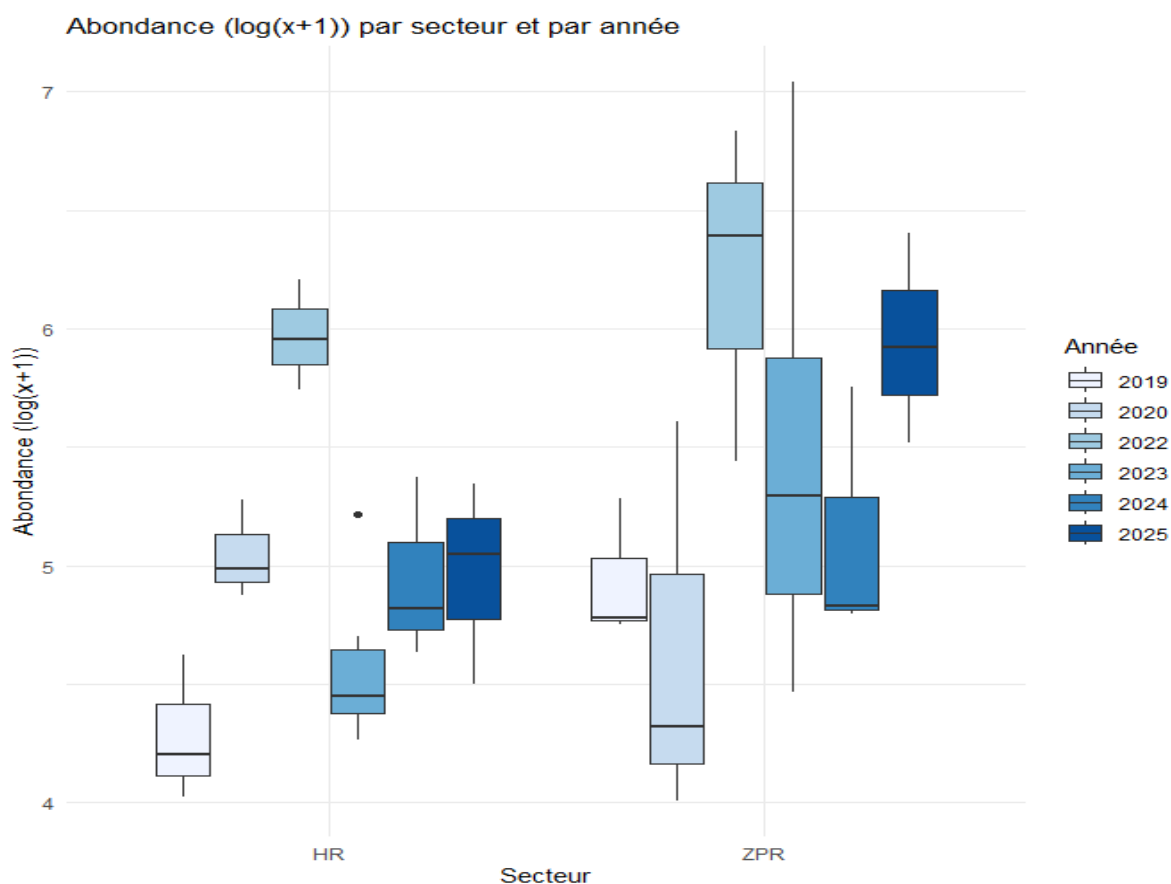


Figure 73 : Boxplots des abondances log transformées par site en fonction des secteurs et des années

Une ANOVA à deux facteurs sur les données log-transformées (conditions de normalité et d'homogénéité vérifiées) montre un effet significatif du secteur ($p = 0,008$) et de l'année ($p = 0,001$), mais pas d'interaction ($p = 0,233$). L'abondance moyenne log-transformée est donc globalement plus élevée dans le cantonnement (ZPR) que hors cantonnement (HR), et cet écart est stable dans le temps.

En comparant uniquement les années dans le cantonnement entre 2019 (avant cantonnement) et les années suivantes (après création du cantonnement), seule 2025 présente une augmentation significative ($p = 0,038$; test de Wilcoxon) (Figure 73).

Ces résultats suggèrent que l'effet « réserve » en termes d'abondance globale au sein de cette zone protégée commence à faire effet.

Sur les dix principales espèces comptées (en nombre d'individus) au sein du cantonnement, il est observé une tendance à l'augmentation de l'abondance pour la langouste, le sar à tête noire, la petite rascasse rouge et la mostelle. Les autres espèces sont soit très variables en fonction des années (bogues, mendoles), ce qui s'explique par leur catégorie spatiale 1 qui correspond à des espèces vivant de manière grégaire et à vaste domaine spatial. Les autres espèces (cténolabre, congre, rascasses brunes, serrans chevrette, girelle et rouget de roche) sont globalement plutôt stables dans le temps (Figure 74 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

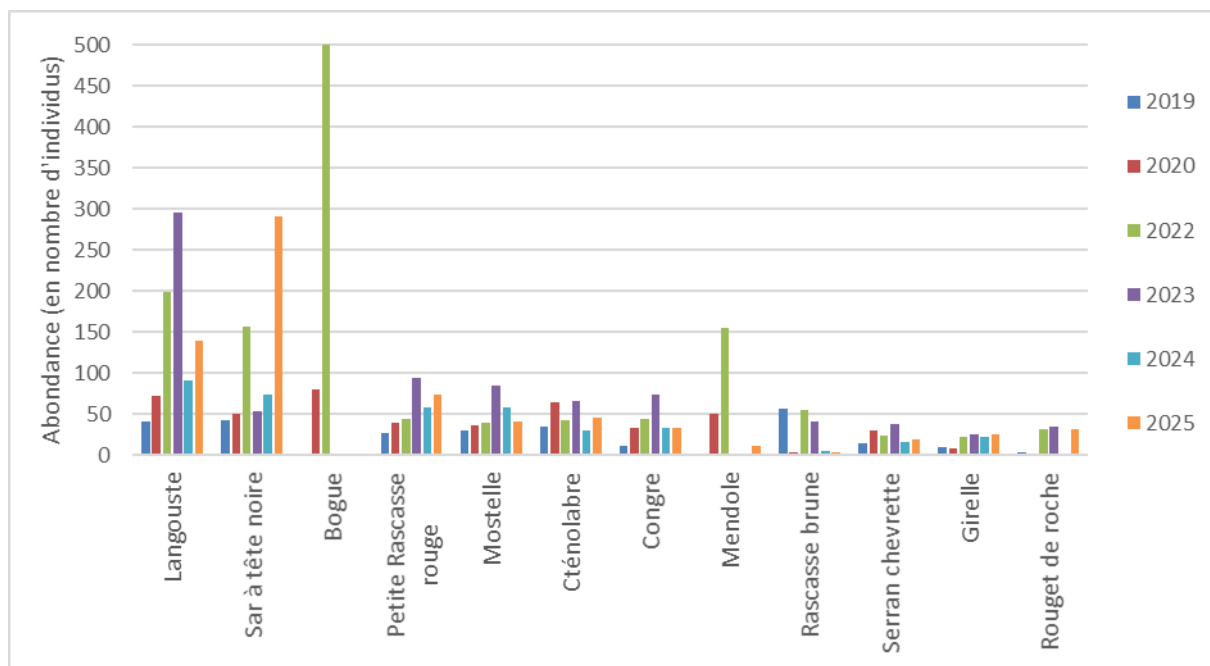


Figure 74 : Evolution annuelle de l'abondance totale des espèces (ayant comptabilisé au total plus de 100 individus lors des campagnes) au sein du coralligène de la ZPR

Abondance des familles

Au sein du coralligène, deux familles sont majoritaires mais dans des proportions différentes dans le cantonnement et hors cantonnement : il s'agit des Pomacentridae avec la castagnole, puis des Sparidae, avec le sar à tête noir, le sar commun, le sar puntazzo, le pagre, le pageot commun, le bogue, le canthare et l'oblade (Figure 75).

En troisième position est retrouvé dans le cantonnement la famille des Palinuridae avec la langouste rouge alors qu'hors cantonnement ce sont les familles des scorpaenidae (petite rascasse rouge, rascasse brune et chapon) et labridae (coquettes, crénilabres, girelles, merle et cténolabres) (Figure 75).

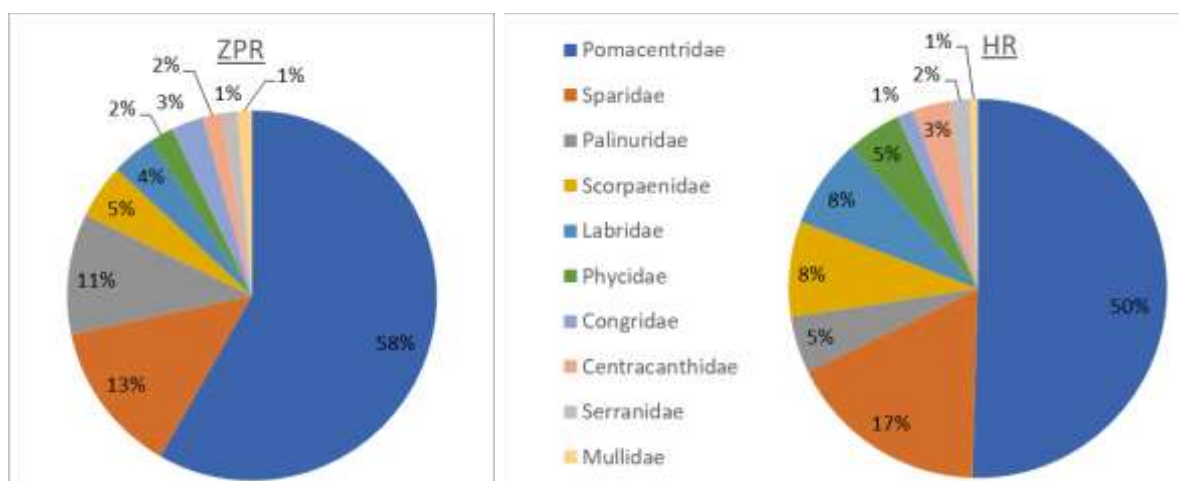


Figure 75 : Représentativité de l'abondance totale par famille (si plus de 100 individus décomptés sur l'ensemble des campagnes) hors cantonnement (droite) et dans le cantonnement (gauche)

- Densité

o Sur les trois habitats étudiés : campagnes de 2019 à 2023

La densité moyenne totale des 4 campagnes est plus élevée dans le cantonnement qu'en dehors. Les densités les plus élevées ont été obtenues au cours de la campagne 2022 (Figure 79) en raison notamment de grands bancs de bogues, de chinchards et de pageots arcané sur les récifs artificiels hors cantonnement mais aussi de castagnoles sur le coralligène dans le cantonnement. Il n'y a pas de différence significative de la densité entre les deux zones et entre les années (test Kruskal-Wallis, $P > 0.05$). Sur l'habitat coralligène, la densité totale a augmenté dans le cantonnement, avec une densité totale moyenne plus élevée en 2022 mais aussi en 2023 (Figure 77). À l'inverse sur les récifs artificiels, la densité a diminué dans le cantonnement entre 2019 et 2023 (Figure 78) dû notamment à la baisse des effectifs de capelans entre 2019 et 2020 suivie d'une baisse des sparidés en 2023.

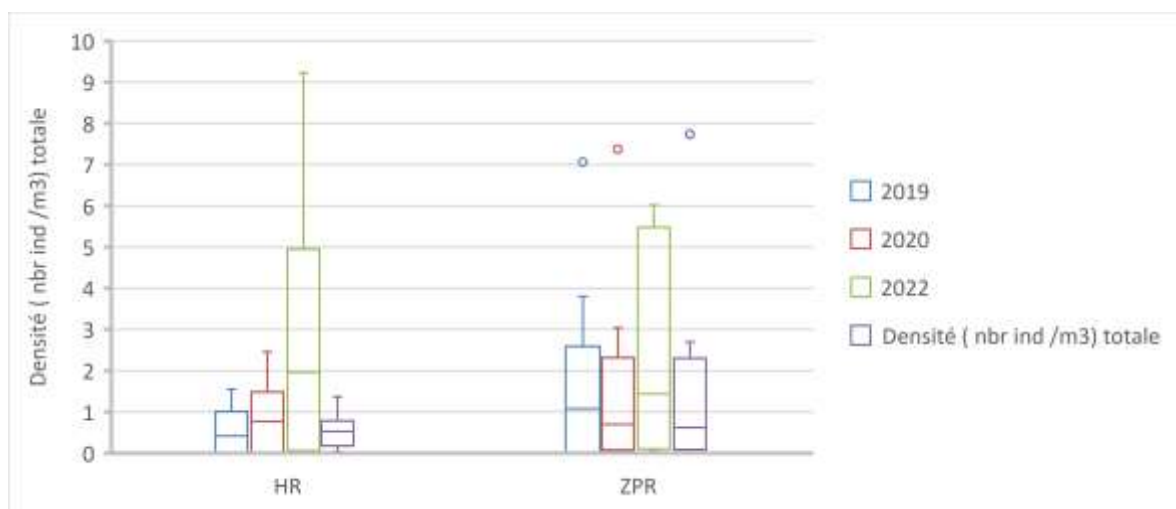


Figure 76 : Densité totale moyenne dans la réserve et hors réserve au cours des 3 premières campagnes (2019 à 2022) (tout habitat confondu)

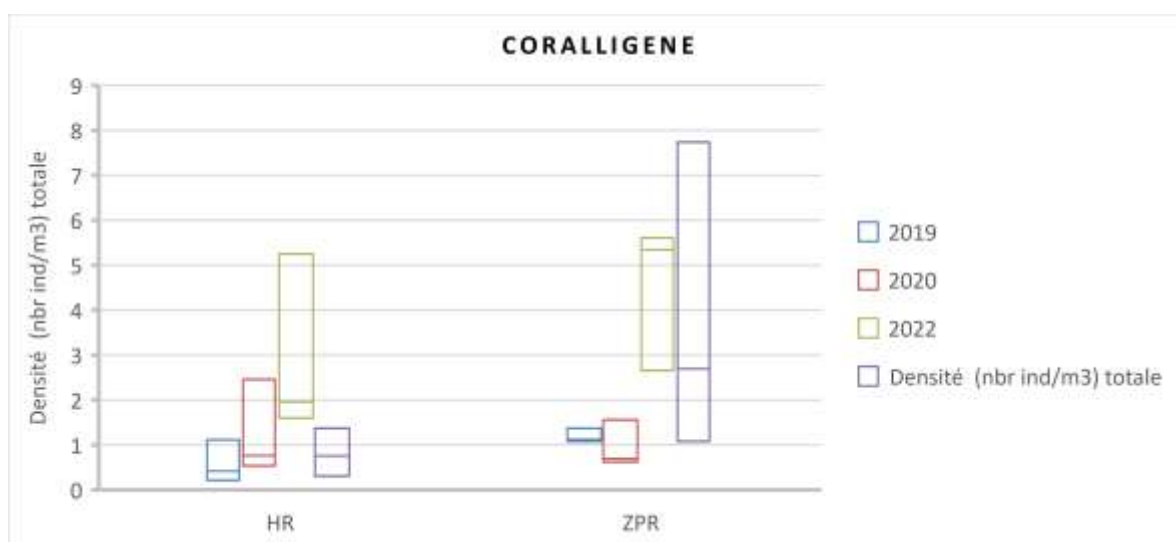


Figure 77 : Densité totale moyenne dans la réserve et hors réserve au cours de 3 premières campagnes (2019 à 2022) sur l'habitat coralligène

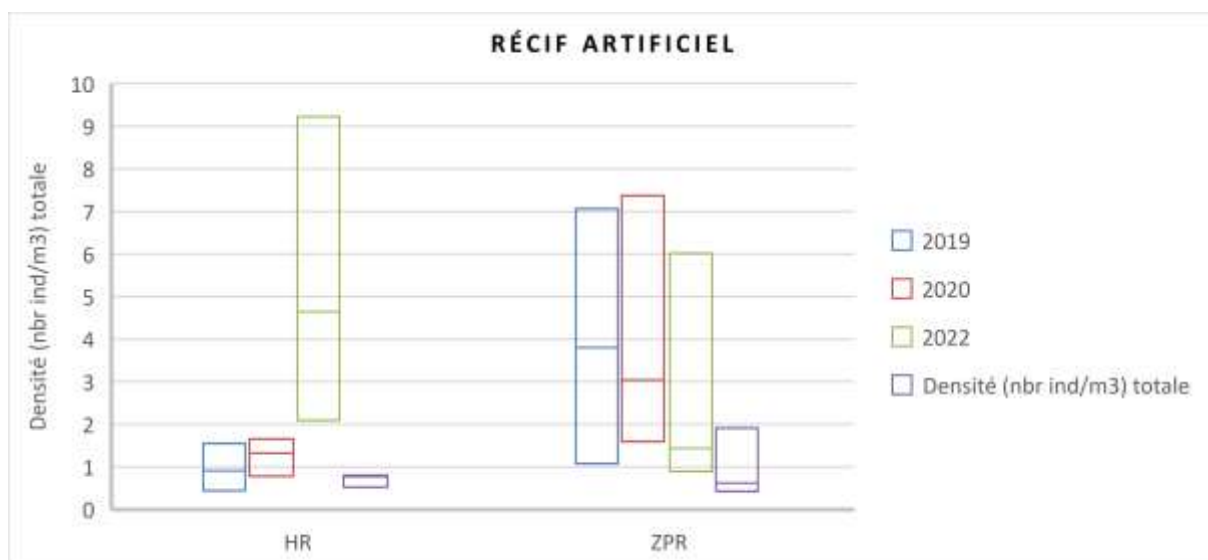


Figure 78 : Densité totale moyenne dans et hors cantonnement au cours de 3 premières campagnes (2019 à 2022) sur l'habitat récif artificiel

○ Focus sur l'habitat coralligène entre 2019 et 2025

Sur le coralligène, la densité moyenne d'individus (toutes espèces confondues) lors des 6 campagnes est plus élevée dans le cantonnement (2,25 individus /m³) qu'en dehors du cantonnement (1,28 individus/m³).

Les boxplots annuels montrent, sauf en 2022, une tendance à l'augmentation de la densité dans ZPR, alors que HR reste relativement stable, avec des variations interannuelles. De même dès le 1^{er} suivi en 2019, les densités moyennes ont toujours été supérieures (sauf en 2020) dans le cantonnement qu'en dehors (Figure 79).

Une ANOVA non paramétrique par transformation de rangs alignés de type ARTool (conditions de normalité non remplies pour l'ANOVA classique) montre que la densité diffère significativement selon le secteur ($p = 0,0089$) et selon l'année ($p = 0,0088$). L'interaction secteur \times année n'est pas significative ($p = 0,540$), ce qui indique un effet du secteur stable dans le temps.

L'analyse intra-ZPR montre une variabilité globale significative des densités (ARTool, $p = 0,038$), mais aucune comparaison année par année n'est significative après correction de Tukey, ce qui indique que la variabilité est répartie sur plusieurs années sans contraste marqué entre deux années spécifiques.

Une comparaison des densités au sein du cantonnement avant/après mise en place du cantonnement (2019 vs 2020–2025) montre, via un t-test de Welch, une augmentation significative de la densité moyenne ($p = 0,0103$). Cependant, le test de Wilcoxon ne confirme pas cette différence ($p = 0,185$), suggérant que l'augmentation dépend du test utilisé et est atténuée par la dispersion des données.

Ces résultats suggèrent que le cantonnement concentre durablement plus de poissons, confirmant un effet réserve significatif et stable dans le temps, avec une tendance à l'augmentation des densités après 2019.

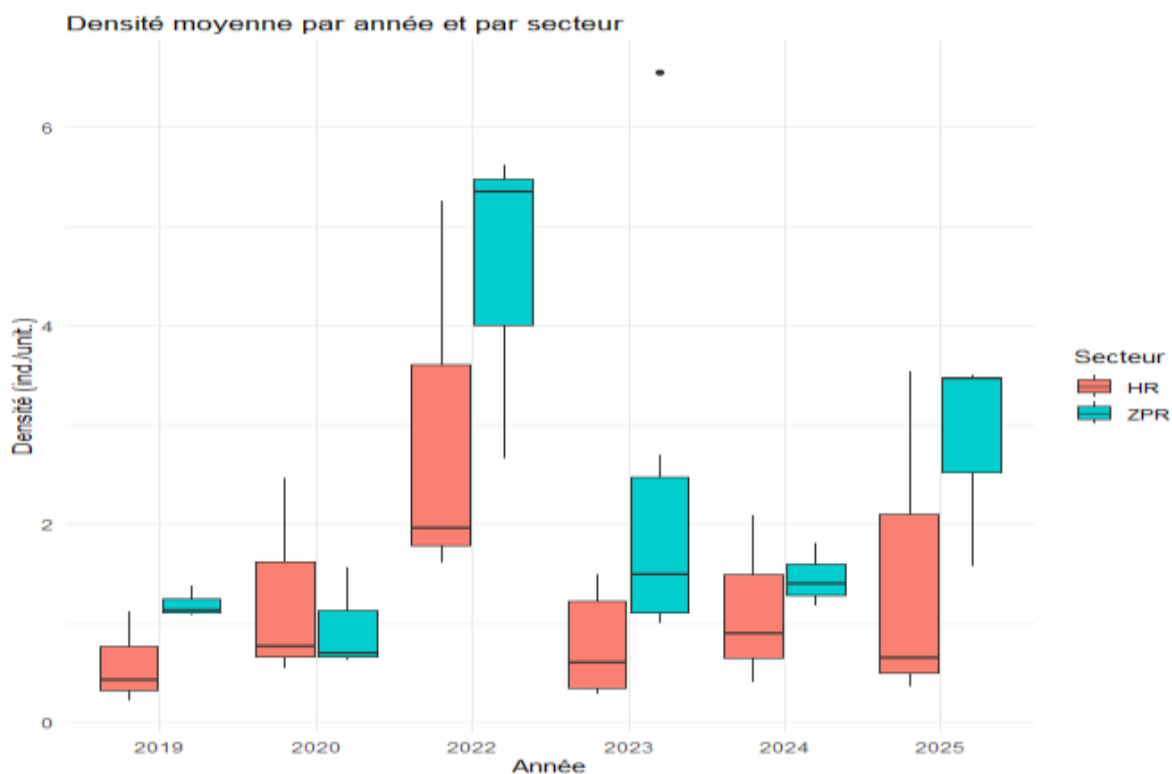


Figure 79 : Densité moyenne par site dans le cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR) au cours de 6 campagnes sur l'habitat coralligène

Densité des espèces nectobenthiques sur le coralligène

Les espèces nectobenthiques, sédentaires, que cela soit des poissons ou crustacés, sont les premiers indicateurs d'un effet « réserve ».

En ciblant les catégories 4-5-6 de poissons et les crustacés, il semble qu'à partir de 2022, les densités d'animaux nectobenthiques, sont toujours supérieures au sein du cantonnement (ZPR) par rapport aux sites extérieurs (HR) (Figure 80). Une ANOVA de type ARTool (car conditions de normalité non remplies pour l'ANOVA classique) montre que la densité diffère significativement selon le secteur ($p = 0,027$) mais pas en fonction de l'année ($p=0.115$).

En revanche, la comparaison des deux périodes (2019-2020 vs 2022 à 2025) au sein du cantonnement (ZPR) indique bien une augmentation significative des densités (t-test de Welch, $p = 0,019$), suggérant ainsi **une augmentation de l'espèce dans le cantonnement après trois ans de mise en place de ce secteur protégé**. Hors cantonnement la densité entre les périodes ne diffère pas significativement (Welch, $p=0.281$).

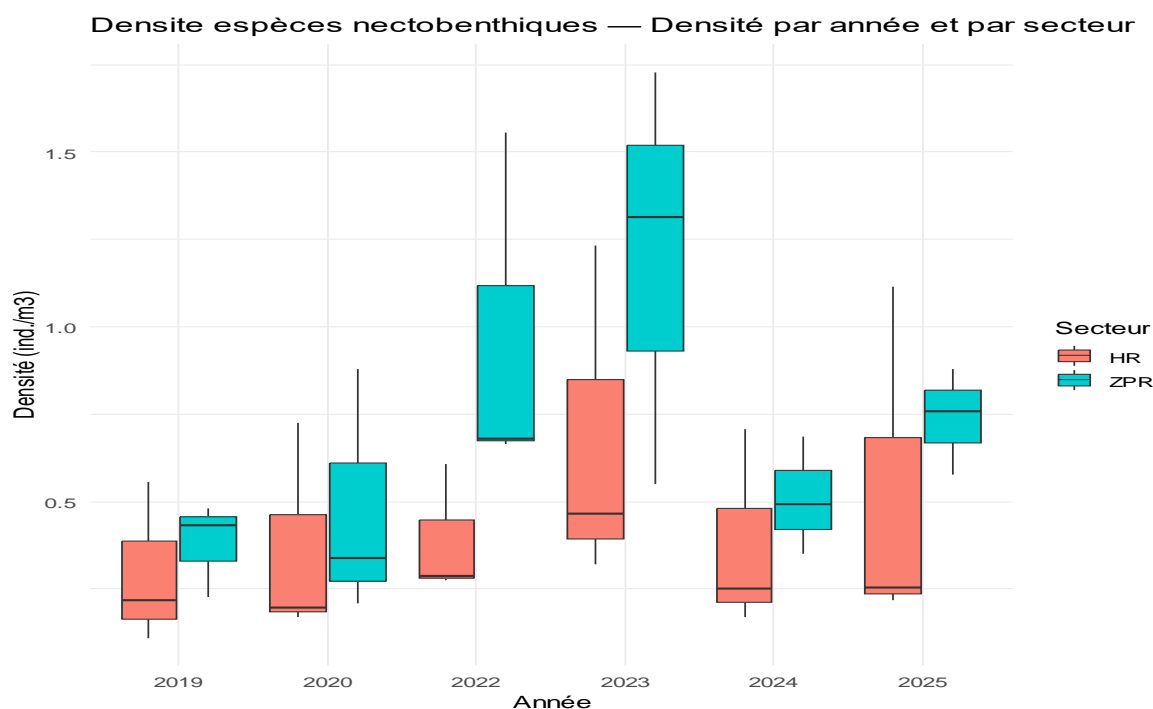


Figure 80 : Densité moyenne par site pour les espèces nectobenthiques dans le cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR) au cours de 6 campagnes sur l'habitat coralligène

- Zoom sur certaines espèces (densité et classes de taille)
 - o Sur tous habitats confondus entre 2019 et 2023

Parmi les espèces commerciales ciblées par les pêcheurs professionnels, il est observé un effet « réserve » sur la densité de 6 espèces. Il s'agit de deux invertébrés : le homard et la langouste et de quatre vertébrés : le congre, la mostelle de roche, la petite rascasse rouge et le rouget de roche. Pour ces 6 espèces, leur densité totale dans le cantonnement est en augmentation depuis 2019 (Figure 81).

La plus forte augmentation a été observée pour la langouste rouge avec près de 4,7 fois plus d'individus entre 2019 et 2023, que ce soit sur le coralligène que sur les récifs artificiels (Figure 82). La taille moyenne des langoustes a aussi augmenté pour toutes les classes de tailles, notamment pour les classes de tailles « moyennes » et « petites » sur les deux habitats (Figure 83).

La densité de mostelle de roche a augmenté et plus particulièrement sur le coralligène en 2023 avec la présence de plus grand individus (Figure 84 ; Figure 85).

Pour la petite rascasse rouge, les effectifs ont augmenté sur le coralligène mais diminué sur les récifs artificiels (Figure 86). En 2023, un plus grand nombre de petits individus ont été comptabilisé sur le coralligène dans le cantonnement (Figure 87).

Les effectifs de congres ont plus augmenté dans le cantonnement qu'en dehors sur les deux types habitats (Figure 88). L'analyse des classes de tailles révèle une forte augmentation des grands individus mais aussi des petits individus dans le cantonnement sur l'habitat coralligène (Figure 89).

Enfin à noter, bien que ciblé uniquement par la pêche de loisir, notamment comme une espèce annexe, la population de serran chevrette a augmenté dans les deux zones (Figure 90).

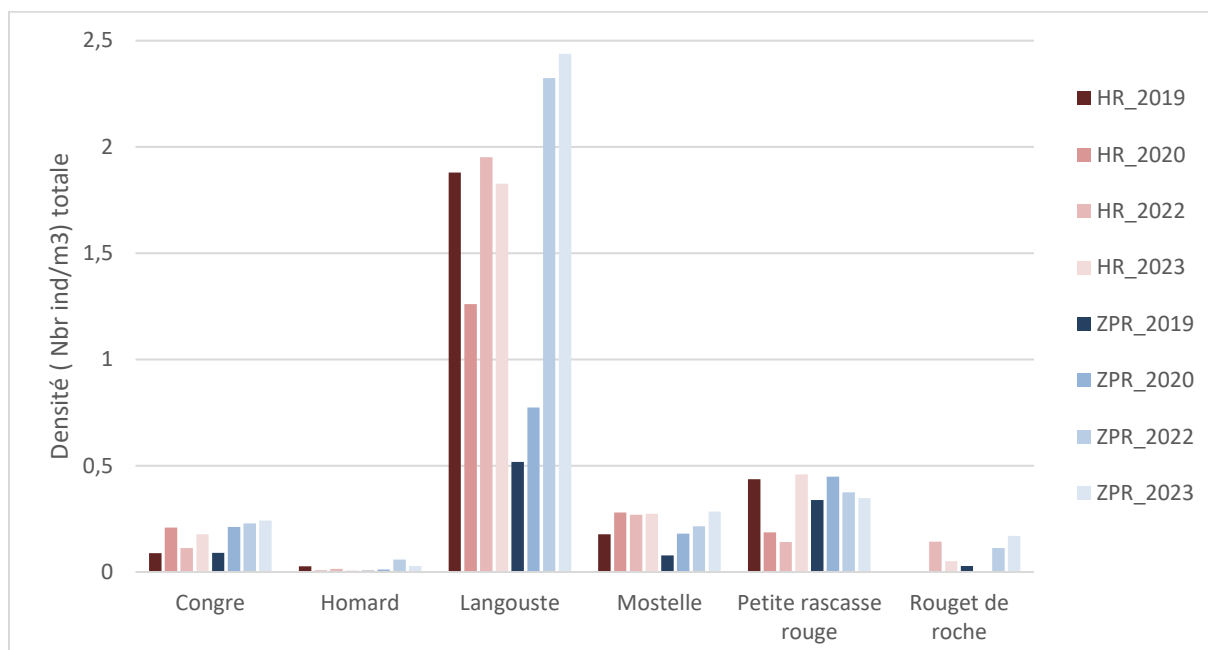


Figure 81 : Densités totales moyennes dans et hors cantonnement au cours de 4 campagnes (2019 à 2023, tous habitats confondus) pour le congre, le homard, la langouste, la mostelle de roche, la petite rascasse rouge et le rouget de roche

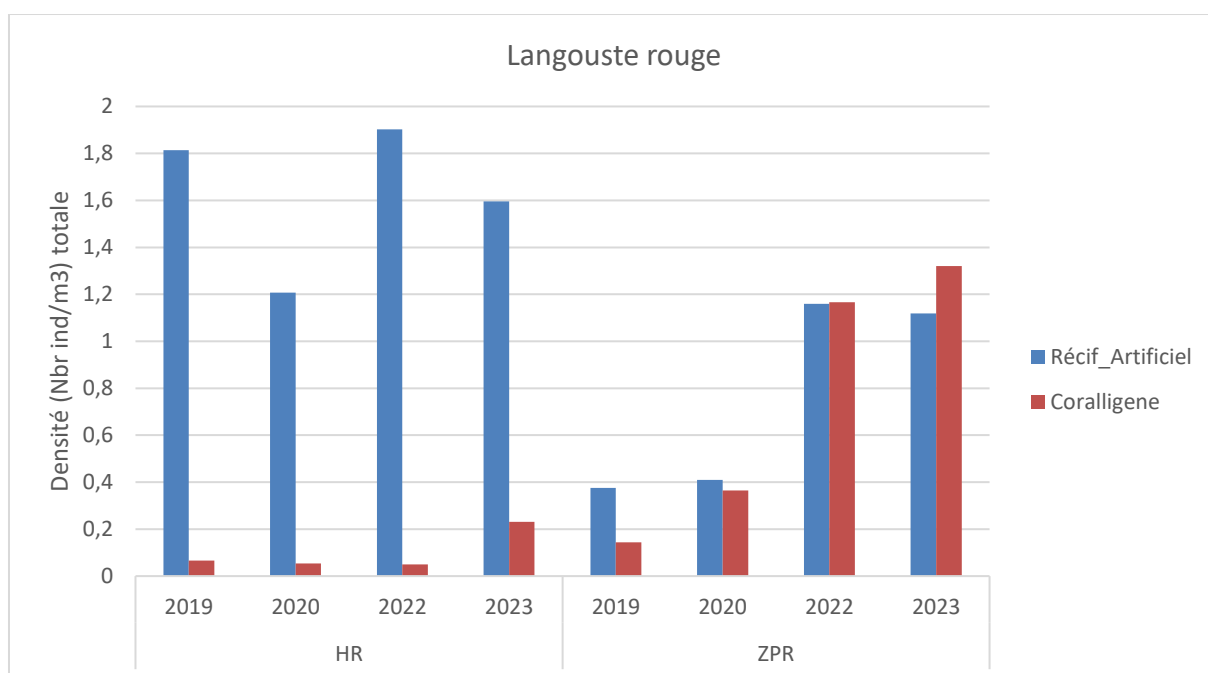


Figure 82 : Densité totale moyenne dans la réserve et hors réserve au cours de 4 campagnes (2019 à 2023) pour la langouste rouge sur l'habitat coralligène et les récifs artificiels

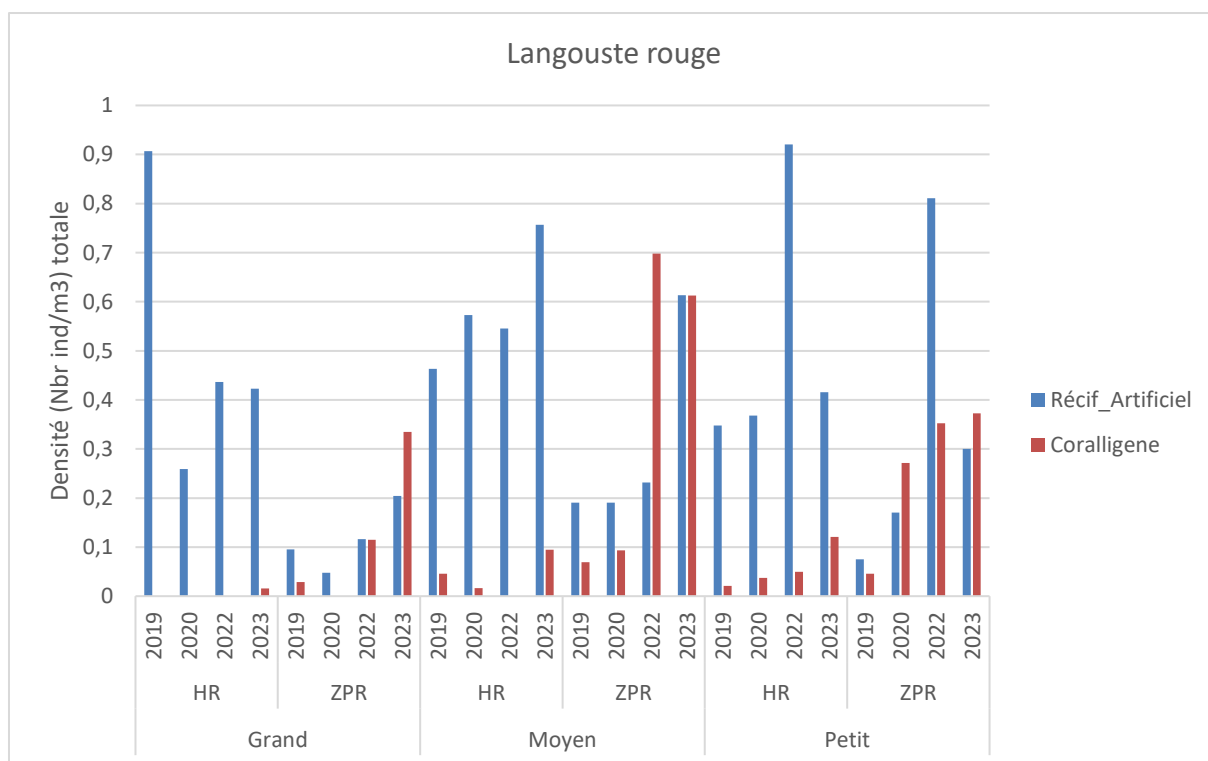


Figure 83 : Densité totale moyenne dans et hors cantonnement par classe de taille (Grand =400-500g, Moyen=200-400g, Petit=50-200g) au cours des 4 campagnes (2019 à 2023) pour la langouste rouge sur l'habitat coralligène et les récifs artificiels

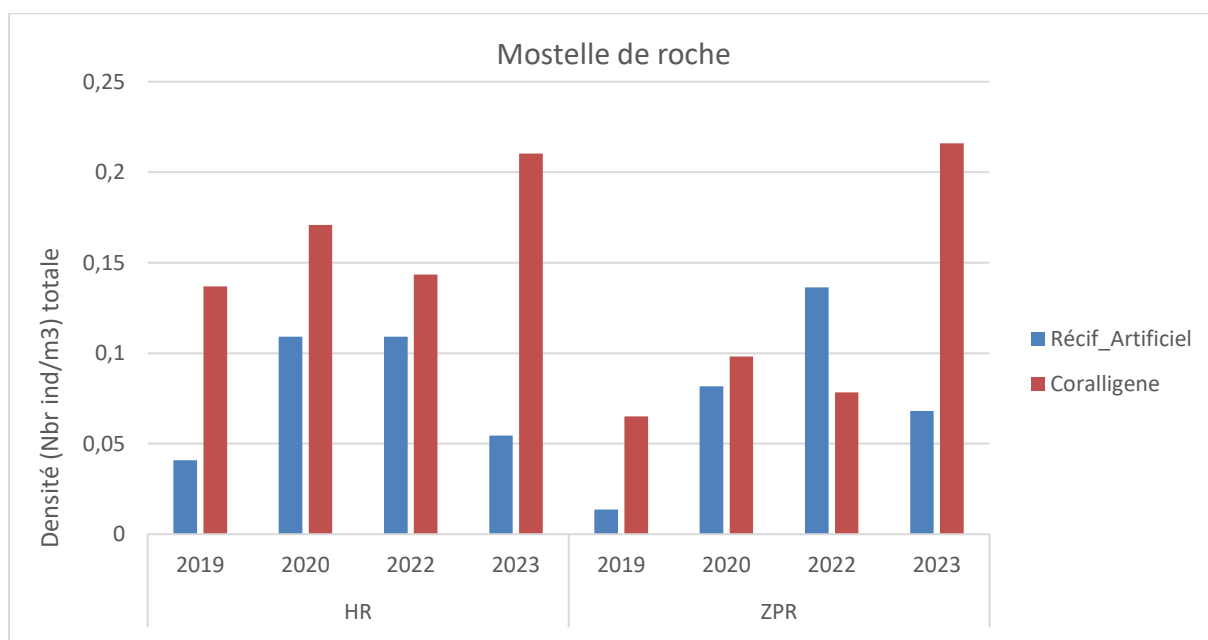


Figure 84 : Densités totales moyennes dans et hors cantonnement au cours des 4 campagnes (2019 à 2023) pour la mostelle de roche sur l'habitat coralligène et les récifs artificiels

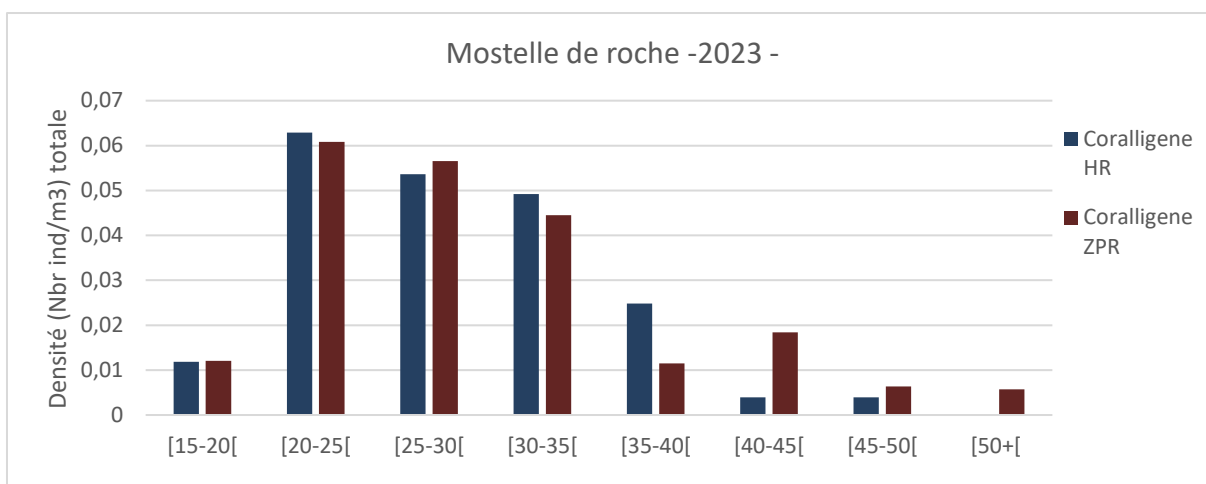


Figure 85 : Densités totales moyennes dans et hors cantonnement par classe de taille (cm) en 2023 pour la mostelle de roche sur l'habitat coralligène et les récifs artificiels

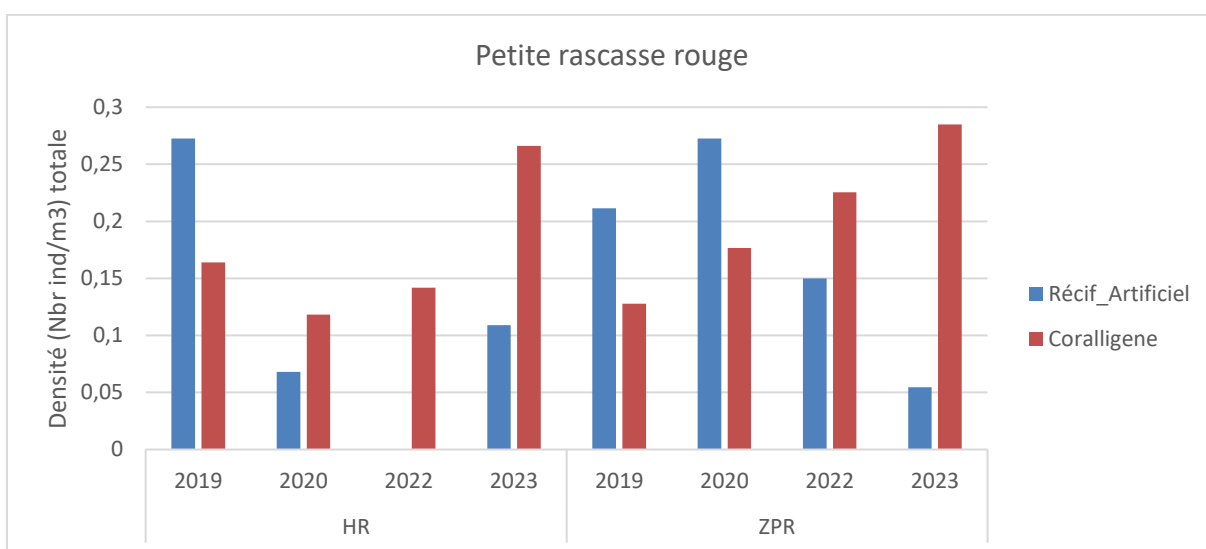


Figure 86 : Densité totale moyenne dans et hors cantonnement au cours de 4 campagnes (2019 à 2023) pour la petite rascasse rouge sur l'habitat coralligène et les récifs artificiels

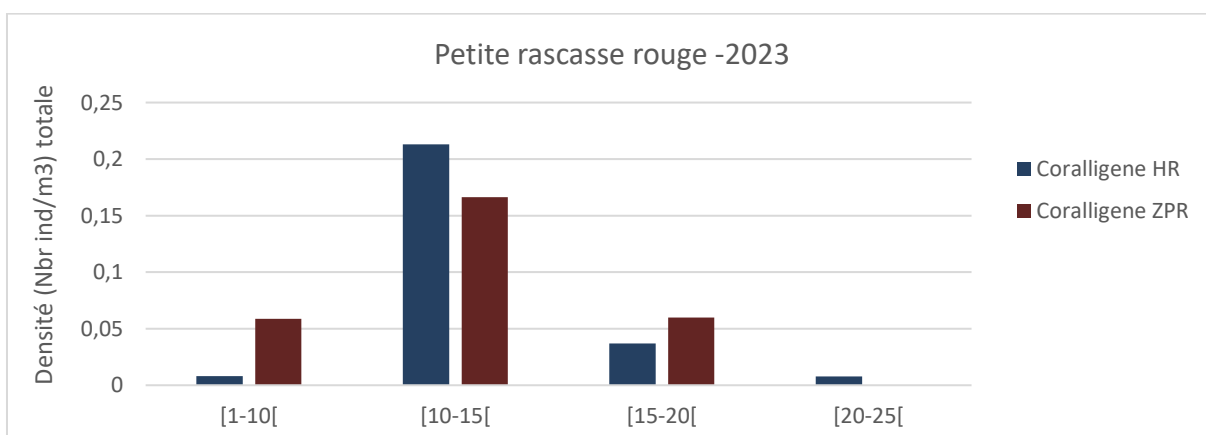


Figure 87 : Densité totale moyenne dans et hors cantonnement par classe de taille (cm) en 2023 pour la petite rascasse rouge sur l'habitat coralligène et les récifs artificiels

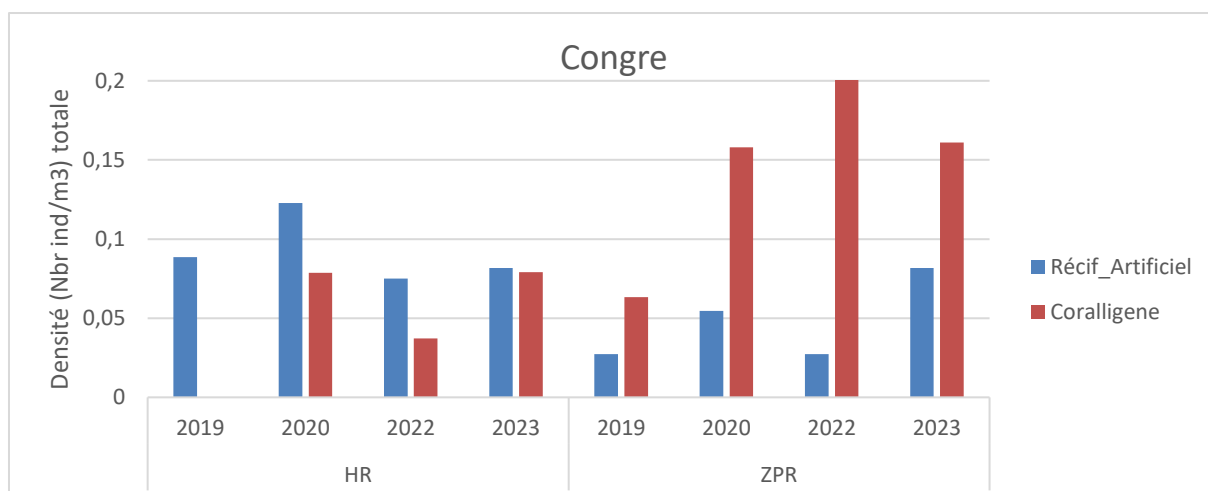


Figure 88 : Densité totale moyenne dans et hors cantonnement au cours de 4 campagnes (2019 à 2023) pour le congre sur l'habitat coralligène et les récifs artificiels

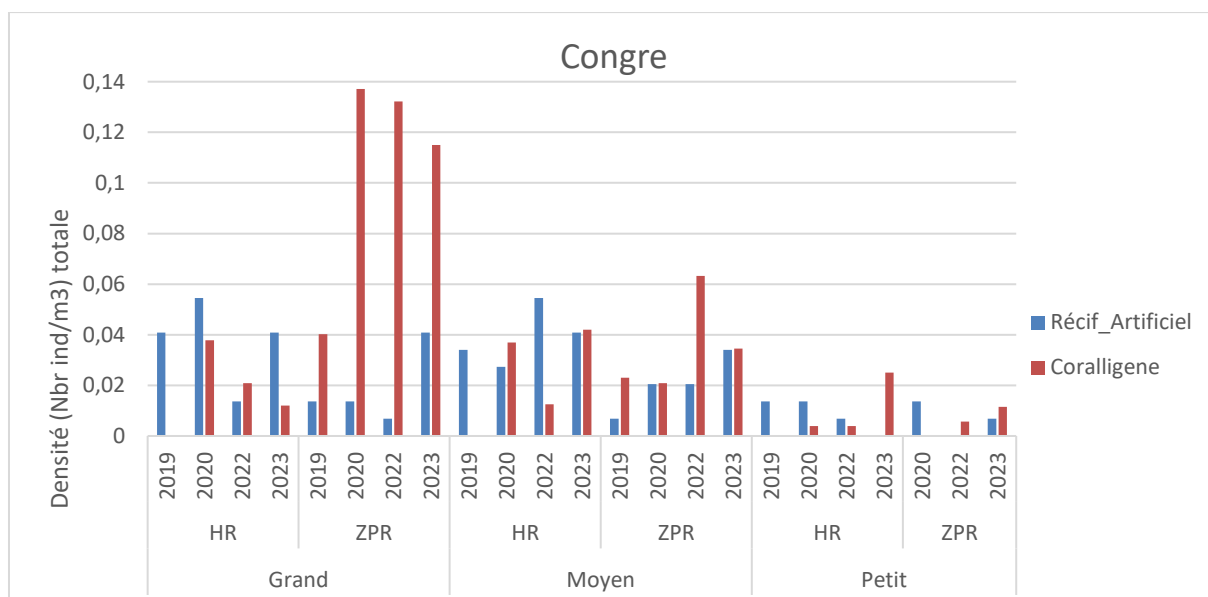


Figure 89 : Densité totale moyenne dans et hors cantonnement par classe de taille (cm) au cours de 4 campagnes (2019 à 2023) pour le congre sur l'habitat coralligène et les récifs artificiels

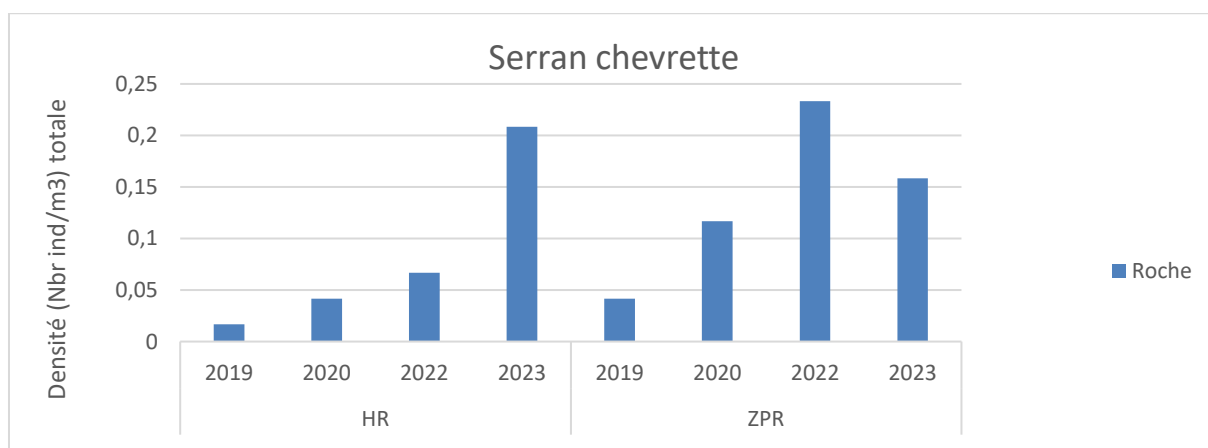


Figure 90 : Densité totale moyenne dans et hors cantonnement au cours de 4 campagnes (2019 à 2023) pour le serran chevrette sur l'habitat rocheux

o Focus sur le coralligène entre 2019 et 2025

Parmi les espèces commerciales ciblées par la pêche, il a été décidé de s'intéresser à celles qui ont été les plus abondantes sur le coralligène : il s'agit d'un invertébré : la langouste et de 3 vertébrés : le congre, la mostelle de roche et la petite rascasse rouge.

Le sar à tête noire, bien qu'étant la 2^e espèce la plus abondante sur le coralligène, ne sera pas analysé ici en raison de son comportement craintif, qui génère un biais de comptage dépendant des conditions de visibilité lors des suivis.

Pour la langouste rouge

Depuis que le cantonnement a été mis en place, la plus forte augmentation de densité a été observée pour la langouste rouge avec près de 5 fois plus d'individus entre 2019 et 2025. Pour toutes les années, les densités moyennes de ce crustacé sont globalement plus importantes et en augmentation dans le secteur protégé (ZPR) qu'en dehors (HR), exception faite pour 2024 où elles sont dans les deux secteurs relativement identiques et faibles (Figure 91). L'analyse ARTool indique que la densité de langoustes est significativement plus élevée dans le cantonnement (ZPR) que hors cantonnement (HR) ($p = 0,007$). En revanche, la densité ne varie pas significativement entre années ($p = 0,353$) et l'interaction secteur \times année n'est pas significative ($p = 0,521$), ce qui suggère que l'effet positif du cantonnement est stable dans le temps. Les comparaisons année par année ne révèlent pas de différences significatives entre secteurs, bien que certaines tendances apparaissent (densité plus élevée en HR en 2019 et 2024, et plus élevée en ZPR en 2023 ; Figure 91).

En termes de classes de taille, il est visible qu'en 2019, la structure en tailles des langoustes rouges était similaire entre le cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR), dominée par de petits et moyens individus. Dès 2020, une augmentation notable des petites et moyennes classes est observée en ZPR, alors que la situation reste stable en HR. À partir de 2022, les trajectoires divergent nettement : le cantonnement présente progressivement davantage de grands individus, (avec même de très grands en 2024), alors que ces classes restent fortement minoritaires (2023 et 2025) voire absentes (2022 et 2024) hors cantonnement (Figure 92). Ainsi, le cantonnement favorise à la fois le recrutement et la croissance des langoustes, se traduisant par l'accumulation progressive d'individus de grande taille, un signal classique de l'effet « réserve ».

La langouste rouge incarne l'effet « réserve » : depuis 2019, le cantonnement concentre non seulement plus d'individus, mais aussi une structure démographique complète où petits, moyens, grands et même très grands s'accumulent, signe clair d'un recrutement actif et d'une croissance protégée.

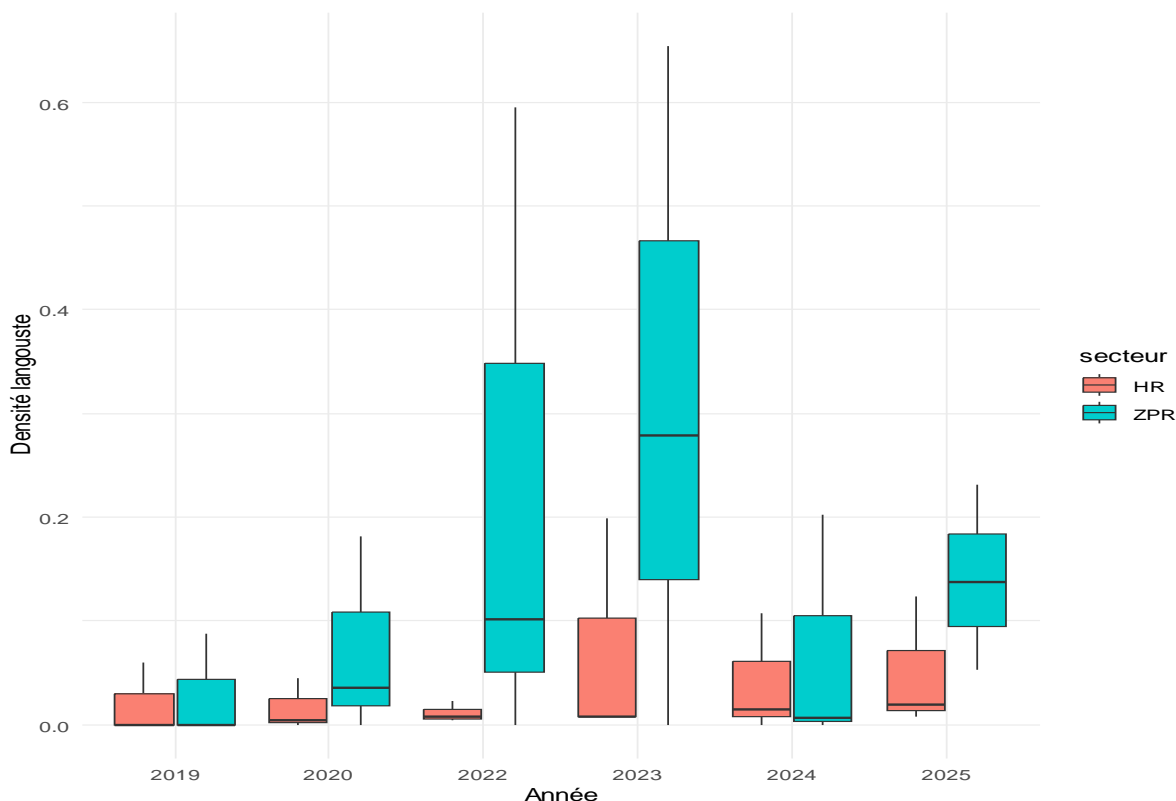


Figure 91 : Densités moyennes dans le cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR) au cours des 6 campagnes (2019 à 2025) pour la langouste rouge sur l'habitat coralligène

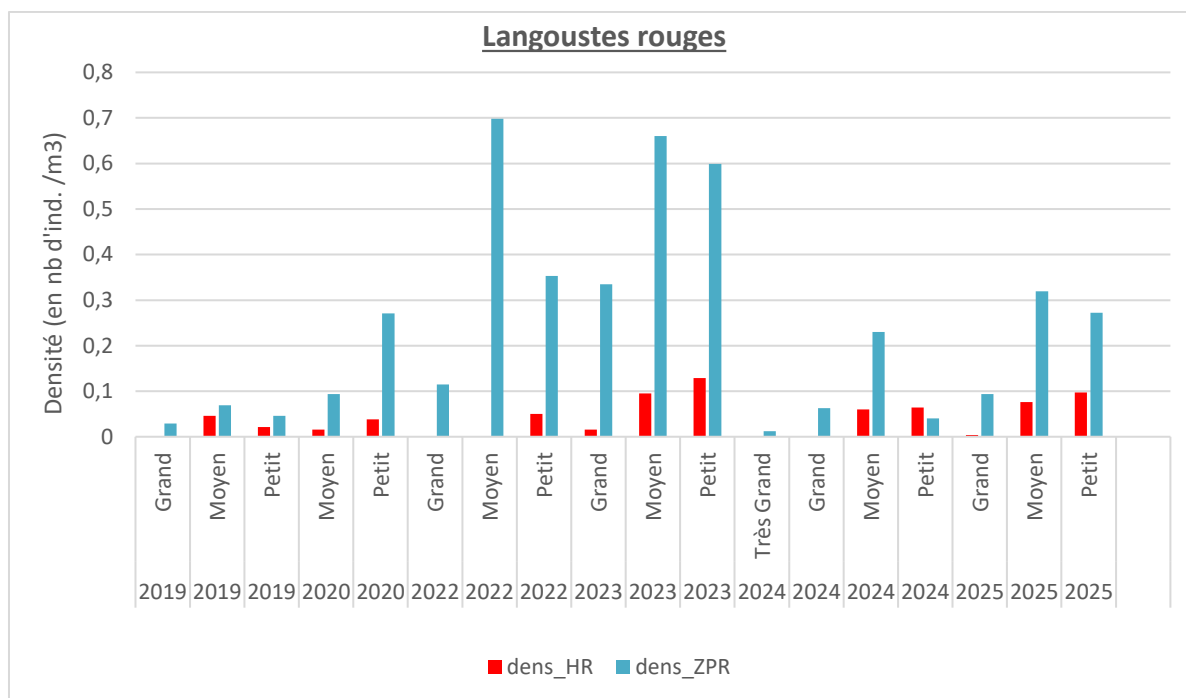


Figure 92 : Densités totales dans le cantonnement et hors cantonnement par classes de taille (Très Grand =>500g, Grand =400-500g, Moyen=200-400g, Petit=50-200g) au cours des 6 campagnes (2019 à 2025) pour la langouste rouge sur l'habitat coralligène

Pour la petite rascasse rouge

Tant dans le cantonnement que hors cantonnement il est observé une tendance à l'augmentation progressive de la densité moyenne en petites rascasses rouges entre 2019 (0.04 ind/m³ en ZPR et 0.05 ind/m³ en HR) et 2025 (0.11 ind/m³ en ZPR et 0.12 ind/m³ en HR). À l'exception de 2024, où la densité semble nettement plus faible hors cantonnement, les valeurs restent globalement similaires entre les deux secteurs au cours des campagnes (Figure 93).

Une analyse de variance ARTool (la normalité n'ayant pas été respectée pour une ANOVA classique), ne montre aucune différence significative entre les secteurs (ZPR vs HR ; p=0.359), ni les années (p=0.432).

Les populations de petites rascasses rouges présentent une structure en taille globalement similaires entre les deux secteurs, avec une majorité d'individus entre les classes de 8 à 13 cm (Figure 94). En ce qui concerne les tailles plus « extrêmes », il a plutôt été compté des très grands individus (entre 19 et 22 cm) en début de suivi (entre 2019 et 2023) mais pas ou très peu en 2024 et 2025. Au contraire sur les petits individus, il semblerait qu'il y ait une tendance à l'augmentation (4 à 8 cm) le long du suivi, avec des proportions plus importantes au sein du cantonnement qu'en dehors, signe potentiel d'un début de recrutement augmenté dans le cantonnement (Figure 95).

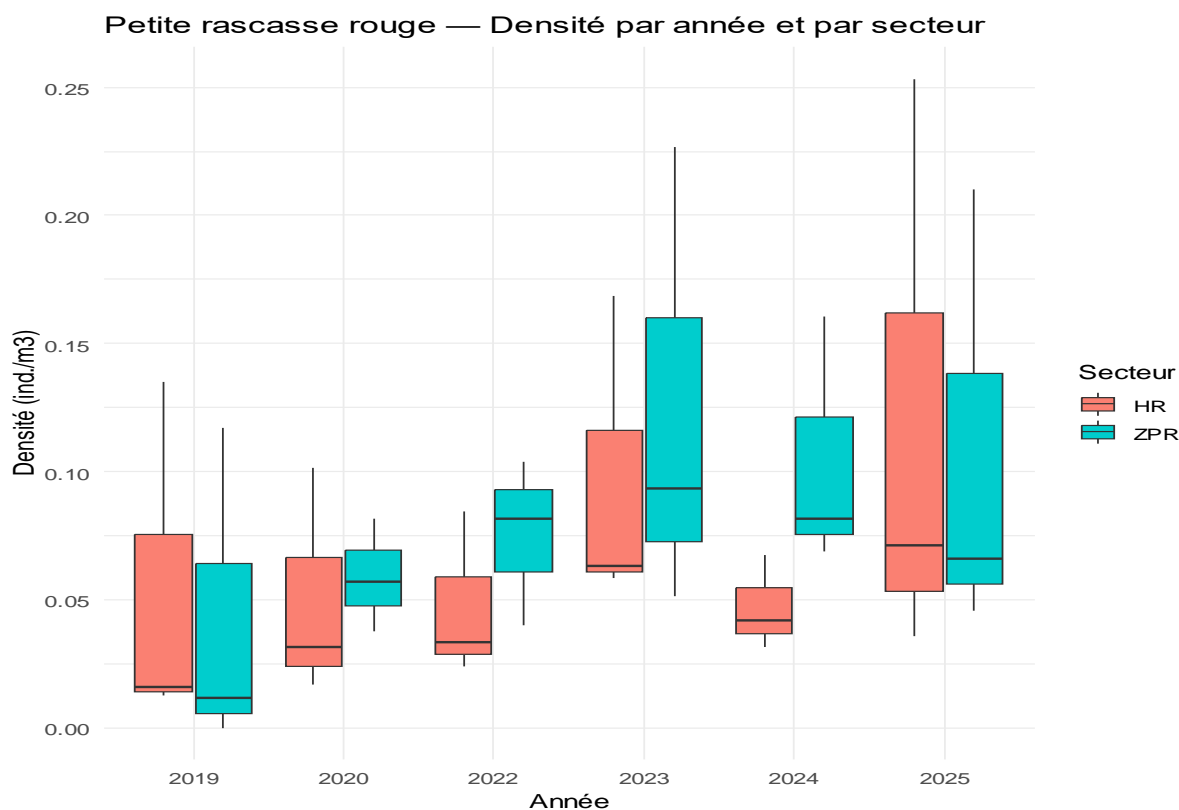


Figure 93 : Densités moyennes dans le cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR) au cours des 6 campagnes pour la petite rascasse rouge sur l'habitat coralligène

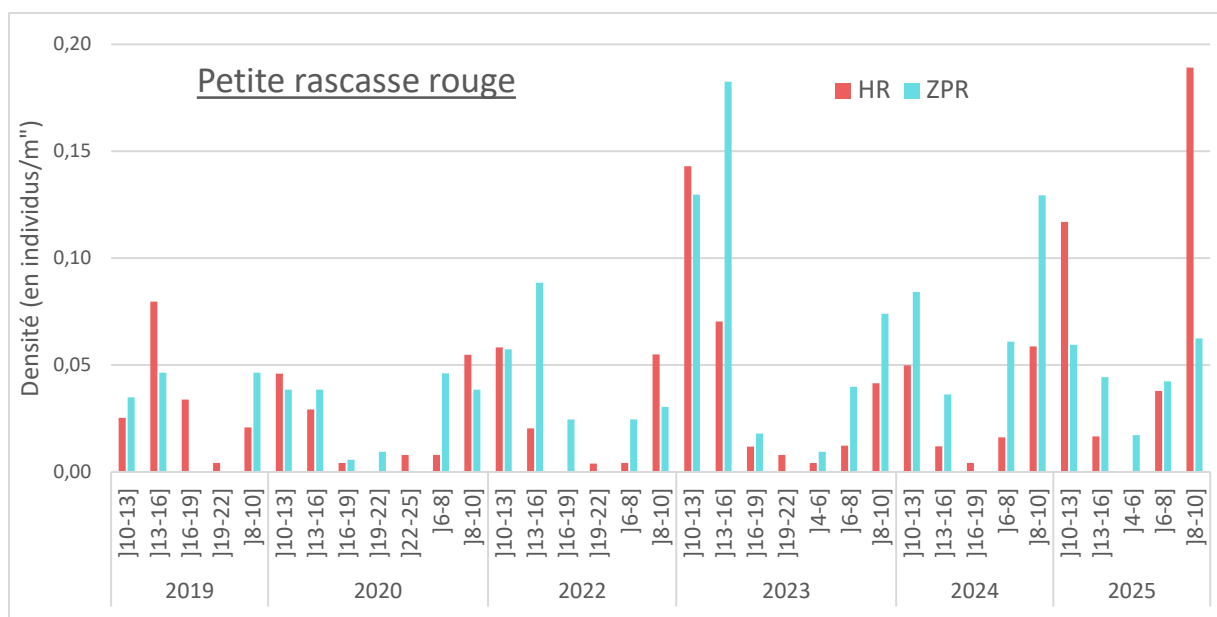


Figure 94 : Densités totales dans le cantonnement et hors cantonnement par classes de taille au cours des 6 campagnes pour la petite rascasse rouge sur l'habitat coralligène

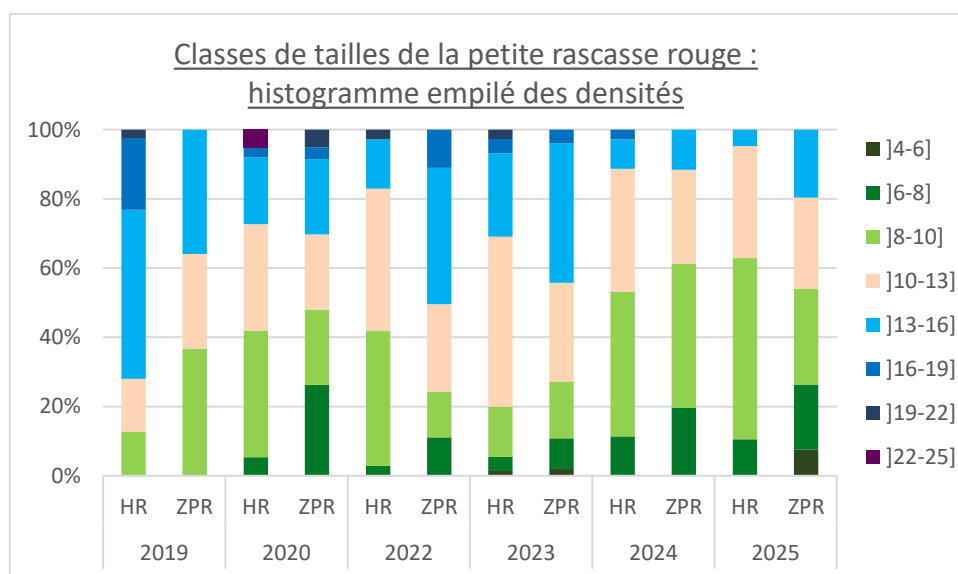


Figure 95: Histogramme empilé des densités en classes de taille pour la petite rascasse rouge durant les 6 années de campagnes et en fonction des secteurs (ZPR/ HR) sur l'habitat coralligène

Pour la mostelle de roche

Deux périodes distinctes en termes de densités de mostelles comptées sont observables (Figure 96) :

- une première période 2019-2022 où les densités moyennes sont plus importantes hors cantonnement (autour de 0.05-0.06 individu/m³) que dans le cantonnement (autour de 0.03 ind.m³) ;
- une deuxième période 2023-2025 : dans cette période les densités moyennes au sein du cantonnement ont doublé voire même triplé (entre 0.07 et 0.09 ind/m³ selon les années) par rapport à la période précédente. Au contraire, en dehors du

cantonnement, les densités sont plus fluctuantes, passant de 0.09 en 2023 à 0.03 ind.m³ en 2025.

L'ANOVA à deux facteurs n'a pas mis en évidence de différence significative entre secteurs (HR vs ZPR, $p = 0,789$), ni d'interaction secteur \times année ($p = 0,397$). Une tendance à la variation interannuelle est observée ($p = 0,088$) mais reste non significative. En revanche, la comparaison des deux périodes (2019-2022 vs 2023-2025) au sein du cantonnement (ZPR) indique bien une augmentation significative des densités (t-test de Welch, $p = 0,0007$), suggérant ainsi **une augmentation de l'espèce dans le cantonnement après trois ans de mise en place de ce secteur protégé**. Hors cantonnement la densité entre les périodes ne diffère pas significativement (Welch, $p=0.473$).

En ce qui concerne la structure en tailles de la mostelle, il est relevé un basculement progressif entre les secteurs : initialement (en 2019), la mostelle est plus abondante, avec des classes de tailles plus diversifiées en dehors du cantonnement que dedans. A partir de 2020, le cantonnement concentre davantage d'individus avec une structure en taille élargie, principalement tournée vers des individus plus grands, contrairement au secteur non protégé qui présente une structure de taille plus tournée vers des petites et moyennes tailles. En 2025, la structures des tailles de mostelles privilégie les individus de moyenne classe (entre 19 et 35 cm) dans les deux secteurs (ZPR et HR) bien que les plus jeunes individus n'aient été observés qu'au sein du cantonnement (Figure 97).

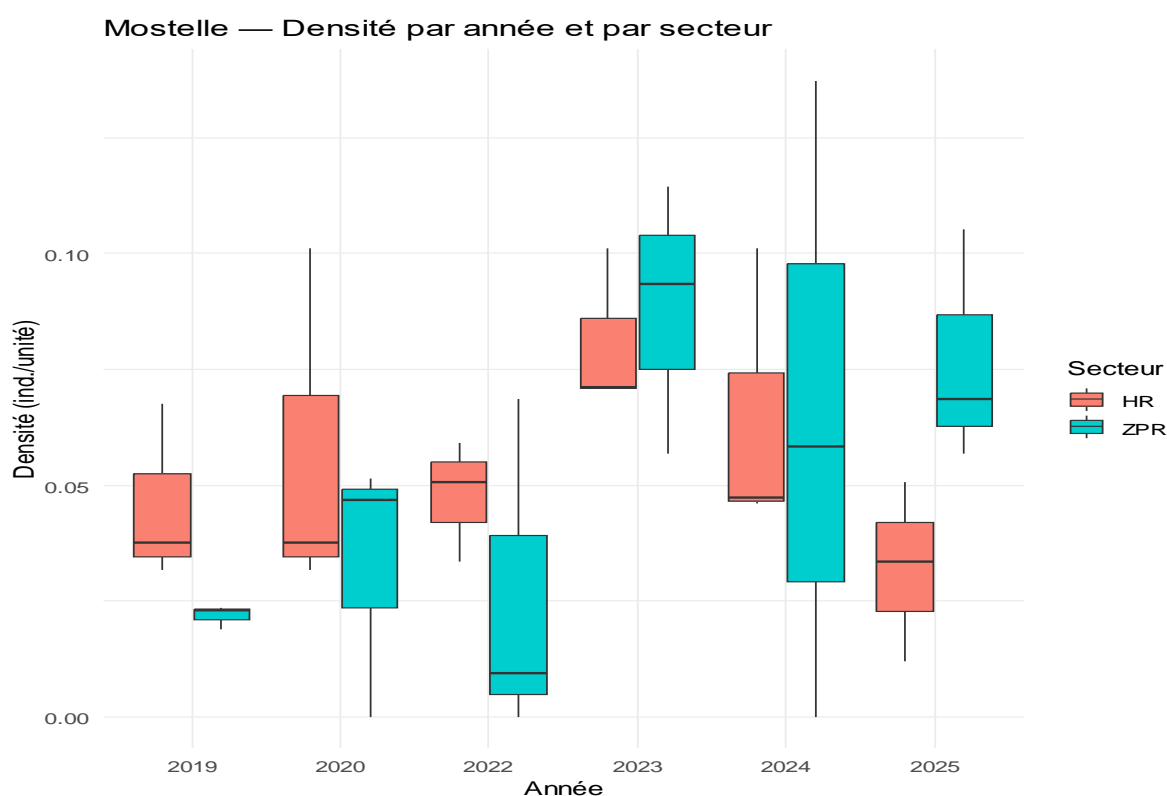


Figure 96 : Densités moyennes dans le cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR) au cours des 6 campagnes pour la mostelle de roche sur l'habitat coralligène

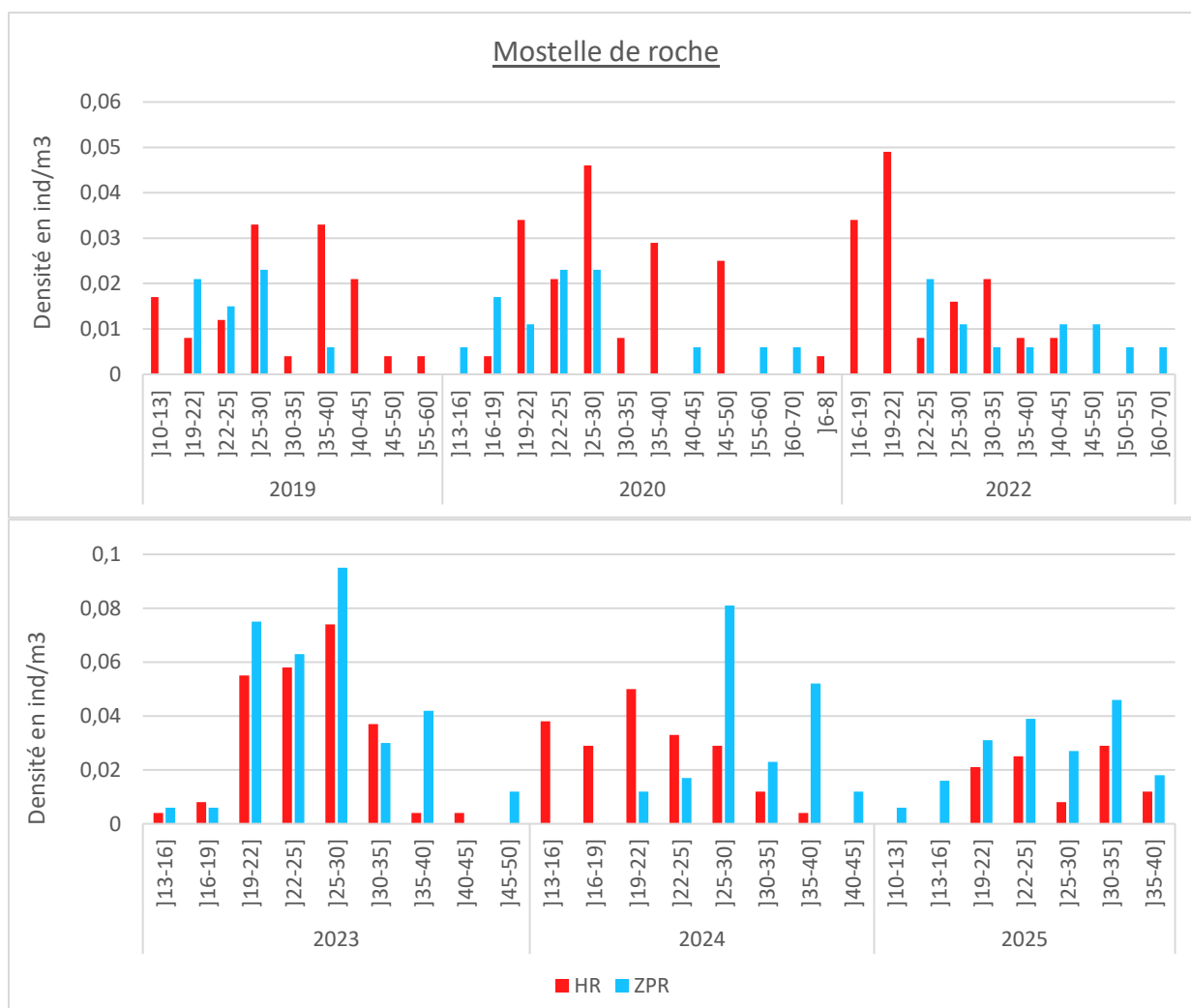


Figure 97 : Densités totales dans le cantonnement et hors cantonnement par classes de taille au cours des 6 campagnes pour la mostelle de roche sur l'habitat coralligène

Pour le congre

Hors cantonnement, les densités de congres sont plutôt stables dans le temps, autour de 0.01 congres/m³ (sauf en 2019 où il n'en a pas été observé sur les trois sites plongés). A contrario, dans le cantonnement, les densités moyennes ont une tendance à la stabilité mais avec des variations plus prononcées selon les années (entre 0.02 en 2019 et jusqu'à 0.09 ind.m³ en 2023). Il peut être noté que les densités moyennes chaque année au sein du cantonnement, sont depuis le début, supérieures à celles hors cantonnement, et qu'en 2023, une concentration locale de congre a été observée (Figure 98).

Une analyse de variance ARTool (la normalité n'ayant pas été respectée pour une ANOVA classique) montre d'ailleurs que la densité de congres est significativement plus élevée au sein du cantonnement qu'en dehors ($p=0.034$), sans variation significative entre années ($p = 0,472$) ni interaction secteur \times année ($p = 0,682$).

La structure en tailles des congres est depuis le début identique : il est observé, aussi bien dans le cantonnement qu'en dehors, principalement des congres de grande taille, puis dans une proportion plus faible de taille moyenne. Selon les années et les secteurs, il peut être aussi vu des congres de petites tailles, mais toujours en faible proportion (Figure 99).

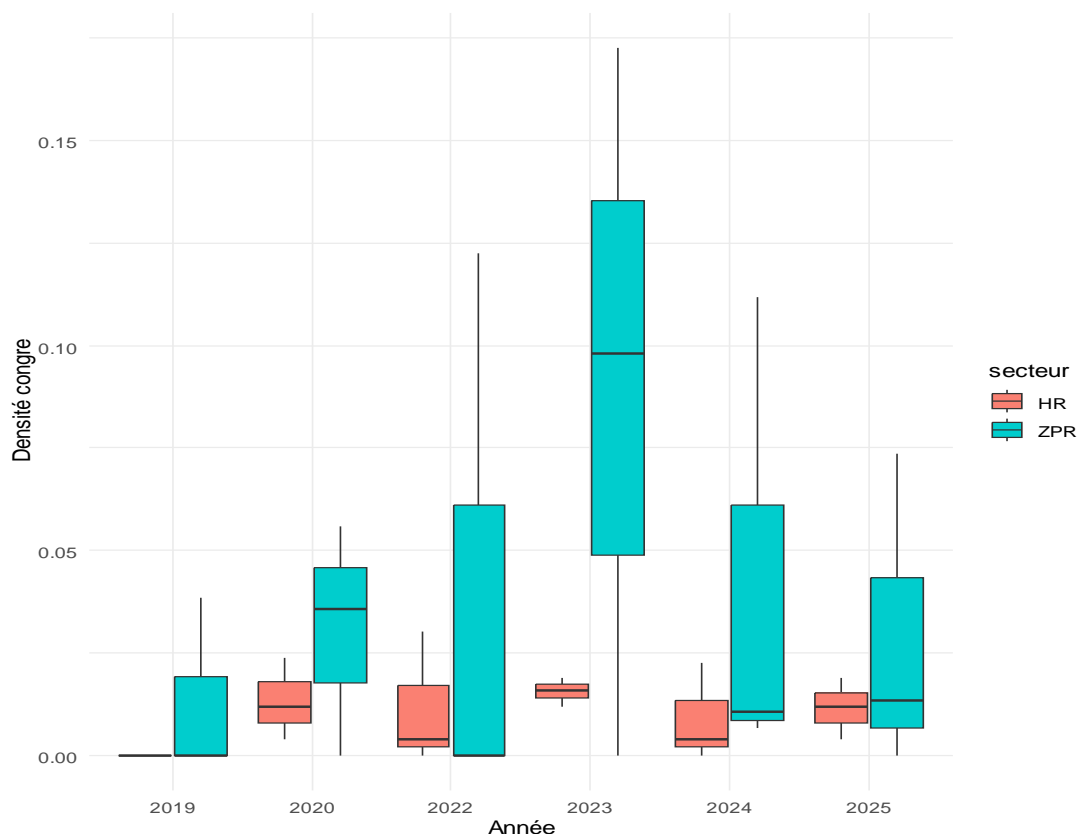


Figure 98 : Densités moyennes dans le cantonnement (ZPR) et hors cantonnement (HR) au cours des 6 campagnes pour le congre sur l'habitat coralligène

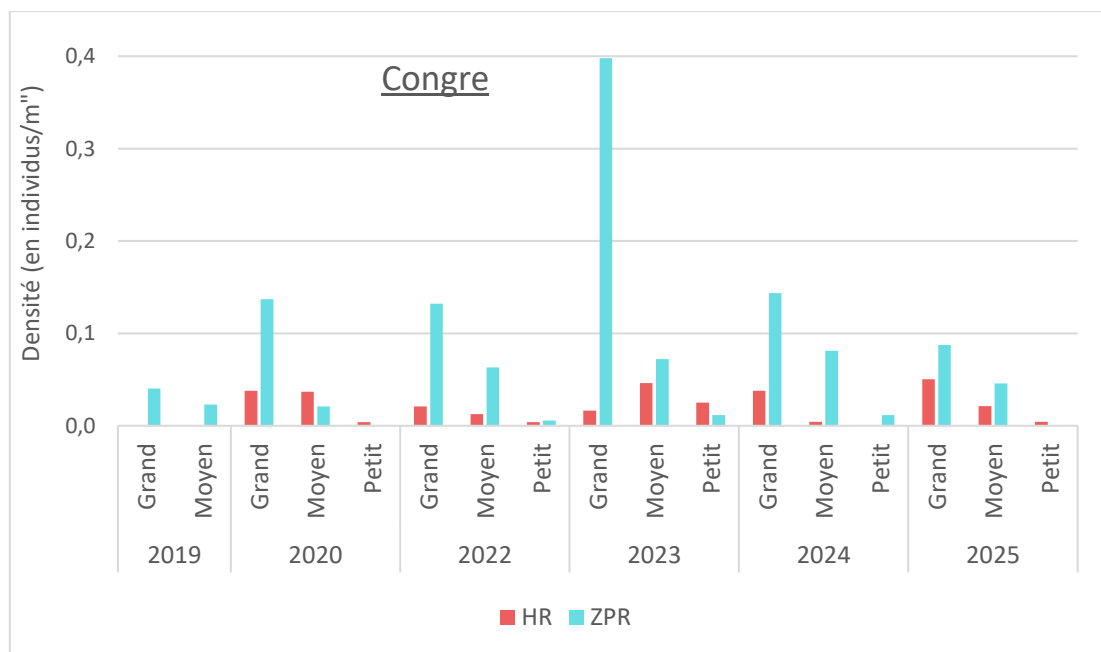


Figure 99 : Densités totales dans le cantonnement et hors cantonnement par classes de taille au cours des 6 campagnes pour le congre sur l'habitat coralligène

3.3.2.3 Conclusion

Les premières campagnes d'inventaire des peuplements piscicoles et des crustacés montrent des effets positifs du cantonnement sur la densité et la taille de certaines espèces, dont la langouste rouge qui en est sur Agde un très bon indicateur, en comparaison des sites « hors cantonnement ». De nombreuses études scientifiques d'évaluation des effets de la protection de zones marines ont montré une plus grande abondance des espèces pêchées les plus vulnérables par rapport aux zones de pêche voisines, d'un plus grand nombre total de poissons en général et de poissons de tailles moyennes plus grandes dans la zone protégée qu'à l'extérieur (Garcia-Rubies and Zabala, 1990; Francour, 1991, 1994; Harmelin & Bachet, 1992; Harmelin *et al.*, 1995; Garcia-Rubies, 1997; Jouvenel, 1997 in francour *et al.*, 2001).

Après 6 années de mesures réglementaires de protection, la mise en protection a eu pour effet d'augmenter la densité des espèces, et cela assez rapidement pour les catégories spatiales 4-5-6, soit des espèces nectobenthiques ou benthiques avec des faibles déplacements horizontaux mais également pour les crustacés. Ces résultats sont cohérents avec d'autres études qui ont montré un effet de la protection sur ces catégories d'espèces dans d'autres zones de protection (Parc marin de la Côte Bleue, Réserve naturelle nationale de Cerbères-Banyuls). Il n'a pas été constaté pour l'instant d'évolution sur d'autres espèces cibles de la pêche comme le sar commun, le pagre ou encore le pageot commun.

A noter aussi la présence régulière du corb, espèce protégée par un moratoire, sur un site au sein du cantonnement.

Après 6 années de mesures réglementaires de protection, la mise en protection a eu pour effet d'augmenter la densité des espèces, et notamment assez rapidement de celles des espèces nectobenthiques et benthiques à faibles déplacements.

Parmi les espèces commerciales ciblées par les pêcheurs professionnels, un effet « réserve » est déjà observé sur trois espèces sédentaires sur le coralligène : la langouste rouge (densité et taille), la mostelle (densité) et le congre (densité).

Il n'a pas été constaté pour l'instant d'évolution sur d'autres espèces cibles à plus forts déplacements tels que le sar commun, le pagre ou encore le pageot commun. Cependant ces espèces étant plus fuyantes, un biais peut apparaître sur l'estimation du nombre d'espèces présentes sur ces espèces selon la visibilité sous l'eau lors du comptage.

A noter, une augmentation de l'abondance et de la taille des serrans chevrette, espèce indicatrice de la pêche de loisir, dans la réserve et en dehors de la réserve qui pourrait être liée à la réduction de la pêche de loisir sur le roc de Brescou, ce qui est cohérent avec les suivis de fréquentation qui montre un déport de cette activité en bordure ouest de la réserve sur la zone sableuse.

3.4 Evaluation de la biodiversité

3.4.1 Suivi de l'état de conservation du coralligène

3.4.1.1 Objectifs de ce suivi

Le cantonnement de pêche de Brescou protège 46% du coralligène présent au sein de l'Aire Marine Protégée de la Côte Agathoise (AMPCA). Afin d'évaluer et de mesurer l'efficacité de cette mesure de protection pour cette habitat communautaire de la directive habitat faune flore, un suivi scientifique des communautés benthiques a été réalisé. Ce suivi s'appuie sur des espèces indicatrices :

- Du processus dynamique d'édification du coralligène (bio-constructeurs et bio-érodeurs) ;
- D'impacts anthropiques d'ordres mécaniques susceptibles de détériorer ou d'altérer l'intégrité structurelle de l'habitat ;
- De la qualité du milieu ;

De plus, cette étude permet de poursuivre ce suivi débuté en 2010, permettant ainsi d'améliorer les connaissances sur l'état de conservation du coralligène au sein de l'AMPCA, et de son évolution sur le long terme.

3.4.1.2 Contexte environnemental

- Le coralligène

Habitat Natura 2000 : 1170-14	Code corine : 11.251
Typologie ZNIEFF-Mer (1994) : IV.6.5	Typologie EUNIS (1999) : A3.6)

Parmi les scientifiques qui étudient les communautés benthiques en mer Méditerranée, il n'existe pas de réel consensus quant à définir ce qu'est le coralligène. Le coralligène est décrit comme un fond dur d'origine biogénique, principalement produit par accumulation d'algues calcaires encroûtantes vivant dans des conditions de luminosité réduite. Bien qu'il soit plus étendu dans l'étage circalittoral, il peut aussi se développer dans l'étage infralittoral, à condition que la luminosité soit assez faible pour permettre la croissance des algues corallines, qui sont à l'origine du concrétionnement. C'est pourquoi, les concrétions de coralligène infralittorales se développent presque toujours sur les parois verticales, les canaux profonds, ou bien les surplombs, et occupent des surfaces réduites (Ballesteros, 2006).

Au Cap d'Agde, en raison des conditions de forte turbidité et à l'instar de la région de Banyuls (Pyrénées-Orientales), ou du Golfe de Fos (Bouches du Rhône), la biocénose du coralligène se développe entre 12 et 30 m de profondeur (Figure 100). Au-delà, l'absence de luminosité rend difficile l'édification de véritables structures à coralligène par les algues calcaires. On observe plus généralement des placages sur roche ou de petits encoffements entre substrats durs.

En région Occitanie, un bio-concrétionnement de type « coralligène de plateau » tel que décrit par Laborel (1960, 1961), Péres et Picard (1964) et Sara (1968, 1969) a été identifié dans la zone marine du Cap d'Agde (Hérault) (Blouet *et al.*, 2008), sur le Roc de Vendres, au niveau de la falaise Leucate (Aude) (pers. Obs.) et le long de la côte rocheuse des Albères (Pyrénées orientales) (Laubier, 1966). Cette physionomie particulière du coralligène apparaît localement dès 15 m de profondeur.

Hormis entre le cap Béar et le cap Cerbère où le coralligène de plateau forme de véritables massifs continus entrecoupés de langues sableuses, le coralligène d'Agde se développe principalement sous l'apparence de récifs « patatoïdes » et de petites murets (Blouet *et al.*, 2008, Foulquié *et al.*, 2005).

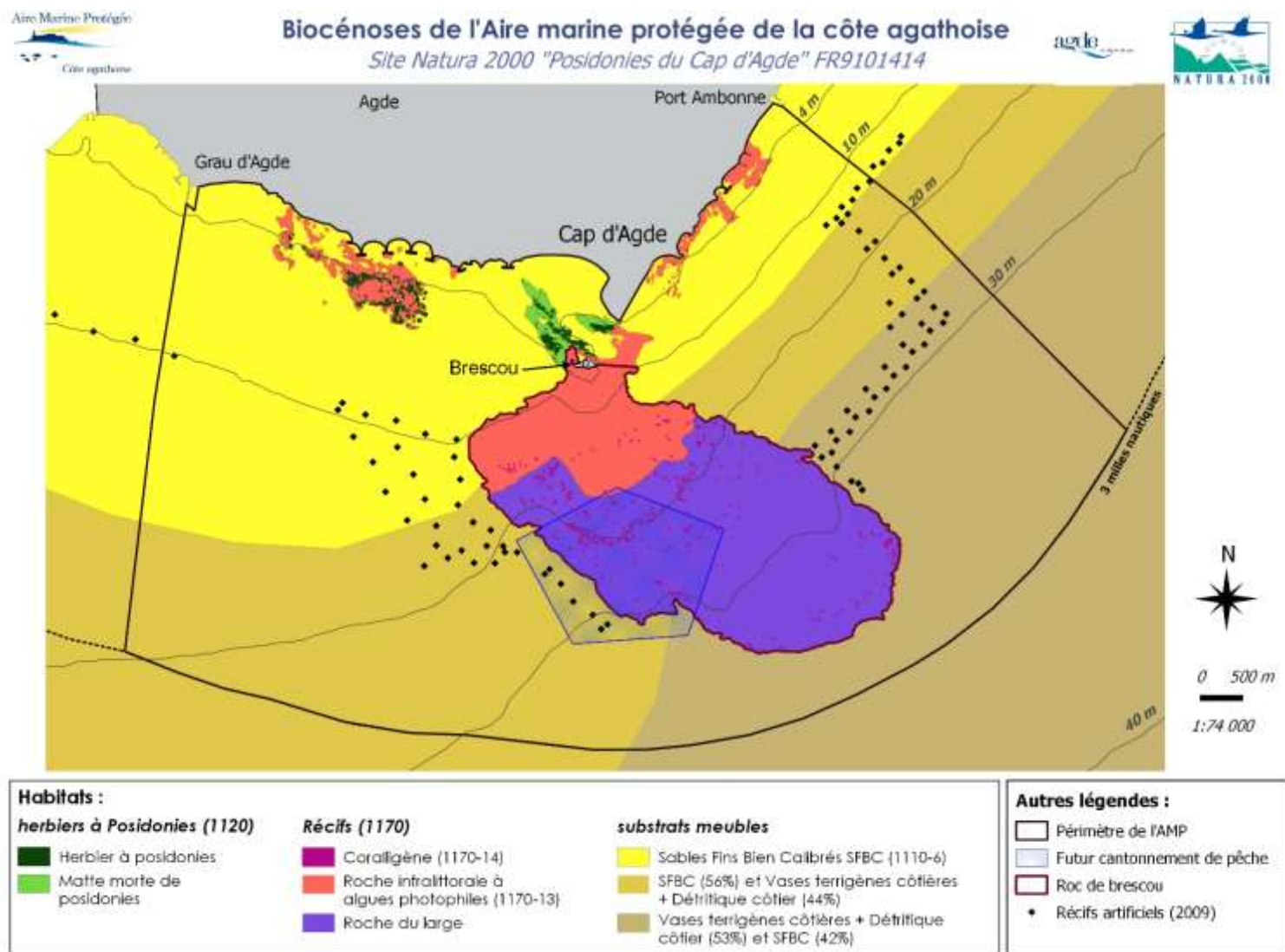


Figure 100 : Biocénoses de l'Aire marine protégée de la côte agathoise, site Natura 2000 « posidonies du Cap d'Agde FR9101414

- Etat de conservation, menaces et évolution

Cet habitat, de par sa sont origine biogénique, est très sensible aux impacts mécaniques d'origine anthropique. Ainsi l'activité de pêche traditionnelle avec l'utilisation de filets ou de nasses, la plaisance et pêche de plaisance avec l'ancrage ainsi que la plongée sous-marine ont un impact direct sur le coralligène.

Les sites les plus connus sont généralement explorés par les clubs de plongée du fait de leur intérêt paysager. Les dégâts occasionnés sont causés principalement par les ancres et les plongeurs eux-mêmes. Sala *et al.* (1996) ont observé dans les emplacements interdits à la plongée, que le grand et fragile bryzoaire *Pentapora fascialis* occupait tous les types d'expositions (des expositions en surplomb à celles épibiotiques). Au contraire, ils ont observé que dans les endroits où la plongée était permise au niveau du cantonnement marine des îles Mèdes, les colonies étaient presque limitées aux positions cryptiques. La densité, le diamètre des colonies ainsi que leur hauteur étaient aussi significativement plus petits dans les sites fréquentés par rapport aux sites peu fréquentés. La densité des colonies du bryzoaire *Pentapora fascialis* a montré une diminution significative (50 % en un an) après qu'un site situé au parc marin des îles Mèdes a été ouvert à la plongée sous-marine (Garrabou *et al.*, 1998, Ballesteros, 2003).

Outre l'impact mécanique, l'envasement est un autre point préoccupant pour le coralligène et plus précisément sur les algues corallines. En effet, un taux de sédimentation élevé peu recouvrir le thalle des corallines encroûtantes, faisant office d'écran à l'encontre de la lumière (Laborel, 1961) mais limitant également le recrutement de nouveaux végétaux (Sartoretto, 1996).

D'autres facteurs naturels peuvent être à l'origine de la dégradation du coralligène comme l'espèce invasive, *Womersleyella* (*Polysiphonia*) *setacea* qui est actuellement distribuée le long de la plupart du bassin Méditerranéen (Athanasiadis, 1997).

Les phénomènes climatiques de grande ampleur liés à l'augmentation de la température peuvent engendrer des modifications dans la structure des peuplements. Lors de l'été 1999, un événement de mortalité massif de suspensivores benthiques, sur plusieurs centaines de kilomètres, a affecté les communautés de coralligène placées à une profondeur située au-dessus de 40 mètres (Perez *et al.*, 2000, Romano *et al.*, 2000, Ben Mustapha & Abed, 2001). Plus localement en 2014, un évènement de mortalité massive de clones a été mis en évidence sur Agde, suite à d'importantes température après la saison estivale (Foulquié *et al.*, 2018).

Le taux de croissance moyen du concrétionnement à la Ciotat (NW méditerranéen), évalué par la méthode de datation au carbone 14 sur *Mesophyllum alternans* (= *Mesophyllum lichenoides*), a été établi à 0,19 millimètres/an (Sartoretto, 1994), variant entre les limites de 0,11 millimètres/an à 0,26 millimètres/an. Ainsi, tout type de dégradation a donc une répercussion majeure dans l'édification de ces habitats.

3.4.1.3 Matériel et méthodes

- Site d'étude

Etant donné que la profondeur stratifie les peuplements benthiques (Perez et Picard, 1964), les 6 sites choisis sont tous situés sur la même tranche bathymétrique à environ 20m (Figure 101 ; Tableau 37). De plus, il est considéré que les conditions environnementales générales influençant les sites sont similaires.

Dans un souci d'évaluer l'efficacité du cantonnement de pêche, 3 sites en dehors du cantonnement (dénommés HR pour Hors cantonnement) et 3 sites dans le cantonnement (dénommés ZPR pour Zone de Protection Renforcée) ont été suivis (Figure 101 ; Tableau 37).

Tableau 37 : Coordonnées et antériorité de suivi des sites d'études

Site	HZPF/ZPF	1er suivi	X_WGS84	Y_WGS84
A9	ZPF	2023	3.507764	43.246128
A7	ZPF	2023	3.5068263	43.244734
Témoin 2	ZPF	2010	3.5054086	43.248329
Casier sud	HZPF	2010	3.4986333	43.249100
Trois pics	HZPF	2010	3.5157681	43.250958
Merveilleuses	HZPF	2023	3.5150884	43.249087

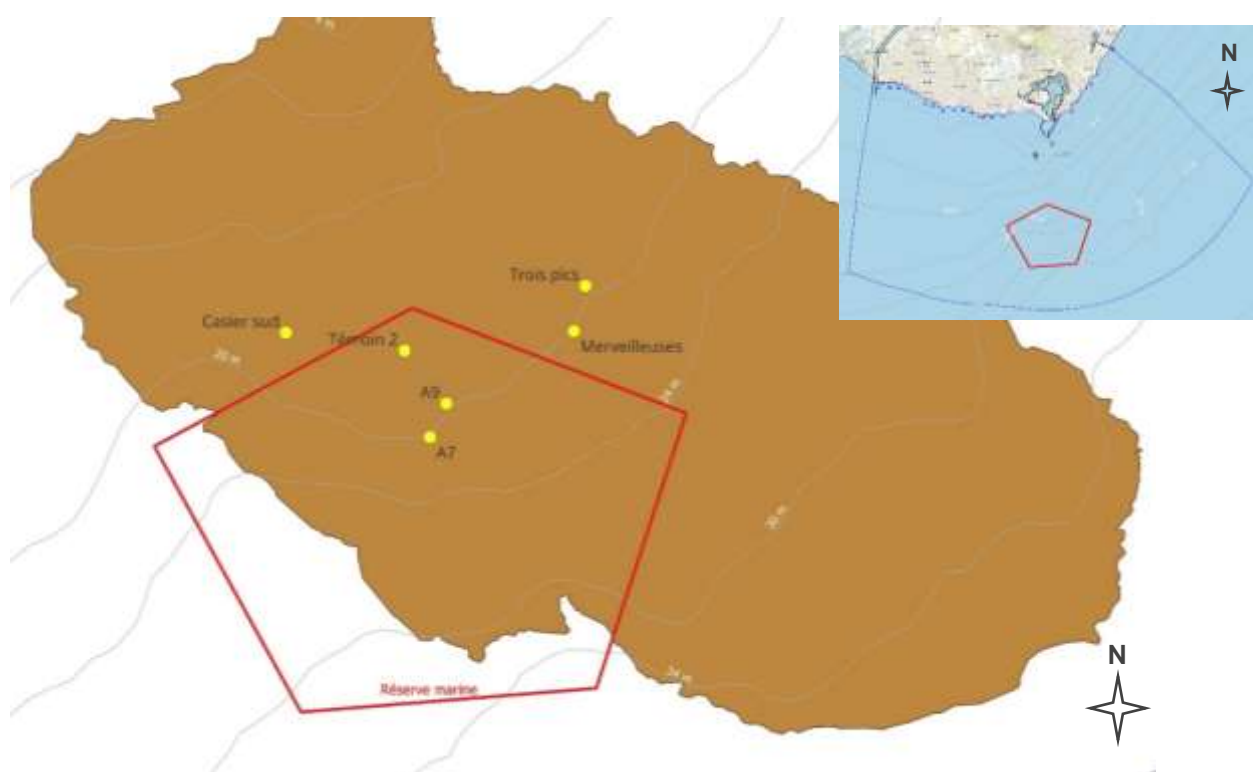


Figure 101 : Localisation des sites d'étude au sein de l'AMPCA (roc sous-marin en marron et Cantonnement marine en rouge)

- Suivi des communautés benthiques

Deux processus dynamiques, opposés mais simultanés, sont à l'origine de l'existence des concrétionnements et de la particularité morphologique de cet habitat : (i) la bioconstruction et (ii) l'érosion d'origine biologique et physique (érosion mécanique) (Sartoretto *et al.*, 2009). Les phénomènes de construction sont essentiellement dus à l'action des algues corallines (Laborel, 1960 ; Laubier, 1966 ; Sartoretto, 1996). A l'inverse, les individus érodeurs sont représentés entre autres par les échinodermes et les éponges perforantes.

L'approche méthodologique passe ainsi par la connaissance de cette compétition entre ces deux grands groupes aux fonctions opposées.

L'ensemble du vivant constituant le coralligène est doué d'une mobilité réduite (échinodermes), voire nulle (bryozoaires, cnidaires et spongiaires). Ils représentent donc de bons indicateurs de l'évolution de cet habitat dans le temps. Les caractéristiques

morphologiques, en termes de fragilité, de certains de ces indicateurs permettent aussi de qualifier la pression anthropique sur le milieu.

Espèces indicatrices des processus de bio-érosion :

Les organismes à l'origine de l'érosion des biohermes se distinguent selon trois groupes : brouteurs, micro-foreurs et macro-foreurs (Sartoretto, 1996).

Dans cette étude, la quantité et l'importance des brouteurs et de certains macro-foreurs sera suivi selon un critère de taille (> 3cm) et de détermination (Guide d'identification : Weinberg, Vigot, Nathan, Rupert Riedl). Parmi les brouteurs et autres macro-foreurs, certains ont fait l'objet d'études quant à leur processus d'érosion :

Les macro-foreurs : Eponges du genre *Cliona* (Feldman, 1937 ; Hong, 1980). Rosell *et al.*, (1999) décrivent l'espèce *Cliona viridis* comme l'éponge la plus destructive et la plus présente dans le coralligène (Uriz *et al.*, 1992a et b). Le genre *Cliona* se rencontre sous trois morphotypes : alpha, beta et gamma. La forme alpha est presque invisible, l'éponge perce son support par de multiples galeries et ne laisse entrevoir que les oscules en surface. La forme beta est encroûtante, la taille de cette dernière est alors plus visible et permet de se rendre compte généralement de son étendue. La forme gamma est une forme massive et le plus souvent représentée dans les eaux du Golfe du Lion par l'espèce *Cliona viridis*. Le niveau de détermination s'en tiendra à l'échelle du genre et à son morphotype pour décrire l'individu observé.

Les brouteurs : Parmi les 3 groupes de bio-érodeurs, les brouteurs représentés par les oursins comptent pour 95% de la masse de CaCO₃ érodée. *Sphaerechinus granularis* est considéré par certains auteurs comme l'espèce la plus active dans la bio-érosion du coralligène. Sartoretto et Francour (1997) ont calculé une bio-érosion comprise entre 210 et 16 g CaCO₃/m²/an. La quantité de carbonate de calcium érodée dépend aussi de la taille des individus et de leur abondance (Laubier, 1966). Sartoretto, (1996) a estimé pour l'oursin melon, *Echinus melon*, aussi à l'origine de bio-érosions des biohermes, que la proportion d'algues calcaires contenues dans son tube digestif variait entre 18 et 50%.

Espèces indicatrices des processus de bio-constructions :

Le processus de bio-construction est essentiellement dû aux algues corallines (Laborel, 1961 ; Laubier, 1966, Sartoretto, 1996). Il existe depuis les années 70, une perpétuelle remise en cause entre phycologistes et biologistes marins dans la taxonomie des corallines. L'exemple du genre *Pseudolithophyllum* révisée par Athanasiadis (1999) comme étant du même genre que *Lithophyllum* montre toute la complexité dans la détermination à court et moyen terme de certaines espèces. D'autres algues calcaires, telle que *Peysonnelia squamaria*, rentrent aussi dans la structuration du coralligène, même si leur contenu carbonaté est plus faible que les corallines. Compte tenu des critères de détermination et d'évolution taxonomique des espèces végétales décrites ci-dessus, elles ne seront pas détaillées dans cette étude.

Les animaux rentrent aussi dans la construction du coralligène. Hong (1980) a défini deux types de constructeurs : les constructeurs directement liés au concrétionnement- les plus actifs- et ceux dont leur rôle, compte tenu de leur taille, est plus faible.

Parmi les plus actifs nous retiendrons le groupe des bryozoaires : notamment *Myriapora truncata* (qui compte parmi les constructeurs importants du coralligène), *Adeonella calveti*, *Hornera frondiculata*, *Sertella septentrionalis*, *Reteporella elegans*, *Lichenopora radiata*, *Porella cervicornis*, *Pentapora fascialis*.

Espèces indicatrices d'impacts mécaniques et/ou physiques :

Les impacts anthropiques d'ordre mécanique, susceptibles de détériorer voire d'altérer l'habitat coralligène, peuvent être liés :

- A l'ancrage (plaisance, pêcheurs de loisirs, plongeurs) : contact direct sur les substrats, détérioration d'individus dressés ;
- A la pêche professionnelle : contact des engins de pêche dormant par frottements et ou arrachage d'individus dressés.
- Aux plongeurs : contact direct sur les substrats, remise en suspension de sédiments ;

Les organismes sessiles, de grande longévité, à squelette fragile et à taux de croissance lent, sont hautement sensibles à toutes agressions physiques qu'elles soient directement ou indirectement induites par les plongeurs (Garrabou *et al.*, 1998). Sala *et al.*, (1996), Garrabou *et al.*, (1998) préconisent le suivi des grands bryozoaires dressés comme *Myriapora truncata*, selon leur exposition dans l'habitat pour le suivi des impacts directs de la plongée sous-marine. D'autres auteurs (Coma & Pola, 1999 ; Coma *et al.*, 2001, Blouet *et al.*, 2006, Bonhomme *et al.*, 2006) se sont intéressés plus particulièrement aux gorgonaires comme *Paramuricea clavata* et *Eunicella singularis*. Certaines études de surveillance des activités de plongée ont aussi montré que l'augmentation des sédiments remis en suspension par les plongeurs avait un impact majeur voire supérieur à l'impact physique (Zakai & Chadwick-Furman, 2002 ; Barker & Roberts, 2004 ; Luna *et al.*, 2009).

Outre le plongeur *sensu stricto*, le mouillage à répétition sur les sites contribue aussi à cette dégradation et entraîne des séquelles beaucoup plus « profondes » pour les communautés marines. Pour Francour et Koukouras (2000), l'impact des ancrages sur les communautés coralligènes se traduit par (1) une atteinte physique au niveau structurel et (2) des phénomènes d'arrachage et d'abrasion des espèces qui peuplent cet habitat. Dans l'Aire marine protégée agathoise, Guay *et al.*, (2022) ont montré qu'en 15 ans suite à l'interdiction de l'ancrage et l'installation de mouillages écologiques, la densité de grands individus (> 20 cm) d'*Eunicella singularis* avait été multipliée par 6, avec une stabilisation de la population dans le temps.

- Choix de la photographie dans le suivi du benthos

Cette technique d'échantillonnage non destructrice permet un repérage spatial de la communauté échantillonnée, dont l'évolution est suivie dans le temps. Pour Kollman et Stachowitsch (2001), cet échantillonnage photographique offre un complément précieux aux prélèvements classiques et fournit un gain d'information considérable. Son emploi est donc parfaitement adapté pour mettre en évidence les éventuels changements dans les assemblages benthiques sessiles qui, par définition, restent fixes par rapport aux stations définies pour l'étude. De plus en plus associée à l'utilisation des quadrats et des transects, la photographie est aujourd'hui largement utilisée pour estimer des recouvrements, des abondances ou des dénombrements (Ferdeghini *et al.*, 2000 ; Kollman & Stachowitsch, 2001 ; Lindenbaum *et al.*, 2002), établir des inventaires exhaustifs (Pech *et al.*, 2004), diagnostiquer des impacts (Bevilacqua *et al.*, 2004 ; Fanelli & Boero, 2001), étudier la croissance des organismes (Garrabou & Harmelin, 2002 ; Munro & Munro, 2003 ; Sgorbini *et al.*, 1996), et mettre en évidence des changements structurels sur du long terme (Balduzzi *et al.*, 1982 ; Bianchi *et al.*, 2001 ; Glanville, 2001 ; Kollman & Stachowitsch, 2001).

- Transect permanent

L'utilisation d'un quadrat photographique le long d'un transect fixe a été retenue. Cette méthode couramment utilisée permet de disposer d'un référentiel spatio-temporel des communautés benthiques (Weinberg, 1978 ; Francour & Koukouras, 2000 ; Skoufas & Poulicek, 2001 ; Sartoretto, 2002 ; Munro & Munro, 2003 ; Dalias *et al.*, 2010). Cette méthodologie a été appliquée sur deux sites, l'un dans le cantonnement (ZPR/Site témoin 2) et l'autre en dehors (HR/Les Trois Pics).

Pour la prise de données, un quadrat photographique de 0,25 m² (50 cm X 50 cm) sur pied a été utilisé (Figure 102). Cette surface correspond à l'ouverture maximale pour un objectif de 16-18mm, et permet ainsi d'obtenir une surface maximale photographiée sans déformation. En deçà de 16mm, la déformation de l'image par l'objectif augmente significativement les erreurs d'interprétation surfacique. De plus, elle correspond également aux différents suivis des communautés benthiques de substrats rocheux (Pérez *et al*, 2000, Sartoretto, 2009 ; Ballesteros, 1999). L'utilisation d'un pied fixe de soutien de l'appareil photographique permet de limiter les erreurs de calcul de surface, en prenant des photos bien parallèles au fond.

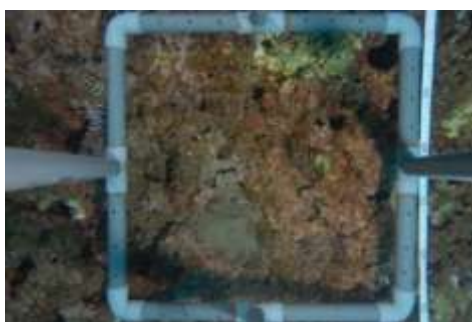
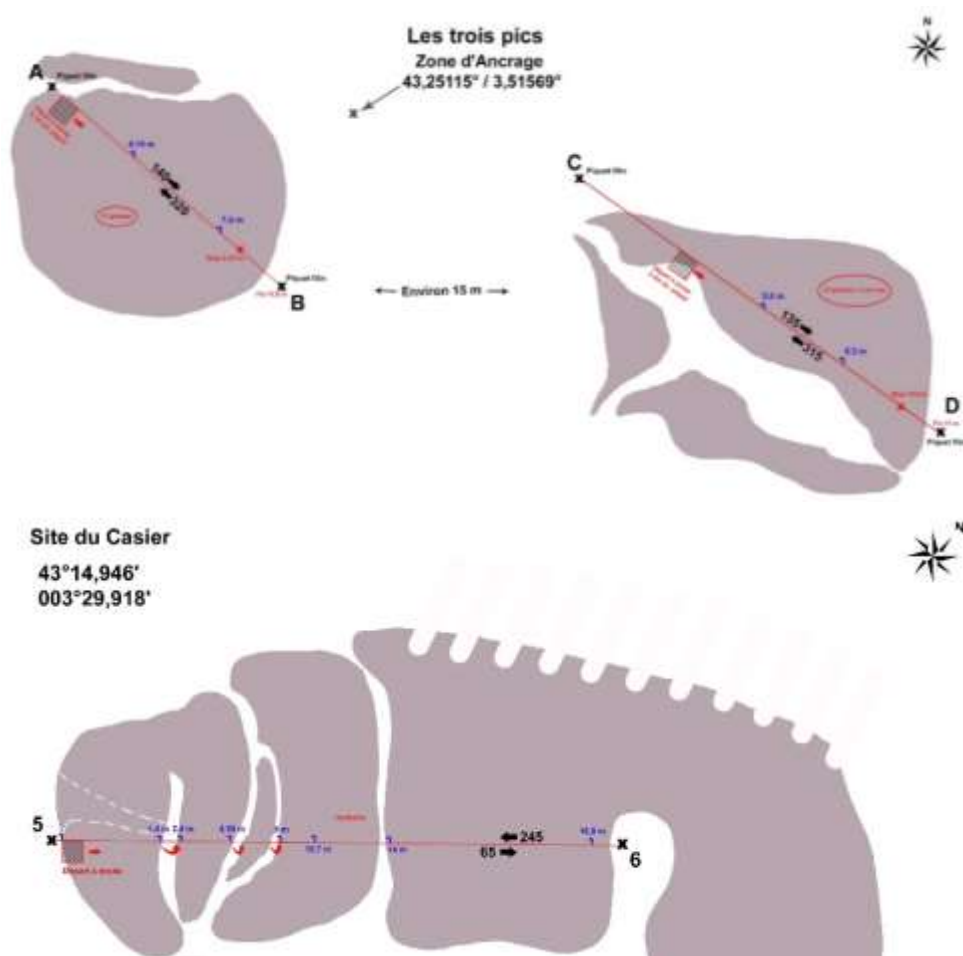


Figure 102 : Quadrat photographique

Au préalable sur les sites, chacun des transects a été matérialisé directement sur le fond et une cartographie sommaire a été réalisée afin de se repérer facilement lors de chaque suivi (Figure 103). Figure 102).



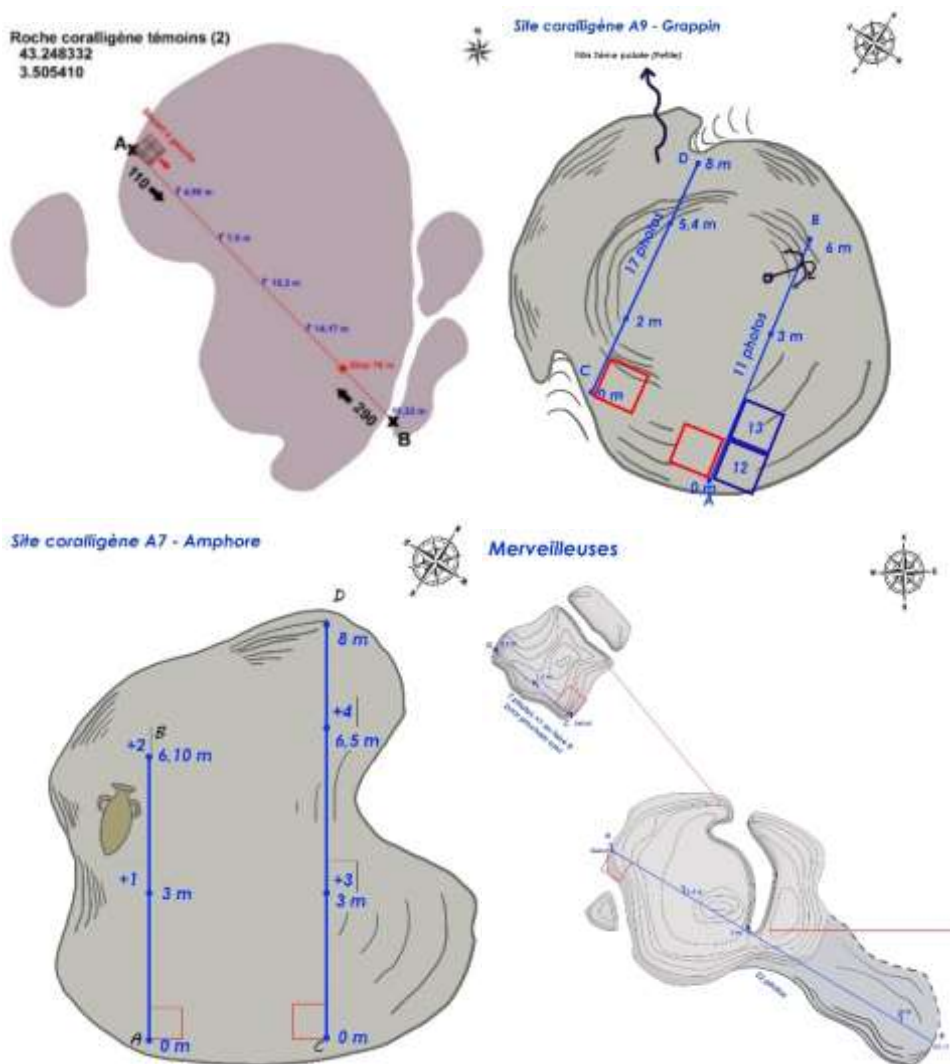


Figure 103 : Cartographies des sites d'étude pour les transects permanents

In situ, les transects sont matérialisés par un décimètre. Les quadrats sont ensuite positionnés d'un côté du transect tous les 50 cm en fonction de la configuration et de la longueur du transect (Figure 104). Pour chacun des sites, le nombre de 30 quadrats a été retenu afin de permettre une comparaison inter-sites.

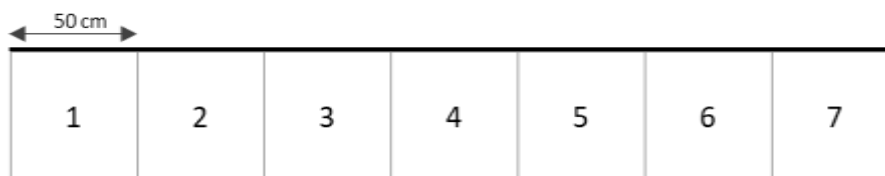


Figure 104 : Schéma du positionnement des quadrats le long des transects.

L'analyse de ces quadrats photos a été effectuée sous le logiciel CPCE (Figure 105). Ce logiciel permet un double traitement, à savoir une analyse par point aléatoire et une analyse surfacique. Dans un premier temps, 30 points aléatoires sont positionnés dans le quadrat et sont identifiés. Puis, dans un second temps, toutes espèces et zones d'intérêt (ex : blanchiment) sont détournées et leurs surfaces calculées. Afin de répondre au mieux au besoin de cette étude, la liste des espèces, genres, groupes et points d'intérêts a été retravaillée pour l'occasion. Dans le cadre de ce traitement, il est retenu toutes les espèces ou groupes d'espèces et genres

facilement reconnaissables, mais aussi les zones de blanchiment des corallines et la sédimentation.



Figure 105 : Analyse surfacique sous le logiciel CPCE

- Quadrats aléatoires

Les échantillonnages aléatoires ont souvent été employés en complément des méthodes spatialement bornées, lorsque la surface d'un site ou le caractère cryptique voire vagile de certaines espèces n'est pas pleinement satisfaisant pour le dénombrement ou l'observation avec la méthode des transects permanents. La variabilité dans les assemblages des communautés benthiques du coralligène diffère au sein d'un même site et au sein d'une même zone géographique, indépendamment de la profondeur (Ballesteros, 2003). Il est donc nécessaire de considérer cette variabilité dans l'échantillonnage.

Sur chaque site, 30 répliques sont effectués avec un quadrat de 50 x 50 cm. Le plongeur se déplace sur le site en déposant aléatoirement le quadrat. Il y est effectué un inventaire qualitatif et quantitatif. Parmi les espèces identifiées comme indicatrices du suivi de l'état de conservation du coralligène il a été retenu les espèces présentes dans le Tableau 38.

Tableau 38 : Tableau de synthèse des espèces bioindicatrices retenues

Espèces	Bio-érodeurs	Bio-constructeurs	Impact mécanique
<i>Cliona (Alpha, Beta, Gamma)</i>	X		
<i>Sphaerechinus granularis</i>	X		
<i>Myriapora truncata</i>		X	X
<i>Adeonella calveti</i>		X	X
<i>Hornera frondiculata</i>		X	X
<i>Reteporella grimaldii</i>		X	X
<i>Reteporella elegans</i>		X	X
<i>Fron dipora verrucosa</i>		X	
<i>Porella cervicornis</i>		X	X
<i>Pentapora fascialis</i>		X	X
<i>Eunicella singularis</i>			X
<i>Leptogorgia sarmentosa</i>			X

Remarque : Compte tenu de la modification du mode opératoire de l'échantillonnage entre le premier suivi (2010) et les suivants, toutes les comparaisons ne seront pas possibles.



Figure 106: Echantillonnage dans un quadrat aléatoire

Les mesures effectuées sur les espèces cibles ont pour objectif de pouvoir estimer leur taille. Ainsi, la hauteur et la largeur de chaque individu ont été inventoriées au centimètre près (Figure 107). Les anthozoaires ont été mesurés avec un mètre ruban.

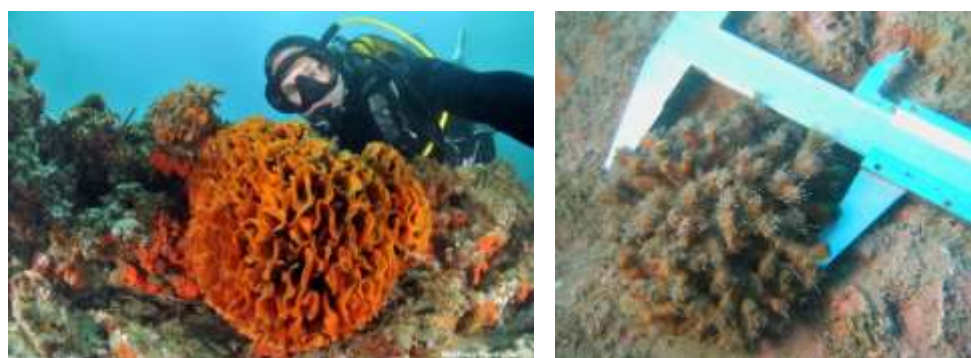
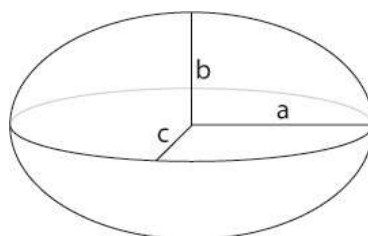


Figure 107: Mesure des colonies de bryozoaires (gauche : *Pentapora fascialis* ; droite : *Myriopora truncata*)

Ces mesures permettent notamment pour les bryozoaires de calculer un volume théorique de la colonie (Figure 108).



$$Vt = (4/3\text{Pi}.a.b.c)/2$$

Figure 108: Calcul du volume théorique d'une colonie de bryozoaires : Volume d'une demi ellipsoïde avec b pour la hauteur et a,c pour la largeur de la colonie.

Pour chaque individu inventorié l'exposition est renseignée. Cela permet d'évaluer le degré d'impact physique potentiel. Le classement se fait selon 6 catégories de répartition spatiale (Figure 109).

1	Épibionte
2	Surface convexe
3	Surface plane
4	Cavité
5	Surplomb
6	Paroi verticale

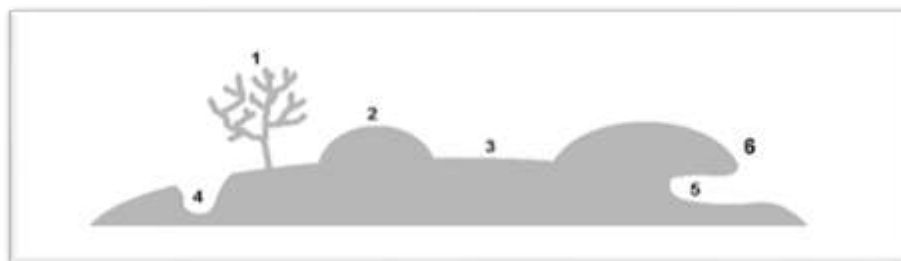


Figure 109: Degrés d'exposition des espèces étudiées (modifié selon Francour & koukouras, 2000).

3.4.1.4 Analyse des données

Les descripteurs retenus pour les analyses du suivi des communautés benthiques constitutives du coralligène sont :

- **La richesse spécifique** : elle correspond au nombre d'espèces rencontrées lors de l'ensemble des comptages sur les différents sites d'étude.
- **L'abondance** et la **densité** des espèces benthiques constitutives du coralligène (exprimé par m²) : elle est exprimée en nombre total d'individus observés. L'abondance d'une espèce témoigne des conditions plus ou moins favorables qu'offre le milieu. Elle est la preuve, pour une espèce considérée, de la qualité des refuges, de la disponibilité en ressource alimentaire, d'une adéquation avec la bathymétrie, etc.

- Traitement statistique

L'analyse statistique est intimement liée à la stratégie d'échantillonnage proposée. Au cours de la restitution des résultats, les différentes variables ont été analysées statistiquement et sans interaction pour chaque paramètre. Pour cela, les tests non-paramétriques de Mann-Whitney (MW) et de Kruskal-Wallis (KW) ont été utilisés, ainsi que des tests de comparaison multiples pour évaluer d'éventuelles différences inter-sites. Pour l'ensemble des tests une erreur de 5% est considérée.

- Indice d'état de conservation et écologique

Trois indices de l'état de conservation du coralligène ont été utilisés dans le cadre de ce suivi. Ces indices sont basés sur des approches différentes mais complémentaires. Leurs calculs ont été soit effectués à partir des données acquises lors du suivi du coralligène réalisée par l'AMPCA, soit effectués lors de campagnes spécifiques.

o **Index-Cor**

La méthodologie INDEX-COR a été développée entre 2010 et 2015 par l'IFREMER et l'Agence des Aires Marines Protégées (OFB) (Sartoretto *et al.*, 2017). Cette méthode non destructive permet d'évaluer l'état de conservation de l'habitat coralligène en se reposant sur :

- La sensibilité taxonomique vis-à-vis de l'apport en sédiment et en matière organique (ST)
- La richesse taxonomique observable (RTO)
- La complexité structurale en considérant les trois strates : basale, intermédiaire, élevée (CS)

Le calcul de ces trois métriques a été réalisé à partir des données acquises dans le cadre du suivi mis en place par l'AMPCA et notamment à partir de l'analyse par point sous le logiciel CPCE des quadrats photos permanents. Les listes d'espèces considérées pour ces calculs sont en annexe 1.

L'échelle de l'état de conservation est définie comme suit :

- $IC < 20$: **mauvais état de l'habitat**
- $20 \leq IC < 40$: **état médiocre**
- $40 \leq IC < 60$: **état moyen**
- $60 \leq IC < 80$: **bon état**
- $IC \geq 80$: **très bon état**

Cet indice considère uniquement l'habitat dans le calcul de l'état de conservation, le compartiment ichtyque n'est pas pris en considération.

o **EBQI**

Pour les besoins de la DCSMM (Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin) une méthodologie innovante est développée en Méditerranée afin de qualifier l'état des écosystèmes par une approche écosystémique au travers d'un indice : l'EBQI (Ecosystem-Based Quality Index – indice de qualité basé sur l'écosystème). L'approche écosystémique est une stratégie de gestion intégrée de l'environnement ayant comme objectif sa conservation tout en bénéficiant de ses services (Personnic & Ruitton, 2014).

L'EBQI pour un écosystème donné est basée sur un modèle conceptuel de fonctionnement faisant ressortir les groupes fonctionnels clés appelé ici « compartiments fonctionnels ». Ces compartiments sont pondérés par un poids (fixé par des scientifiques spécialistes de l'écosystème en question) en fonction de leur importance dans le fonctionnement de l'écosystème. Chaque compartiment fonctionnel du modèle est évalué par un ensemble de paramètres.

Afin d'évaluer l'état de l'écosystème de coralligène, un modèle conceptuel de fonctionnement a été conçu pour la Méditerranée nord-occidentale avec 10 compartiments biologiques (Figure 110), (Ruitton *et al.*, 2017).

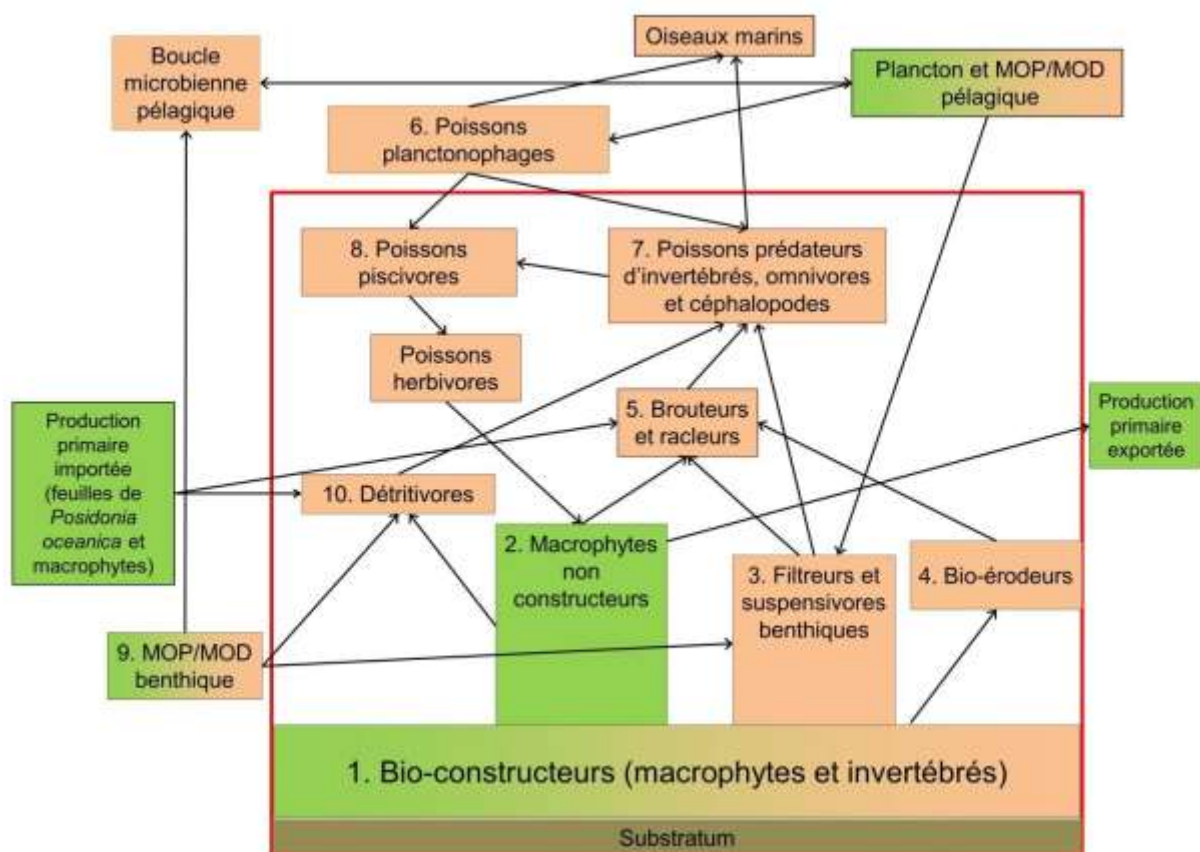


Figure 110: Modèle conceptuel de fonctionnement de l'écosystème coralligène. MOP : matière organique particulaire, MOD : matière organique dissoute. En vert : la production primaire, en orange : la production secondaire. Les compartiments numérotés de 1 à 10 sont ceux qui ont été sélectionnés pour faire l'objet d'une évaluation pour le calcul de l'EBQI. Le cadre rouge délimite l'écosystème.

Les données de chaque paramètre sont acquises selon les méthodes préconisées par le guide méthodologique pour l'évaluation écosystémique des habitats marins (Ruitton *et al.*, 2017).

$$EBQI = \left[\frac{\sum_{i=1}^{13} (W_i \times S_i)}{\sum_{i=1}^{13} W_i \times S_{max}} \right] \times 10$$

- W_i = poids du compartiment i
- S_i = statut du compartiment i
- S_{max} = statut maximal (=4) pour un compartiment
- i = nombre de paramètres ou moyennes de paramètres pris en compte pour évaluer les compartiments.

Un découpage de la note EBQI sur 10 permet de déterminer l'état écologique de l'écosystème en question. Cet état écologique reprend les statuts écologiques de la Directive Cadre sur l'Eau avec 5 classes : de mauvais à très bon (Tableau 39).

Tableau 39: Classes permettant de caractériser l'état écologique de l'écosystème de l'herbier à *Posidonia oceanica* en fonction de la valeur de l'EBQI (Ruitton et al., 2017)

	Très Bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
EBQI Posidonie		7,5		6,0		4,5		3,5	

○ **CAI**

L'index CAI (Coralligenous Assemblage Index), est calculé dans le cadre du réseau de surveillance de l'état du coralligène RECOR. Ce réseau initié en 2010 est soutenu par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse.

Pour le calcul du CAI, 30 quadrats photos sont traités sous le logiciel CPCE par la technique des points aléatoires. L'analyse des données permet d'extraire des résultats sur le pourcentage de recouvrement par les bryozoaires, espèces bio constructrices et par la vase.

Les valeurs du CAI sont classées selon l'échelle de l'état écologique du coralligène suivante :

- 0-0,1 : **mauvais état de l'habitat**
- >0,1 – 0,325 : **état médiocre**
- >0,325 – 0,55 : **état moyen**
- >0,55 – 0,775 : **bon état**
- >0,775 - 1 : **très bon état**

3.4.1.5 Résultats

Les analyses suivantes sont issues du traitement des données des transects photos permanents ainsi que des quadrats aléatoires pour le site Témoin 2 (ZPR) et le site des Trois Pics (HR) lors des suivis de 2010, 2013, 2017 et 2023. Mais aussi pour certaines analyses, des données des quadrats aléatoires des Merveilleuses (HR), du Casier sud (HR), deA7 (ZPR) et de A9 (ZPR) lors de 2023.

Une analyse complète de tous les descripteurs sur l'ensemble des 6 sites sera réalisé pour le rapport final

- Espèces indicatrices du processus de bioconstruction

Les bryozoaires dressés

- *Richesse spécifique*

Parmi les espèces de bryozoaires dressés ciblées dans le cadre de cette étude, celles mise en évidence sont présentées ci-dessous, suivant l'évolution temporelle pour un site au sein du cantonnement (Témoin 2) et deux sites en dehors (Trois pics & Casier), mais aussi suivant une comparaison spatiale pour l'année 2023 (Tableau 40 ; Tableau 41).

Tableau 40 : Évolution de la richesse spécifique en bryozoaires dressés dans le temps sur les trois sites de référence (Données issues et combinées des quadrats aléatoires et permanents)

	Espèce	2010	2013	2017	2023
ZPR - Témoin 2	<i>Adeonella calveti</i>	X	X		X
	<i>Fron dipora verrucosa</i>			X	X
	<i>Myriapora truncata</i>	X	X	X	X
	<i>Pentapora fascialis</i>	X		X	X
	<i>Reteporella grimaldii</i>			X	X
	Nb Total	3	2	4	5
HR - Trois Pics	<i>Adeonella calveti</i>	X	X	X	X
	<i>Fron dipora verrucosa</i>			X	X
	<i>Myriapora truncata</i>	X	X	X	X
	<i>Pentapora fascialis</i>	X		X	X
	<i>Porella cervicornis</i>		X		
	<i>Reteporella grimaldii</i>				X
Nb Total	3	3	4	5	
HR – Casier Sud	<i>Adeonella calveti</i>		X		
	<i>Fron dipora verrucosa</i>			X	X
	<i>Myriapora truncata</i>	X	X	X	X
	<i>Pentapora fascialis</i>		X		X
	<i>Reteporella grimaldii</i>		X		X
	Nb Total	1	4	2	4

Tableau 41 : Richesse spécifique sur les différents sites d'étude en 2023 (Données des quadrats aléatoires)

	Cantonnement (ZPR)			Hors cantonnement (HR)		
	A7	A9	Témoins 2	Casier sud	Merveilleuses	Trois Pics
<i>Adeonella calveti</i>			X		X	
<i>Fron dipora verrucosa</i>			X		X	X
<i>Myriapora truncata</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Pentapora fascialis</i>			X	X	X	X
<i>Porella cervicornis</i>	X					
<i>Reteporella grimaldii</i>			X	X		X
Nb Total	2	1	5	3	4	4

Le bryzoaire *Myriapora truncata* (Le faux corail) a été identifié sur chacun des sites et lors de chaque année de suivi.

- *Densité*

L'évolution de la densité en bryozoaires dressés a été analysée pour les trois sites historiques ayant fait l'objet d'une analyse par quadrats permanents et aléatoires depuis 2010 (Figure 111 ; Figure 113).

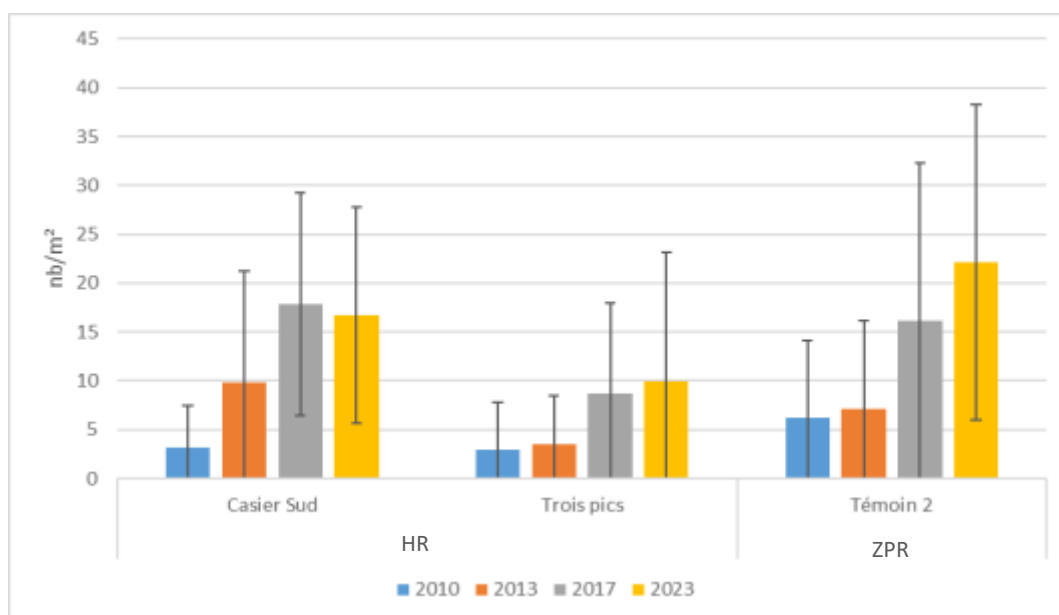


Figure 111 : Évolution de la densité moyenne en bryozoaires dressés entre 2010 et 2023 sur les sites des Trois Pics, du Casier Sud (HR) et du Témoin 2 (ZPR) pour les quadrats permanents.

En raison de la localisation de ces transects sur les sites de coralligène, les résultats obtenus traduisent l'état de conservation de la partie supérieure de ces concrétions. Sur le site situé dans le cantonnement (ZPR), la densité de bryozoaires dressés a significativement augmenté entre 2010 et 2023, une tendance également observée au niveau du site du Casier Sud (Annexe 2). En revanche, le site des Trois Pics demeure globalement stable au cours de la période étudiée (Annexe 2).

En 2023, les sites A9, A7 et Trois Pics ont globalement une densité plus faible que les autres (Figure 112). La comparaison spatiale de la densité ne met pas en évidence de profil spécifique.

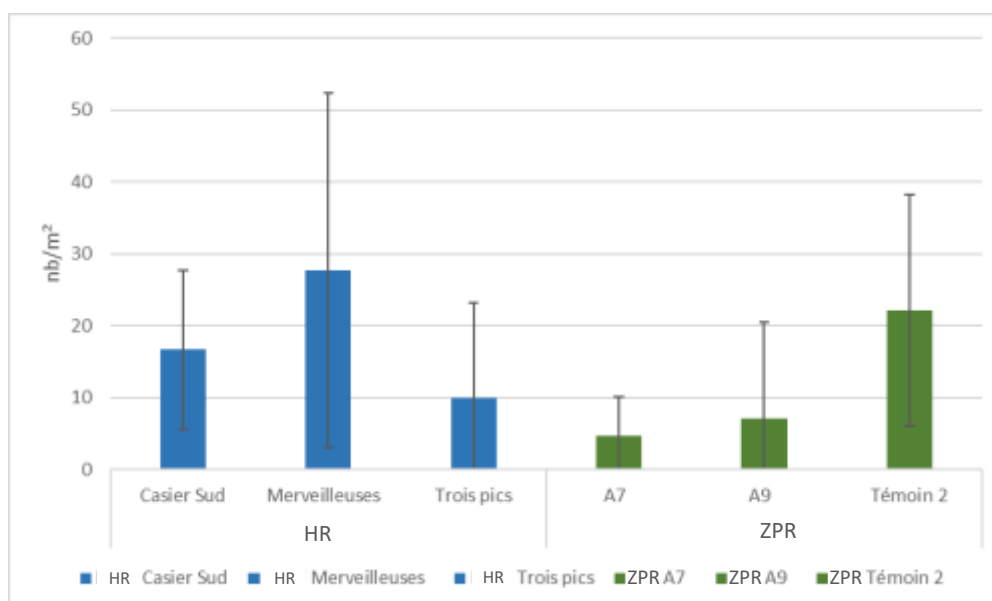


Figure 112 : Comparaison de la densité moyenne en bryozoaires dressés dans les quadrats permanents entre les différents sites de 2023 dans et hors cantonnement

Contrairement aux données des transects permanents, les quadrats aléatoires ont été réalisés de manière à avoir une représentativité de l'ensemble des sites de coralligène, à savoir aussi bien sur le dessus que les sur côtés.

Dans ce cas, l'analyse ne met en évidence aucune évolution de la densité moyenne au fil du temps pour les sites hors cantonnement (HR), tandis qu'une augmentation est observée en 2023 sur le site situé dans le cantonnement (ZPR) par rapport aux années précédentes (Figure 110 / Annexe 2).

A partir des quadrats aléatoires, la même analyse a été réalisée sur les nouveaux sites ajoutés en 2023, suite à l'installation du cantonnement de pêche. Globalement, ces résultats ne montrent pas de différence significative de la densité, à l'exception du site du Casier sud (en HR) dont la densité est plus importante que les sites A9 et A7 (présents en ZPR) et que le site des Trois Pics (en HR) (Annexe 2).

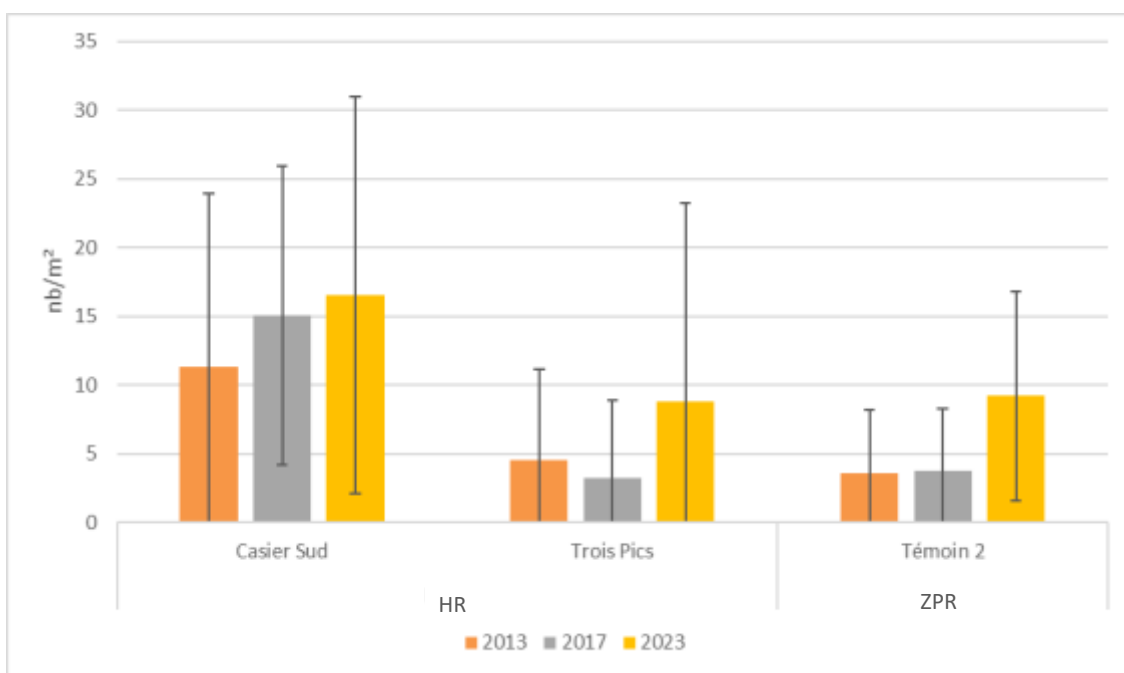


Figure 113 : Évolution de la densité moyenne en bryozoaires dressés entre 2013 et 2023 les sites des Trois Pics, du Casier Sud (HR) et du Témoin 2 (ZPR) pour les quadrats aléatoires

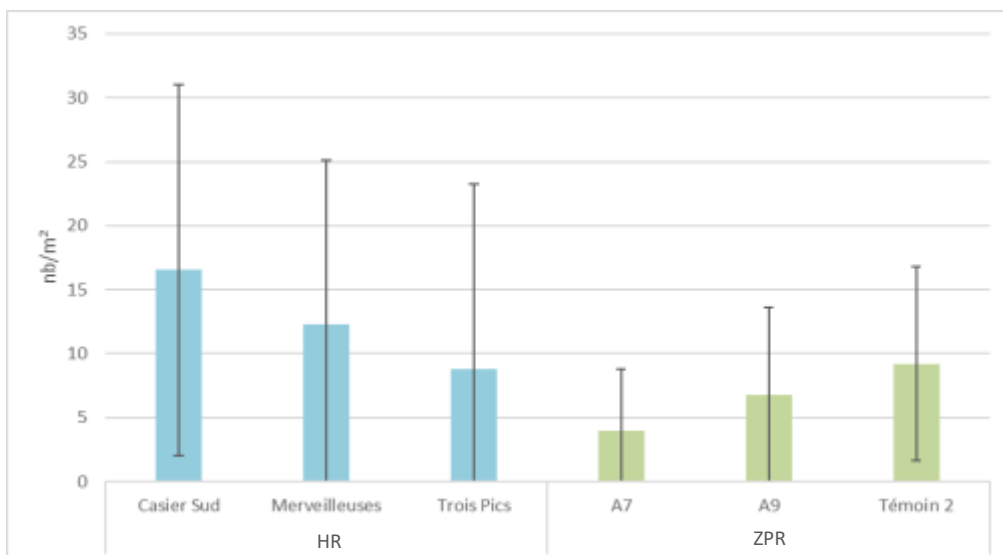


Figure 114 : Comparaison de la densité moyenne en bryozoaires dressés dans les quadrats aléatoires entre les différents sites de 2023 dans et hors cantonnement

- *Taille moyenne des colonies*

L'analyse de l'évolution des tailles des colonies de bryozoaires a été faite sur l'espèce majoritaire à savoir *Myriapora truncata*.

Globalement, sur les sites de mesures historiques il n'y a pas de différence significative de la taille moyenne des colonies dans le temps pour les transects permanents et pas de profil d'évolution dans les deux secteurs (cantonnement et hors cantonnement) (Figure 115).

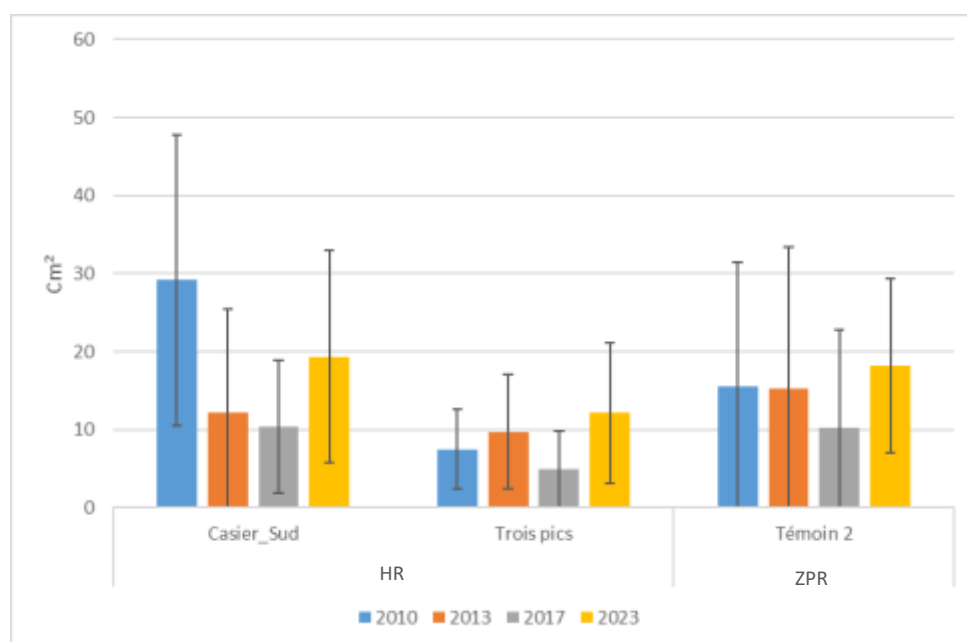


Figure 115 : Évolution de la surface moyenne des colonies de *Myriapora truncata* dans et hors cantonnement au sein des transects permanents

Les résultats du suivi après la mise en place du cantonnement ne montrent pas de différence significative dans la taille des colonies (Figure 116). En moyenne, les colonies de *M. truncata* hors cantonnement font 4,6 cm de diamètre, contre 4,8 cm dans le cantonnement.

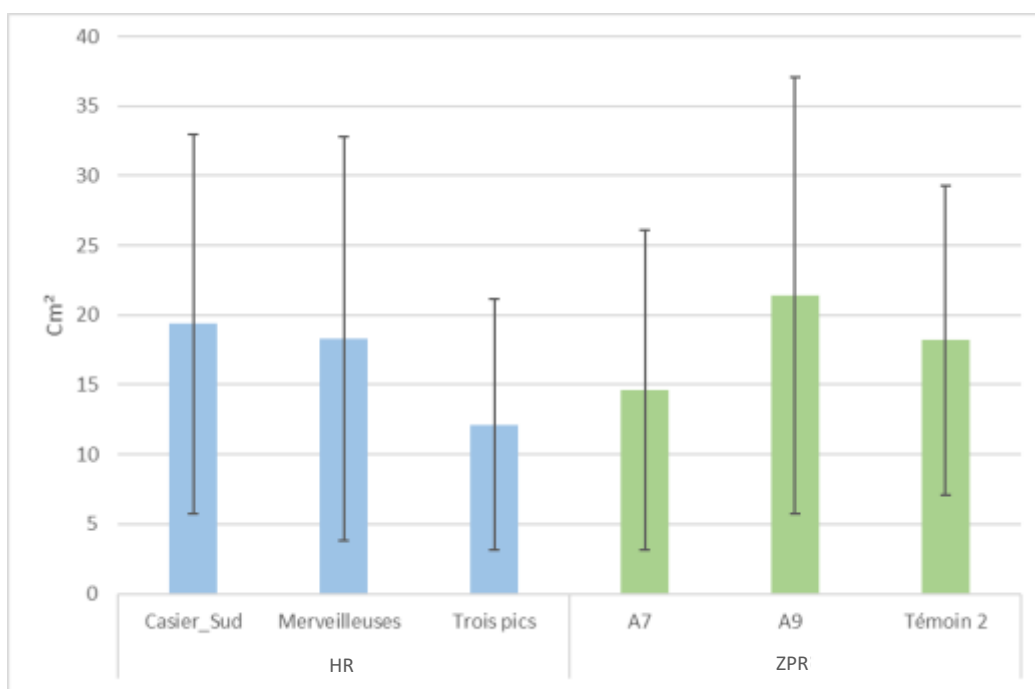


Figure 116 : Comparaison de la surface moyenne des colonies de *M. truncata* dans et hors cantonnement au sein des transects permanents en 2023

L'analyse du volume moyen des colonies au sein des quadrats aléatoires met en évidence une diminution entre 2010 et 2013, puis une stabilité pour les sites du Casier sud et du Témoin 2 (Figure 117 ; Annexe 2). Le site des Trois Pics révèle des résultats plus variables, avec l'année 2023 globalement plus faible que les autres (Figure 117 ; Annexe 2). Le site présent au sein du cantonnement (Témoin 2) ne montre pas d'augmentation de la taille suite à la mise en protection.

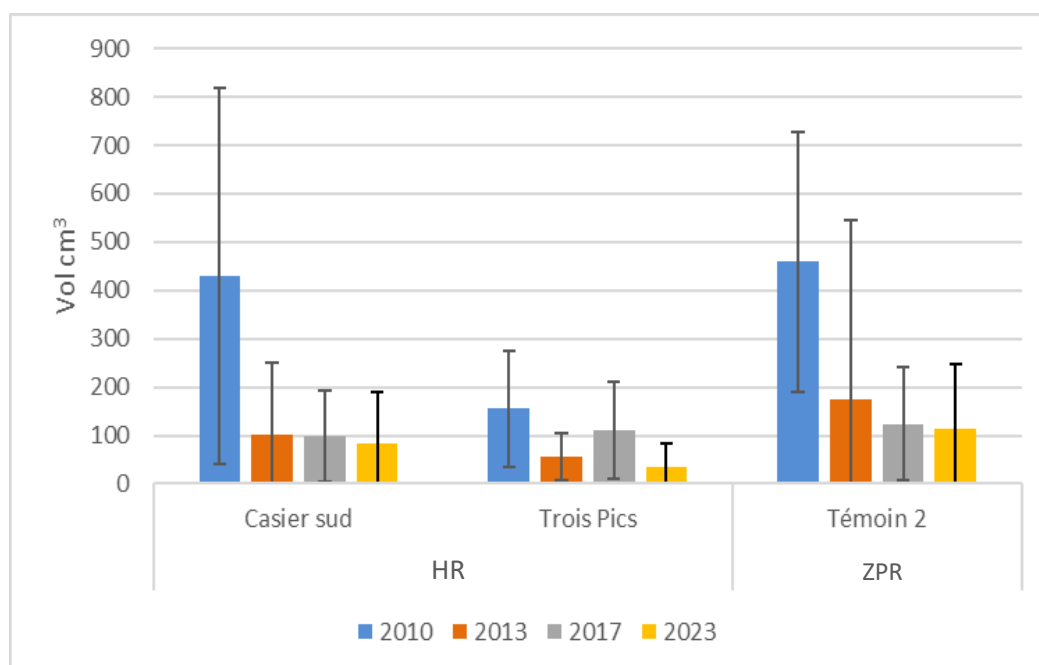


Figure 117 : Évolution du volume moyen des colonies de *Myriapora truncata* dans et hors cantonnement au sein des quadrats aléatoires

L'analyse de la surface des colonies après la mise en place du cantonnement met en évidence une surface moyenne globale plus importante dans le cantonnement (ZPR). En détaillant l'analyse par site, la seule différence significative est entre les sites Témoin 2 et des Trois Pics (Figure 118 ; Annexe 2).

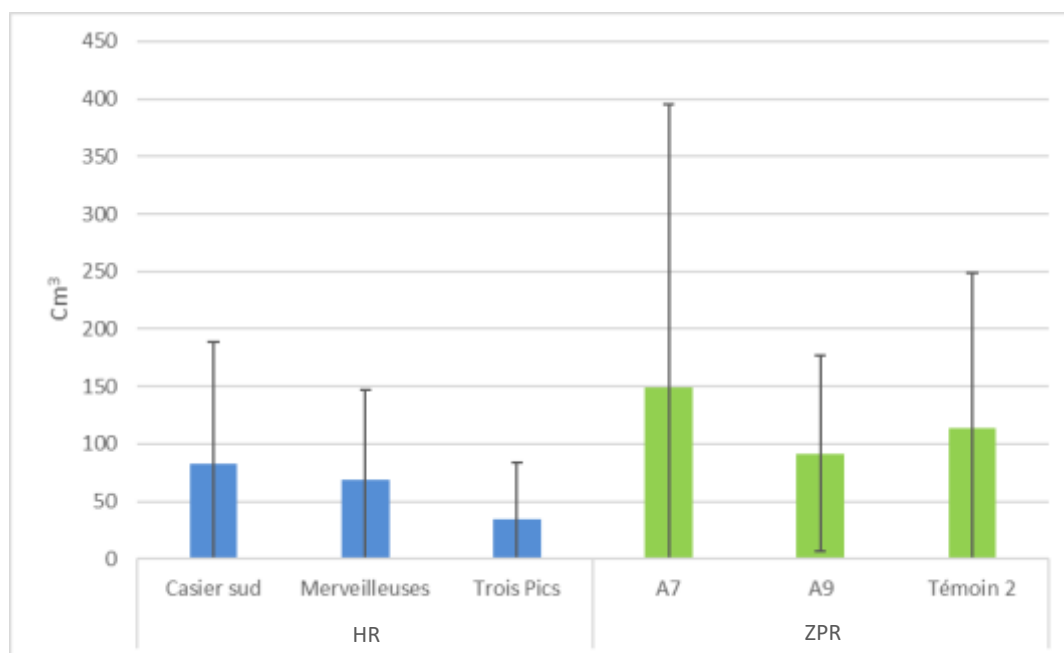


Figure 118: Comparaison de la surface moyenne des colonies de *M. truncata* dans et hors cantonnement au sein des transects aléatoires en 2023

L'analyse de la fréquence par classes de taille des colonies du bryzoaire a été effectuée à partir des quadrats aléatoires, sur 1 site en ZPR et 1 site en HR très fortement fréquentée par l'activité de plongée sous-marine (Figure 119). En 2023, le site Témoin 2 dans le cantonnement (ZPR) met en évidence une plus grande amplitude dans les classes de taille que les années précédentes, mais aussi que sur le site des Trois Pics (Figure 119).

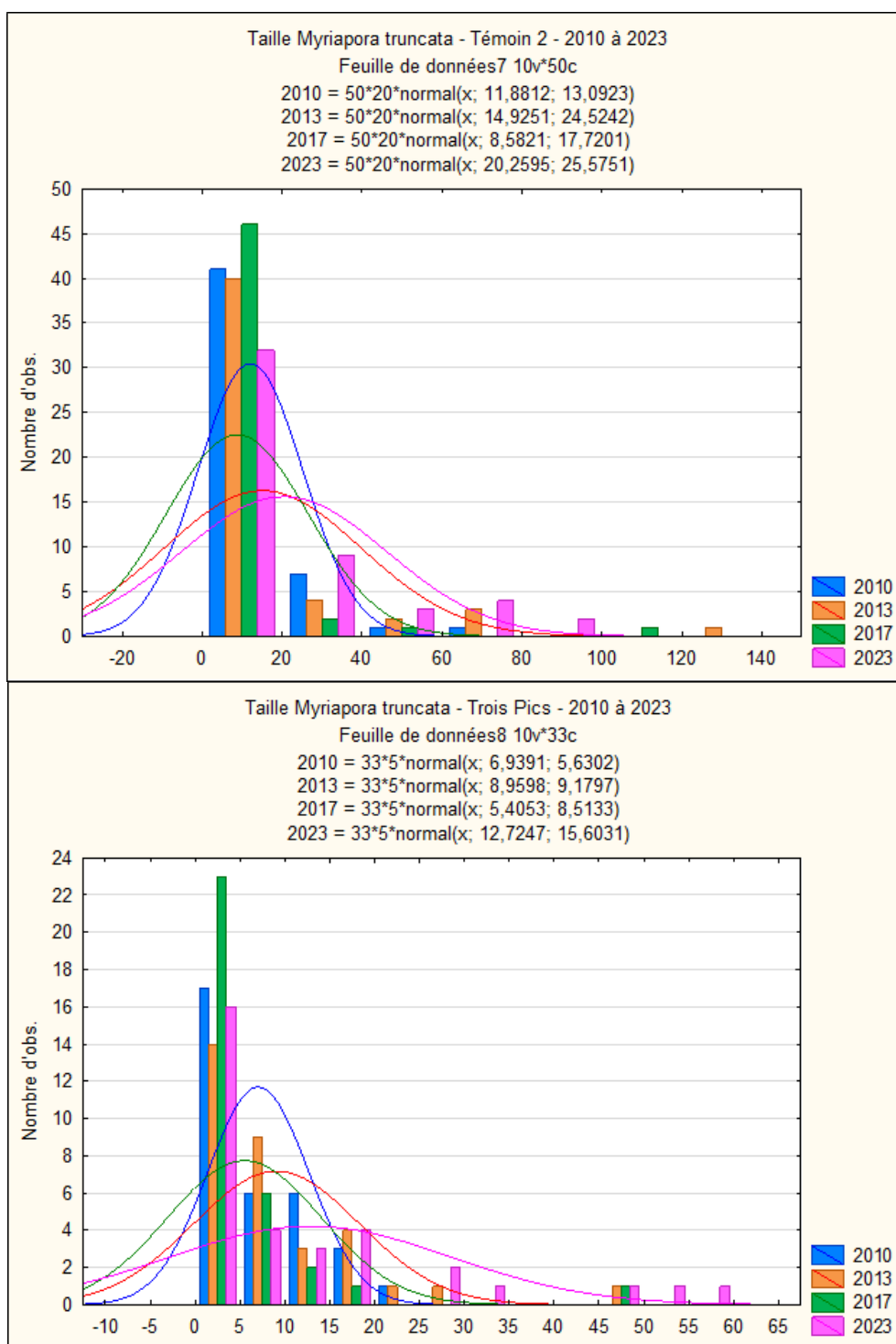


Figure 119 : Évolution de la répartition des classes de taille des colonies de *M. truncata* au sein d'un site dans le cantonnement (Témoin 2, en haut) et 1 site hors cantonnement (Trois Pics, en bas) pour les quadrats aléatoires (Volume en cm³ en abscisse)

Au sein des 6 sites d'étude, cette même analyse pour 2023 met en évidence une plus importante amplitude dans les classes de taille pour les 3 sites au sein du cantonnement (Témoin 2, A9 et A7) (Figure 120).

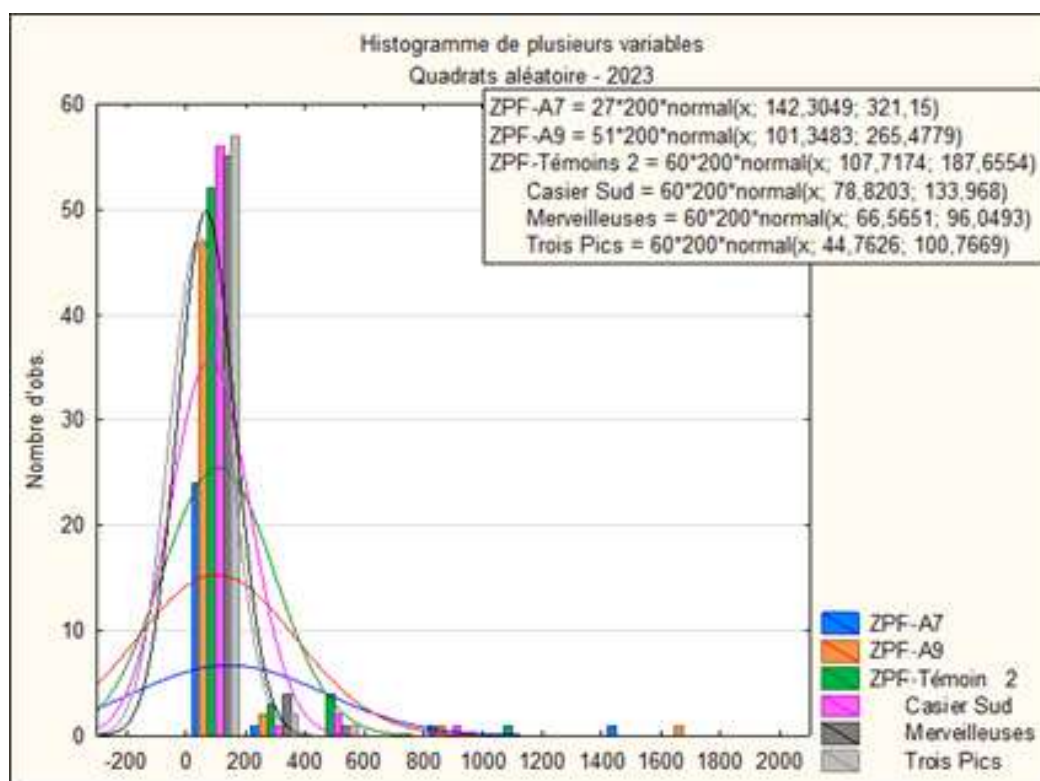


Figure 120 : Évolution de la fréquence par classe de taille pour *M. truncata* en 2023, au sein des 3 sites dans le cantonnement (Témoin 2, A7 & A9) et des 3 sites hors cantonnement (Merveilleuses, Casier Sud & Trois Pics), à partir des données des quadrats aléatoires (Volume en cm³)

- Exposition des colonies

L'évolution de l'exposition des colonies dressées a été étudiée en 2023 en considérant les 6 sites. L'exposition des colonies de bryozoaires est globalement la même dans les deux secteurs d'étude (Figure 121).

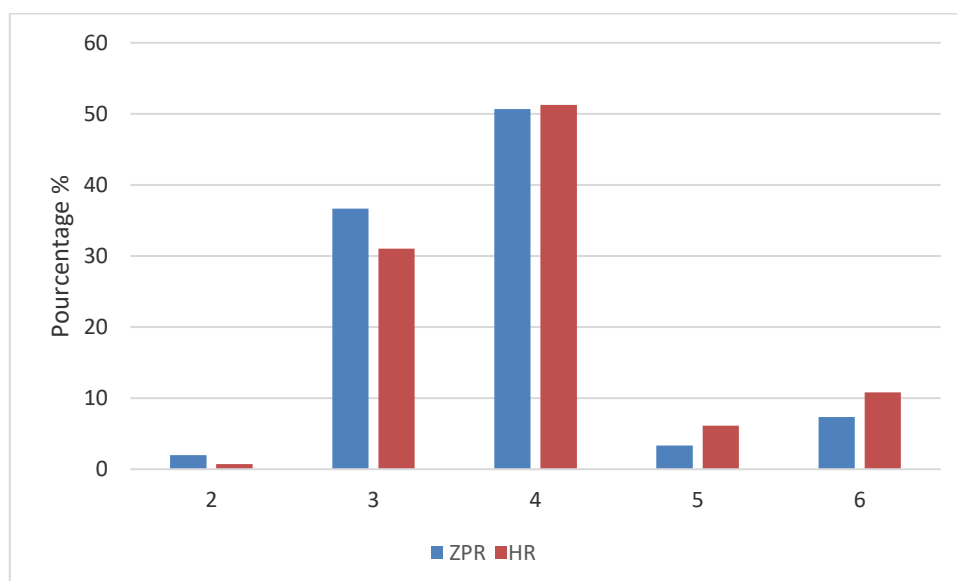


Figure 121 : Exposition des colonies de bryozoaires dressées dans et hors cantonnement en 2023. Exposition : 1 Epibionte, 2 Surface convexe, 3 Surface concave, 4 Cavité, 5 Surplomb, 6 Paroi verticale

Les algues calcaires

Lors de cette année de suivi, une analyse des quadrats permanents a été effectuée suivant le protocole de points aléatoires sous le logiciel CPCE. D'après cette analyse, la proportion d'algues calcaires occultées (recouvrement) est du même ordre entre les deux secteurs (ZPR et HR) (Figure 122). Ces algues constitutives du coralligène sont recouvertes par une fine couche de sédiment, par des hydraires ou par des algues filamenteuses et/ou buissonnantes (turf).

La proportion de points relevant des algues calcaires non recouvertes semble plus importante dans le cantonnement en 2023 (Figure 122). Cependant, au vu de la fluctuation de ces données au cours des derniers suivis (Figure 123), cette différence ne semble pas significative.

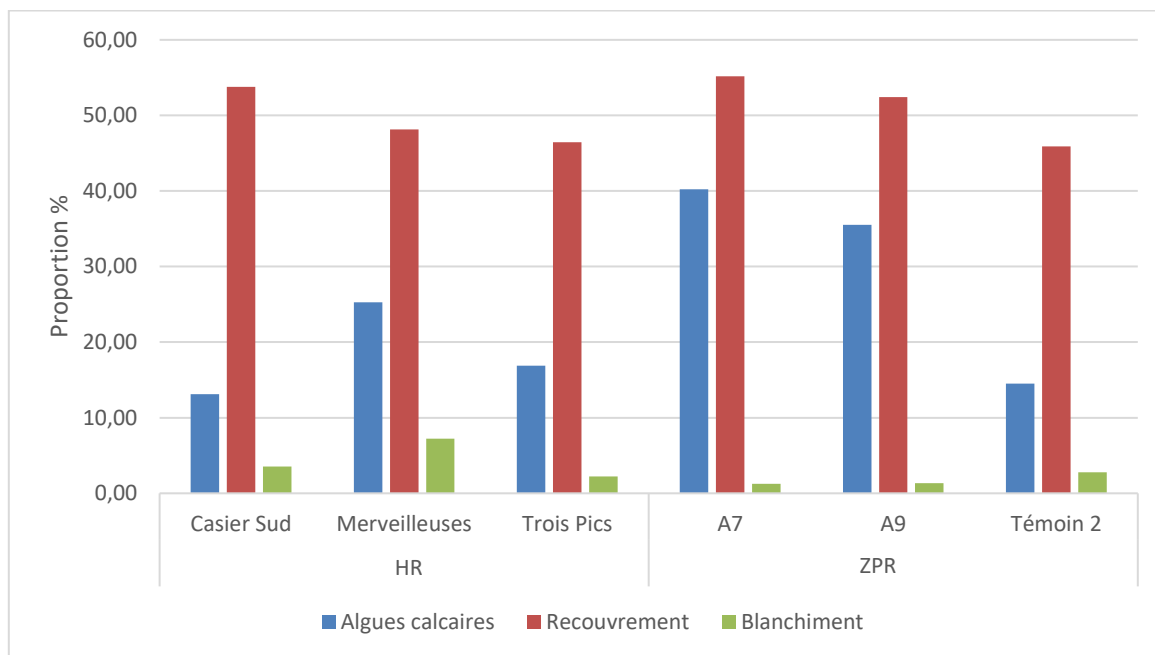


Figure 122 : Proportion de points aléatoires au sein des transects permanents en 2023 correspondant à des algues calcaires, du recouvrement ou du blanchiment.

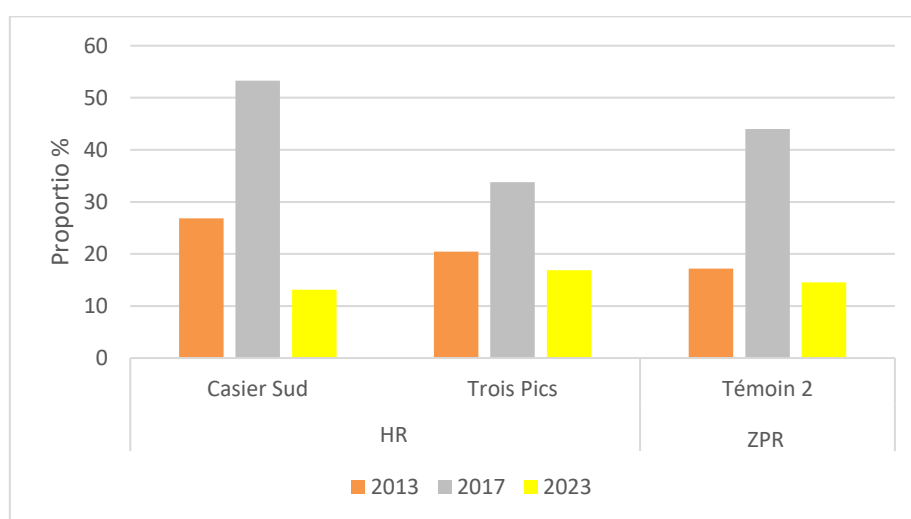


Figure 123 : Proportion de points aléatoires sur les algues calcaires non recouvertes, au sein des transect permanents.

L'étude de l'évolution de la dégénérescence d'algues corallines par quadrat permanent est réalisée en suivant les zones de blanchiment visibles (non cachées par une couverture algale, animale ou sédimentaire). En 2023, même si la proportion de points semble plus faible dans le cantonnement, la différence n'est pas significative (Figure 122).

Ce blanchiment des algues calcaires a aussi été étudié en mesurant leur emprise sous le logiciel CPCE. Ainsi sur une échelle de 10 années, en prenant un site historique au sein du cantonnement (Témoins 2) et un hors cantonnement (Trois Pics), l'évolution est globalement stable et similaire (Figure 124 ; Annexe 2). Ce paramètre a été suivi à partir de 2013 avec l'utilisation du logiciel CPCE. Ces résultats concordent avec les observations faites lors de l'analyse par points aléatoires (Figure 122).

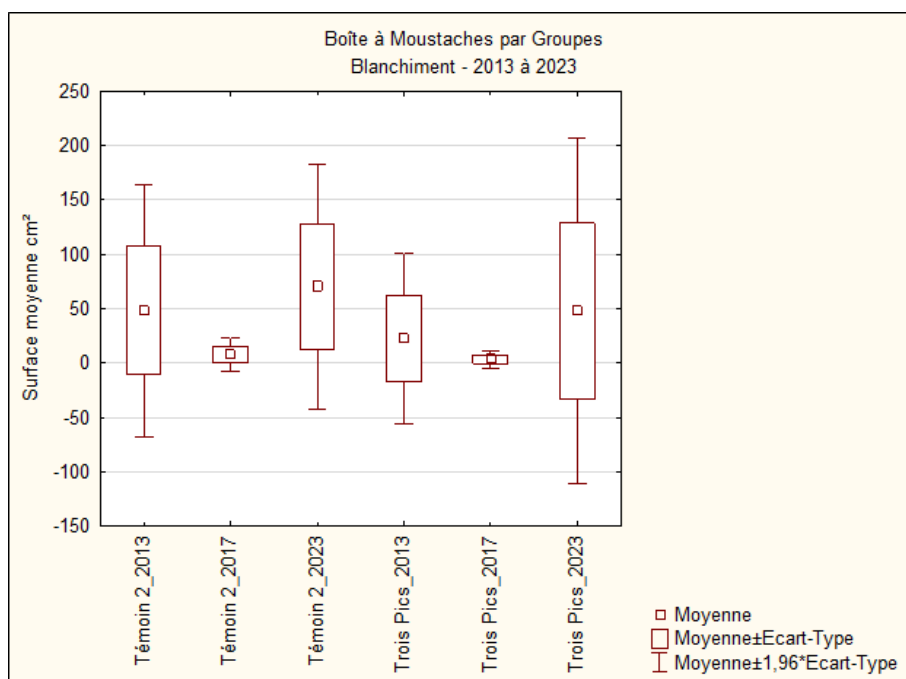


Figure 124 : Évolution des surfaces de blanchiment de 2013 à 2023 par quadrats, sur les transects permanents des sites Témoins 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR)

Pour ces deux sites, la fréquence par classes de taille met en évidence des zones de blanchiment plus petites en 2017 par rapport aux autres années, ainsi que plus de petites zones en 2013 et 2023 sur le site des Trois Pics.

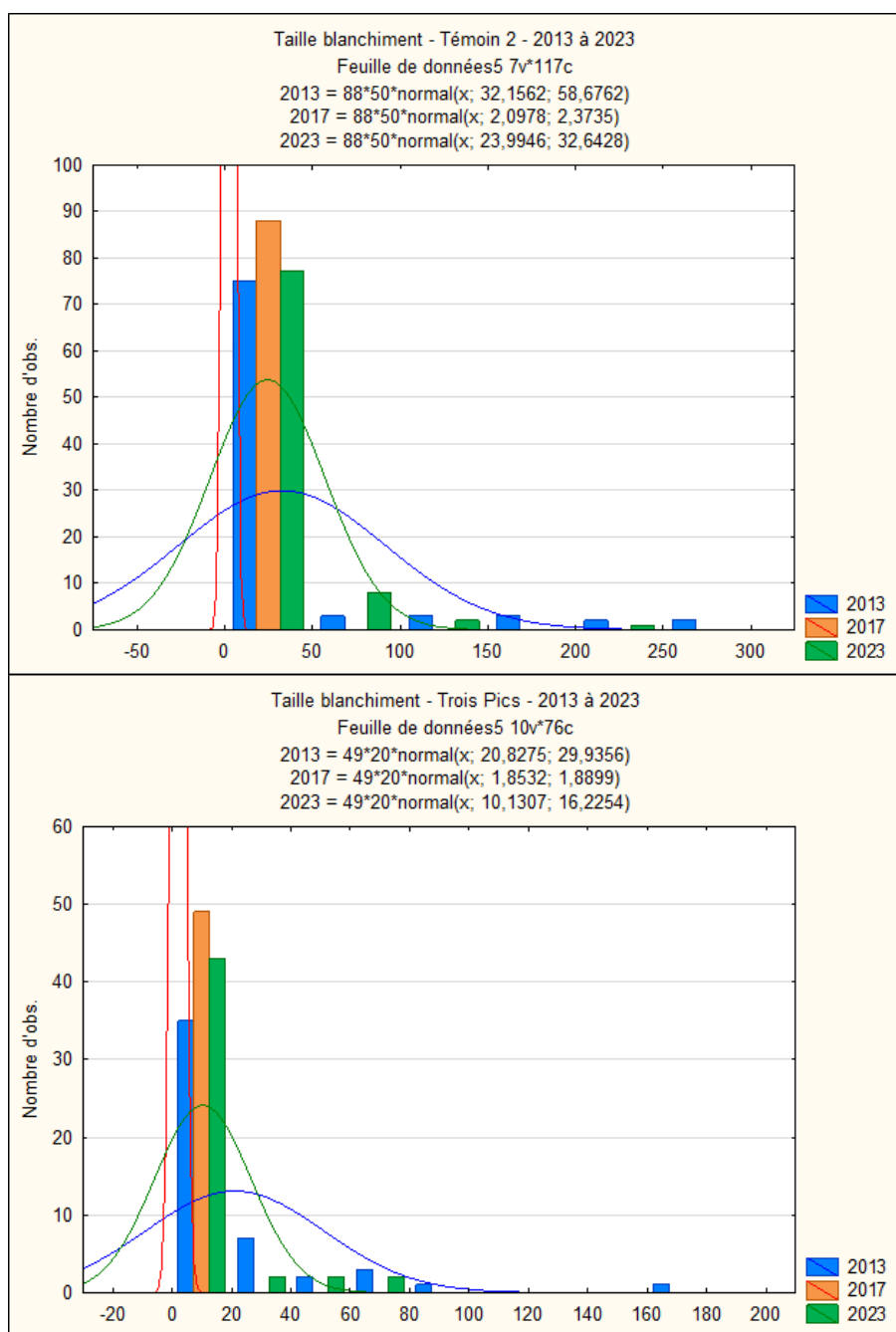


Figure 125 : Répartition de la taille des zones de blanchiment en fonction de la fréquence d’observation de 2013 à 2023 sur le site Témoin 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR)

Pour le suivi de 2023, cette analyse a été réalisée sur l'ensemble des sites d'étude. En considérant l'évolution dans le temps des résultats précédent, la surface moyenne par quadrats dans et hors cantonnement ne semble pas montrer de différence significative (Figure 126).

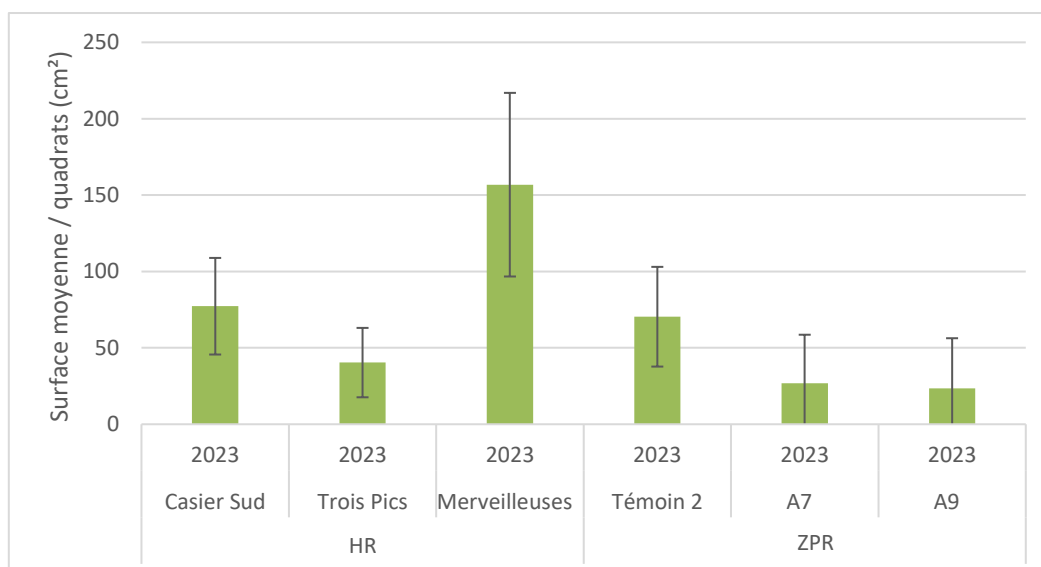


Figure 126 : Surface moyenne de recouvrement par quadrat par le blanchiment d'algues calcaires pour les 6 sites d'étude depuis 2013, au sein des transects permanents

Les algues corallines de type *Peyssonnelia sp.*, constitutives du coralligène, ont aussi été étudiées. Depuis 2013, en considérant un site historique en ZPR (Témoin 2) et un en HR (Trois Pics), le site Témoin 2 a toujours eu une surface moyenne en *Peyssonnelia* plus importante qu'au sein du site des Trois Pics. De plus, il n'y a pas d'évolution significative de la surface moyenne dans le temps, même s'il semble y avoir une tendance à l'augmentation en 2023 dans le cantonnement (ZPR) (Figure 127 ; Annexe 2).

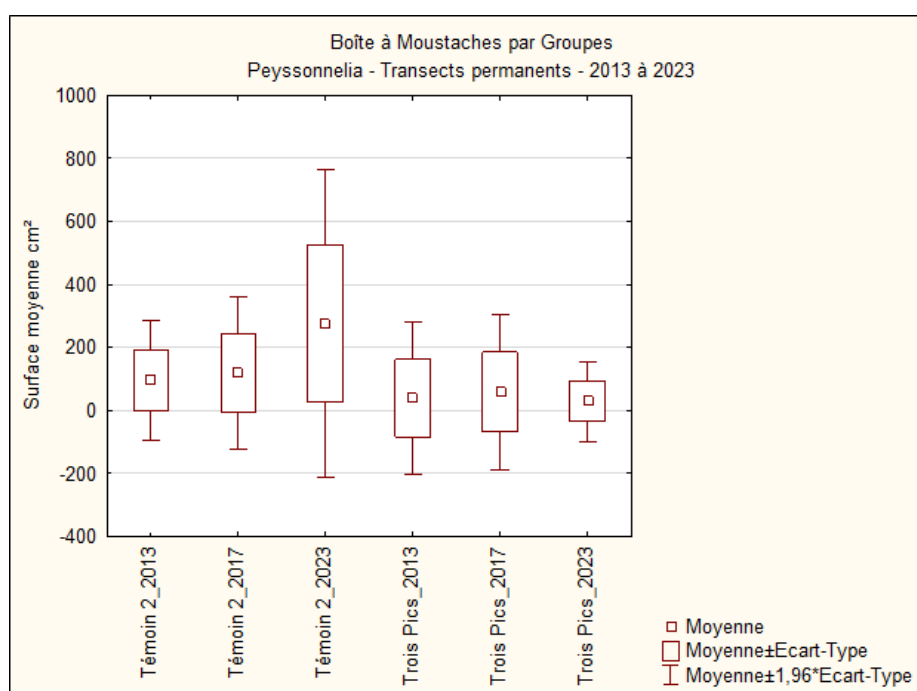


Figure 127 : Évolution des surfaces de *Peyssonnelia sp.* entre 2013 et 2023 par quadrats, sur les transects permanents des sites Témoin 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR)

Concernant la densité moyenne par quadrat, celle-ci a significativement augmenté sur le site Témoin 2, contrairement aux Trois Pics (Figure 128 ; Annexe 2). Au sein des Trois Pics, la densité est stable et globalement plus faible que sur le site Témoin 2 (Figure 128).

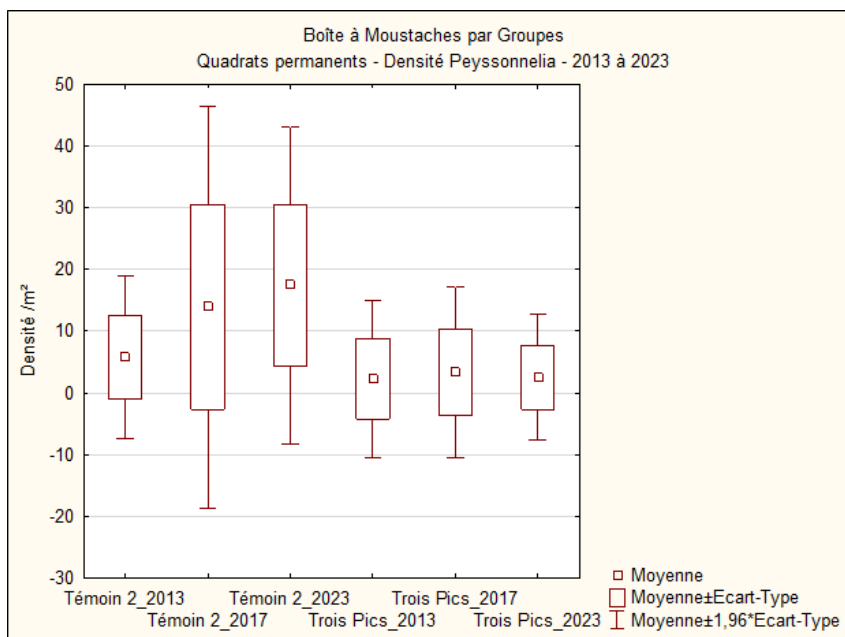


Figure 128 : Évolution de la densité en *Peyssonnelia* par quadrats entre 2013 et 2023, sur les transects permanents des sites Témoin 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR)

Les données en surface de recouvrement et en densité pour *Peyssonnelia* sp. par quadrat pour les 6 sites en 2023, ne mettent pas évidence de différence entre les sites dans et hors cantonnement (Figure 129).

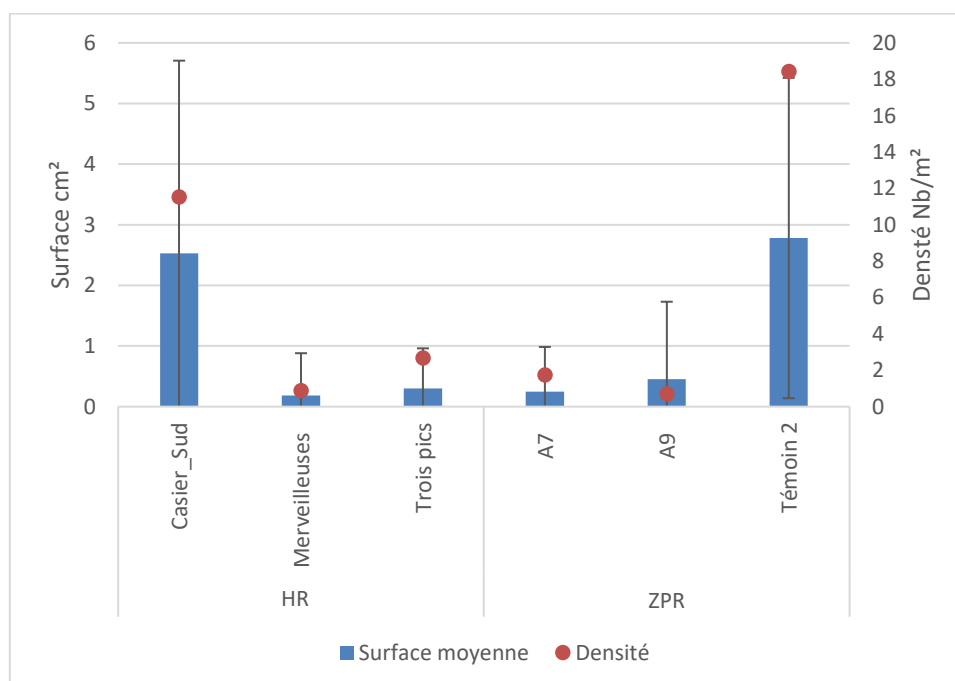


Figure 129: Surface moyenne de recouvrement et densité des *Peyssonnelia* sp. par quadrat en 2023, au sein des transects permanents

Les ascidies

Dans l'analyse des transects permanents, il a été pris en considération toutes les ascidies solitaires, coloniales et encroûtantes coloniales, mais seul *Halocynthia papillosa* a pu être identifiée avec certitude. Entre 2013 et 2023, en considérant un site historique au sein du cantonnement (Témoin 2) et un hors cantonnement (Trois Pics), il n'y a ni évolution significative de ce groupe taxonomique, ni différence entre les deux sites d'étude (Figure 130 ; Annexe 2).

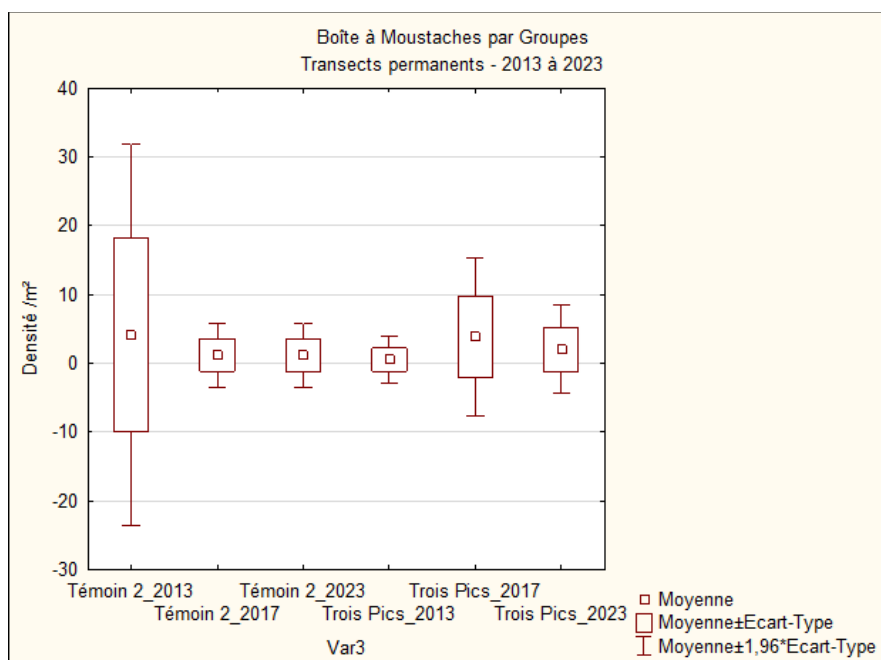


Figure 130 : Évolution de la densité en ascidies par quadrat entre 2013 et 2023, sur les transects permanents des sites Témoins 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR)

Une attention particulière a été portée sur l'espèce *Halocynthia papillosa* dans l'analyse des transects permanents et des quadrats aléatoires. Pour les deux types de suivi, il n'y a pas d'évolution significative de la densité en *H. papillosa* dans le temps et entre les sites d'étude (Figure 130 ; Figure 131 ; Annexe 2).

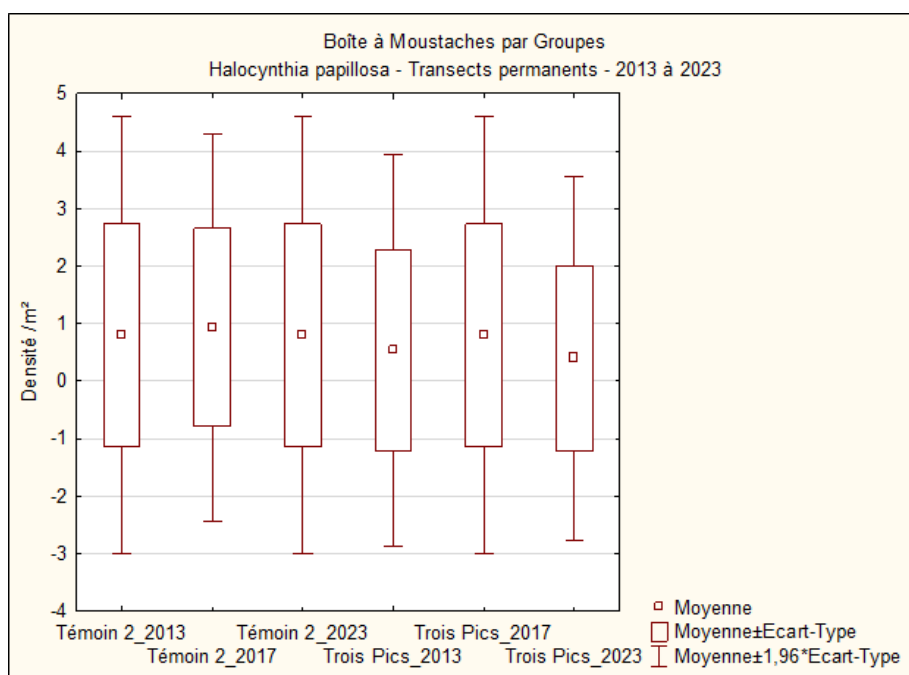


Figure 131 : Évolution de la densité *H. papillosa* par quadrats entre 2013 et 2023, sur les transects permanents des sites Témoins 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR)

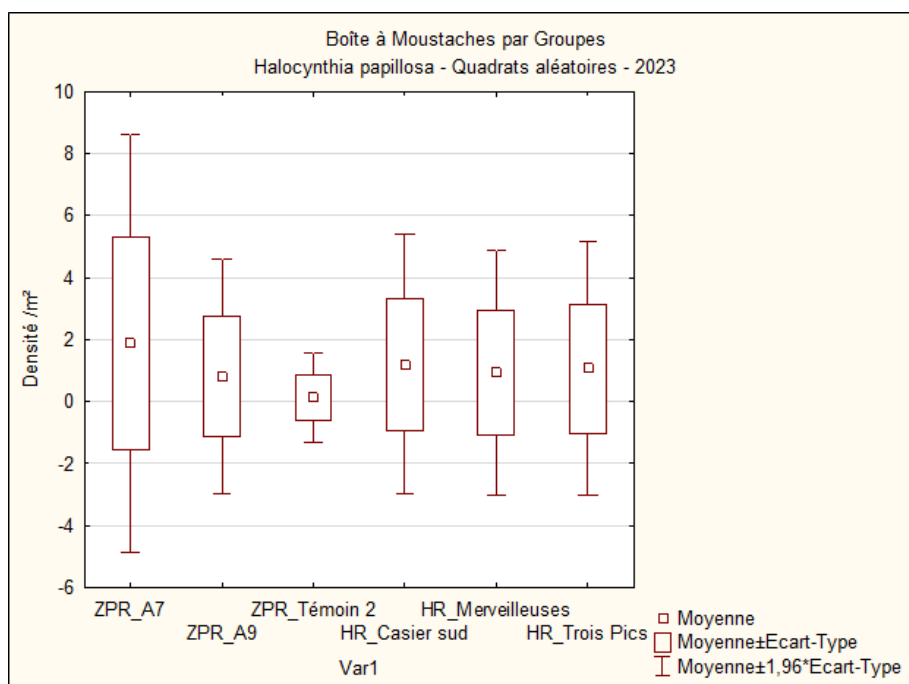


Figure 132 : Comparaison de la densité de *H. papillosa* en 2023, au sein des quadrats aléatoires

Dans l'analyse des quadrats aléatoires, la comparaison de l'exposition des ascidies *H. papillosa* aux impacts mécaniques ne montre pas de différence en 2023 (Figure 133). Les plus importantes valeurs aux expositions 5 et 6 pour le secteur HR sont principalement dues à une différence dans l'architecture de ces sites.

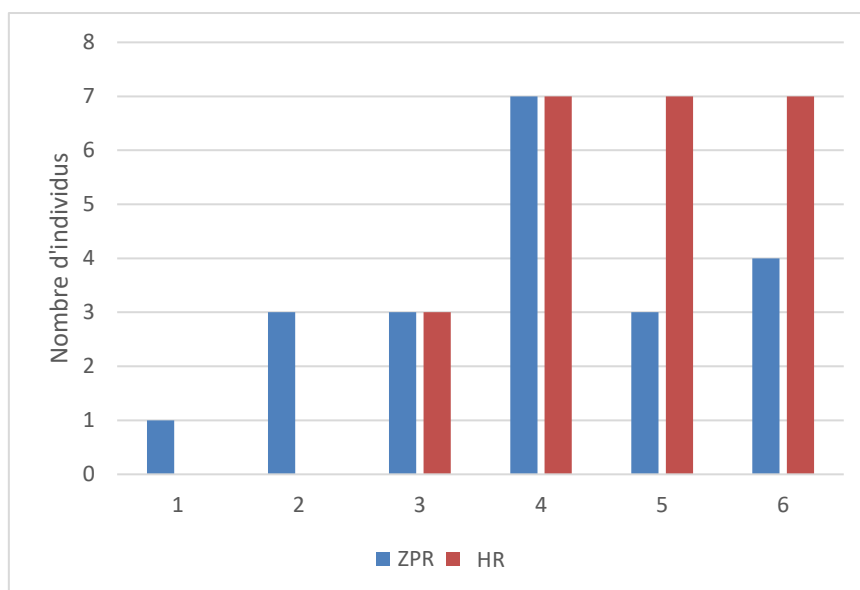


Figure 133 : Comparaison de l'exposition des ascidie *Halocynthia papillosa* entre les sites d'étude par quadrats aléatoires en 2023

En 2023, malgré une densité en *H. papillosa* qui tend à être plus importante au sein des sites du cantonnement que dans ceux en dehors, cette différence n'est pas significative (Figure 134 ; Annexe 2).

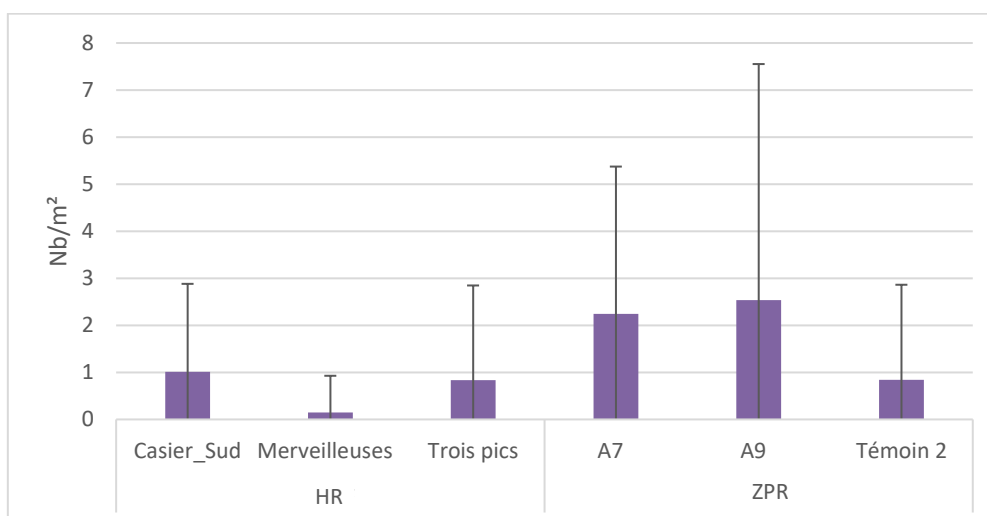


Figure 134 : Densité moyenne par m² en ascidie *Halocynthia papillosa* en 2023 sur les sites d'études dans la ZPF et hors ZPF, au sein des transects permanents

- Espèces indicatrices du processus de bio-érosion

Les spongiaires :

Les éponges perforantes du genre *Cliona* ont été recensées dans les quadrats permanents sous leurs trois formes morphologiques : alpha, bêta et gamma. Depuis 2013, l'analyse de deux sites historiques — l'un situé dans le cantonnement (Témoin 2) et l'autre à l'extérieur (Trois Pics) — met en évidence des dynamiques contrastées. Au site Témoin 2, la densité observée en 2017 est supérieure à celles de 2010 et 2013, tandis qu'au site des Trois Pics, la densité la plus

élevée correspond à l'année 2010, comparativement à 2013 et 2023 (Figure 135; Annexe 2). Pour ces deux sites, aucun profil d'évolution temporel clair ne se dégage.

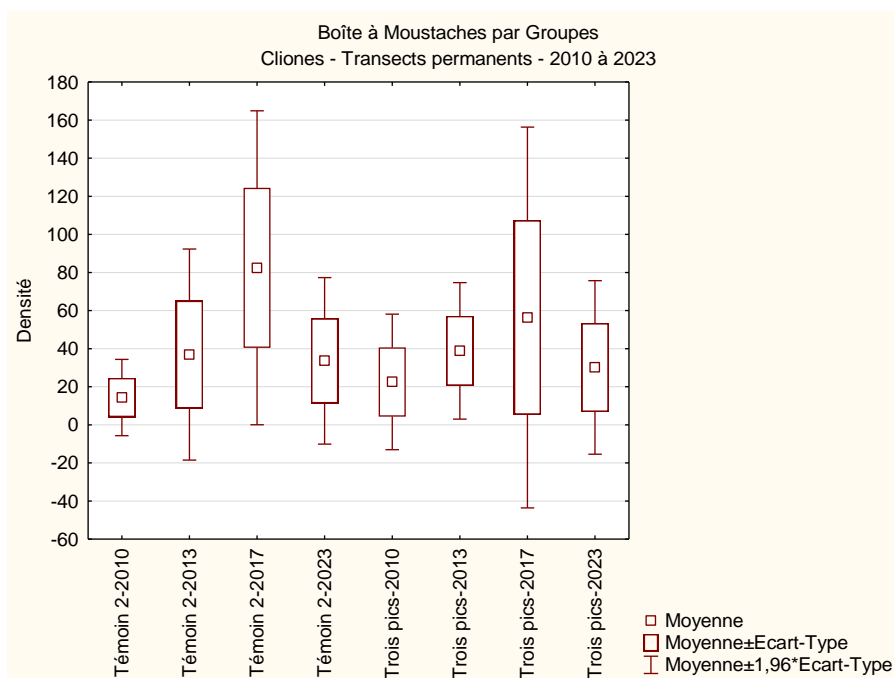


Figure 135 : Évolution de la densité par quadrats en cliones de 2010 à 2023, sur les transects permanents des sites Témoin 2 (ZPR) et Trois Pics (HR)

La surface/taille moyenne des cliones est stable sur le site Témoin 2, alors qu'elle est en légère diminution sur le site de Trois Pics entre 2010 et 2023 (Figure 136 ; Annexe 2). En 2023, la surface/taille moyenne d'une clione est plus importante au sein du site Témoin 2.

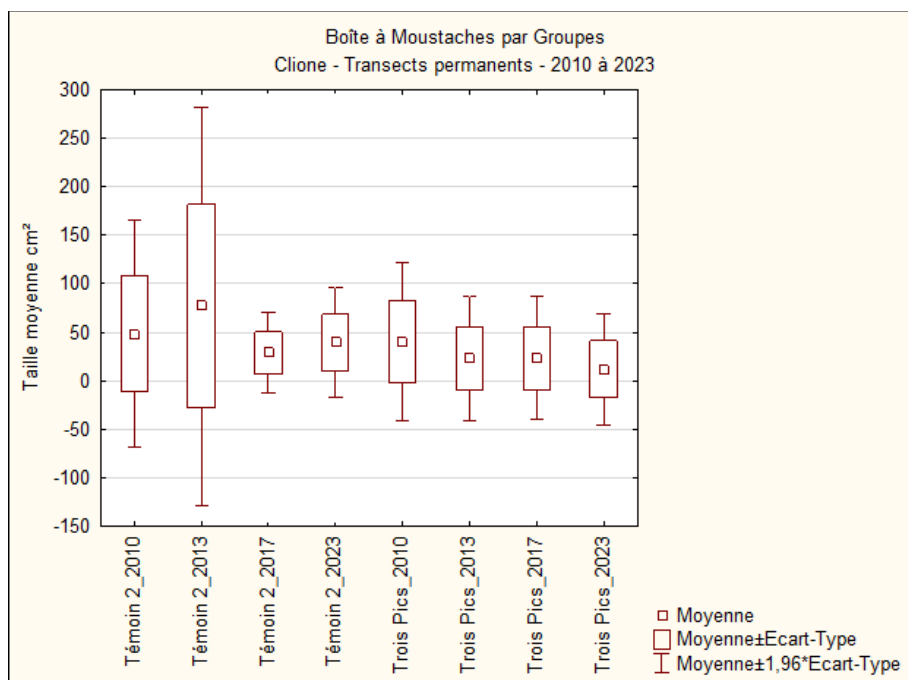


Figure 136 : Évolution des surfaces en cliones entre 2010 et 2023 par quadrats, sur les transects permanents des sites Témoin 2 (ZPR) et Trois Pics (HR)

L'analyse de la fréquence par classes de taille des clones révèle, dans le site Témoin 2, une proportion plus élevée de grands individus, tandis que sur le site des Trois Pics, le profil des amplitudes de taille demeure globalement stable au cours du temps. (Figure 137 ; Figure 138).

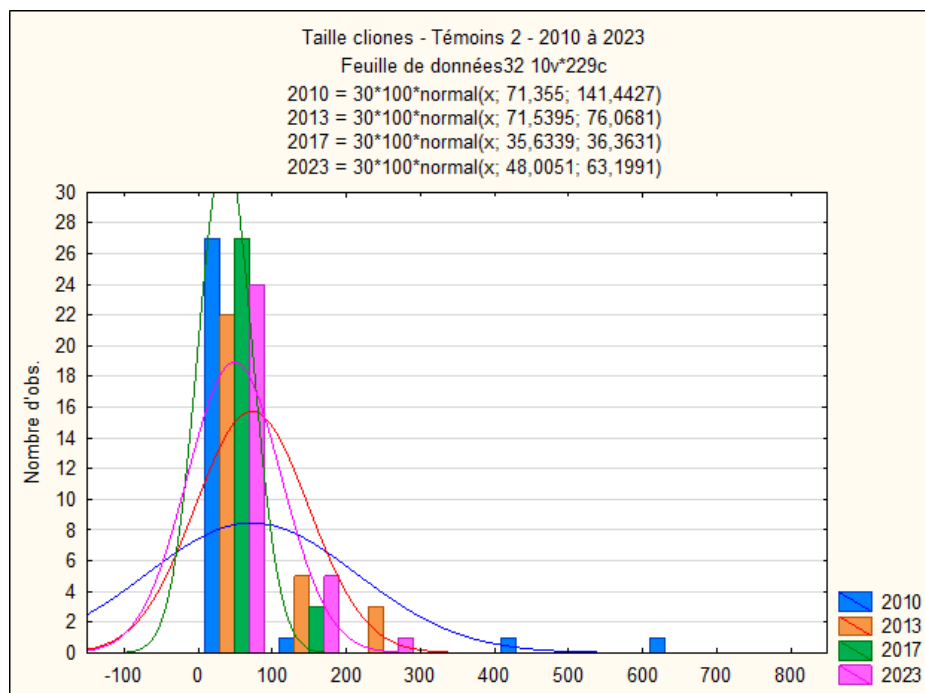


Figure 137 : Répartition de la taille des clones en fonction de la fréquence d'observation de 2010 à 2023 sur le site Témoin 2 (ZPF)

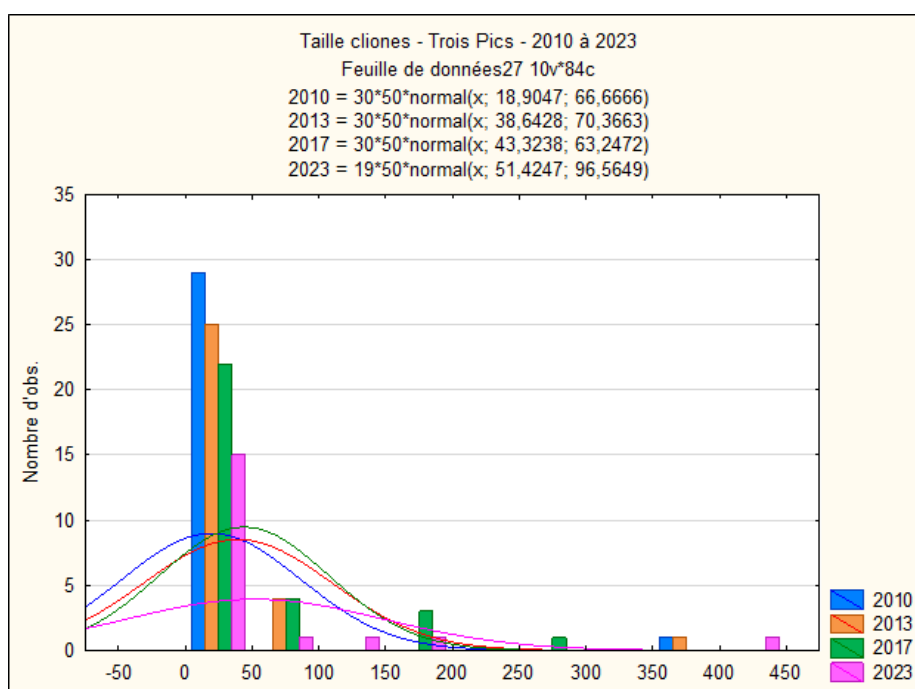


Figure 138 : Répartition de la taille des clones en fonction de la fréquence d'observation de 2010 à 2023 sur le des Trois Pics (HZPF)

En 2023, la densité en clones a été étudiée pour les 6 sites d'étude. Celle-ci est très variable entre les sites, mais sans différence entre sites dans et hors cantonnement (Figure 139).

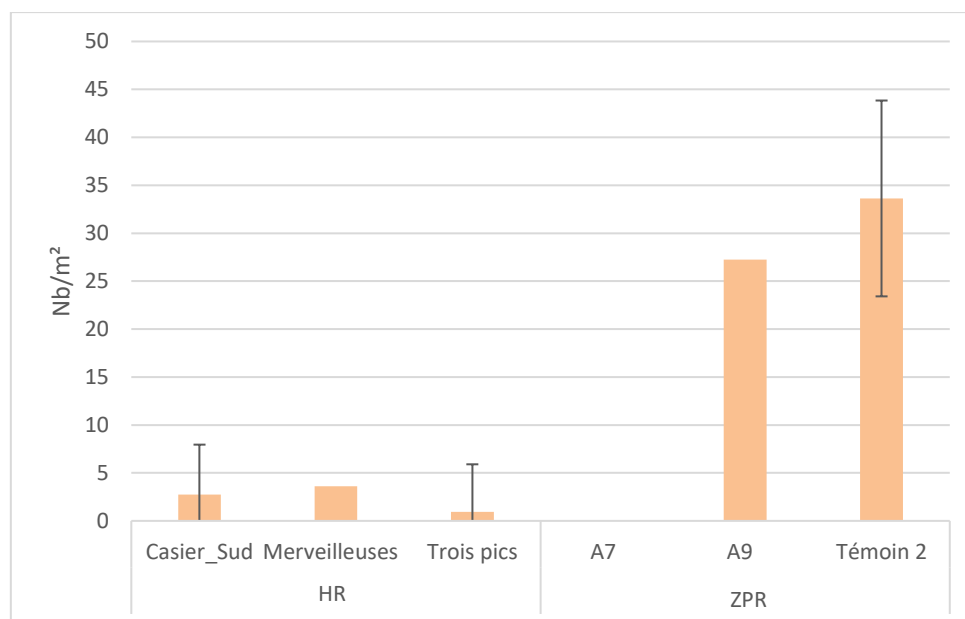


Figure 139 : Densité moyenne par m² en ascidie *Halocynthia papillosa* en 2023 sur les sites d'études dans la ZPF et hors ZPF, au sein des transects permanents

Les échinodermes

Chez les échinodermes, l'espèce ciblée dans le cadre de ce suivi est l'oursin granuleux *Sphaerechinus granularis*. Dans l'analyse des quadrats permanents, seulement 2 oursins granuleux ont été relevés en 2017 sur le site Témoin 2. Lors du suivi par quadrats aléatoires, quelques oursins granuleux ont pu être mis en évidence au cours du temps (Figure 140). Cependant, sans mettre en avant de profil d'évolution de la densité dans le temps.

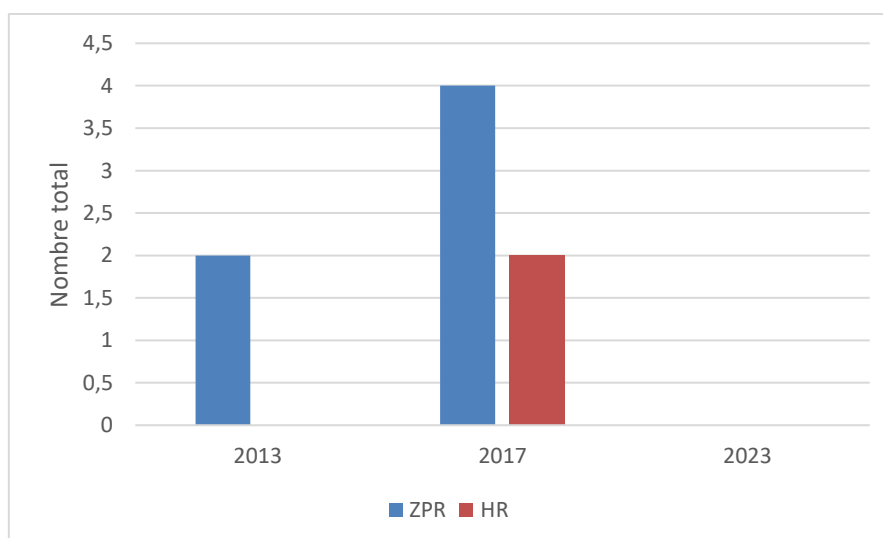


Figure 140 : Nombre d'oursins granuleux *Sphaerechinus granularis* observés lors du suivi par quadrats aléatoire de 2013 à 2023

En 2023, 1 oursin a été observé sur le Casier sud et 2 sur les Merveilleuses.

- Indice d'état de conservation du coralligène

IndexCor

L'indice IndexCor a été calculé en interne à partir des données de suivi existantes, sur les 6 sites suivis en 2023, et sur les 3 sites historiques à partir de 2013 (Tableau 42).

D'un point de vue spatial, il n'y a pas de différence entre les sites dans et hors cantonnement et d'un point de vue temporel, l'état de conservation tend à s'améliorer depuis 2013. Avec la moitié des sites classée en « Bon état » écologique et l'absence de classement en « Médiocre » ou « Mauvais », cet indicateur met en évidence des résultats positifs sur la qualité de cet habitat.

Tableau 42 : Résultats IndexCor sur les 6 sites d'étude

Index-Cor	Cantonnement (ZPR)			Hors cantonnement (HR)		
	Témoïn 2	A9	A7	Casier Sud	Trois Pics	Merveilleuses
2013	État moyen	/	/	État moyen	État moyen	/
2017	Bon état	/	/	État moyen	Très bon état	/
2023	Bon état	État moyen	État moyen	Bon état	Bon état	État moyen

EBQI

Cet indicateur ne peut pas être calculé à partir des données acquises dans le cadre du suivi mis en place par l'AMPCA depuis 2010. En effet, il n'existe pas de données ou de dires d'expert pour plusieurs compartiments, ce qui rendrait peu fiable le résultat obtenu.

Le calcul de l'EBQI a été effectué en 2022 sur 2 sites hors cantonnement en collaboration avec le GIS Posidonie (Tableau 43).

Tableau 43 : Résultats de l'indice EBQI en 2022

EBQI	HZPF	
	Casier Sud	Trois Pics
2022	Moyen	Mauvais

CAI

La mise en application de cet indicateur a été faite par la société Andromède océanologie. Depuis 2012, le site des Trois Pics (situé hors cantonnement) a fait l'objet de ce suivi (Tableau 44).

Tableau 44 : Résultats de l'indice CAI de 2012 à 2024 sur le site des Trois Pics

CAI	HZPF
	Trois Pics
2012	Moyen
2016	Moyen
2018	Moyen
2022	Moyen
2024	Très bon

3.4.1.6 Discussion

Le processus de bioconstruction est essentiellement dû aux algues corallines (Laborel, 1961 ; Laubier, 1966 ; Sartoretto, 1996 ; Hong 1980). En 2023 pour ce groupement d'algues calcaires, 50% sont recouvertes par une fine couche de sédiment ou par une couverture biologique composées d'hydrires et/ou de petites algues dressées ou gazonnantes et 3% sont blanchies suite à un phénomène de dégénérescence ou à un processus de bio-érosion.

L'analyse des surfaces de blanchiment d'algues corallines dans les quadrats permanents et aléatoires, montre une fluctuation entre les années sans évolution spécifique. Entre les deux sites historiquement suivis, les zones de blanchiment sont plus petites sur le site des 3 Pics (hors cantonnement) par rapport au site Témoin 2 (dans le cantonnement), tout en ayant une surface moyenne de blanchiment par quadrat similaire.

Bien que non coralline, car leur contenu carbonaté est plus faible, les Peyssonéiacées participent aussi à l'édification du bioconcrétionnement coralligène et au colmatage des sédiments et divers débris (Hong, 1980 ; Ballesteros et al., 2003). Leur détermination lors de l'analyse des quadrats photos s'est arrêtée au genre en raison de la complexité d'identification des critères anatomiques. Les résultats au niveau des quadrats permanents révèlent qu'il y a toujours eu plus de Peyssonelia, avec des thalles plus grands sur le site Témoin 2 (dans le cantonnement) que sur le site des 3 Pics (hors cantonnement). Cependant, si le site des 3 Pics reste stable dans le temps, la densité au sein du Témoin 2 augmente significativement tandis que la taille de ses thalles tend aussi à augmenter.

Les animaux participent aussi à l'édification du coralligène (Hong, 1980). Hong en 1980 a distingué 3 groupes de constructeurs animaux, à savoir ceux contribuant directement au concrétionnement, ceux à concrétionnement réduit et ceux qui agglomèrent. Le bryzoaire *M. truncata* est d'ailleurs considéré comme un constructeur actif au sein du premier groupe (Hong, 1980). Depuis les premiers suivis, 5 espèces de Bryozoaires dressés ont été observées sans montrer d'effet de la mise en place du cantonnement ou d'évolution dans le temps. *M. truncata* et *P. fascialis* sont les plus représentés. D'autres observations occasionnelles ont été faites sur les colonies de bryozoaires dressés, sans possibilité d'identification.

Depuis 2010, les deux sites étudiés qui sont situés hors cantonnement ont suivi des évolutions différentes. Ainsi le site du Casier Sud met en évidence une nette augmentation de la densité en bryozoaires dans le temps, tandis que le site des Trois Pics révèle une faible augmentation depuis 2010. Cette différence peut être due à une nette diminution de la fréquentation du site du Casier Sud par la plongée sous-marine depuis le début de ce suivi. Une nette augmentation est aussi mise en évidence sur le site Témoin 2 (dans le cantonnement), permettant d'observer les premiers effets de la protection de ce secteur. Pour l'ensemble des sites suivis en 2023, 2 des sites sélectionnés comme référence au sein du cantonnement (A7 & A9), révèlent de faibles densités et richesses spécifiques en bryozoaires dressés. Ces observations peuvent être dues à la forte présence de congères au sein de ces sites, qui se frottent ou cognent contre les parois de coralligène. Néanmoins, seuls les prochains suivis permettront d'apprécier l'évolution de la densité de ces sites.

M. truncata est l'espèce la plus abondante. Elle représente entre 70% et 100% des bryozoaires dressés pour l'étude des transects permanents et entre 92% et 94% pour les quadrats aléatoires, sans différence entre les sites dans les secteurs au sein et hors cantonnement. L'analyse temporelle et comparative entre ces secteurs ne montre pas de différence dans les tailles moyennes des colonies. Cependant, les classes de taille observées sur les 3 sites au sein du cantonnement lors du suivi 2023 révèlent des classes de taille plus grandes.

Ces résultats, après seulement 3 années de protection, semblent mettre en avant une tendance à l'augmentation de la densité et de la taille des colonies de bryozoaires dressés dans le cantonnement. Cette tendance positive suite à l'arrêt des impacts mécaniques liés à des activités humaines sera à suivre lors du prochain suivi.

Les processus de bio-érosion du coralligène sont liés à des espèces animales de type érôdeur, brouteur, micro et macro perforateur (Ballesteros et al., 2003).

L'oursin granuleux *Sphaerechinus granularis* est le principal brouteur des algues corallines sur le coralligène (Sartoretto & Francour, 1997). Pour cette espèce mobile, peu observée lors des

prospections, aucun profil d'évolution et de localisation n'a été relevé. Les densités observées en 2017 et 2023 sont inférieures à 1 individu pour 25 m². Ces valeurs sont du même ordre que celles observées sur les sites de Béar et de Cerbère lors du suivi IndexCor de 2018, et un peu inférieures par rapport aux trois autres sites de la Réserve Naturelle Nationale de Cerbère-Banyuls (Sartoretto, 2019). Ces densités sont cependant nettement inférieures à celles mises en évidence par Sartoretto et Francour en 1997 sur Marseille, où les densités étaient en moyenne de 8,7 individus pour 25 m². D'après l'Ecosystem Based Quality Index (EBQI) mis en place sur le coralligène pour répondre aux besoins de la Directive cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM), avec les valeurs de densité sur Agde, le paramètre *S. granularis* est considéré comme très bon. L'oursin melon *Echinus melon* et l'oursin violet *Paracentrotus lividus* sont aussi considérés comme des bio-érodeurs du coralligène (Sartoretto & Francour, 1997 ; Ballesteros et al., 2003) mais non inventoriés sur les sites d'Agde. En 2023, un oursin diadème a été observé sur le site des Merveilleuses. Cet oursin rare n'est cependant pas considéré comme un bio-érodeur du coralligène.

Le processus de bio-érosion est aussi causé par des érodeurs, dont les éponges perforantes *Cliona viridis* et *Cliona celata* qui sont considérées comme les principaux éléments destructeurs du coralligène (Hong 1980 ; Uriz et al., 1992a et b ; Ballesteros et al., 2003). Dans le cadre de ce suivi, ces deux espèces de cliones ont été étudiées sans distinction via les transects permanents. Au sien de ces sites, il n'y a pas de différence dans la taille moyenne de ces cliones par quadrat dans et hors cantonnement. Le long de ces transects, des densités importantes ont pu être relevées. D'après la bibliographie sur l'état de conservation du coralligène, ces fortes densités de Cliones pourraient créer un déséquilibre en dominant les communautés de bio-constructeurs (Astruch et al., 2025). Cependant, contrairement aux secteurs aux eaux oligotrophes, l'abondance en éponges et en cliones est naturellement plus importante dans des eaux riches en matières organiques, sous l'influence des fleuves (Hong, 1983 ; Cerraro et al., 2001, Astruch et al., 2025).

Comme toutes les espèces sessiles, les cliones sont sensibles aux modifications environnementales. Ainsi en 2014, un événement de mortalité massive de cliones a été mis en évidence sur Agde (Foulquié et al., 2018). Lors de cet événement, sur le site des Trois Pics et le site Témoin 2, 61% des cliones étaient mortes et 19% étaient partiellement nécrosées. Sans pouvoir être clairement identifié, le stress causé par de fortes températures enregistrées pendant l'été 2014 semble être le facteur de déclenchement (Foulquié et al., 2018). Puis à l'inverse, lors du suivi de 2017, en parallèle des traces de cliones mortes, de nouvelles recrues ont été observées (Foulquié et al., 2018). Chez les spongiaires, en dehors des espèces foreuses, d'autres espèces non destructrices mais constitutives des peuplements du coralligène ont aussi été observées telles que *Aplysina cavernicola*, *Chondrosia réniformis* ou encore *Phorba tenacior*.

En parallèle, un bilan des différents indices de l'état de conservation du coralligène existants a été fait pour le coralligène de l'AMPCA. Ainsi, depuis 2012, trois différents indices ont été utilisés pour mesurer l'état du coralligène sur Agde, et suivre son évolution. Deux de ces indicateurs ont été effectués sur une temporalité et sur des sites différents. Alors que le troisième a pu être mis en application par l'AMPCA, à partir des données de suivi existantes pour la quasi-totalité des sites et suivis. Il en ressort des résultats très différents et difficilement interprétables, allant d'un « Très bon état » à un « Mauvais état » pour un même site. Cela met en évidence la difficulté de statuer sur l'état de référence à partir de ces indices. Cependant, ce qui est important de mettre en avant c'est l'évolution dans le temps. Car si ces indices ne sont pas en accord sur le statut de qualité, ils mettent en avant une évolution positive dans le temps, pour tous les sites bénéficiant d'un historique de suivis.

Ce suivi de l'état de la vitalité d'un habitat- dont la croissance est très lente et basée sur des processus de concrétion et d'érosion- est très complexe. Comme l'a mentionné Hong en 1980 « Il doit s'établir un équilibre surtout entre la construction et la destruction pour assurer le maintien du concrétionnement ».

Suite à trois années de protection par le cantonnement de pêche, des tendances positives sur la vitalité des sites notamment sur les bioconstructeurs tel que les bryozoaires au sein du cantonnement semblent ressortir, même si la restauration de l'habitat coralligène nécessitera du temps.

Après seulement 3 années de protection d'un habitat à croissance très lente :

- Pas d'augmentation du blanchiment des corallines dans le temps (cantonnement comme hors cantonnement)
- Augmentation de la densité des algues *Peyssonnelia* dans le cantonnement, ainsi qu'une tendance à l'augmentation de la taille des thalles.
- Tendance à l'augmentation de la taille des colonies de bryozoaires dressés dans le cantonnement.
- Densité en clones importante mais stable. Forte densité naturellement importante dans un secteur riche en matières organiques sous l'influence de fleuves.
- Densité en oursins granuleux très faible sur tous les sites.
- Évolution positive de l'état de conservation du coralligène pour les deux index bénéficiant d'un suivi temporel.

3.4.2 Suivi acoustique

Les objectifs du suivi par acoustique passive du cantonnement marine et d'un site de référence hors cantonnement sont d'évaluer et de comparer :

- La présence et l'évolution temporelle de la biophonie émise par les poissons, les invertébrés marins et les odontocètes ;
- La présence et l'évolution temporelle de la pollution acoustique créée par les passages de bateaux.

L'année et demie de mesure acoustique réalisée entre le 27/08/2021 et le 26/01/2023 dans le cantonnement marine de l'AMP de la côte agathoise a permis de démontrer que l'acoustique passive est une solution opérationnelle de suivi dans le contexte de l'étude des effets d'un cantonnement marine, car :

- L'instrumentation est facilement déployable ;
- Les analyses fournissent des scores acoustiques quantitatifs dans un format adapté au diagnostic et à la prise de décision pour des gestionnaires non spécialistes de l'acoustique.

3.4.2.1 Matériels et méthode

Les sites de déploiement des capteurs acoustiques dans le cantonnement (ZPR) et en dehors du cantonnement (HR) à proximité d'un site à coralligène sont illustrés en Figure 141.

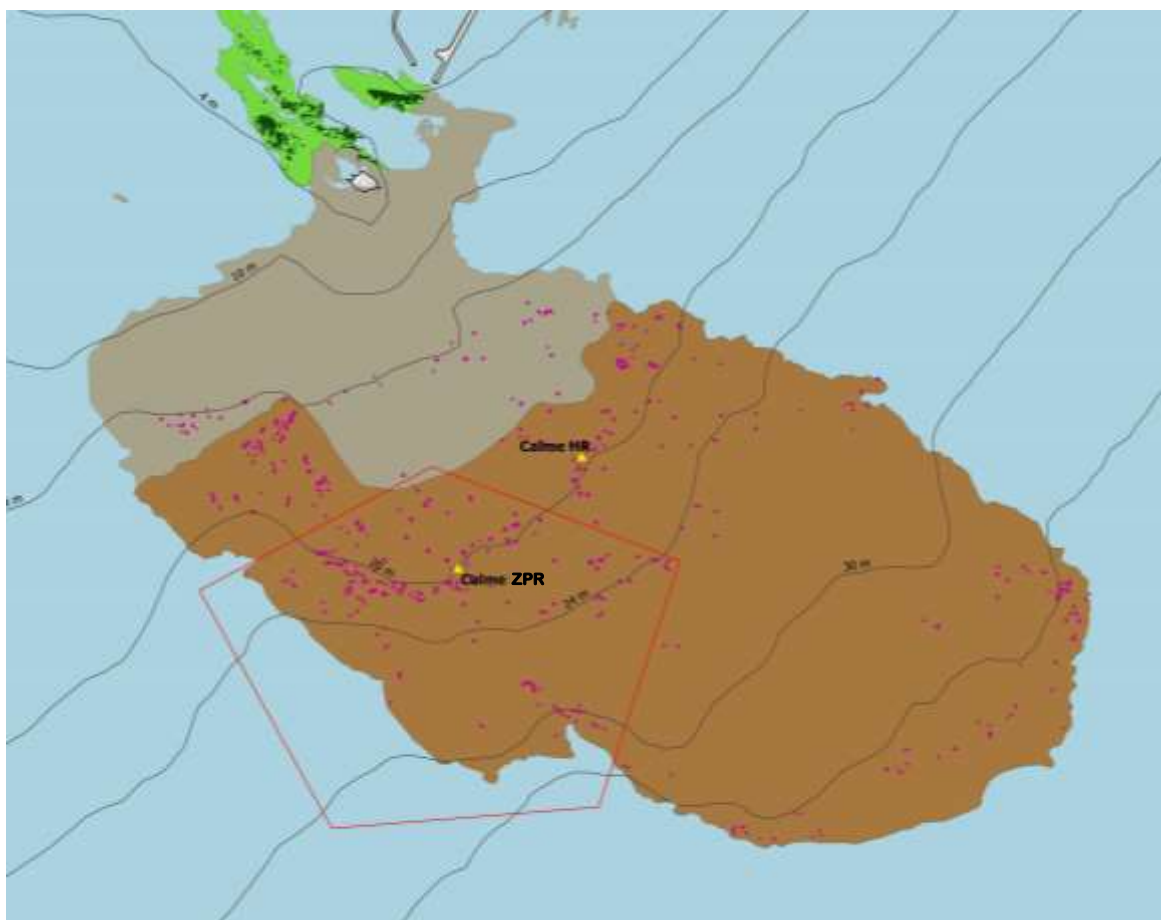


Figure 141 : Localisation des capteurs acoustiques. "Calme ZPR" étant le capteur situé à l'intérieur du cantonnement et "Calme HR" étant le capteur situé à l'extérieur du cantonnement

2 enregistreurs acoustiques et 2 hydrophones ont été utilisés pour la campagne de mesure. Les enregistreurs utilisés sont des RESEA SYLENCE à 1 voie (<https://rtsys.eu/fr/acoustic-recorders>) et les hydrophones utilisés sont des COLMAR GP1516 (<https://www.colmaritalia.it/product-services/underwater-acoustic-systems/hydrophone-gp1516/>). Les détails sur le matériel utilisé sont donnés dans le Tableau 45.

Tableau 45 : Caractéristiques des instruments acoustiques déployés en 2021

Numéro de série de l'enregistreur	Gain de l'enregistreur	Fréquence d'échantillonnage	Type d'hydrophone	SH (dB re 1V/ μ Pa)
2001001 RESEA 1 voie	0	78kHz	COLMAR GP 1280	-169
2001002 RESEA 1 voie	0	78 kHz	COLMAR GP 1280	-169

Les instruments acoustiques ont été fixés à un support en métal pyramidal lesté avec des plots en béton (Figure 142). Les enregistreurs ont été programmés pour enregistrer sur un cycle de 40min par heure afin d'augmenter l'autonomie de l'enregistreur.

Les caractéristiques de l'instrumentation placent la chaîne de mesure utilisée dans la gamme haute des solutions de mesure utilisées en acoustique passive. Elle génère un bruit propre faible (niveau de bruit inférieur à 10 dB du niveau de bruit de mer minimal renseigné par le modèle de Wenz (Wenz, 1962)). Elle couvre une grande gamme de fréquences (5 Hz à 32 kHz) sur une dynamique de 24 bits, en outre la chaîne est totalement calibrée en termes de niveau mesuré. Par ses caractéristiques « haut de gamme », l'instrumentation est parfaitement adaptée à la captation des sons émis par les poissons, les invertébrés marins, les cétacés et les sons anthropiques.

L'enregistreur est autonome en énergie et son fonctionnement est automatique.



Figure 142 : Photo du déploiement et fixation de l'enregistreur autonome.

3.4.2.2 Résultats : résumé synthétique

La biophonie captée par l'hydrophone dans le cantonnement et en dehors du cantonnement est nombreuse :

	Cantonnement	Hors cantonnement
Biophonie des invertébrés benthiques : nombre d'impulsions par seconde	21,9±3,0 imp/s en moyenne la nuit	23,7±3,5 imp/s en moyenne la nuit
Biophonie des invertébrés benthiques : Niveau sonore ambiant du chorus benthique	101,5±1,3 dB re 1µPa	106,4±1,3 dB re 1µPa
Biophonie des corbs	315±601 vocalises de corb par nuit	146±364 vocalises de corb par nuit
Biophonie des mérours	129±72 vocalises de mérour par nuit	120±74 vocalises de mérour par nuit
Biophonie de la signature « série d'impulsions »	11±11 vocalises par nuit	15±14 vocalises par nuit
Biophonie des autres types de sons de poissons	28,3±27,4 vocalises par nuit	19,4±16,5 vocalises par nuit
Biophonie des odontocètes	Présence acoustique 30% des jours avec au moins une vocalise par jour	Présence acoustique 34% des jours avec au moins une vocalise par jour

- Biophonie des invertébrés benthiques

Le score écoacoustique benthique dépend par ordre d'importance :

- 1) de l'heure dans la journée de 24h (jour/nuit) de manière significative : il y a plus d'impulsions la nuit que la journée et en particulier au coucher et au lever du soleil ;
- 2) de la température de l'eau ;
- 3) du site : les scores du niveau sonore du chorus benthique et le nombre d'impulsions par seconde sont plus élevés en dehors du cantonnement . Cette différence est significative pour les deux indicateurs, elle peut être due à de nombreux facteurs, en particulier la topographie locale du site.

- Biophonie des poissons

Les sites présentent les deux types de vocalises de poissons connus :

- 1- Globalement les sites du cantonnement et hors cantonnement sont des zones de reproduction du corb. Le cantonnement comptabilise plus de vocalises de corbs que le site en dehors du cantonnement (différence significative) ;
- 2- Les sites du cantonnement et hors cantonnement sont aussi des zones de reproduction pour les mérours (mérour brun *Epinephelus marginatus*). Les deux sites comptabilisent un même nombre de vocalises avec une légère supériorité dans le cantonnement non significative.

Il a été par ailleurs observé sur les deux sites une signature sonore particulière qui a été appelée « série d'impulsions » attribuable à des poissons mais dont l'espèce émettrice est inconnue. Cette signature est présente toutes les nuits sur les deux sites.

4 indicateurs ont été utilisés pour évaluer la biophonie des poissons :

- L'abondance des émissions de corbs,
- L'abondance des émissions des mérours,
- L'abondance des vocalises « série d'impulsions »
- L'abondance des autres vocalises de poissons.

- Biophonie des odontocètes

Les sites d'écoute présentent 3 types de vocalises d'odontocètes :

- 1) Des signaux d'interactions sociales, communément appelés « sifflements » ;
- 2) Des clics d'écholocalisation liés à l'orientation dans l'espace ;
- 3) Des clics d'écholocalisation liés à la chasse de proies.

Les cétacés sont présents sur le site du cantonnement au moins une fois par jour pour 30 % des jours écoutés et sur le site en dehors du cantonnement pour 34% des jours écoutés. Sur la période étudiée, les clics sont principalement émis la nuit (74% du temps de détection dans le cantonnement et 77% en dehors du cantonnement). 94% de clics sont liés à de l'écholocalisation montrant que le site est une aire de transit pour les cétacés. Les clics de cétacés sont très souvent accompagnés de sifflements démontrant la réalisation d'activité de socialisation dans les zones d'études et/ou de transit en groupe coordonné. Il n'y a pas de différence significative entre les deux sites concernant la biophonie des odontocètes.

- Anthropophonie

Le nombre moyen de passages de bateaux par jour dans le cantonnement marine de l'AMP de la côte agathoise est inférieur (94 ± 50 passages de bateaux par jour) à celui en dehors du cantonnement (116 ± 72 passages de bateaux par jour).

Le nombre de passages de bateaux dépend (par ordre d'importance) :

1. de l'heure dans la journée de 24h (jour/nuit) ; il y a significativement plus de passages de bateaux la journée que la nuit ;
2. du vent. Le nombre de passages de bateaux diminue significativement quand le vent est supérieur à 15 nds ;
3. de la position de mesure. Il y a significativement plus de passages de bateaux en dehors du cantonnement que dans le cantonnement ;
4. Des vacances scolaires. En dehors du cantonnement, il y a significativement plus de passages de bateaux pendant la période des vacances scolaires.

Les niveaux sonores moyens enregistrés dans la bande DCSMM tiers d'octave 63Hz, dans la bande de communication des poissons et dans la bande de communication des cétacés sont significativement supérieurs en dehors du cantonnement que dans le cantonnement, avec une différence moyenne de 3,7 dB entre les deux sites.

Résumé des dépendances des indicateurs de la biophonie

	Indicateur « meilleur » dans le cantonnement
INVERTÉBRÉS BENTHIQUES Indicateur 1 : Nombre d'impulsions benthiques/seconde	Non
INVERTÉBRÉS BENTHIQUES Indicateur 2 : ANL, chorus des impulsions benthiques	Non
POISSONS Indicateur 1 : Nombre de vocalises de corbs	Oui
POISSONS Indicateur 2 : Nombre de vocalises de mérours	Oui
POISSONS Indicateur 3 : Nombre de vocalises de type « série d'impulsions »	Non
POISSONS Indicateur 4 : Nombre de vocalises de type « autre »	Oui
DAUPHINS Indicateur 1 : Nombre de clics d'orientation	Non
DAUPHINS Indicateur 2 : Nombre de clics de chasse	Non
DAUPHINS Indicateur 3 : Nombre de sifflements	Non

3.4.2.3 Conclusion

Un véritable effet du cantonnement sur la biophonie des poissons a été constaté. Sur 4 indicateurs poissons étudiés, trois d'entre eux ont un meilleur score dans le cantonnement qu'en dehors. La création du cantonnement semble déjà porter ses fruits sur ce plan. Il n'a pas été observé d'effet du cantonnement pour la biophonie des invertébrés benthiques.

4 Critères économiques

4.1 Evaluation des captures pour les pêcheurs professionnels entre 2007 et 2024

4.1.1 Objectifs

L'évaluation des débarquements de pêche a pour principal objectif d'évaluer l'influence du cantonnement de pêche près de cinq ans après sa mise en place, tant sur les ressources halieutiques que sur l'activité des pêcheurs locaux. Cette étude visait d'abord à analyser l'évolution des débarquements des « petits métiers » de la prud'homie d'Agde en termes de biomasse, de captures par unité d'effort (CPUE) et de tailles des espèces. L'enjeu était de vérifier si la mise en Cantonnement partielle du site produisait déjà des effets mesurables, tels qu'une augmentation de l'abondance ou de la taille des espèces ciblées, indicateurs d'un effet Cantonnement. Parallèlement, l'étude cherchait à évaluer les changements dans la répartition spatiale de l'effort de pêche autour du cantonnement, afin de comprendre comment les pêcheurs s'adaptent aux restrictions. Enfin, un volet essentiel concernait la perception des pêcheurs : il s'agissait de recueillir leurs observations empiriques sur l'évolution des captures, leur appréciation du cantonnement et leur position vis-à-vis de son renouvellement. L'ensemble de ces analyses devait fournir des éléments scientifiques et socio-économiques solides pour appuyer la décision de prolonger, d'adapter ou d'élargir ce dispositif de gestion halieutique.

4.1.2 Matériel et méthodes

4.1.2.1 Acquisition des données

Cette étude compile 4 années de suivi du débarquement : 2007-2010-2019-2024

L'acquisition des données s'est faite à travers des enquêtes directement auprès des pêcheurs lors des débarquements, sur deux ports : celui du Cap d'Agde et celui du Grau du d'Agde.

Lors des enquêtes, les données récoltées ont été renseignées sur une fiche terrain composée d'une partie tableaux à compléter et d'une partie carte marine de la zone d'étude quadrillée en 500x500 mètres. Ces données sont de différentes natures :

- Données sur l'opération de pêche : nom du bateau, date de la calée, profondeur de la calée et position de l'engin (indiquée sur une carte de la zone par le pêcheur).
- Données sur le métier : type d'engin utilisé, espèces ciblées, maille du filet.
- Données sur l'effort de pêche : longueur et hauteur des filets, nombre de pots, de nasses, de casiers ou d'hameçons pour les autres engins, temps de calée.
- Données sur le débarquement : identification des espèces et prix, nombre d'individus par espèce, taille et poids (mesuré ou estimé) des individus.

Pour chaque opération de pêche (c'est-à-dire un filet utilisé par un bateau pour un jour donné), l'ensemble des débarquements a été étudié. Une identification jusqu'à l'espèce a été faite pour chaque individu. En cas de doute sur l'espèce, des photographies de l'individu, sous différents plans, ont été prises pour permettre son identification par la suite à l'aide du livre de référence : Guide d'identification des poissons marins en Europe et Méditerranée de Patrick Louisy- édition de 2015 et des fiches pratiques d'aide à l'identification des espèces marines de Méditerranée occidentale de Muisa Metral et Blandine Brisset (2011).

Lorsque cela a été possible, les individus pêchés ont été mesurés à l'aide d'une règle graduée au millimètre (Figure 143). C'est la longueur totale (LT) des individus qui a été mesurée, sauf

pour les crustacés et les céphalopodes pour lesquels, respectivement la longueur céphalothoracique (LC) et la longueur du manteau (LM) ont été prises. Le poids a été obtenu grâce à une balance électronique autonome appartenant au pêcheur interrogé. Toutes les balances ont un niveau de précision allant jusqu'au millième. Quand il n'a pas été possible d'avoir le poids d'un ou de l'ensemble des individus, seule la taille a été prise. Le poids a été ensuite obtenu par des relations taille-poids, avec si possible des indices locaux obtenus lors des précédents suivis des débarquements. En l'absence d'accès direct aux individus, une estimation de la biomasse, et parfois de la taille, par espèce a été donnée par le pêcheur.

Afin de différencier ces différentes prises d'informations, une échelle de confiance a été définie. Cette échelle comporte 5 appréciations :

- L'appréciation 1 correspond à des mesures précises prises par l'observateur.
- L'appréciation 2 correspond aux poids obtenus avec une relation taille-poids.
- L'appréciation 3 correspond aux poids lorsqu'ils étaient estimés par le pêcheur.
- L'appréciation 4 correspond aux poids estimés par le pêcheur après la vente en directe.
- L'appréciation 5 correspond aux poids estimés par le pêcheur avant démaillage complet du filet.

A posteriori les données concernant la météo ont été recueillies. Pour chaque jour de pêche, la force du vent maximum (hors rafales) et la direction du vent ont été relevées sur le site web Windguru. Grâce à l'outil MARC (Modélisation et Analyse pour la Recherche Côtière) (IFREMER), la houle et la turbidité ont aussi été relevées.



Figure 143 : Mesure d'un individu, avec une règle de 30 cm

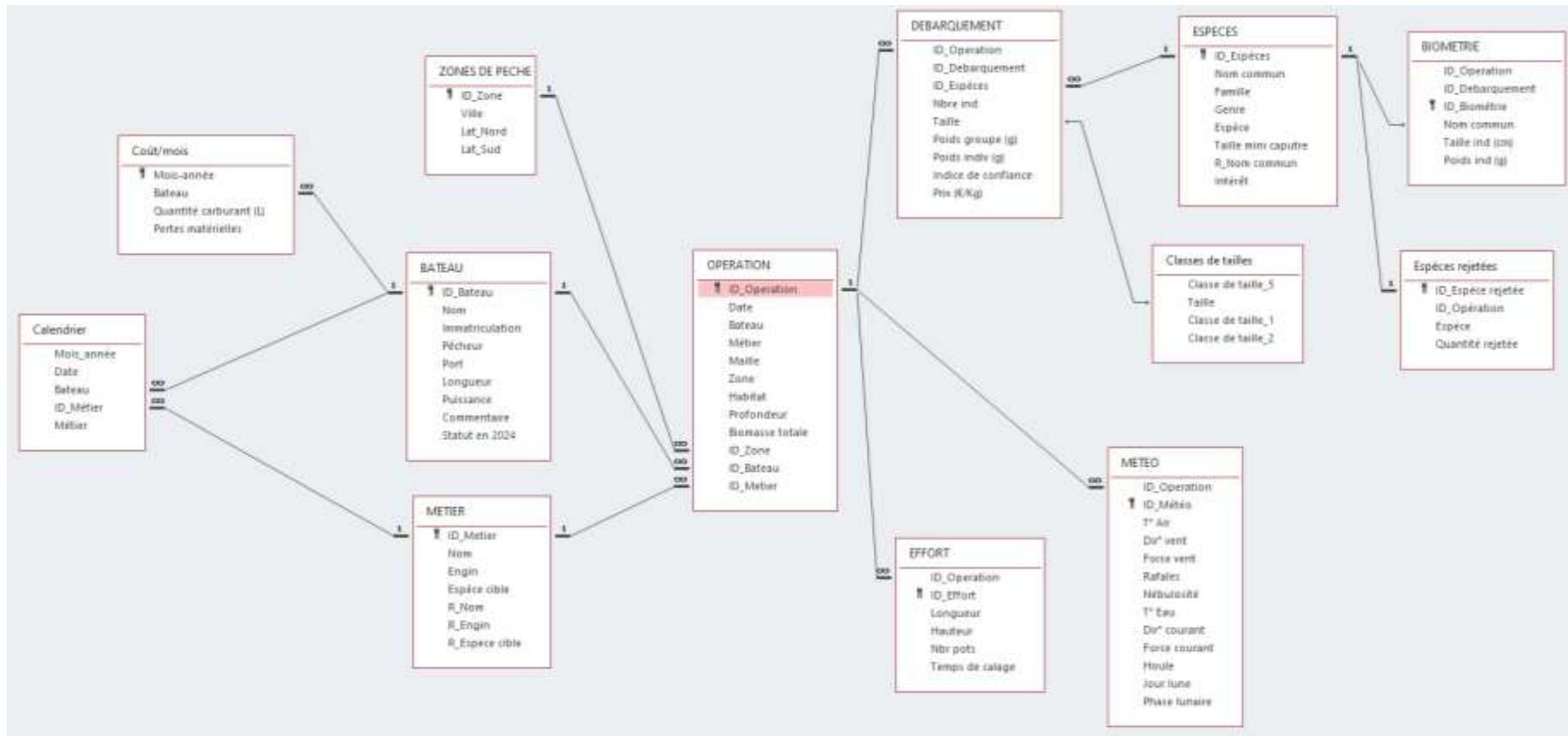


Figure 144 : Relations régissant les interactions entre les différentes tables de la base de données Access utilisée lors du suivi.

4.1.2.2 Base de données

La base de données contient 11 tables, s'articulant autour de la table principale : la table « Opération » (Figure 144). Lors de la saisie des données, un seul formulaire est à remplir. Ce formulaire contient des sous-formulaires permettant de renseigner les informations sur l'opération de pêche, le métier pratiqué, l'effort de pêche, la météo, et pour finir sur les débarquements. Des requêtes ont ensuite été construites pour calculer : la richesse spécifique par opération de pêche, la biomasse totale de chaque opération, ainsi que la biomasse par espèce et par opération.

Une table a aussi été créée pour compléter les informations sur l'activité pour les jours où l'échantillonnage n'a pas été possible. Cette table « Calendrier », permet de retracer la proportion des métiers pratiqués sur le mois. Malheureusement, il n'a pas été possible de recueillir ce type de données. En effet, il est apparu difficile pour les pêcheurs de se souvenir des métiers et des zones pratiquées durant le mois. Toutefois, la table a été conservée pour les prochains suivis.

4.1.2.3 Analyse des données

L'analyse de données s'est faite sous deux logiciels. La création des cartes s'est réalisée sous le logiciel © Qgis (QGIS Development Team, 2018) alors que les traitements statistiques et les graphiques se sont faits sous le logiciel © R (R version 3.6.1 (2019-07-05)).

Le traitement des données s'est fait en trois étapes :

- L'analyse générale de l'activité de pêche de l'échantillonnage,
- Une analyse spatio-temporelle pour les années 2007, 2010, 2019 et 2024.
- Un focus sur l'activité de pêche au sein du cantonnement et des zones tampons potentielles.

4.1.2.4 Variables analysées

- L'effort de pêche

L'effort de pêche correspond à l'ensemble des moyens de captures mis en place par un pêcheur pendant une période donnée. Il permet de quantifier la pression exercée sur un stock halieutique sur un intervalle de temps. (Laurec et le Guen, 1981). Il est obtenu grâce au produit de la longueur du filet par sa hauteur multiplié par le temps de calée (m^2/h).

- La biomasse et la CPUE

Pour chaque opération de pêche, c'est-à-dire chaque filet, une biomasse totale a été obtenue. Afin de pouvoir comparer la biomasse des filets entre eux, il faut calculer la CPUE (Capture Par Unité d'Effort). Cette dernière, exprimée en $g/m^2/h$, s'obtient en divisant la biomasse du filet par son effort de pêche.

- La richesse spécifique et la RSPUE

La richesse spécifique correspond au nombre d'espèces échantillonnées dans chaque filet. Tout comme pour la biomasse, il est nécessaire de s'affranchir de l'effort de pêche pour comparer les filets entre eux. La RSPUE (Richesse Spécifique Par Unité d'Effort) est obtenue en divisant la richesse spécifique par l'effort de pêche.

- Les classes de tailles

Les tailles ont aussi été analysées par classes de tailles fixées en comptant une classe tous les deux centimètres pour rester le plus précis possible tout en prenant en compte le biais de mesure qui est d'un centimètre

4.1.2.5 Analyses spatiales

Les informations récoltées ont été traitées avec le logiciel de cartographie QGIS. Chaque filet a tout d'abord été matérialisé sur une carte géoréférencée de la zone d'étude, selon la position indiquée par le pêcheur. Chaque filet possède un identifiant propre, qui le relie à la base de données. Ceci permet ainsi de croiser les données, telles que la biomasse, l'effort de pêche, la CPUE et la RSPUE, correspondantes à chaque filet.

Pour les analyses, une grille avec une maille d'1 km de côté a été créée. Cette longueur a été choisie car elle correspond à la taille médiane des filets. Cette grille permet de représenter les variables à analyser. Ainsi, pour l'effort de pêche, la CPUE et la RSPUE, la fonction moyenne a été appliquée. Ceci permet d'avoir pour chaque maille, la valeur moyenne de l'effort de pêche, de la CPUE et de la RSPUE pour l'ensemble des filets qui la traverse. La fonction moyenne a été appliquée afin de visualiser, sur une période donnée, les zones les plus exploitées et/ou productives.

4.1.2.1 Perception de l'évaluation de la pêche agathoise

Il a également été intéressant d'évaluer la perception des pêcheurs au cours de ces dernières années, notamment en raison de la mise en place du cantonnement de pêche depuis près de cinq ans, ainsi que de l'acceptabilité de ce dernier. De plus, arrivant à son terme en 2025, l'avis des pêcheurs est essentiel pour le dossier de reconduction de l'arrêté du cantonnement. Tous les pêcheurs aux petits métiers ont été questionnés entre 2023 et 2024 par l'AMPCA. Par ailleurs, l'AMPCA a débuté chaque entretien semi-directif par une présentation synthétique des résultats intermédiaires obtenus avec les suivis de l'ichtyofaune sous-marine et des pêches expérimentales antérieures à 2023. Cette présentation a permis d'expliquer aux pêcheurs ce qui évolue et de quelle manière, depuis la mise en place du cantonnement.

Des questions complémentaires ont néanmoins été posées aux pêcheurs à l'occasion des suivis de débarquements afin de cibler de manière plus précise leur perception sur l'évolution de l'abondance des espèces pêchées au cours du temps par chaque pêcheur.

Ces informations sont essentielles puisqu'elles permettront de déterminer si les pêcheurs observent directement un changement positif ou non sur leur activité et si, d'après leurs connaissances empiriques, cette évolution pourrait être imputée à la mise en place du cantonnement de pêche ou à d'autres facteurs environnementaux.

Les entretiens semi-directifs réalisés ont pris place sur les mêmes quais où se déroulent le suivi des débarquements. Ces questions n'ont pas été posées le premier mois du suivi afin que les pêcheurs soient à l'aise pour discuter de l'ensemble de l'historique de leur pêche avec une personne qu'ils connaissent.

Ces questions n'ont été posées qu'aux pêcheurs actifs depuis plus de 10 ans. Cette période a été déterminée afin d'avoir des pêcheurs avec un minimum de recul sur leur activité avant la mise en place du cantonnement.

4.2 Résultats

4.2.1 Effort d'échantillonnage

L'échantillonnage n'est pas équivalent selon les années pour tous les métiers. En 2007, il est nettement plus faible pour le métier « Murex » ainsi que pour l'ensemble des métiers par rapport aux autres années (Tableau 46). Pour la rougetière, on observe un effort légèrement plus faible en 2010, tandis que pour la pageotière c'est en 2024 où il y a eu très peu d'opérations de

pêche observées par rapport aux autres années. Pour la langoustière, on a des échantillonnages équivalents en 2007, 2010 et 2019, mais on observe le double d'échantillons en 2024 (Tableau 46).

Tableau 46 : Effectif des calées échantillonnées par métier et par année durant la période de mai à juillet (ND : Nappe Droite)

Métier	2007	2010	2019	2024
Murex	13	106	104	120
Rougetière_ND	25	13	29	29
Pageotière	23	27	34	3
Solière	10	15	25	31
Langoustière	11	11	16	25
Autres métiers	11	58	42	57
Total	93	230	251	265

En 2024, neuf pêcheurs ont été vus au Grau d'Agde dont six pratiquement tous les jours et huit pêcheurs ont été vus au Cap d'Agde, dont seulement deux pratiquement tous les jours. Bien que l'AMPCA ne possède pas de liste claire de tous les pêcheurs en activité, il est estimé qu'une dizaine de pêcheurs n'ont pas été échantillonnés, et quatre ont refusé de participer. On comptera donc 16 pêcheurs échantillonnés sur les 31 estimés.

Sur les 16 pêcheurs échantillonnés en 2024, cinq avaient déjà participé au suivi des débarquements de 2007, huit avaient participé à ceux de 2010 et onze à ceux de 2019 (Tableau 47). En 2024, quatre nouveaux pêcheurs ont été rencontrés pour les débarquements, parmi eux, un seul a commencé son activité de pêche avant 2019. De plus, sur les quatre années du suivi, les cinq mêmes pêcheurs ont été interrogés régulièrement. Par ailleurs, un pêcheur qui avait participé au suivi des débarquements en 2019 a refusé de prendre part à celui de cette année. Enfin, la plupart des pêcheurs n'étant pas retrouvés d'une année de suivi à l'autre sont en général partis en retraite.

La marge d'erreur pour un échantillon de 16 pêcheurs avec un indice de confiance à 95 %, se situe à 18%.

Tableau 47 : Effectif des pêcheurs interrogés lors des débarquements

Année	Nombre de pêcheurs interrogés	
	Total	Régulièrement
2007	19	10
2010	16	8
2019	18	9
2024	16	8

4.2.2 Répartition spatiale de l'effort de pêche

La répartition spatiale de l'effort de pêche a été analysée pour les cinq métiers principaux ainsi que pour l'ensemble des métiers recensés au cours de la période d'étude.

En 2024, l'effort global moyen apparaît en diminution par rapport aux années 2010 et 2019, tant en termes d'intensité que d'étendue spatiale, bien qu'il demeure supérieur à celui observé en 2007 (Figure 145). Cette baisse résulte principalement de la réduction de la

longueur moyenne des filets, malgré une augmentation du temps de pose, et d'une contraction spatiale de l'activité, en particulier sur la partie orientale du site.

Le métier murex présente une trajectoire inverse, avec une augmentation progressive de l'effort de pêche et une extension spatiale plus marquée au cours du temps. Cette tendance est notamment liée à l'accroissement du temps de pose des filets.

Pour la rougetière, l'effort moyen a crû régulièrement entre 2007 et 2019 avant de décroître en 2024. Cette activité tend à se concentrer désormais le long de la côte, alors qu'elle demeurait encore ponctuellement présente sur le roc de Brescou en 2019. La longueur moyenne des filets y est en diminution continue depuis 2010.

Le métier pageotière était particulièrement marqué en 2010, réparti entre le secteur du roc de Brescou – incluant la zone actuelle de cantonnement – et les exploitations mytilicoles situées au nord-est de l'AMPCA. Entre 2007 et 2019, son effort s'est déplacé progressivement des parcs mytilicoles vers le roc de Brescou, puis vers le large à l'ouest. En 2024, l'activité de la pageotière devient résiduelle, voire absente du périmètre étudié, en lien avec une diminution concomitante de la longueur et du temps de pose des filets.

Concernant la solière, l'effort a d'abord augmenté entre 2007 et 2010, avant de régresser par la suite. En 2019, le nombre de zones exploitées est deux fois supérieur à celui de 2010, mais en 2024 l'intensité comme l'étendue spatiale de l'effort apparaissent limitées. Toutefois, la longueur moyenne des filets est en hausse tandis que le temps de pose demeure stable.

Enfin, le métier langoustière reste historiquement localisé autour du roc de Brescou, en particulier en bordure de l'actuel cantonnement de pêche. En 2024, une intensification de l'effort est observée à proximité immédiate du cantonnement, avec un recentrage spatial de l'activité autour de celui-ci plutôt qu'en périphérie du roc comme précédemment. La longueur moyenne des filets a par ailleurs doublé entre 2019 et 2024. Ces zones de pêche correspondent à des fonds sableux, mais présentent également la particularité d'abriter des récifs artificiels.

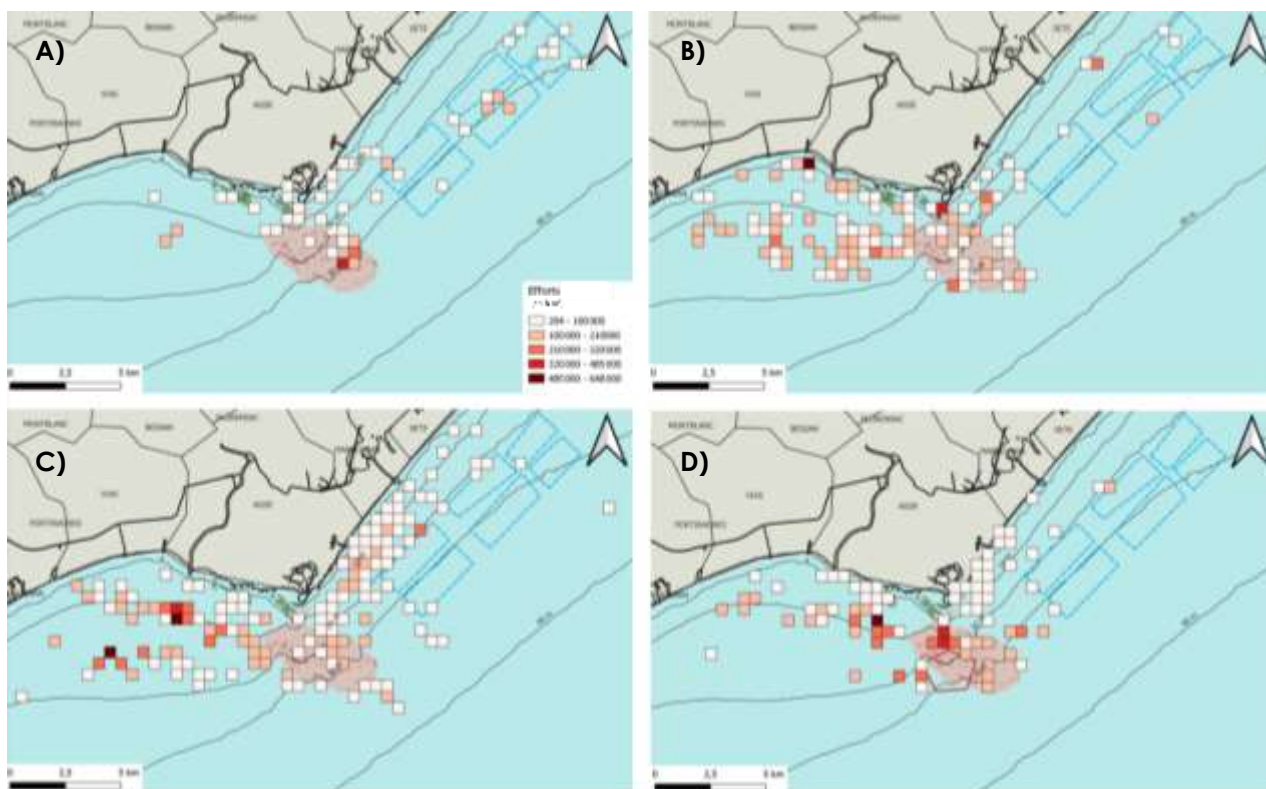


Figure 145 : Répartition de l'effort de pêche (en h.m²) en (A) 2007 ; B) 2010 ; C) 2019 ; D) 2024)

Métriques halieutiques

4.2.2.1 Métiers

Les comparaisons entre années ont porté sur les principaux indicateurs halieutiques (effort de pêche, biomasses pêchées, CPUE et RSPUE) pour les cinq métiers étudiés ainsi que pour l'ensemble des métiers regroupés, sur la période 2007–2024.

Tous métiers confondus, les résultats montrent des différences notables entre certaines années, en particulier entre 2007, 2010, 2019 et 2024. Globalement, une diminution des biomasses et une évolution contrastée des efforts de pêche et des rendements sont observées selon les périodes considérées (Figure 146).

Concernant le métier murex, l'effort de pêche a connu des variations importantes au cours du temps, mais sans effet marqué sur les biomasses. Les rendements montrent toutefois des différences ponctuelles entre certaines années, en particulier pour les CPUE et RSPUE.

Pour la rougetière, les efforts de pêche se distinguent surtout entre 2019 et 2024, avec une tendance à la baisse de l'intensité. Les rendements (CPUE) varient également entre années, principalement sur la période estivale, alors que les biomasses et les RSPUE apparaissent relativement stables.

Le métier pageotière présente également des différences entre années, tant sur l'effort que sur les biomasses et les rendements. Ces variations sont cependant limitées et concernent principalement certaines périodes du printemps et de l'été.

En ce qui concerne la solière, peu de différences sont observées au cours de la période étudiée, à l'exception d'une légère variation entre 2007 et 2010 sur les efforts de pêche. Les autres indicateurs restent relativement stables.

Enfin, pour la langoustière, aucune différence marquée n'est relevée, quels que soient les indicateurs considérés, traduisant une certaine constance de cette activité sur la période.

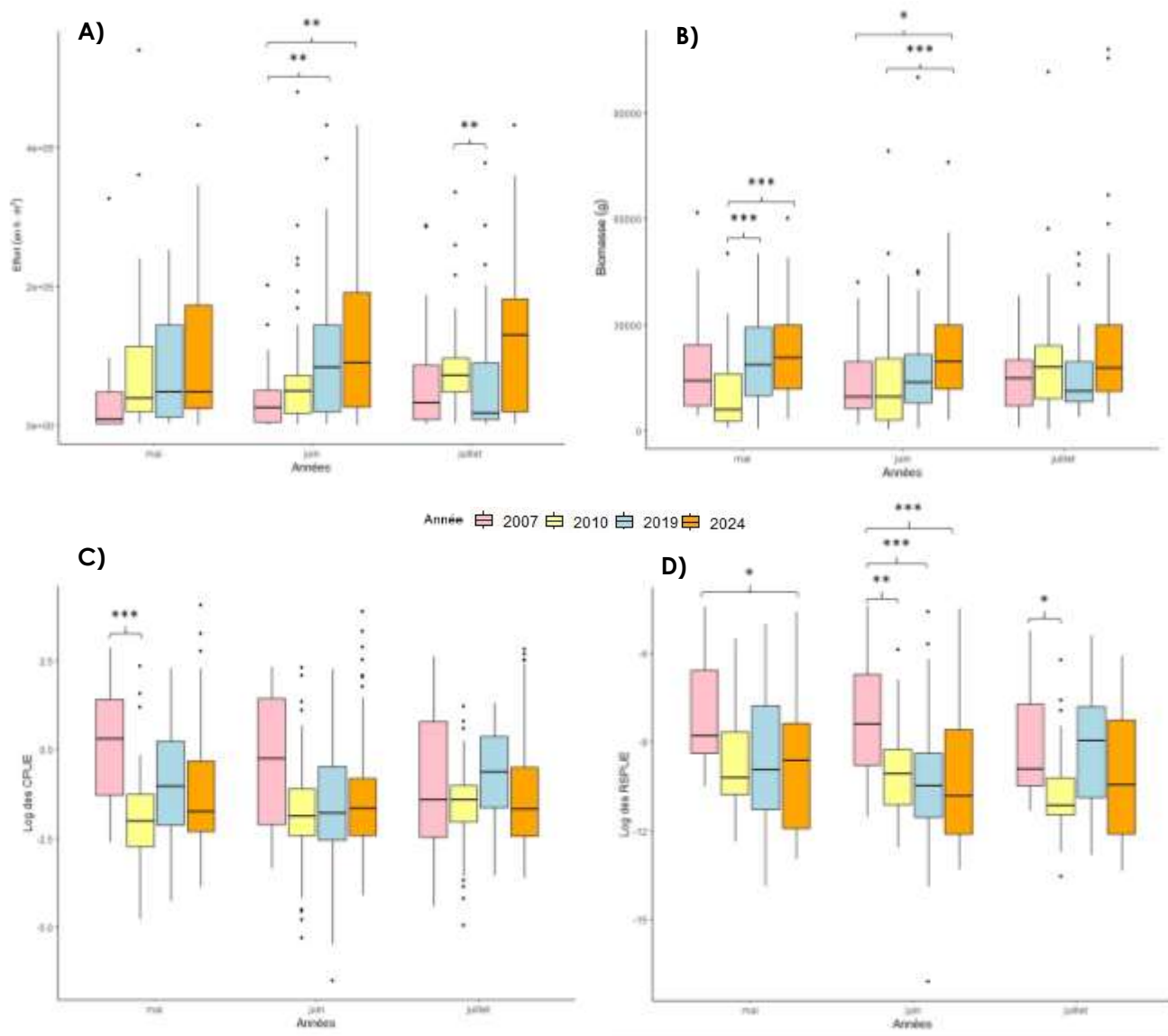


Figure 146 : Boxplots de tous les métiers confondus pour les métriques : A) CPUE, B) RSPUE, C) Effort, D) Biomasse pêchée

4.2.2.2 Espèces cibles

Parmi les CPUE des six espèces cibles retenues pour suivre l'influence du cantonnement, seules celles de la rascasse brune sont significativement différentes (KW, p-value < 0,001 ; **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) avec une diminution hautement significative (test de Dunn, p-value < 0,001) uniquement entre les mois de juillet 2019 et 2024.

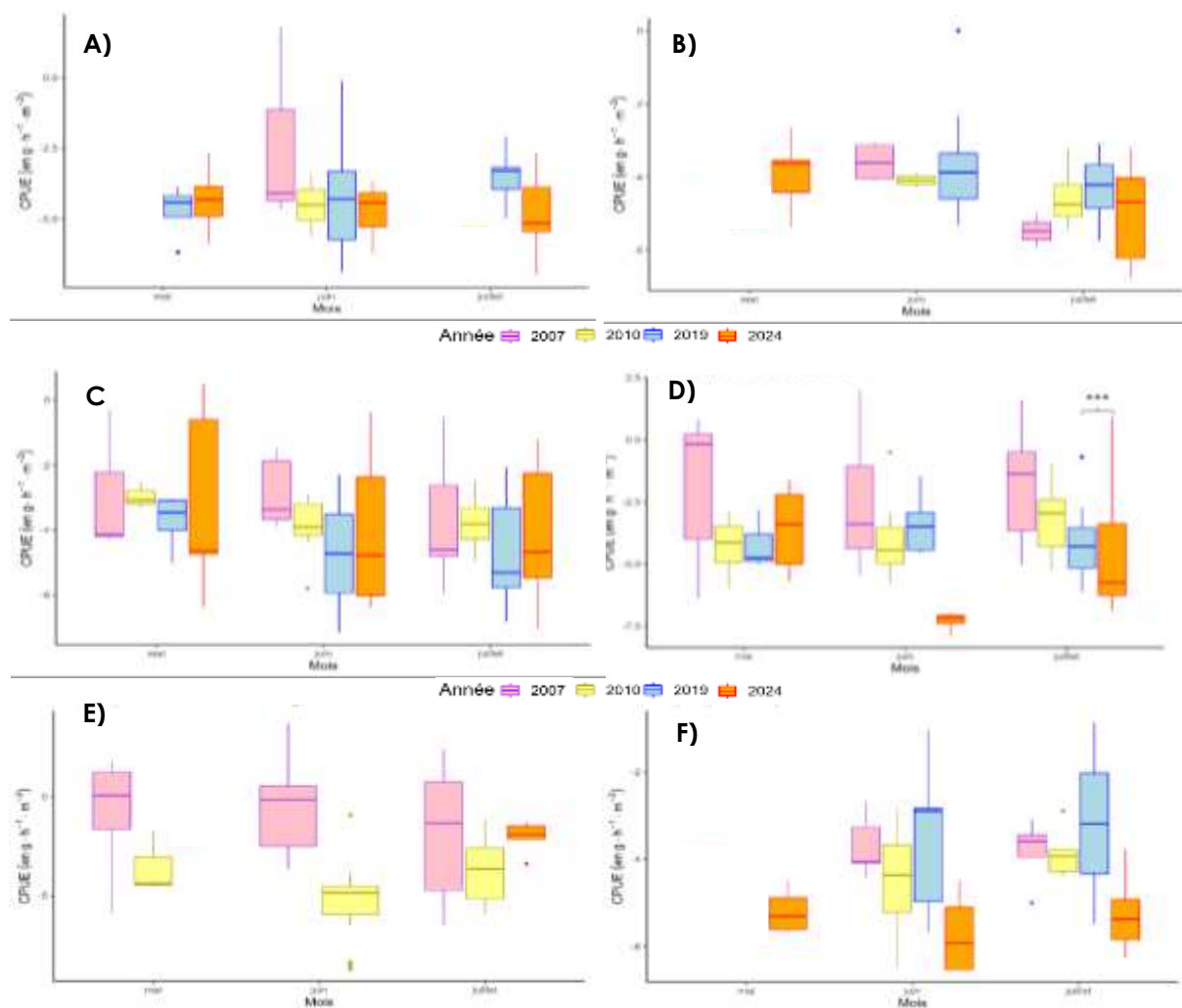


Figure 147 : Boxplots des CPUE pour les : A) langoustes rouges ; B) homards européens ; C) mostelles de roche ; D) rascasses brunes ; E) petites rascasses rouges ; F) chapons

4.2.3 Perception des pêcheurs

4.2.3.1 Généralités sur l'évolution de la pêche agathoise

Perception des pêcheurs – évolution générale

Les neuf pêcheurs interrogés décrivent une diversification historique des captures, avec l'abandon de certains métiers lorsque la rentabilité baisse (ex. congre) ou lorsque les tailles capturées diminuent à maillage constant (ex. pageot acarné). Depuis environ 2018, plusieurs ont basculé vers des métiers jugés plus réguliers et logistiques plus simples, notamment le poulpe en hiver et les murex le reste de l'année. Globalement, ils soulignent une forte variabilité interannuelle des débarquements, principalement liée aux conditions météorologiques, sans y voir nécessairement le signal d'un déclin généralisé de la ressource. Aucune relation directe n'a été attribuée par les pêcheurs entre l'évolution récente des captures et la création du cantonnement.

Focus sur le cantonnement de pêche

La majorité des pêcheurs rencontrés (26/27) se déclarent favorables au renouvellement du cantonnement, considérant son utilité potentielle à long terme.

Interrogés sur l'état des ressources, $\sim\frac{1}{4}$ perçoivent une hausse (sparidés, poulpes, homards, langoustes), $\sim\frac{1}{3}$ ne voient pas de changement et $\sim\frac{1}{3}$ ne se prononcent pas. Concernant la bordure du cantonnement : 30 % ne pêchent pas la zone, 26 % y pêchent régulièrement, 26 % occasionnellement, 8 % rarement, 10 % sans réponse. Aucun n'a déclaré avoir augmenté sa fréquence autour de la zone depuis sa mise en place. Les conflits directs entre petits métiers sont jugés rares ; en revanche, plusieurs signalent des intrusions de chalutiers à proximité de la limite des 3 MN. L'idée d'un élargissement vers le large reçoit des avis partagés : soutenu par \sim la moitié (pour créer une barrière supplémentaire au chalutage), refusé par l'autre. La création d'un nouveau cantonnement distinct n'est pas souhaitée.

Points positifs cités : résultats intermédiaires encourageants (effets « Cantonnement » attendus : tailles et abondances à la hausse).

Points négatifs majeurs : absence de balisage en mer, source d'incompréhensions et de difficultés de contrôle.

4.2.4 Discussions

Le recours à un échantillonnage de commodité limite la représentativité. Avec \sim la moitié de la flottille enquêtée, l'échantillon est inférieur à ce qu'exigerait une approche probabiliste pour ± 5 % d'erreur. L'absence d'information détaillée sur les non-répondants peut biaiser l'estimation des métiers réellement pratiqués.

La distribution de l'effort varie d'une année à l'autre (composition de la flottille enquêtée, conditions météo, dynamiques de peuplements). La campagne 2019 fournit un état initial utile juste avant la fermeture (début 2020). Aucune dynamique claire de « fishing the line » n'est détectée après la mise en Cantonnement ; on observe plutôt, selon les métiers, un déport vers la côte (rougetière) ou vers le large (pageotière). Le métier langoustière tend toutefois à se concentrer autour de la bordure du cantonnement, ce qui pourrait refléter une réorganisation spatiale plus qu'un effet « Réserve » avéré.

À l'échelle « tous métiers », certaines hausses (efforts, RSPUE) entre 2007 et 2024 peuvent s'expliquer par des différences d'effort d'enquête entre années. Des augmentations ponctuelles de biomasse (mai/juin 2024 vs 2010/2007) sont observées, difficiles à interpréter sans série temporelle annuelle continue et au regard de la variabilité naturelle.

Murex : CPUE parfois plus élevée en 2024 que 2007, possiblement liée à la variabilité naturelle et aux différences d'échantillonnage.

Rougetière : CPUE en hausse en 2024 vs 2010–2019 sans changement clair d'effort/biomasse.

Pageotière : très peu de données en 2024 (3 opérations en juillet) → comparaisons fragiles.

Solère et langoustière : pas d'évolution marquée des débarquements sur la période.

Conclusion et perspectives

À ce stade, aucune augmentation robuste des débarquements par unité d'effort ne peut être attribuée au cantonnement. En revanche, plusieurs signaux précurseurs (notamment tailles en hausse pour certaines espèces, dont la langouste rouge ou le homard) suggèrent un effet « Réserve » naissant.

Les données disponibles sont discontinues et hétérogènes (deux années anciennes pré-Cantonement, une année post-Cantonement tardive), ce qui limite l'inférence. Un suivi annuel renforcé, combinant débarquements, pêches expérimentales et comptages visuels, permettrait d'affiner l'évaluation, notamment vis-à-vis d'un éventuel élargissement vers le large (co-bénéfice attendu : réduction des intrusions de chalutiers et effet « Réserve » accru avec la surface).

Globalement, les perceptions professionnelles restent favorables au maintien/renouvellement du cantonnement, avec une attente forte sur le balisage et la surveillance.

4.3 Suivi de la fréquentation

4.3.1 Introduction

Accolée à une des plus grandes stations balnéaires et un des plus importants ports de plaisance de France, l'Aire marine protégée de la côte agathoise comprend de nombreuses activités de loisir (pêche de loisir embarquée ou du bord, plaisance, bateaux promenade, plongée sous-marine, baignade, chasse sous-marine, sports nautiques, etc.) qui se côtoient en mer principalement en période estivale. Avec la création du cantonnement de pêche, où la majorité des activités (excepté la navigation) est interdite, l'espace d'exploitation de certaines activités de loisir historiquement présentes sur ce secteur (pêche de loisir, bateaux de promenade avec activité de pêche embarquée et plongée) dans l'AMP s'est réduit. Cette perte d'espace de pratique a pu engendrer des modifications de secteurs d'utilisation et d'intensité de la pratique de ces activités au sein de l'AMP (hors cantonnement). Le suivi de la fréquentation des activités nautiques en période estivales, réalisé depuis 2012 est un bon moyen d'estimer l'évolution spatiale et quantitative des embarcations dans l'AMP en lien avec le cantonnement de pêche.

4.3.2 Méthodologie

Les journées de comptage sont réalisées, une fois par semaine entre juillet et août. La meilleure journée de la semaine est choisie pour le comptage (temps ensoleillé, pas de vent) afin de correspondre à une situation météorologique représentative d'une journée estivale type, permettant de comparer les résultats.

Lors de ces journées, deux observateurs sont positionnés en hauteur sur le fort de l'île de Brescou, depuis lequel ils peuvent avoir une vue sur l'ensemble de l'AMP côte agathoise et du cantonnement de pêche du roc de Brescou (Figure 148).

De 9h00 à 17h00, les observateurs effectuent un comptage de l'ensemble des embarcations en activité sur la zone (et non en simple transition vers une autre zone d'activité). Le comptage est segmenté par tranche horaire et par secteur. Il existe 13 secteurs, dont un représentant le cantonnement marine (Figure 148). Pour faciliter les observations, les observateurs disposent de jumelles et d'une longue vue. Chaque embarcation observée est identifiée, selon son activité et sa localisation.



Figure 148 : Zonage de l'AMP pour le comptage terrain du suivi de la fréquentation estivale

Les données de comptage sur le terrain sont ensuite informatisées dans un tableur pour leurs analyses (statistiques, histogrammes, diagrammes, etc.). Par ailleurs, en attribuant un positionnement géographique de chaque secteur, il est possible de caractériser chacun d'entre eux dans un Système d'Information Géographique (SIG) à un instant donné.

Ce suivi a été réalisé chaque année depuis 2012. Depuis la saison estivale 2021, il a été choisi d'étendre de délai de suivi à un pas de temps de 3 ans. Le prochain suivi réalisé sera donc en 2024.

Le 13^{ème} secteur, à savoir celui du cantonnement de pêche, a été mis en place à partir de 2018, soit deux ans avant la mise en place de cette zone de protection renforcée.

Dans ce rapport intermédiaire, il est donc comparé les données de fréquentation 2018-2019 (avant la mise en place du cantonnement), aux données de 2020-2021 et de 2024-2025 (présence du cantonnement). Plus particulièrement, il est regardé où le déport de fréquentation des principales activités qui utilisaient le secteur du cantonnement en matinée (à savoir la pêche de loisir et la plongée) a lieu ; s'il se concentre à proximité directe du cantonnement ou est étalée dans l'AMP. Un point est aussi réalisé sur le respect de la réglementation du cantonnement lors des journées de comptages.

4.3.3 Résultats

4.3.3.1 Fréquentation du cantonnement de pêche du roc de Brescou au pic d'activité matinal

Avant la mise en place du cantonnement de pêche du roc de Brescou, le secteur du futur cantonnement comptabilisait en moyenne 11 embarcations, soit autour de 7% de l'activité nautique au pic matinal (autour de 11h) que cela soit en 2018 ou en 2019 (Tableau 48). Il a été ponctuellement comptabilisé jusqu'à 33 embarcations le 16 août 2018 dans ce secteur. La

pêche de loisir embarquée constitue, de loin, la principale activité présente, avec de 77% (en 2019) à 99 % (en 2018) des navires comptés dans l'AMP sur le secteur du cantonnement (Tableau 48).

Depuis la mise en place du cantonnement, la fréquentation dans ce secteur protégé a grandement chuté, puisqu'elle est passée de 7% de la fréquentation totale de l'AMP à entre 0,5 et 2,1 % entre 2020 et 2025. La pêche de loisir reste pratiquement la seule activité (illégale) qui se retrouve encore dans le cantonnement, mais avec des chiffres eux aussi en baisse entre 2020 et 2025 (de 3 embarcations en moyenne en 2020 à 1,5 en 2025).

Depuis la mise en place du cantonnement, la fréquentation dans ce secteur protégé a grandement chuté, puisqu'elle est passée de 7% de la fréquentation totale de l'AMP à entre 0,5 et 2,1 % dans la période 2020 et 2025, passant ainsi de 3.3 embarcations en moyenne en 2020 à 1,7 en 2025. La pêche de loisir reste pratiquement la seule activité (illégale) qui se retrouve encore dans le cantonnement, mais avec des chiffres eux aussi en baisse entre 2020 et 2025 (de 3 embarcations en moyenne en 2020 à 1,5 en 2025).

Au pic matinal, en 2020, des embarcations ont été observées lors de l'ensemble des journées de comptage, avec un effectif maximal de 10 unités le 15 août. En 2021, des embarcations n'ont été recensées que lors de 3 journées de comptage sur 7, avec un maximum de 5 unités le 6 août. En 2024, ce nombre maximal observé a diminué avec 2 embarcations (le 18 juillet), et aucune embarcation n'a été dénombrée lors de 7 journées sur 9. En 2025, les données de présence dans le cantonnement ont réaugmentées, avec des embarcations observées au cours de 4 journées de comptage sur 6, avec un effectif maximal de 4 unités le 15 août.

La catégorie « autre » correspond à l'embarcation de surveillance/sensibilisation de la patrouille bleue de l'AMP.

Tableau 48 : Nombre moyen d'embarcations par catégorie d'usagers durant les étés de 2018 à 2021 dans le secteur du cantonnement et de l'AMP au pic d'activité matinal

Année	Secteur Cantonnement								AMP	% nb embarcations cantonnement dans l'AMP
	Plaisance moteur	autre	peche pro	peche recreative	voilier au mouillage	Voile légère	Bateaux pêche découverte	Total		
2018	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,1	11,1	160,0	7,0 %
2019	0,0	0,1	0,1	8,8	0,9	1,4	0,0	11,3	156,2	7,3 %
2020	0,0	0,3	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	3,3	187,7	1,8 %
2021	0,0	0,1	0,0	1,1	0,0	0,1	0,0	1,3	211,1	0,7 %
2024	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	71,1	0,5 %
2025	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	1,7	80,8	2,1%

4.3.3.2 Fréquentation du cantonnement du roc de Brescou au pic d'activité post-méridien

Au pic de l'après-midi (environ 16h) et avant la mise en place du cantonnement de pêche du roc de Brescou, l'activité dans ce secteur protégé était déjà très faible, puisqu'en moyenne compris entre 1,7 % (en 2019) et 2,2 % (en 2018) de la fréquentation dans l'AMP, avec respectivement en 2018 et 2019 1 et 3 jours de comptage sans embarcation dans ce secteur. Au maximum 10 embarcations ont été comptabilisées dans le cantonnement (le 22 août 2018). L'activité principale présente sur zone était alors considérée comme de la plaisance moteur (78% en 2018 et 85,7% en 2019). D'autres activités comme de la pêche professionnelle petits métiers, de la plaisance à la voile ou des bateaux avec bouée tractée a été ponctuellement observée dans la zone du futur cantonnement (Tableau 49).

Depuis 2020 et la création du cantonnement, il a été observé une forte diminution continue de la fréquentation du secteur de ce secteur, passant d'environ 2% à 0,5 % en 2020 puis jusqu'à moins de 0,1 % en 2025 (Tableau 49). Sur les jours de suivi de la fréquentation estivale, un tiers (en 2020) à plus de la moitié (en 2021) jusqu'à plus la quasi-totalité des journées (2024 et 2025) n'ont présenté aucune activité spécifique dans le cantonnement. La pêche de loisir et la plaisance moteur (ancrée) restent les deux activités illégales qui se retrouvent encore très ponctuellement l'après-midi, elle n'est étai comptée qu'une seule fois au pic post-méridien (Tableau 49).

Tableau 49 : Nombre moyen d'embarcations par catégorie d'usagers durant les étés de 2018 à 2021 dans le secteur du cantonnement au pic d'activité post-méridien

Années	Secteur Cantonnement								AMP	% cantonnement par rapport à l'AMP
	autre	peche pro	peche recreative	Plaisance moteur	Voilier au mouillage	visite de passagers	Engin tracté	Total		
2018	0	0	0,8	3,1	0	0	0,1	4,0	185,8	2,2 %
2019	0	0,1	0	2,4	0,2	0	0	2,8	167,4	1,7 %
2020	0	0	1,0	0	0	0,2	0	1,2	240,2	0,5 %
2021	0,1	0	0,3	0,1	0	0	0	0,6	245,1	0,2 %
2024	0	0	0	0,1	0	0	0	0,1	159,2	0,1%
2025	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	178,2	0,1%

4.3.3.3 Evolution de la fréquentation de la pêche récréative

Au cours d'une journée estivale type en 2024 et 2025, le nombre de bateaux pratiquant la pêche récréative augmente jusqu'à atteindre un pic moyen d'environ 28 à 10h00 contre 59 bateaux en 2021, 81 en 2020, 78 en 2019 et 77 en 2018. Il y a donc eu une grosse baisse d'activité de la pêche de loisir depuis 2021, avec une diminution d'un coefficient de presque trois entre la période 2018-2020 et aujourd'hui. Cette baisse semble plus corrélée avec les conséquences de la crise COVID et l'augmentation du coût de la vie et particulièrement de ce loisir (essence, place au port, maintenance bateau...) que la présence du cantonnement puisqu'en 2020, le nombre moyen d'embarcations au pic d'activité pour la pêche récréative était identique aux années pré-cantonnement.

Les bateaux dits de « pêche découverte » (compagnie professionnelle proposant de la pêche récréative à bord de grands bateaux), sont en activité le matin, sur les créneaux de 09 et 10h. En moyenne il a été compté en 2025 pour cette activité 1,5 bateaux au pic d'activité de 9h contre 1,3 en 2024, 2,5 en 2021, 2 en 2020, 1,6 en 2019, 2,7 en 2018, 2,4 en 2017, 1,7 en 2016, 2,6 en 2015, 2,2 en 2014 et 2,3 en 2013. Ces bateaux étaient traditionnellement positionnés en activité de pêche découverte ancrée sur ou à proximité directe du roc de Brescou (sur des profondeurs d'environ 15-23m), dont rarement dans le secteur du cantonnement (avant sa création) (Tableau 48). Depuis la création du cantonnement, ils ont toujours été comptés dans les secteurs à proximité directe du cantonnement (Zone Ouest A, roc terre et roc large) comme avant la création de ce secteur protégé. Il n'y a donc pas eu de changement ni d'espace d'évolution, ni de fréquentation pour cette activité de pêche découverte.

Suite à la création du cantonnement, il est constaté une forte diminution de la fréquentation par les pêcheurs de loisir dans ce secteur, passant de 11% et 15% en 2018 et 2019 à 7% en 2020 2% en 2021, puis 1% en 2024 et 5 % en 2025. Le départ de cette activité semble se concentrer principalement sur les zones A et Roc terre (Figure 149). Les autres secteurs traditionnels de pêche de loisir (à proximité du cantonnement et les secteurs plus proches de la côte) ne

semblent pas montrer une hausse spécifique entre avant et après la mise en place du secteur protégé (Figure 149 ; Figure 150).

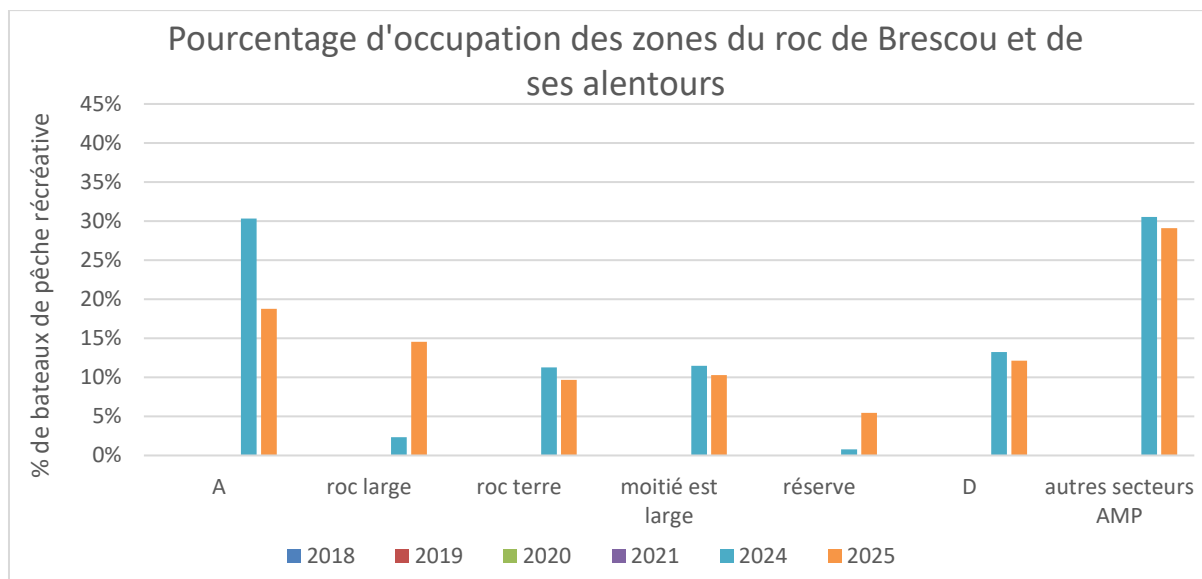
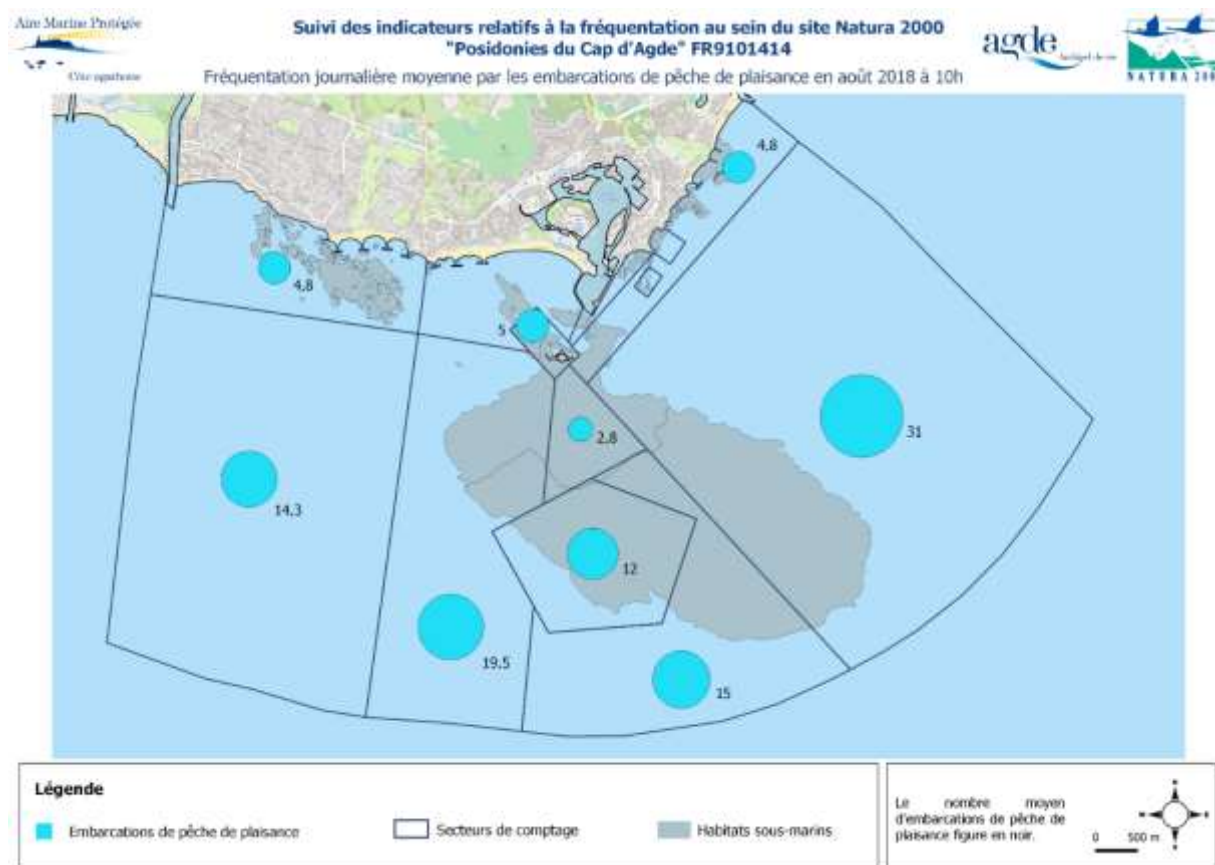
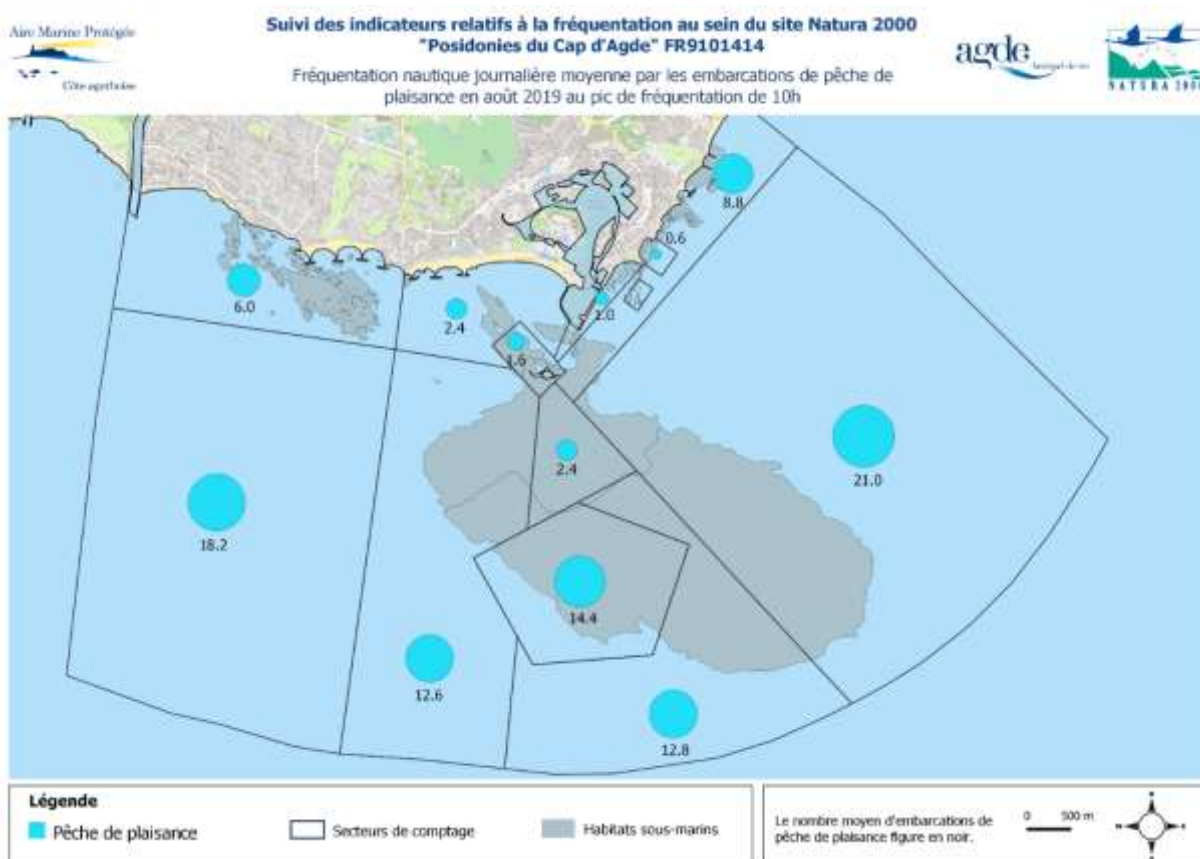
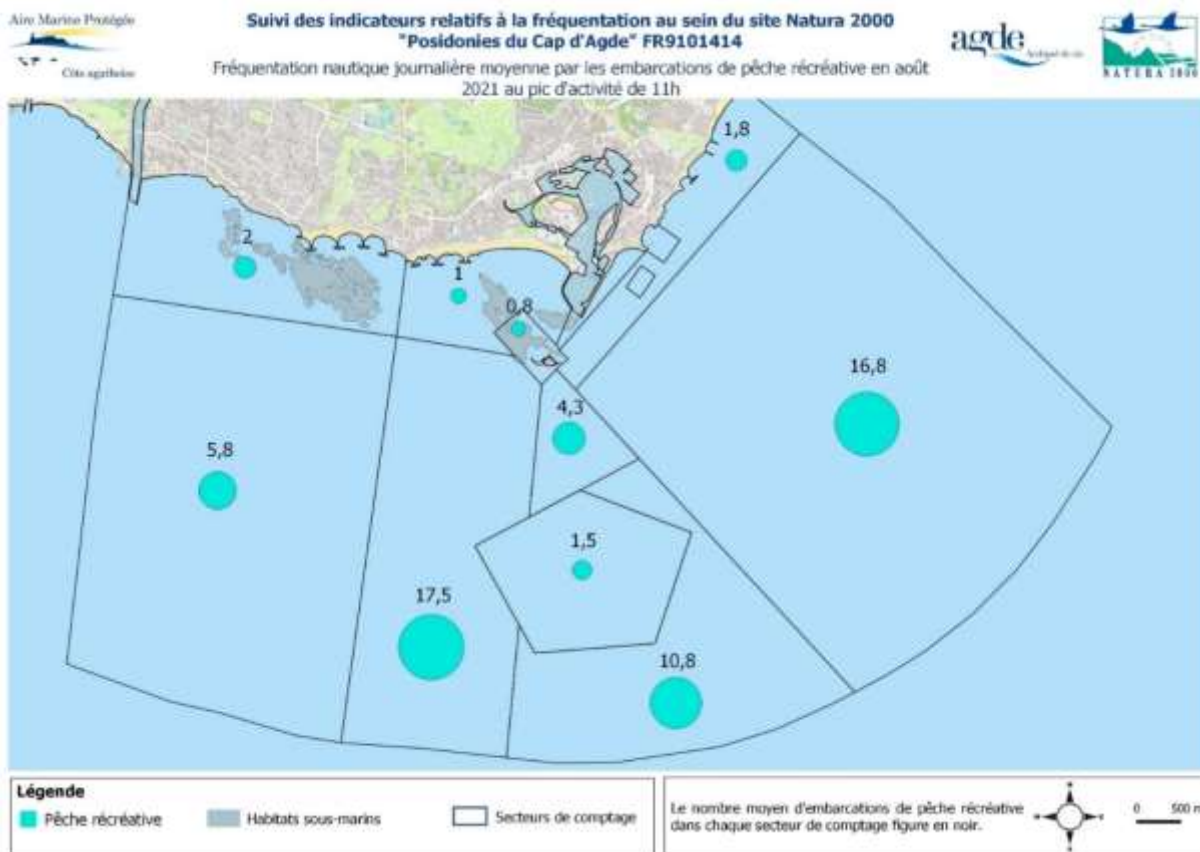


Figure 149 : Proportions moyennes d'occupation par secteurs de l'AMP pour les embarcations de pêche de loisir en période estivale entre 2018 et 2025 lors du pic d'activité matinal





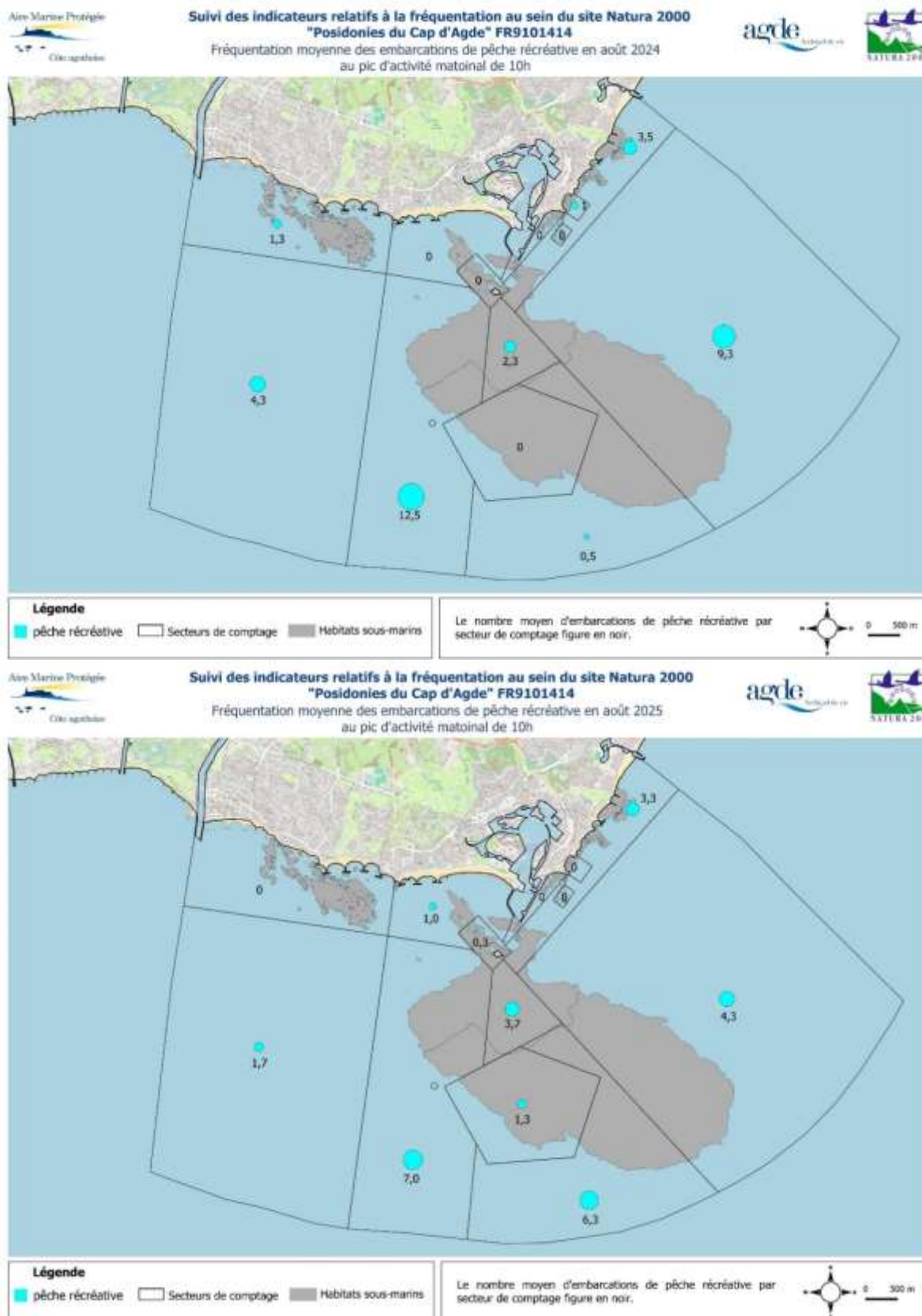


Figure 150 : Cartographie de la fréquentation journalière moyenne estivale des embarcations de pêche de loisir en août des 2018, 2019, 2021, 2024 et 2025

4.3.3.4 Evolution de la fréquentation de la plongée sous-marine

Pour des raisons de sécurité, les plongées profondes (entre 20 et 40 m, sur le coralligène ou la roche profonde) sont généralement organisées le matin par les structures de plongée. Étant donné que le cantonnement a restreint l'accès à une partie de ces sites, l'éventuel impact de cette mesure sur l'activité de plongée profonde se manifesterait donc principalement en matinée. Il est donc observé ci-dessous l'évolution de la fréquentation des zones de l'AMP durant le pic d'activité matinal.

Si avant l'installation du cantonnement, la plongée dans ce secteur occupait environ 20% des sorties des centres et clubs de plongée au pic matinal (entre 9 et 10h selon l'année), aucune embarcation de plongée n'y a été observée à partir de l'été 2020 (Figure 151).

Il semble qu'il n'y ait pas de zone spécifique de départ de l'activité de plongée sous-marine suite à la création du cantonnement. En effet malgré un respect total de cette nouvelle zone règlementée, aucun des trois secteurs principaux (ZMEL des Tables, ZMEL de Brescou et roc large) ne voit sa fréquentation exploser depuis 2020 au détriment des secteurs de coralligène (Figure 151). Seul le secteur de Brescou voit une hausse de sa fréquentation, mais cela était déjà le cas avant la création du cantonnement et est plutôt lié à certains centres commerciaux de plongée qui ont concentré une plus grande part de leur activité aux initiations de plongée (baptêmes) qui sont réalisés dans des petits fonds et non pas sur le coralligène.

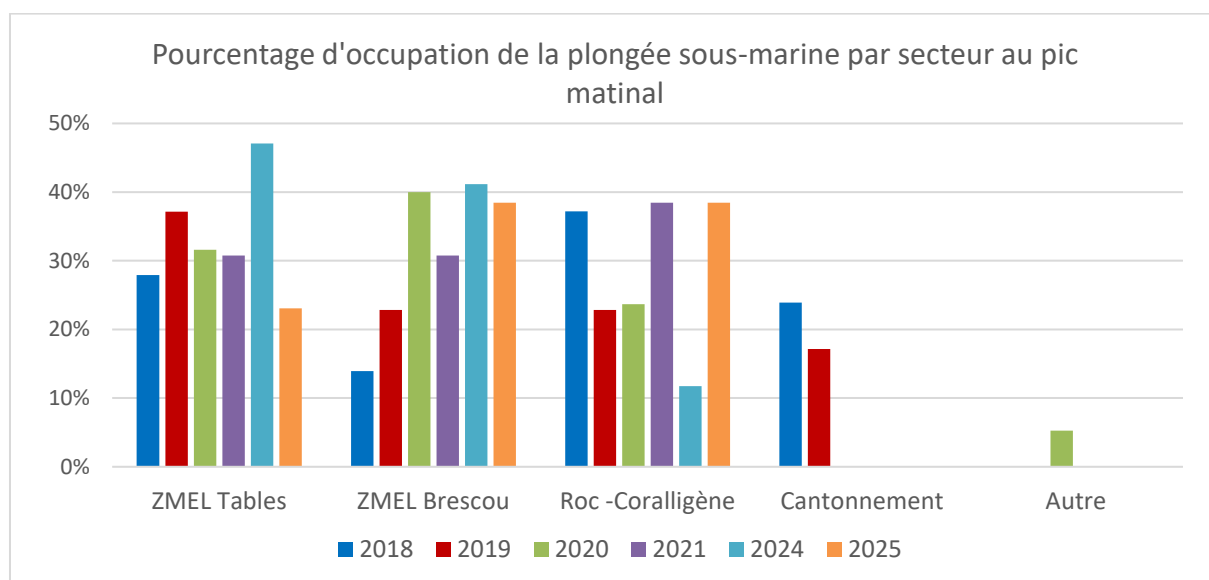


Figure 151 : Evolution entre 2018 et 2021 du pourcentage moyen journalier d'embarcations de plongée sous-marine au pic matinal estival

4.3.4 Conclusions

Le secteur du cantonnement était principalement utilisé en matinée par les pêcheurs de loisir et la plongée. L'après-midi cette zone était bien moins exploitée, principalement par de la plaisance moteur. Ce secteur, qui représentait en 2019 (avant sa création) jusqu'à 8% de la fréquentation totale dans l'AMP le matin (majoritairement exploitée par les pêcheurs de loisir), est 6 ans après sa mise en place, un espace aujourd'hui bien moins utilisé avec 2,1% des embarcations présents au pic matinal. Ce pourcentage de bateau dans le cantonnement correspond principalement à de la pêche de loisir et est donc considéré donc comme des infractions. En 2025, des activités de pêche de loisir « illicites » continuent d'être observées dans

ce secteur protégé, et ce lors de la majorité des journées de comptage. La présence de la patrouille bleue sur le terrain montre que ces infractions concernent majoritairement des pêcheurs de loisir qui n'ont pas connaissance de l'existence du cantonnement ou des limites exactes de la zone. Ces constats soulignent que les actions de contrôle et de sensibilisation demeurent encore nécessaires.

Globalement il a été retrouvé les mêmes grands secteurs de pêche de pêche de loisir d'une année sur l'autre que cela soit avant ou après la création du cantonnement. Si une baisse de l'activité de pêche de loisir a été observée depuis 2021 dans l'AMP, elle est certainement corrélée à la crise COVID et la hausse du carburant et non à la présence du cantonnement. Les activités de pêche découverte et de plongée sous-marine n'ont pas évolué suite à la fermeture du secteur du cantonnement. Pour la plongée, le cantonnement n'a fermé qu'un nombre restreint de sites sur le coralligène fréquentés par des plongeurs brevetés (ayant au moins le niveau 1 de plongée ou équivalent) et les sites de coralligène les plus pratiqués historiquement sont toujours ouverts à la pratique. La présence du cantonnement n'a donc pas impacté directement le choix des sites de plongée fait par les structures.

Six ans après la mise en place du cantonnement :

- Chute de la fréquentation de ce secteur protégé (de 8 % en 2018 à 2,1 % en 2025)
- La pêche de loisir reste l'activité encore régulièrement observée au sein du cantonnement en matinée. Cette activité « illicite » est souvent pratiquée par méconnaissance de la zone.
- Le besoin de contrôle et de sensibilisation demeure encore essentiel
- Pas de modification significative de l'utilisation de l'espace pour la plongée et la pêche de loisir liée à la mise en place du cantonnement

5 Critères de gestion

5.1 Moyens

Ce critère de gestion met en avant les moyens mis à disposition et acquis par l'AMPCA afin de gérer cette espace maritime protégé qu'est le cantonnement de pêche du roc de Brescou.

En tant que gestionnaire d'une Aire marine protégée, la direction du milieu marin de la ville d'Agde disposait de moyens humains et matériel, en amont de la mise en place du cantonnement de pêche (Tableau 50) :

- La Maison de la mer : Les locaux de l'AMPCA sont constitués de bureaux, d'un accueil pour recevoir et informer le grand public toute l'année, d'une salle d'animation pour accueillir le grand public, des scolaires, mais aussi des rencontres scientifiques, et enfin d'un local technique et d'un quai pour amarrer les bateaux de l'AMPCA.

Ce bâtiment est localisé à l'entrée du port du Cap d'Agde, lui permettant un accès simple et une bonne visibilité pour la sensibilisation des acteurs de la mer.

- Une équipe de gestion : La direction du milieu marin dispose de compétences pluridisciplinaires complémentaires allouée à 100% à la gestion de l'AMPCA, dont le cantonnement de pêche. Elle est composée d'une personne d'accueil formée pour recevoir et répondre aux besoins des acteurs locaux, d'animateurs en environnement marin, de biologistes marins, de plongeurs scientifiques et de techniciens, tous titulaires et à temps complet. Ce pool de compétences permet de réaliser en interne les opérations de gestion (sensibilisation, suivis scientifiques, surveillance, etc.), et favorise la réalisation d'une gestion de proximité avec l'ensemble des acteurs locaux et institutionnels.

- Une patrouille bleue : Chaque année depuis 2014, une patrouille bleue composée de 2 agents saisonniers vient renforcer l'équipe de gestion durant l'été. Cette patrouille est autonome avec sa propre embarcation et réalise de la sensibilisation et de l'information directement en mer. Initialement mise en place pour la zone de mouillages et d'équipements légers de Brescou & Les Tables, cette patrouille intervient aussi sur la zone du cantonnement de pêche.

La mise en place de cette patrouille bleue est actuellement pérennisée dans le temps d'un point de vue budgétaire.

- Des moyens nautiques : La direction du milieu marin dispose de 3 bateaux, à savoir un premier de 9m en aluminium acquis dans le cadre de la mise en place du cantonnement de pêche (Figure 152), un deuxième semi-rigide de 6m et le dernier de 4,20m réservé à la patrouille bleue.



Figure 152 : Bateau de 9m en aluminium

- Moyens techniques et scientifiques : La direction dispose de divers matériels de mesures, de prises d'images terrestres et sous-marines, d'une tablette de terrain/GPS, de plusieurs scaphandres autonomes en circuit ouvert, etc.
- Moyens de sensibilisation et d'information : L'équipe d'animation a mis en place de nombreux outils pédagogiques et d'informations sur le milieu marin, l'AMPCA et le cantonnement de pêche.
Depuis 2021, une application, AMP-Agde, a été mise en place pour aider les acteurs du milieu marin à localiser le cantonnement de pêche.
- Moyen de surveillance : A partir de la maison de la mer, une surveillance des activités au sein du cantonnement de pêche est effectuée à l'aide d'un radar, couplé à un récepteur AIS et à un logiciel d'analyse, de traitement et de suivi (Figure 153). Ce moyen de surveillance a été acquis pour le cantonnement de pêche.



Figure 153 : Capture d'écran du logiciel de suivi des données radar et AIS

L'ensemble de ces moyens ont été utilisés pour la gestion du cantonnement de pêche depuis sa mise en place.

Tableau 50 : Évolution des moyens de l'AMPCA

Moyens de la direction du milieu marin	Évolution pour le cantonnement de pêche
Humain	+ 1 technicien / plongeur professionnel
Bateaux	+1 bateau 9m aluminium
Scientifique et technique	+1 scaphandre autonome / + 1 paire de jumelles / + matériel photogrammétrie
Sensibilisation et information	+ 9 panneaux d'information / + 1 renouvellement panneaux éco-kiosque / + nouveau dépliant / + application AMP-Agde
Surveillance	+ 1 radar / +1 récepteur AIS / +1 logiciel d'analyse et de suivi / + 1 longue vue

Suite à la mise en place du cantonnement de pêche, la direction du milieu marin de la Ville d'Agde a augmenté ses moyens humains, techniques et budgétaires, afin de gérer au mieux et de façon durable ce cantonnement de pêche

5.2 Communication

L'AMPCA communique depuis de nombreuses années et par différents moyens et supports. Suite à la mise en place du cantonnement de pêche, certains supports de communication ont été modifiés/actualisés tandis que de nouveaux ont été créés spécialement.

- Actualisation des panneaux d'information au niveau des secteurs suivants :
 - o 3 cales de mise à l'eau d'Agde
 - o 2 capitaineries d'Agde
 - o Dans la zone technique au grutage
 - o Poste à essence
 - o 2 ports à sec
 - o Offices de tourisme Cap d'Agde Méditerranée
 - o Maison de la Mer
 - o Ile de Brescou
 - o Éco-kiosque du Cap d'Agde



- Intégration dans un nouveau panneau d'information dans une table d'orientation au Grau d'Agde.
- Réalisation d'un nouveau dépliant en 2020, actualisé en 2022, distribué tous les ans dans les points présentés ci-dessous. Ces campagnes de distribution d'information permettent aussi d'échanger directement avec les acteurs locaux :
 - o Offices de tourisme Cap d'Agde Méditerranée
 - o 2 capitaineries d'Agde
 - o En mer par la patrouille bleue et les agents de l'AMPCA
 - o A terre directement auprès des pêcheurs aux petits métiers

- Aux représentants des acteurs locaux lors du comité de pilotage du site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR9101414
- Lors du salon du nautisme du Cap d'Agde
- Lors de la journée de la Maison de la Mer
- Lors de sorties en mer réalisées à l'occasion de la journée mondiale des océans
- Lors des événements nationaux et internationaux auxquels l'AMPCA participe
- Par la patrouille bleue à terre sur Agde auprès de :
 - 8 organismes de location de bateaux et de jet-skis
 - 4 bateaux écoles
 - 8 magasins d'accastillage
 - 3 magasins de pêche récréative
 - 6 centres/clubs de plongée
 - 7 bateaux de visite en mer
 - 2 organismes d'activités nautiques de loisir
- Par la patrouille bleue en dehors d'Agde :
 - Valras-Plage : 1 location de jet-skis / 1 location de bateaux / 1 bateau école.
 - Sète : 1 location de jet-skis et bateaux / 1 magasin de pêche récréative
 - Vias Plage : 1 location de jet-skis et bateaux / 1 location de bateaux / 1 bateau école.
 - Vendres & Les Cabanes Fleury : 2 locations de jet-skis et bateaux.
 - Marseillan : 3 locations de Jet-skis / 2 magasins de pêche récréative / 2 bateaux de visite en mer / 4 organismes d'activités nautiques de loisir / 1 capitainerie / 1 port à sec.
- Information via la presse locale et régionale et les moyens numériques :
 - Midi libre
 - Hérault Tribune
 - L'Agathois
 - Journal le Monde (septembre 2021)
 - Site Internet et réseaux sociaux de la ville d'Agde et de la Communauté d'agglomération Hérault Méditerranée
 - Lettres information Station nautique Cap d'Agde, OT Agde, CPIE Thau, MedPAN, UICN, etc.
 - Réseaux sociaux locaux et de réseaux d'aires marines protégées (MedPAN)
 - Page Facebook de l'AMPCA (6600 followers en 2021, 9100 en 2023) : > 34 000 personnes atteintes lors de l'annonce de la création du cantonnement de pêche le 10 février 2020
- Communication dans les conférences locales, régionales et internationales
 - Conseils de station nautique du Cap d'Agde
 - Réunions du Parlement de la Mer Occitanie
 - Salon du Littoral et salon nautique du Cap d'Agde
 - Séminaires et conférences du programme LIFE MarHa
 - Webinaires sur thématiques zones de protection forte (MedPan, OFB, UICN, Forum AMP, FAO/GFCM)
 - Participation à des événements internationaux : Impac 5 Vancouver, Congrès mondial Nature UICN, Forum MedPAN, Monaco Ocean Week, Medcities, Seaties, ATF de l'OFB, etc.



- Réalisation d'images sous-marines professionnelles : prises d'images dans le cantonnement marine du Roc de Brescou et aux alentours (Poisson lune production)
- Accueil de personnalités (préfet région Occitanie, présidente région Occitanie,) et échanges avec d'autres AMP (Réserves naturelles nationales de la Réunion et de Cerbère-Banyuls, Parc marin du golfe du Lion, Parc naturel régional de Camargue, Parc marin de la Côte Bleue) et accueil de formations internationales sur la gestion des AMP
- Information par la patrouille bleue, en période estivale
- Information par l'application AMP-Agde : Afin de répondre à l'absence de balisage physique pour le cantonnement de pêche, une application smartphone a été mise en place par l'AMPCA. Cette application est entièrement gratuite et accessible sous Android et Apple. Elle permet, grâce à sa carte marine, de se localiser en direct par rapport au cantonnement de pêche, mais aussi par rapport à d'autres zones réglementaires présents sur Agde (zone de mouillages, etc.) et par rapport aux types de fonds sous-marins vis-à-vis de la problématique de l'ancrage (fonds sableux, rocheux, etc.) (Figure 154). Les fonctionnalités de l'application permettent aussi aux utilisateurs d'avoir accès à de l'information (réglementaire, environnement marin, etc.), de transmettre des observations faites en mer à l'AMPCA, mais aussi de prendre des points GPS et d'avoir des données d'aide à la navigation (cap, vitesse, etc.).

Mise en service en juin 2020, puis améliorée avec sa version 2 en juillet 2023, elle comptabilise un total d'environ 3000 téléchargements sur les deux systèmes d'exploitation à la fin septembre 2025.



Figure 154 : Visuels de l'application AMP-Agde

Cette application est complémentaire à d'autres applications de navigation où figurent les zones de réglementation (dont le cantonnement), ainsi qu'à la nouvelle application Nav&Co mise en place par l'OFB en partenariat avec le SHOM et le Secrétariat d'État chargé de la Mer.

- Conservation d'une communication forte et diversifiée, mise en place dès la première année.
- Mise en place d'une patrouille bleue de façon pérenne d'un point de vue technique et budgétaire.
- Mise en place de l'application d'information pour les usagers de la mer AMP-Agde en juin 2021.
- Amélioration de l'application AMP-Agde en juillet 2023.

5.3 Budget dédié

Sur la période de 2020-2025, le budget dédié à la surveillance du cantonnement et aux suivis scientifiques a été de 550 000 €, ventilé comme présenté ci-dessous :

- 235 000 € de salaires interne à l'équipe de l'AMPCA et de paiement pour des prestations de pêche auprès des pêcheurs professionnels petits métiers (suivi pêches expérimentales)
- 58 000 € pour l'application mobile AMP-Agde
- 66 500 € pour l'achat et la mise en place du radar + AIS sur le toit de la Maison de la Mer
- 108 000 € pour la construction du bateau aluminium « Poséidon » dédié à la surveillance et aux suivis scientifiques et techniques
- 40 000 € pour le suivi acoustique (achat des capteurs et analyses des données par un spécialiste), et pour la prise d'images sous-marines
- 15 000 € pour l'achat de matériel et diverses fournitures lié au cantonnement.
- 3 000 € d'entretien du matériel
- 5 000 € de carburant des bateaux
- 20 000 € en communication (dépliants, images sous-marines, panneaux...)
- 1 500 de bouées de mouillage expérimentales au large

5.4 Surveillance

Des suivis des usages en mer sont réalisés au sein de l'AMPCA afin de de suivre et évaluer les mesures de gestion mise en œuvre ainsi que l'évaluation de la fréquentation dans le périmètre de l'Aire marine protégée (AMP).

Toute l'année des sorties en mer sont organisées, dans le cadre de suivis scientifiques, veilles écologiques ou encore de surveillance.

Lesdites sorties de surveillance, ont deux objectifs : la sensibilisation et l'information de la réglementation liée à la protection de l'environnement ainsi que la constatation du respect de cette dernière. Les sorties sont organisées en fonction des besoins d'observation, du planning, de la météo et du plan de charge de l'ensemble des agents la direction.

Lors de ces sorties, les agents vont à la rencontre des usagers de loisir et professionnels dans le but d'informer, enquêter et constater la bonne application de la réglementation maritime de protection de l'environnement (ex : réglementation liée au cantonnement de pêche du roc de Brescou, réglementation des zones de mouillages, réglementation des usages des activités en lien avec la protection de l'environnement).

Pour rappel, au sein du cantonnement de pêche, l'arrêté ministériel du 27/12/19 (NOR AGRM193 1952A) stipule que l'exercice de la pêche maritime sous toutes ses formes est interdit dans l'ensemble de la zone délimitée, pendant 6 ans (reconductibles) et l'arrêté préfectoral maritime du 31/01/2020 (N°007/2020) interdit dans cette zone les activités de mouillage des navires, de dragage ainsi que de plongée sous-marine en scaphandre autonome ou en apnée.

Les données de surveillance sont bancarisées et classifiées par type d'observation. En cas de non-respect de la réglementation, l'observation est classée comme "infraction". Cette infraction est ensuite répertoriée, selon la nature (ancrage, pêche, taille de capture, etc.), la zone et l'activité de l'utilisateur ainsi que son type de moyen naviguant.

Les paragraphes ci-dessous synthétisent les résultats des sorties en mer entre 2020 et 2025 (données jusqu'au 21/08/2025) en ciblant le cantonnement de pêche du Roc de Brescou, suite à sa création.

5.4.1 Résultats

Depuis 2020, en moyenne, plus d'un tiers des sorties en mer de la direction sont dédiées à l'activité de surveillance des usages en mer (Figure 155).

L'effort de surveillance des usages en mer est adapté à la fréquentation des usagers sur zone. Le secteur étant plus fortement fréquenté en période estivale, l'effort de surveillance est donc intensifié lors de cette période (Figure 156). De même, les infractions constatées sont plus nombreuses par sortie en juillet et août (jusqu'à 9 infractions relevées lors d'une même sortie) que les autres mois de l'année. Ceci s'explique par la présence d'un plus grand nombre de pêcheurs de loisir embarqués « touristes » qui n'avaient pas connaissance de la zone.

L'année 2020 qui voit le début de mise en place de la nouvelle réglementation concernant le cantonnement de pêche du roc de Brescou a induit une augmentation de la surveillance en mer avec l'objectif premier d'informer les usagers de cette nouvelle réglementation (Figure 155). Depuis 2023, le nombre de sorties consacrées à la surveillance du cantonnement a diminué, grâce à l'installation d'un radar en 2023, puis au couplage radar-caméra en 2024. Ce dispositif a permis d'optimiser les interventions, désormais déclenchées uniquement en cas de suspicion avérée d'infraction sur site.

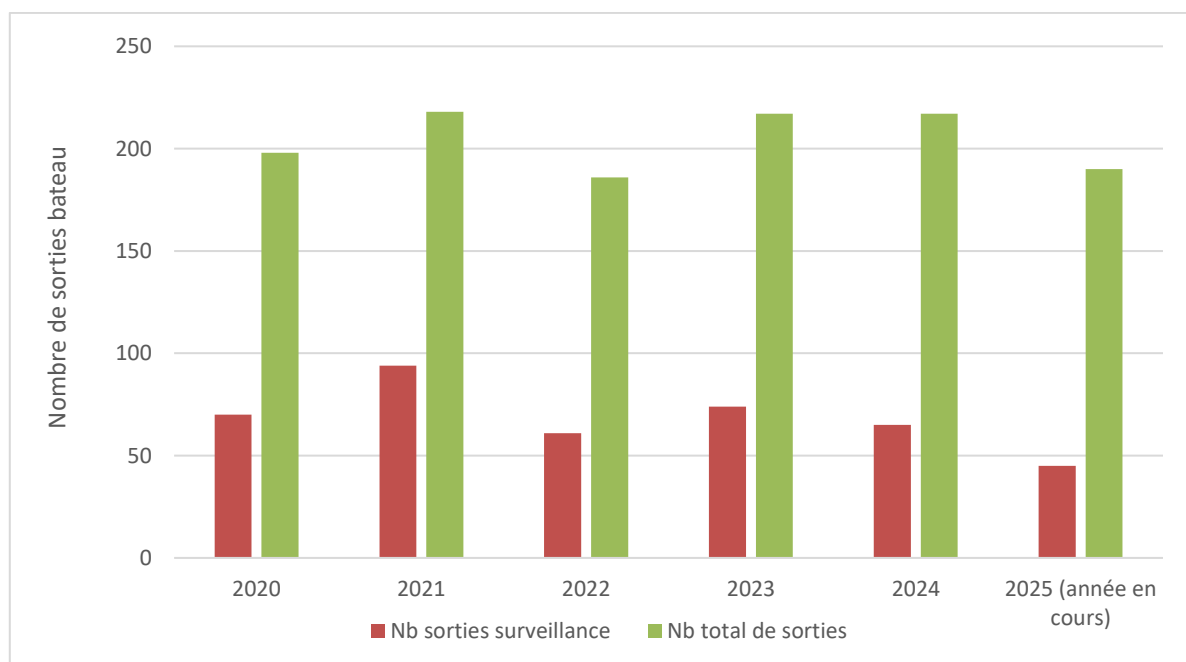


Figure 155 : Répartition entre le nombre de sorties terrain total et les sorties dédiées spécifiquement à la surveillance. En 2025, les données correspondent à la période du 01/01 au 21/08.

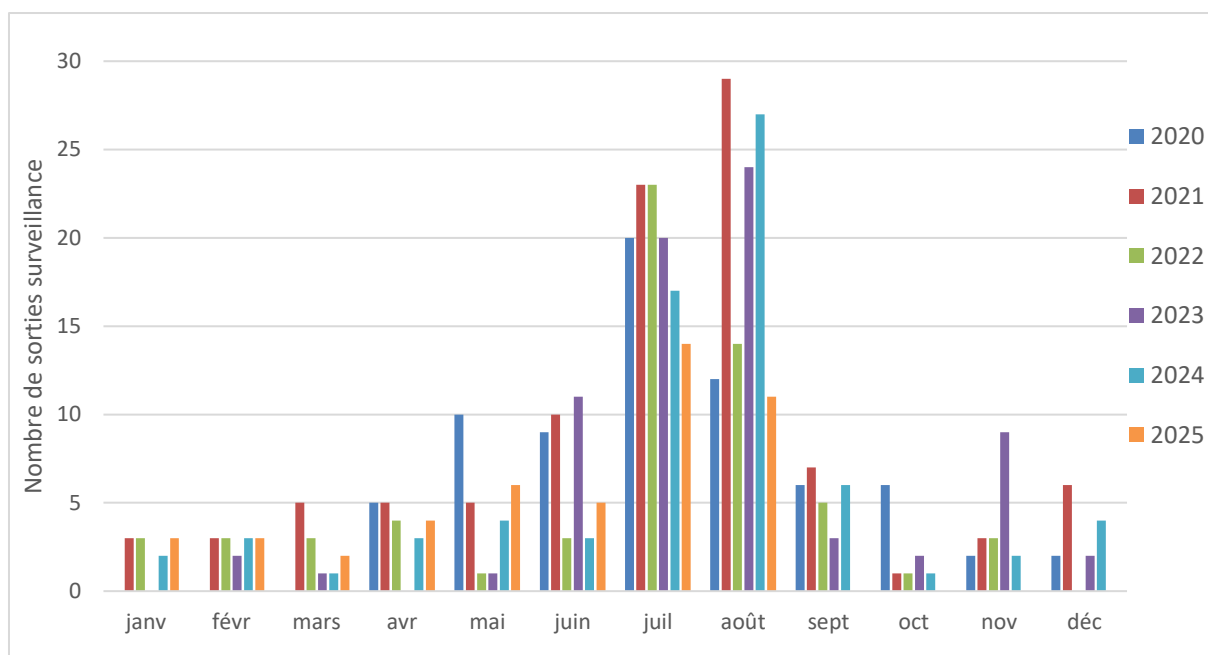


Figure 156 : Répartition de l'effort de surveillance par mois entre 2020 et 2025 (en 2025, les données s'arrêtent au 21/08)

Depuis 2020, il a été dénombré en moyenne sur les six années de surveillance 0.59 infraction par sortie de surveillance soit quasiment 2 infractions relevées pour 3 sorties (Figure 157).

La grande majorité des infractions relevées, dans la zone du cantonnement du roc de Brescou, sont des bateaux moteur en action de pêche de loisir, ancrés ou en dérive (Figure 158). Très peu d'infractions liées à l'ancrage de plaisance (sans activité de pêche de loisir) ont été comptabilisées et aucune infraction liée à la pratique de la plongée sous-marine.

En ce qui concerne la pêche professionnelle, il a été relevé quelques infractions, généralement avec la présence de filets calés (souvent en limite intérieur du cantonnement) au sein du cantonnement.

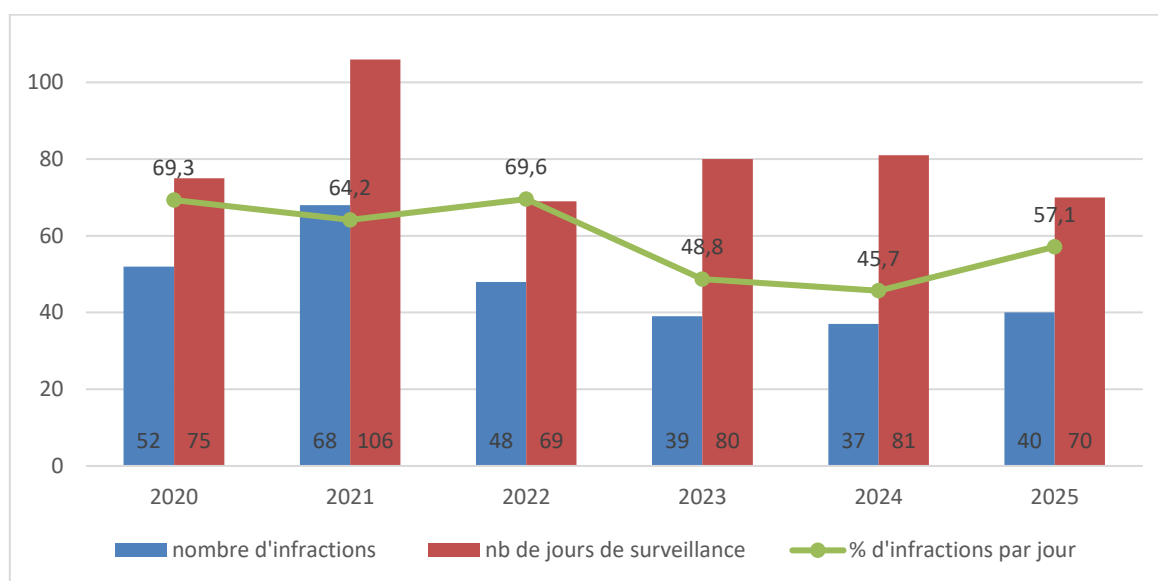


Figure 157: Nombre de jours de surveillance et d'infractions relevés par surveillance dans le cantonnement de pêche du roc de Brescou

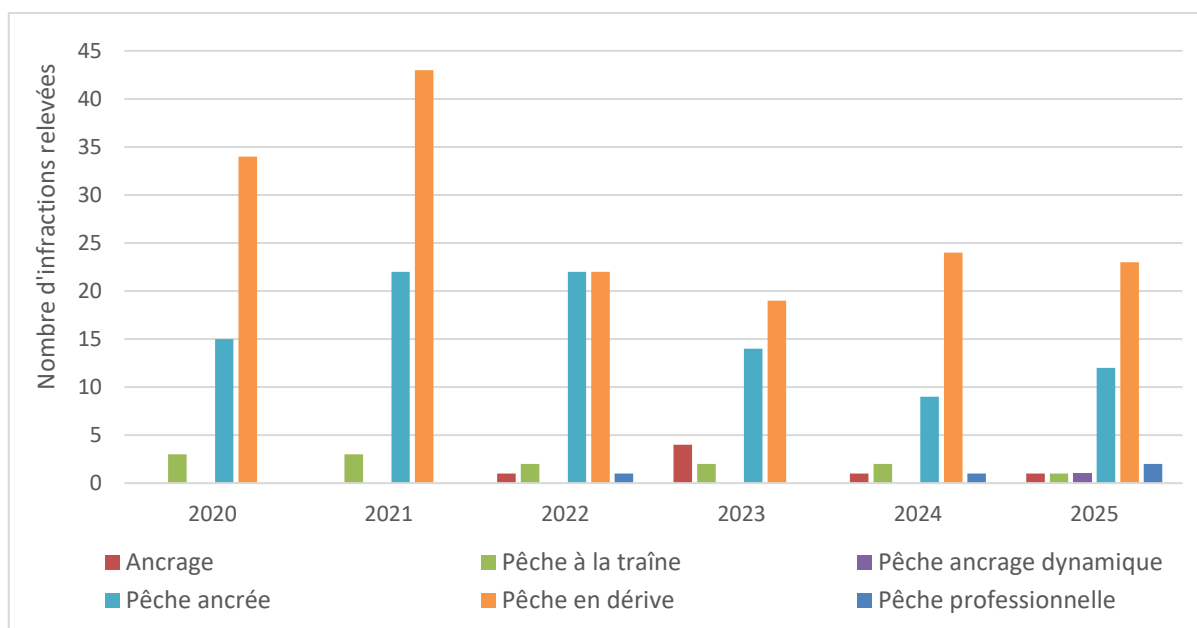


Figure 158 : Typologie des infractions relevées sur le cantonnement de pêche du roc de Brescou

5.4.2 Conclusion

Cet effort de surveillance représente environ 35 % des sorties terrain et nécessite une disponibilité en agents et moyens navigant importante pour répondre aux besoins. Chaque sortie de surveillance est une action d'information et de sensibilisation concernant la réglementation liée à la protection de l'environnement gérée par l'AMP. L'action de surveillance permet également de vérifier la compréhension et le respect de cette réglementation visant à protéger la biodiversité du secteur.

Selon les années, entre 46 et 70% des sorties de surveillance révèlent une infraction à la réglementation sur le cantonnement de pêche du roc de Brescou.

A la vue du nombre d'infractions observé, l'effort de sensibilisation, d'information et de contrôle de la réglementation sur le secteur du cantonnement de pêche du roc de Brescou doit être maintenu voire renforcé.

Près de 60% des sorties de surveillance révèlent une infraction à la réglementation sur le cantonnement de pêche du roc de Brescou majoritairement des bateaux moteur en action de pêche de loisir ancrés ou en dérive. De manière constante, la majorité des infractions sont relevées en période estivale.

6 Bibliographie

- Astruch P., Boudouresque C. F., Cabral M., Schohn T. 2025. An ecosystem-based index for Mediterranean coralligenous reefs : A protocol to assess the quality of a complex key habitat. *Marine Pollution Bulletin*, 2020: 118675. 28 PP.
- Athanasiadis A. 1997. North Aegean marine algae. IV. *Womersleyella setacea* (Hollenberg) R.E. Norris (Rhodophyta, Ceramiales). *Botanica Marina*, 40: 473-476
- Athanasiadis A. 1999. The taxonomic status of *Lithophyllum stictaeforme* (Rhodophyta, Corallinales) and its generic position in light of phylogenetic considerations. *Nordic Journal of Botany* , 19: 735-745.
- Balduzzi A, Boero F, Pansini M, Pronsato R. 1981. Emploi des relèvements photographiques dans l'étude de l'évolution des biocénoses de substrat dur naturel. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 27 (9): 249-251.
- Ballesteros E, Coma R, Dantart L, Díez D, Hereu B, Martiny De Maissonave L. et Zabala M., 1999. Etude de l'impact de la plongée sous-marine sur le Coralligène. Protocole d'observation et études comparatives entre espaces protégés. Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, 1-26.
- Ballesteros E. 2003. Le coralligène en Méditerranée. *Définition de la biocénose coralligène en Méditerranée, de ses principaux « constructeur », de sa richesse et de son rôle en écologie benthique et analyse des principales menaces*. Rapport Pas-Bio, CAR/ASP : 1-81.
- Barker N.H.L et Roberts C. M. 2004. Scuba diver behaviour and the management of diving impacts on coral reefs. *Biological Conservation* (in press).
- Bayle-Sempere J.T. 1999. Ictifuna de la Reserva Marina de Tarbarca (Alicante, Sudeste Ibérico): evaluación de la medidas de protection. Phd Thesis, University of Alicante.
- Bell, J., Craik, G., Pollard, D., & Russell, B. (1985). Estimating length frequency distributions of large reef fish underwater. *Coral Reefs*, 4, 41-44. Ben Mustapha K & El Abed A. 2001. Données nouvelles sur des éléments du macro benthos marin de Tunisie. In *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 36 : 358.
- Bianchi C.N, Peirano A, Salvati E et Morri C. 2001. Assessing interannual and decadal changes in marine epibenthic assemblages through UW photography : An example from Punta Mesco, Ligurian sea. *Archo Oceanogr. Limnol.* 22 (2001) : 83-86.
- Blouet S, Foulquié M et Dupuy De La Grandrive R. 2006. Restauration naturelle des populations de gorgones blanches *Eunicella singularis* (Esper, 1794) après installation d'ancrages écologiques Harmony, sur le site de plongée des Tables. Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » Défi territorial marin ELGA (Cap d'Agde – Hérault - France). 1-48.
- Blouet S, Dupuy de la grandrive R, Foulquié M. 2008 : Plan de gestion de la zone marine agathoise. Phase I : Etat des connaissances et éléments de diagnostics. Défi Territorial marin ELGA, Agence de l'Eau RMetC et Région Languedoc-Roussillon, ADENA, Fr : 1-176
- Blouet S, Chéré E., Jouandon N, Dupuy de la Grandrive R, Foulquié M. 2010. Suivi et caractérisation des peuplements ichtyologiques en perspective d'une gestion durable des ressources halieutiques de l'aire marine protégée agathoise. Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR-9101414. ADENA publ. Fr. : 56PP.
- Blouet S., Chéré E., Dupuy de la Grandrive R., Foulquié M. 2013. Suivi à long terme des communautés benthiques du coralligène dans le site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde ». Année 2013. Ville d'Agde publ. Fr. : 62 PP
- Blouet, S., Chéré, E., Dupuy de la Grandriv, R., M., F., T., S., Dalias N., Lenfant P., Jarraya M., Trougan M., Cucurrullo P., 2015. Suivi scientifique des récifs artificiels au large de la commune d'Agde. Année 5 et bilan du suivi scientifique : 2010 - 2015. Ville d'Agde. Direction Gestion du Milieu Marin.
- Boncoeur, J., Ed. (2004). Activités halieutiques et activités récréatives dans le cadre d'un espace à protéger : le cas du Parc National Marin d'Iroise. Rapport Final. Projet de recherches cofinancé par le Programme National d'Environnement Côtier, le programme « Espace Protégés » du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable et de la Région Bretagne. CEDEM-IUEM/UBO, IFREMER, C3ED-UVSQ, Brest, p516

- Bonhomme P, Dalías N, Lenfant P et Cadiou G. 2006. Mise en place d'un protocole de suivi de la zone de mouillages organisée du Cap l'Abeille dans la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls. Contrat Conseil Général des Pyrénées Orientales et GIS Posidonie. GIS Posidonie publ., Fr. : 1- 50.
- Bonnet, M., 1966. La pêche au large aux filets maillants et trémails sur les côtes de Provence 12.
- Bortone S.A, Kimmel J.J et Bundrick C.M. 1989. A comparaison of three methods for visually assessing reef fish communities: time and area compensated. Northeast Gulf Science,10 : 85-96.
- Brevan W., Maier R.A., Helson H., 1963. The influence of context upon the estimation of number. Am. J. Psychol., 76 : 464-469.
- Cerrano, C., Bavestrello, G., Bianchi, C.N., Calcinai, B., Cattaneo-Vietti, R., Morri, C., Sar`a, M., 2001. The role of sponge bioerosion in Mediterranean coralligenous accretion. In: Faranda, F.M., Guglielmo, L., Spezie, G. (Eds.), Mediterranean Ecosystems: Structures and Processes. Springer, Milan, pp. 235–240. https://doi.org/10.1007/978-88-470-2105-1_30.
- Charbonnel, E., Charbonnel, P., Harmelin, J.G., Ody, D., 1995. Les problèmes d'échantillonnage et de recensement du peuplement ichthyologique dans les récifs artificiels. Biol. Mar. Med 85–90.
- Charbonnel, E., Francour, P., Harmelin, J.G., 1997. Finfish population assessment techniques on artificial reefs : a review in the European Union. European Artificial Reef Research. Proceedings of the first EARRN conference, Ancona, Italy, A.C. Jensen 261–275.
- Coma R et Polà E. 1999. Seguitment temporal de la gorgònia *Paramuricea clavata* de les illes Medes. Exercici 1999. Universitat de Barcelona. Inedit.
- Coma R, Polà E, Zabala M et Ros J. 2001. Effect of recreational activity on the coralligenous community: a decade of assessment of demographic parameters of the gorgonian *Paramuricea clavata*. Poster presentation. European Marine Biology Symposium. Maó, Menorca.
- Dali, M. (2020). Suivi de l'effort de la pêche récréative de l'Aire Marine Protégée Agathoise suite à la mise en place d'un cantonnement de pêche. Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR 9101414, 34.
- Dalías N, Astruch P, Antonioli P. A, Foulquié M. 2010. Suivi à long terme de l'impact potentiel de la plongée de la plongée sous-marine sur les peuplements d'invertébrés benthiques au sein de la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls – Année 2009. Contrat Conseil Général des Pyrénées Orientales et OCEANIDE – GIS POSIDONIE. OCEANIDE – GIS POSIDONIE publ. Fr. : 104p.
- Dalías, N., Blouet, S., Foulquié, M., Tessier, A., Chéré, E., Dupuy de la Grandrive, R., Lenfant, P., 2012. Suivi scientifique des récifs artificiels de Valras-Plage (2008 - 2012) / Rapport final. Contrat Mairie de Valras-Plage & SEANEO – ADENA - CEntre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens UMR 5110 CNRS-UPVD-CEFREM. SEANEO 120.
- Damalas, D., Stamouli, C., Fotiadis, N., Kikeri, M., Kousteni, V., Mantopoulou-Palouka, D., 2022. The Gyaros island marine reserve: A biodiversity hotspot in the eastern Mediterranean Sea. PLOS ONE 17.
- Fanelli G & Boero F. 2001. Ten years after: the effects of human predation on benthic communities. 36^{eme} European Marine Biology Symposium, Menorca (Spain) 17-22.
- Ferdeghini F, Acunto S, Cocito S et Cinelli F. 2000. Variability at different spatial scales of a coralligenous assemblage at Giannutri Island (Tuscan Archipelago, northwest Mediterranean). *Hydrobiologia*, Volume 440: 27-36.
- Font, T., Lloret, J., & Piante, C. (2012). Pêche de loisir dans les Aires Marines Protégées en Méditerranée. Projet MedPAN Nord. WWF-France, Parc national de Port-Cros, 259.
- Foulquié M et Dupuy de la grandrive R. 2005. Document d'objectifs du site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde », inventaire de l'existant et analyse écologique ; ADENA publ. Fr.: 303p.
- Foulquié M., Blouet S., Chéré E., Dupuy de la Grandrive R., Garrabou J. 2018. A mass mortality event of the sponge *Cliona viridis* in the coralligenous outcrops in the côte agathoise MPA (Gulf of Lion, Northwestern Mediterranean). Aire Marine Protégée de la côte agathoise. 9 PP
- Francour P., 1991. The effect of protection level on a coastal fish community at Scandola, Corsica. Revue d'Écologie, 1991, 46 (1), pp.65-81. ffhah-03528396f

- Francour, P. 1994. Pluriannual analysis of the reserve effect on ichthyofauna in the Scandola natural reserve (Corsica, Northwestern Mediterranean). *Oceanologica acta*, 17(3), 309-317.
- Francour P & Koukouras A. 2000. Methods for studying the impact of diver frequentation and mooring on coralligenous communities. *Introductory guide to methods for selected ecological studies in marine reserves* : 69-74.
- Francour P., Seytre C., Bodilis P., Clozza M., Pastor J., 2010. Le cantonnement de pêche de Cap Roux : analyse du fonctionnement sur les années 2006 à 2009. Contrat Mairie de Saint-Raphaël et Université de Nice-Sophia Antipolis. ECOMER publ., Nice : PP. 38.
- Gambaiani, D., 2017. « Pêcheries au filet maillant dans la région camarguaise » 64.
- Gamp, E., Tachoures, S., & Robert, C. 2016. Pêche récréative : Un guide pour vous orienter dans vos méthodes de suivis—Suivi et caractérisation de la pêche récréative dans les aires marines protégées. Agence des aires marines protégées, 199.
- Garcia-Charton J.A et Perez-Ruzala A. 1998. Correlation between habitat structure and a rocky reef fish assemblage in SW Mediterranean. *PSZNI: Marine Ecology*, 19(2):111-128.
- García-Rubies A. 1997 Estudi ecológic de les poblacions de peixos litorals sobre substrat rocos a la Mediterrània occidental: efecte de la fondària, el substrat, l'estacionalitat y la protecció. PhD thesis, Univ Barcelona
- García-Rubiés A, Zavala M., 1990 Effects of total fishing prohibition on the rocky fish assemblages of Medes island marine reserve (NW Mediterranean). *Scientia mar* 54: 317–328
- Garrabou J, Sala E, Arcas A, Zabala M. 1998. The impact of diving on rocky sublittoral communities: a case study of a bryozoan population. *Conservation Biology*, 12: 302-312.
- Garrabou J & Harmelin J.G. 2002. A 20-year study on life-history traits of a harvested long-lived temperate coral in the NW Mediterranean: insights into conservation and management needs. *Journal of Animal Ecology*, Volume 71p.
- Garrabou J, Ballesteros E et Zabala M. 2002. Structure and dynamics of North-western Mediterranean benthic communities along a depth gradient. *Estuarine Coastal and Shelf Science*.
- Goni R, Harmelin-Vivien M, Badalamenti F, LE Direac'h L. 2000. Introductory guide to methods for selected ecological studies in marine reserves. G. Bernard edit., Gis Posidonies publ., Fr.: 112p.
- Grati, F., Carlson, A., Carpentieri, P., & Cerri, J. (2021). Handbook for data collection on recreational fisheries in the Mediterranean and the Black Sea. FAO.
- Guay A., Chéré E., Blouet S., Dupuy de la Grandrive R. 2022. Restauration naturelle d'une zone rocheuse après installation d'ancrages écologiques sur un site de plongée : bilan de 17 années de suivi. Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR-9101414. Ville d'Agde publ. Fr. : 44 PP
- Gristina M, Balduzzi A.1999. Preliminary data on the growth of *Myriapora truncata* in Ustica Island (N/WSicily) (Bryozoa: Cheilostomatida). *Biol Mar Mediterr* 6:256–258.
- Harmelin J. G., 1987. Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rocheuse protégée en Méditerranée (Parc National de Port-Cros, France), *P.S.Z.N.I.Mar.Ecol*, 8 :263-284.
- Harmelin, J. G. & F. Bachet, 1992. Impact de la protection sur l'ichtyofaune du cantonnement de Carry-Le-Rouet (France). *MEDPAN News* 3: 21–25.
- Harmelin, J.-G., Bachet, F., Garcia, F., 1995. Mediterranean Marine Reserves: Fish Indices as Tests of Protection Efficiency. *Marine Ecology* 16, 233–250.
- Harmelin-Vivien M et Harmelin J.G. 1975. Présentation d'une méthode d'évaluation in situ de la faune ichtyologique. *Trav.sci.Parc nation. Port-Cros* 1 :47-52.
- Harmelin-Vivien M, Harmelin J.G, Chauvet C, Duval C, Galzin R, Lejaune P, Barnabe G, Blanc F, Chevalier R, Duclerc J, Lasserre G. 1985. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons : problèmes et méthode. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*. Fr.40: 467-539.
- Harmelin J.G, Bachet F, Garcia F. 1995. Mediterranean Marine Reserves: Fish indices as tests of protection efficiency. *Marine Ecology*, 16(3): 233-250.

- Hong J.S. 1980. Étude faunistique d'un fond de concrétionnement de type coralligène soumis à un gradient de pollution en Méditerranée nord-occidentale (Golfe de Fos). Thèse de Doctorat. Université d'Aix -Marseille II. 134 pp.
- Hong, J.S., 1983. Impact of the pollution on the benthic community: environmental impact of the pollution on the benthic coralligenous community in the Gulf of Fos, northwestern Mediterranean. *Bull. Korean Fish. Soc.* 16, 273–290.
- Jouandon, N. (2010). Suivi de l'effort de la pêche artisanale dans l'aire marine protégée agathoise (année 2), p31
- Kollman H et Stachowitsch M. 2001. Long-term changes in the benthos of the Northern Adriatic Sea: a phototransect approach. *Mar. Ecol.* 22:135-141.
- Laborel J. 1960. Contribution à l'étude directe des peuplements benthiques sciaphiles sur substrat rocheux en Méditerranée. *Recueil Travaux Station Marine Endoume*, 33(20) : 117-174.
- Laborel J. 1961. Le concrétionnement algal "coralligène" et son importance géomorphologique en Méditerranée. *Recueil Travaux Station Marine d'Endoume*, 23: 37-60.
- Laubier L. 1966. Le coralligène des Albères. Monographie biocénotique. *Ann. Inst. Océanogr.* : 137-316.
- Laurec, A. & Le Guen, J.C. 1981. Dynamique des populations marines exploitées, Tome I : Concepts et modèles. *Rapport Scientifique et Technique n°45, CNEXO*, 118p.29
- Lindenbaum C, Sanderson W.G, Holt R.H.F, Kay L, Mcmath A.J et Rostron D.M. 2002. An assessment of appropriate methods for monitoring a population of colonial anemone at Bardsey Island (Ynys Enlli), Wales, UK. *Bangor, CCW Marine Monitoring Report No: 2: 31p.*
- Lockwood, R. N. 2000. Conducting roving and access site angler surveys. Chapter 14 in Schneider, James C. (ed.) 2000. *Manual of fisheries survey methods II: with periodic updates*, Michigan Department of Natural Resources (Fisheries Special Report 25, Ann Arbor).
- Louisy P. 2015. *Guide d'identification des poissons marins, Europe et Méditerranée*, Ulmer, 512p.
- Luna B, Valle Pe´rez, C, et Sanchez-Lizaso J. L. 2009. Inc. Benthic impacts of recreational divers in a Mediterranean Marine Protected Areas, *Journal of Marine Sciences*, 66, 517–523
- Luna-Pérez B, Valle C, Vega Fernández T, Sánchez-Lizaso J.L, Ramos-Esplá A.A. 2010. *Halocynthia papillosa* (Linnaeus, 1767) as an indicator of SCUBA diving impact. *Ecological indicators*
- Maury, O. & Gascuel, D. (1999) SHADY (simulateur halieutique de dynamique spatiales), un simulateur numérique de pêcheries lié à un système d'informations géographiques (SIG). Application à l'étude d'un cantonnement marine. *Aquatic Living Ressources*, vol 12, n°2, pp.77-88
- Munro L. & Munro C. 2003. East Tennants reef seafan population dynamics study. Progress report: November 2003.
- Pech D, Condal L A.R, Bourget E et Ardisson P-L., 2004. Abundance estimation of rocky shore invertebrates at small spatial scale by high-resolution digital photography and digital image analysis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 299: 185-199.
- Péres J.M, Picard J. 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, 31 (47) : 1-137.
- Perez T, Garrabou J, Sartoretto S, Harmelin J.G, Francour P et Vacelet J .2000. Mortalité massive d'invertébrés marins : un événement sans précédent en Méditerranée nordoccidentale. *Comptes Rendus Académie des Sciences Série III, Life Sciences*, 323 : 853-865.
- Personnic S. & Ruitton S. (2014). EBQI : pour une meilleure interaction chercheurs/gestionnaires dans l'évaluation écosystémique.
- Ramos, A.A. 1991. *Ascidias litorales del Mediterraneo ibérico. Faunística, ecología y biogeografía*. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante. 405 pp.

- Ruitton S., Boudouresque C.F., Thibaut T., Rastorgeff P.A., Personnic S., Boissery P., Daniel B., 2017. Guide méthodologique pour l'évaluation écosystémique des habitats marins. MIO publ., 161PP.
- Romano J.C, Bensoussan N, Younes W.A.N et Arlhac D. 2000. Anomalies thermiques dans les eaux du Golfe de Marseille durant l'été 1999. Une explication partielle de la mortalité des invertébrés fixés. Comptes Rendus Académie des Sciences Série III, Life Sciences 323: 853-865.
- Rosell D, Uriz M.J et Martin D. 1999. Infestation by excavating sponges on the oyster (*Ostrea edulis*) populations of the Blanes littoral zone (Northwestern Mediterranean Sea). Journal Marine Biological Association United Kingdom, 79: 409-413.
- Sala E, Garrabou J et Zabala M. 1996. Effects of diver frequentation on Mediterranean sublittoral populations of the bryozoan *Pentapora fascialis*. Marine Biology, 126 : 451-459.
- Sartoretto S. 1994. Structure et dynamique d'un nouveau type de bioconstruction à *Mesophyllum lichenoides* (Ellis) Lemoine (Corallinales, Rhodophyta). Comptes Rendus Académie des Sciences Série III, Life Sciences 317: 156-160.
- Sartoretto S. 1996. Vitesse de croissance et bioérosion des concrétionnements "coralligènes" de Méditerranée nord-occidentale. Rapport avec les variations Holocènes du niveau marin. Thèse Doctorat d'Écologie, Université d'Aix-Marseille, II. 194 pp.
- Sartoretto S & Francour P. 1997. Quantification of bioerosion by *Sphaerechimus granularis* on "coralligène" concretions of the western Mediterranean. Journal of Marine Biological Association United Kingdom, 77: 565-568.
- Sartoretto, S. 1998. Bioérosion des concrétions coralligènes de Méditerranée par les organismes perforants: essai de quantification des processus. Comptes Rendus Académie des Sciences, Earth and Planetary Sciences 327: 839-844.
- Sartoretto S. 2001. Mortalité massive de gorgones en Méditerranée. Océanorama N°31: 35-41.
- Sartoretto S. 2002. Le Réseau de Surveillance Gorgones en région Provence-Alpes-Côte d'Azur : Deuxième campagne de mesure et recommandations. Conseil Régional PACA/Agence de l'Eau RMC/DIREN PACA/Conseil général 13/Conseil général 83/Conseil général 06/Ville de Marseille/GIS Posidonie/Centre d'Océanologie de Marseille. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 81p.
- Sartoretto S, Marshal C, Bianchimani O, Drap P. 2009. Une revue des méthodes d'étude des processus dynamiques au sein des bioconcrétionnements marins. *Premier Symposium Méditerranéen sur le coralligène et les autres bio-concrétions de Méditerranée, Tabarka (Tunisie)* Fr.
- Sartoretto S., Schohn T., Bianchi C.N., Morri C., Garrabou J., Ballesteros E., Ruitton S., Verlaque M., Daniel B., Charbonnel E., Blouet S., David R., Feral J.P., Gatti G., 2017. An integrated method to evaluate and monitor the conservation state of coralligenous habitats: The INDEX-COR approach. Mar. Pollut. Bull., 20(1-2): 222-231.
- Sartoretto S. 2019. Etude de l'état de conservation du coralligène basée sur des indicateurs biologiques au sein de la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls - campagne 2018. FREMER publ. : 35 PP
- Seytre, C., Francour, P., 2008. *Is the Cape Roux marine protected area (Saint-Raphaël, Mediterranean Sea) an efficient tool to sustain artisanal fisheries? First indications from visual censuses and trammel net sampling.* Aquat. Living Resour. 21, 297-305.
- Sgorbini S, Cocito S, Bianchi C.N. 1996. Underwater photography as a tool to monitor the population dynamics of a clonal organism. In: G. Albertelli, A. De Maio and M. Piccazzo (Eds), *Atti dell'11° congresso dell'associazione italiana di oceanologia e limnologia*. AIOL, Genova: 819-826.
- Skoufas G & Poulicek M. 2001. Mortalité massive d'*Eunicella singularis* (Anthozoa, Gorgonacea) au nord de la Mer Egée (Golfe de Kavala, Grèce). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 36: 418p.
- Vasconcelos, P., Carvalho, S., Castro, M., & Gaspar M.B. (2008). The artisanal fishery for muricid gastropods (banded murex and purple dye murex) in the Ria Formosa lagoon (Algrave coast, southern Portugal). *Scientia Marina* 72(2) : 287-298
- Thiao, D., 2020. Etat de référence bioécologique des ressources halieutiques en vue de la mise en place d'une Zone de Pêche Protégée dans la Petite Côte du Sénégal 10.

Trougan, M., Chéré, E., Dupuy de la Grandrive, R., Lange, M., Keller, F., Dali, M., Guay, A., Kermabon, M., & Robin, S. 2020. Suivi des indicateurs relatifs à la fréquentation au sein de l'Aire Marine Protégée de la côte agathoise. Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR 9101414, 55.

Uriz M.J, Rosell D et Martin D.1992a. The sponge population of the Cabrera Archipelago (Balearic islands): characteristics, distribution, and abundance of the most

Uriz M.J, Rosell D et Martin D.1992c. Relationships of biological and taxonomic characteristics to chemically mediated bioactivity in Mediterranean littoral sponges. *Marine Biology*, 113: 287-297.

Verbeke, G., & Maison, É. 2013. La gestion de la pêche de loisir dans les aires marines protégées : Recueil d'expériences des gestionnaires, Outil de gestion et de planification-Cahier technique, Vol. 87. Atelier technique des espaces naturels.

Weinberg S. 1978. Mediterranean octocorallian communities and the abiotic environment. *Marine Biology*, 49 : 41-57.

Weinberg S. & Weinberg F. 1979. The life cycle of a gorgonian: *Eunicella singularis* (Esper, 1974). *Bijdragen tot de Dierkunde*, 49: 16-30.

Wenz GM. 1962. Acoustic ambient noise in the ocean: spectra and sources. *J Acoust Soc Am* 34:1936–1956

7 Annexe

7.1 Annexe 1 : Taxons pris en charges pour l'INDEX-COR

Taxon	Groupe de sensibilité	Taxon	Groupe de sensibilité
Corallinacée encroûtante	GI	<i>Crambe crambe</i>	GIII
<i>Zanardinia typus</i>	GI	<i>Petrosia ficiformis</i>	GIII
<i>Cacospongia</i> spp.	GI	<i>Scalarispongia/Sarcotragus</i>	GIII
<i>Chondrosia reniformis</i>	GI	<i>Spirastrella cunctatrix</i>	GIII
<i>Cliona viridis</i>	GI	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	GIII
<i>Dysidea</i> spp.	GI	<i>Hoplangia durotrix</i>	GIII
<i>Cliona</i> (rouge) sp1	GI	<i>Leptopsammia pruvoti</i>	GIII
<i>Cliona</i> sp.	GI	<i>Codium effusum</i>	GIV
<i>Cliona schmidti</i>	GI	<i>Codium coralloides</i>	GIV
<i>Cliona celata</i>	GI	<i>Acanthella acuta</i>	GIV
<i>Parazoanthus axinellae</i>	GI	<i>Aplysilla sulfurea</i>	GIV
<i>Eunicella singularis</i>	GI	<i>Aplysina cavernicola</i>	GIV
<i>Fron dipora verrucosa</i>	GI	<i>Crella pulvinar</i>	GIV
<i>Myriapora truncata</i>	GI	<i>Haliclona mucosa</i>	GIV
<i>Halimeda tuna</i>	GII	<i>Hexadella racovitzai</i>	GIV
<i>Axinella verrucosa</i>	GII	<i>Ircinia</i> spp.	GIV
<i>Haliclona fulva</i>	GII	<i>Oscarella tuberculata</i>	GIV
<i>Hemimycale columella</i>	GII	<i>Pleraplysilla spinifera</i>	GIV
<i>Phorbas tenacior</i>	GII	<i>Dentiporella sardonica</i>	GIV
<i>Alcyonium</i> spp.	GII	<i>Adeonella calveti</i>	GIV
<i>Corallium rubrum</i>	GII	<i>Smittina cervicornis</i>	GIV
<i>Eunicella cavolini</i>	GII	<i>Aplidium undulatum</i>	GIV
<i>Paramuricea clavata</i>	GII	<i>Aplidium</i> spp.	GIV
<i>Caryophyllia inornata</i>	GII	<i>Clavelina</i> spp.	GIV
<i>Rhynchozoon neapolitanum</i>	GII	<i>Halocynthia papillosa</i>	GIV
<i>Reteporella grimaldii</i>	GII	<i>Polycitor crystallinus</i>	GIV
<i>Schizomavella</i> spp.	GII	<i>Polyclinum aurantium</i>	GIV
<i>Flabellia petiolata</i>	GIII	<i>Pycnoclavella</i> spp.	GIV
<i>Palmophyllum crassum</i>	GIII		
<i>Peyssonnelia foliacée</i>	GIII		
<i>Peyssonnelia encroûtant</i>	GIII		
<i>Mesophyllum foliacés</i>	GIII		
<i>Lithophyllum</i> spp. Foliacées	GIII		
<i>Agelas oroides</i>	GIII		
<i>Axinella damicornis</i>	GIII		

Taxon	Strate	Taxon	Strate	Taxon	Strate
<i>Acanthella acuta</i>	Basale	<i>Petrosia ficiformis</i>	Basale	<i>Axinella damicornis</i>	Intermédiaire
<i>Aplidium</i> spp.	Basale	<i>Phorbas tenacior</i>	Basale	<i>Axinella vaceleti</i>	Intermédiaire
<i>Aplysilla sulfurea</i>	Basale	<i>Phyllangia mouchezii</i>	Basale	<i>Bispira volutacornis</i>	Intermédiaire
<i>Balanophyllia europaea</i>	Basale	<i>Pleraplysilla spinifera</i>	Basale	<i>Cellaria</i> spp.	Intermédiaire
<i>Cacospongia</i> spp.	Basale	<i>Polysyncraton</i> spp.	Basale	<i>Chondrosia reniformis</i>	Intermédiaire
<i>Caryophyllia inornata</i>	Basale	<i>Raspaciona aculeata</i>	Basale	<i>Chrysymenia ventricosa</i>	Intermédiaire
<i>Clavelina</i> spp.	Basale	<i>Rhynchozoon neapolitanum</i>	Basale	<i>Cladocora caespitosa</i>	Intermédiaire
<i>Codium effusum</i>	Basale	<i>Schizomavella</i> spp.	Basale	<i>Clathrina</i> spp.	Intermédiaire
<i>Corticium candelabrum</i>	Basale	<i>Scrupocellaria</i> sp.	Basale	<i>Codium bursa</i>	Intermédiaire
<i>Corynactis viridis</i>	Basale	<i>Spirastrella cunctatrix</i>	Basale	<i>Codium fragile</i>	Intermédiaire
<i>Crambe crambe</i>	Basale	Stolonifères	Basale	<i>Corallium rubrum</i>	Intermédiaire
<i>Crella pulvinar</i>	Basale	<i>Valonia macrophysa</i>	Basale	<i>Cystodytes dellechiaiei</i>	Intermédiaire
<i>Dentiporella sardonica</i>	Basale	<i>Zanardinia typus</i>	Basale	<i>Cystoseira zosteroides</i>	Intermédiaire
<i>Dictyonella</i> sp.	Basale	Didemnidae	Basale	<i>Cystoseira</i> spp.	Intermédiaire
<i>Didemnum drachi</i>	Basale	<i>Codium coralloides</i>	Basale	<i>Diazona violacea</i>	Intermédiaire
<i>Diporula verrucosa</i>	Basale	<i>Hexadella</i> spp.	Basale	<i>Dictyopteris polypodioides</i>	Intermédiaire
<i>Dysidea</i> spp.	Basale	<i>Polycitor crystallinus</i>	Basale	<i>Dictyota dichotoma</i>	Intermédiaire
<i>Fron dipora verrucosa</i>	Basale	<i>Didemnum</i> sp.	Basale	<i>Dictyota fasciola</i>	Intermédiaire
<i>Gregarinidra gregaria</i>	Basale	<i>Phorbas</i> sp1	Basale	<i>Eudendrium</i> spp.	Intermédiaire
<i>Haliclona fulva</i>	Basale	<i>Haliclona</i> spp.	Basale	<i>Flabellia petiolata</i>	Intermédiaire
<i>Haliclona mucosa</i>	Basale	<i>Chondrilla</i> sp.	Basale	<i>Gloiocladia repens</i>	Intermédiaire
<i>Hemimycale columella</i>	Basale	<i>Diplosoma spongiforme</i>	Basale	<i>Haliclona mediterranea</i>	Intermédiaire
<i>Hexadella pruvoti</i>	Basale	<i>Paracyathus pulchellus</i>	Basale	<i>Halimeda tuna</i>	Intermédiaire
<i>Hexadella racovitzai</i>	Basale	<i>Polyclinum aurantium</i>	Basale	<i>Halocynthia papillosa</i>	Intermédiaire
<i>Hoplangia durotrix</i>	Basale	<i>Aplysilla rosea</i>	Basale	<i>Halopteris filicina</i>	Intermédiaire
<i>Hornera lichenoides</i>	Basale	<i>Chondrilla nucula</i>	Basale	<i>Halymeria elongata</i>	Intermédiaire
<i>Ircinia</i> spp.	Basale	<i>Pycnoclavella</i> spp.	Basale	<i>Idmidronea</i> sp.	Intermédiaire
<i>Leptopsammia pruvoti</i>	Basale	<i>Erylus deficiens</i>	Basale	<i>Myriapora truncata</i>	Intermédiaire
<i>Madracis pharensis</i>	Basale	<i>Clavelina lepadiformis</i>	Basale	<i>Oscarella lobularis</i>	Intermédiaire
Madréporaires coloniaux	Basale	<i>Ircinia variabilis</i>	Basale	<i>Oscarella tuberculata</i>	Intermédiaire
<i>Mesophyllum foliacés</i>	Basale	<i>Adeonella calveti</i>	Intermédiaire	<i>Oscarella</i> spp.	Intermédiaire
<i>Lithophyllum</i> spp. Foliacés	Basale	<i>Agelas oroides</i>	Intermédiaire	<i>Osmundaria volubilis</i>	Intermédiaire
<i>Miniacina miniaceae</i>	Basale	<i>Alcyonium</i> spp.	Intermédiaire	<i>Padina pavonica</i>	Intermédiaire
<i>Palmophyllum crassum</i>	Basale	<i>Aplidium undulatum</i>	Intermédiaire	<i>Pentapora fascialis</i>	Intermédiaire

Taxon	Strate	Taxon	Strate	Taxon	Strate
<i>Parazoanthus axinellae</i>	Basale	<i>Aplysina cavernicola</i>	Intermédiaire	<i>Phallusia fumigata</i>	Intermédiaire
<i>Phallusia mammillata</i>	Intermédiaire	<i>Axinella polypoides</i>			
<i>Phyllariopsis brevipes</i>	Intermédiaire	<i>Eunicella cavolini</i>			
<i>Reteporella grimaldii</i>	Intermédiaire	<i>Eunicella singularis</i>			
<i>Sabella pavonine</i>	Intermédiaire	<i>Eunicella verrucose</i>			
<i>Sabella spallanzanii</i>	Intermédiaire	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>			
<i>Scalarispongia/Sarcotragus</i>	Intermédiaire	<i>Paramuricea clavate</i>			
<i>Schizotheca serratimargo</i>	Intermédiaire	<i>Spongia lamella</i>			
<i>Smittina cervicornis</i>	Intermédiaire				
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	Intermédiaire				
<i>Spongia</i> sp.	Intermédiaire				
<i>Spongia/Hippospongia</i> spp.	Intermédiaire				
<i>Suberites</i> sp.	Intermédiaire				
<i>Tethya aurantium</i>	Intermédiaire				

7.2 Annexe 2 : Analyse statistiques

7.2.1 Bryozoaires dressés :

- Quadrats permanents

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Densité (Feuille de données16) Var. indépendante (classement) : Casier sud Test de Kruskal-Wallis : H (3, N= 154) =43,09259 p =,000			
Dépend. :	Densité	Casier_Sud-2010 R:41,453	Casier_Sud-2013 R:70,364	Casier_Sud-2017 R:103,09	Casier_Sud-2023 R:101,83
Casier_Sud-2010			0,018904	0,000000	0,000001
Casier_Sud-2013		0,018904		0,004419	0,009912
Casier_Sud-2017		0,000000	0,004419		1,000000
Casier_Sud-2023		0,000001	0,009912	1,000000	

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Densité (Feuille de données16) Var. indépendante (classement) : Témoin2 Test de Kruskal-Wallis : H (3, N= 166) =31,02261 p =,000			
Dépend. :	Densité	Témoin 2-2010 R:65,574	Témoin 2-2013 R:69,037	Témoin 2-2017 R:98,686	Témoin 2-2023 R:118,40
Témoin 2-2010			1,000000	0,025340	0,000069
Témoin 2-2013		1,000000		0,018598	0,000018
Témoin 2-2017		0,025340	0,018598		0,595461
Témoin 2-2023		0,000069	0,000018	0,595461	

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Densité (Feuille de données16) Var. indépendante (classement) : Trois Pics Test de Kruskal-Wallis : H (3, N= 146) =15,60819 p =,001			
Dépend. :	Densité	Trois pics-2010 R:58,171	Trois pics-2013 R:64,978	Trois pics-2017 R:86,671	Trois pics-2023 R:89,083
Trois pics-2010			1,000000	0,028890	0,019834
Trois pics-2013		1,000000		0,133207	0,090886
Trois pics-2017		0,028890	0,133207		1,000000
Trois pics-2023		0,019834	0,090886	1,000000	

- Quadrats aléatoires

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; T- (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Var3 Test de Kruskal-Wallis : H (2, N= 90) =13,05260 p =,001		
Dépend. :	Témoin2	Témoins 2013 R:39,000	Témoins 2017 R:38,567	Témoins 2023 R:58,933
Témoins 2013			1,000000	0,009377
Témoins 2017		1,000000		0,007599
Témoins 2023		0,009377	0,007599	

	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; TP (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Var5 Test de Kruskal-Wallis : $H(2, N=90) = 2,790864$ $p = ,247$		
Dépend. : Trois Pics	Trois pics 2010 R:46,083	Trois pics 2017 R:40,067	Trois pics 20123 R:50,350
Trois pics 2010		1,000000	1,000000
Trois pics 2017	1,000000		0,382150
Trois pics 20123	1,000000	0,382150	

	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Cas (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Var7 Test de Kruskal-Wallis : $H(2, N=90) = 3,559525$ $p = ,168$		
Dépend. : Casier sud	Casier Sud 2013 R:38,419	Casier Sud 2017 R:49,759	Casier Sud 2024 R:48,700
Casier Sud 2013		0,278807	0,373213
Casier Sud 2017	0,278807		1,000000
Casier Sud 2024	0,373213	1,000000	

	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var3 (Feuille de données13) Var. indépendante (classement) : Var2 Test de Kruskal-Wallis : $H(5, N=180) = 28,76566$ $p = ,000$					
Dépend. : Var3	A7 R:69,217	A9 R:67,067	Témoins 2 R:101,28	Casier sud R:122,37	Merveilleuses R:104,45	Trois Pics R:78,617
A7		1,000000	0,257236	0,001169	0,132331	1,000000
A9	1,000000		0,164714	0,000592	0,081870	1,000000
Témoins 2	0,257236	0,164714		1,000000	1,000000	1,000000
Casier sud	0,001169	0,000592	1,000000		1,000000	0,017195
Merveilleuses	0,132331	0,081870	1,000000	1,000000		0,822534
Trois Pics	1,000000	1,000000	1,000000	0,017195	0,822534	

- Taille
 - o Quadrat aléatoire

	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Casier Sud (Feuille de donnée) Var. indépendante (classement) : Var3 Test de Kruskal-Wallis : $H(3, N=109) = 41,47957$ $p = ,000$			
Dépend. : Casier Sud	Casir sud_2010 R:82,139	Casier sud_2013 R:35,650	Casier sud_2017 R:47,852	Casier sud_2023 R:39,73
Casir sud_2010		0,000001	0,000122	0,000001
Casier sud_2013	0,000001		1,000000	1,000000
Casier sud_2017	0,000122	1,000000		1,000000
Casier sud_2023	0,000001	1,000000	1,000000	

	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Témoin 2 (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Var5 Test de Kruskal-Wallis : $H(3, N=86) = 35,99499$ $p = ,000$			
Dépend. : Témoin 2	Témoins 2_2010 R:65,690	Témoins 2_2013 R:26,444	Témoins 2_2017 R:35,800	Témoins 2_2023 R:34,292
Témoins 2_2010		0,000001	0,001004	0,000031
Témoins 2_2013	0,000001		1,000000	1,000000
Témoins 2_2017	0,001004	1,000000		1,000000
Témoins 2_2023	0,000031	1,000000	1,000000	

	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Trois pics (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Var7 Test de Kruskal-Wallis : H (3, N= 71) =23,36799 p =,000			
Dépend. : Trois pics	Trois Pics_2010 R:46,470	Trois Pics_2013 R:27,083	Trois Pics_2017 R:39,773	Trois Pics_2023 R:17,333
Trois Pics_2010		0,031985	1,000000	0,000035
Trois Pics_2013	0,031985		0,844746	1,000000
Trois Pics_2017	1,000000	0,844746		0,036997
Trois Pics_2023	0,000035	1,000000	0,036997	

	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; 2023 (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Var9 Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 116) =11,80570 p =,037					
Dépend. : 2023	Casier sud_2023 R:60,404	Trois Pics_2023 R:32,533	Témoins 2_2023 R:67,180	Merveilleuses_2023 R:56,091	A7_2023 R:63,969	A9_2023 R:65,875
Casier sud_2023		0,158843	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Trois Pics_2023	0,158843		0,024125	0,546618	0,139496	0,157087
Témoins 2_2023	1,000000	0,024125		1,000000	1,000000	1,000000
Merveilleuses_2023	1,000000	0,546618	1,000000		1,000000	1,000000
A7_2023	1,000000	0,139496	1,000000	1,000000		1,000000

	Test U de Mann-Whitney (+ correction de continuité (Feuille de données1) Par var. Var9 Tests significatifs marqués à p <,05000									
variable	Somme Rgs HZPF	Somme Rgs ZPF	U	Z	valeur p	Z ajusté	valeur p	N Actif HZPF	N Actif ZPF	2*(1-p) p exact
2023	3292,500	3493,500	1276,500	-2,17535	0,029605	-2,17548	0,029595	63	53	0,029020

7.2.2 Blanchiment

- Comparaison multiple de Kruskal-Wallis sur l'évolution des surfaces de blanchiment de 2013 à 2023, au niveau des quadrats permanents des sites Témoins 2 (ZPF) et des Trois Pics (HZPF)

	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var2 (Feuille de données3) Var. indépendante (classement) : Var1 Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 180) =49,89767 p =,000					
Dépend. : Var2	Témoins 2_2013 R:107,33	Témoins 2_2017 R:71,833	Témoins 2_2023 R:136,37	Trois Pics_2013 R:77,267	Trois Pics_2017 R:52,300	Trois Pics_2023 R:97,900
Témoins 2_2013		0,124839	0,463882	0,381420	0,000645	1,000000
Témoins 2_2017	0,124839		0,000024	1,000000	1,000000	0,790227
Témoins 2_2023	0,463882	0,000024		0,000168	0,000000	0,063706
Trois Pics_2013	0,381420	1,000000	0,000168		0,952321	1,000000
Trois Pics_2017	0,000645	1,000000	0,000000	0,952321		0,010506
Trois Pics_2023	1,000000	0,790227	0,063706	1,000000	0,010506	

7.2.3 Peyssonnelia

- Comparaison multiple de Kruskal-Wallis sur l'évolution des surfaces de Peyssonnelia sp. entre 2013 et 2023, au niveau des quadrats permanents des sites Témoins 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR)

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var4 (Feuille de données3) Var. indépendante (classement) : Var3 Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 180) =60,21307 p =,000						
Dépend. : Var4	Témoïn 2_2013 R:109,42	Témoïn 2_2017 R:107,45	Témoïn 2_2023 R:137,18	Trois Pics_2013 R:57,083	Trois Pics_2017 R:67,850	Trois Pics_2023 R:64,017
Témoïn 2_2013		1,000000	0,585436	0,001504	0,030061	0,011090
Témoïn 2_2017	1,000000		0,406514	0,002720	0,048687	0,018674
Témoïn 2_2023	0,585436	0,406514		0,000000	0,000004	0,000001
Trois Pics_2013	0,001504	0,002720	0,000000		1,000000	1,000000
Trois Pics_2017	0,030061	0,048687	0,000004	1,000000		1,000000
Trois Pics_2023	0,011090	0,018674	0,000001	1,000000	1,000000	

- Comparaison multiple de Kruskal-Wallis sur l'évolution de la densité en peyssonnelia entre 2013 et 2023, au niveau des quadrats permanents des sites Témoins 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR)

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var3 (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Var1 Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 235) =63,77236 p =,000						
Dépend. : Var3	Témoïn 2_2013 R:122,50	Témoïn 2_2017 R:144,70	Témoïn 2_2023 R:184,18	Trois Pics_2013 R:78,973	Trois Pics_2017 R:89,875	Trois Pics_2023 R:92,500
Témoïn 2_2013		1,000000	0,000543	0,026585	0,303239	0,668394
Témoïn 2_2017	1,000000		0,293718	0,000619	0,010208	0,030421
Témoïn 2_2023	0,000543	0,293718		0,000000	0,000000	0,000003
Trois Pics_2013	0,026585	0,000619	0,000000		1,000000	1,000000
Trois Pics_2017	0,303239	0,010208	0,000000	1,000000		1,000000
Trois Pics_2023	0,668394	0,030421	0,000003	1,000000	1,000000	

7.2.4 Ascidie

- Comparaison multiple de Kruskal-Wallis sur l'évolution de la densité en ascidies entre 2013 et 2023, au niveau des quadrats permanents des sites Témoins 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR)

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var4 (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Var3 Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 180) =10,68462 p =,058						
Dépend. : Var4	Témoïn 2_2013 R:90,880	Témoïn 2_2017 R:86,650	Témoïn 2_2023 R:86,650	Trois Pics_2013 R:75,233	Trois Pics_2017 R:107,38	Trois Pics_2023 R:96,283
Témoïn 2_2013		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Témoïn 2_2017	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Témoïn 2_2023	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
Trois Pics_2013	1,000000	1,000000	1,000000		0,252939	1,000000
Trois Pics_2017	1,000000	1,000000	1,000000	0,252939		1,000000
Trois Pics_2023	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

- Comparaison multiple de Kruskal-Wallis sur l'évolution de la densité en H. papillosa entre 2013 et 2023, au niveau des quadrats permanents des sites Témoins 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR)

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var6 (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Var5 Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 180) =3,609891 p =,606						
Dépend. : Var6	Témoïn 2_2013 R:92,033	Témoïn 2_2017 R:97,417	Témoïn 2_2023 R:92,033	Trois Pics_2013 R:86,200	Trois Pics_2017 R:92,033	Trois Pics_2023 R:83,283
Témoïn 2_2013		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Témoïn 2_2017	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Témoïn 2_2023	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
Trois Pics_2013	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
Trois Pics_2017	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
Trois Pics_2023	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

- Comparaison multiple de Kruskal-Wallis de la densité en H. papillosa dans les sites d'étude de 2023, au sein des quadrats aléatoires

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var3 (Feuille de données1)					
		Var. indépendante (classement) : Var1					
		Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 180) =8,555679 p =,128					
Dépend. :	Var3	ZPR_A7	ZPR_A9	ZPR_Témoin 2	HR_Casier sud	HR_Merveilleuses	HR_Trois Pics
		R:100,38	R:87,483	R:75,383	R:96,133	R:90,367	R:93,250
ZPR_A7			1,000000	0,947034	1,000000	1,000000	1,000000
ZPR_A9		1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
ZPR_Témoin 2		0,947034	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
HR_Casier sud		1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
HR_Merveilleuses		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
HR_Trois Pics		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

- Comparaison multiple de Kruskal-Wallis de la densité en *H. papillosa* dans les sites d'étude de 2023, au sein des transect permanents.

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Densité (Feuille de données1)					
		Var. indépendante (classement) : Site					
		Test de Kruskal-Wallis : H (5, N= 178) =16,49333 p =,005					
Dépend. :	Densité	Casier_Sud	Merveilleuses	Trois pics	A7	A9	Témoin 2
		R:89,517	R:72,276	R:83,767	R:107,60	R:100,03	R:83,250
Casier_Sud			1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Merveilleuses		1,000000		1,000000	0,135547	0,578814	1,000000
Trois pics		1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
A7		1,000000	0,135547	1,000000		1,000000	1,000000
A9		1,000000	0,578814	1,000000	1,000000		1,000000
Témoin 2		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

7.2.5 Spongiaires

- Comparaison multiple de Kruskal-Wallis sur l'évolution de la densité en clones entre 2010 et 2023, au niveau des quadrats permanents des sites Témoins 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR)

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var2 (Feuille de données1)							
		Var. indépendante (classement) : Var1							
		Test de Kruskal-Wallis : H (7, N= 316) =86,65733 p =,000							
Dépend. :	Var2	Témoin 2_2010	Témoin 2_2013	Témoin 2_2017	Témoin 2_2023	Trois Pics_2010	Trois Pics_2013	Trois Pics_2017	Trois Pics_2023
		R:146,20	R:173,35	R:253,49	R:184,38	R:184,89	R:113,95	R:123,63	R:80,600
Témoin 2_2010			1,000000	0,000025	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,109334
Témoin 2_2013		1,000000		0,000730	1,000000	1,000000	0,019173	0,236478	0,000107
Témoin 2_2017		0,000025	0,000730		0,066281	0,040673	0,000000	0,000000	0,000000
Témoin 2_2023		1,000000	1,000000	0,066281		1,000000	0,028540	0,200025	0,000304
Trois Pics_2010		1,000000	1,000000	0,040673	1,000000		0,012252	0,116983	0,000095
Trois Pics_2013		1,000000	0,019173	0,000000	0,028540	0,012252		1,000000	1,000000
Trois Pics_2017		1,000000	0,236478	0,000000	0,200025	0,116983	1,000000		1,000000
Trois Pics_2023		0,109334	0,000107	0,000000	0,000304	0,000095	1,000000	1,000000	

- Comparaison multiple de Kruskal-Wallis sur l'évolution des surfaces en clones entre 2010 et 2023, au niveau des quadrats permanents des sites Témoins 2 (ZPR) et des Trois Pics (HR)

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var2 (Feuille de données1)							
		Var. indépendante (classement) : Var1							
		Test de Kruskal-Wallis : H (7, N= 316) =61,38978 p =,000							
Dépend. :	Var2	Témoin 2_2010	Témoin 2_2013	Témoin 2_2017	Témoin 2_2023	Trois Pics_2010	Trois Pics_2013	Trois Pics_2017	Trois Pics_2023
		R:166,91	R:212,84	R:162,45	R:181,40	R:169,81	R:123,65	R:124,50	R:80,100
Témoin 2_2010			0,446751	1,000000	1,000000	1,000000	0,973539	1,000000	0,001752
Témoin 2_2013		0,446751		0,229518	1,000000	0,601961	0,000010	0,000081	0,000000
Témoin 2_2017		1,000000	0,229518		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,000157
Témoin 2_2023		1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	0,198092	0,329303	0,000491
Trois Pics_2010		1,000000	0,601961	1,000000	1,000000		0,620236	0,955931	0,001800
Trois Pics_2013		0,973539	0,000010	1,000000	0,198092	0,620236		1,000000	1,000000
Trois Pics_2017		1,000000	0,000081	1,000000	0,329303	0,955931	1,000000		1,000000
Trois Pics_2023		0,001752	0,000000	0,000157	0,000491	0,001800	1,000000	1,000000	

