INSTITUT PAUL RICARD OCÉANOGRAPHIQUE

Suivis des assemblages de poissons des petits fonds marins de l'Ouest toulonnais – 2023



agence de l'eau rhône méditerranée & corse
établissement public du ministère chargé du développement durable

Décembre 2023

Suivis des assemblages de poissons des petits fonds marins de l'Ouest toulonnais – 2023

Financement du projet : Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse

Contribution :

Rédaction : Sylvain Couvray

Mission terrain : Sylvain Couvray, Clément Madelaine

Traitement des données : Sylvain Couvray

Corrections et commentaires : Rémy Simide

Coordination administrative et direction : Claire Lemoine

Photo de page de couverture : Rémy Simide

Contact : sylvain.couvray@institut-paul-ricard.org

Ce document doit être cité comme suit :
Couvray S., Madelaine C., Simide R. 2023 - Suivis des assemblages de poissons des petits fonds marins de l'Ouest toulonnais – 2023. 32p.

Sommaire

Contexte et objectifs de l'étude 4
Matériel et méthode 6
Zone d'étude 6
Localisation et caractéristiques des sites 7
Méthode de comptage des poissons 12
Analyse de données 12
Résultats 14
Composition, abondance et diversité des peuplements de poissons. 14
Structuration trophique des peuplements et impact de l'activité de pêche 18
Espèces faisant l'objet d'un moratoire pour la chasse sous-marine et la pêche de loisir. 22
Fonction de nurserie des petits fonds rocheux de la zone d'étude. 22
Évolution des assemblages de poissons de la zone d'étude entre 2012 et 2023 et comparaison avec les assemblages de poissons des parcs nationaux adjacents 23
Discussion et conclusion 28
Bibliographie 31

Contexte et objectifs de l'étude

Les assemblages de poissons jouent un rôle crucial dans le fonctionnement des écosystèmes côtiers méditerranéens, les plus diversifiés et les plus productifs se trouvent sur les fonds rocheux peu profonds entre la surface et 20 m de profondeur (Sala et al. 2012). Ces environnements sont les plus touchés par les activités humaines. Malgré le nombre croissant d'aires marines protégées (AMP), un très faible pourcentage du littoral est efficacement protégé (Meinesz et Blanfuné 2015). Par conséquent, la plupart de ces habitats ne sont pas soumis à des réglementations spécifiques pour protéger les assemblages de poissons.

Situé entre le Parc national de Port-Cros et le Parc national des Calanques, l'Ouest toulonnais présente des enjeux de conservation du patrimoine naturel tout aussi importants (Figure 1). Ces enjeux ont été soulignés par la mise en place du réseau Natura 2000 sur les sites de la Lagune du Brusc et du Cap Sicié/Six-Fours-les-Plages, mais également par la démarche d'attribution du domaine public maritime au Conservatoire du littoral. Toutefois, en quelques décennies, les activités de pêche ont fortement augmenté dans cette zone, principalement pour la pêche récréative (pêche à la ligne et chasse sous-marine) (Font et Lloret 2014). Les assemblages de poissons ont également été affectés par la perte d'habitats (en particulier les nurseries) et diverses pressions anthropiques (pollution, surfréquentation, activités touristiques, bruit, etc.). Actuellement, cette zone ne fait l'objet d'aucune réglementation spécifique en mer ouverte pour protéger les peuplements de poissons, malgré le fait qu'elle soit considérée comme aire marine protégée puisqu'elle est incluse dans le périmètre de trois sites Natura 2000 (Figure 1).

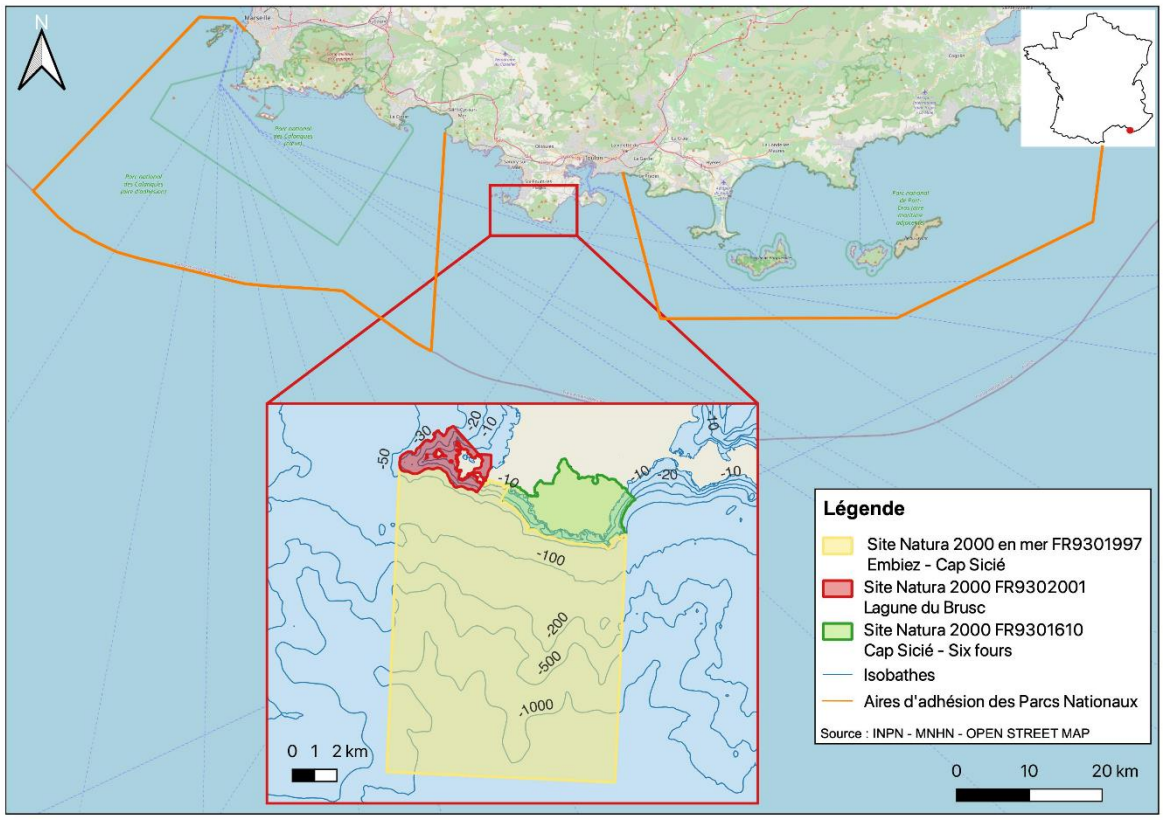


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude et des différentes aires marines protégées dans et autour de la zone d'étude.

Pour pallier au manque de connaissance concernant la faune ichtyologique des fonds marins de l'Ouest toulonnais, l'Institut Océanographique Paul Ricard a réalisé les premiers inventaires de peuplements de poissons côtiers de cette zone en 2012. Cette étude s'est poursuivie sous forme de suivis annuels entre 2012 et 2017 et a permis de mettre en évidence que les populations de poissons de cette zone semblaient être perturbés et probablement affectés par les activités de pêche (Couvray, 2020).

La présente étude consiste à poursuivre cet inventaire en réalisant une nouvelle campagne de suivis en plongée sous-marine. Les données acquises permettront d'actualiser les connaissances et de poursuivre ce suivi pluriannuel afin de mettre en évidence des tendances évolutives à une échelle temporelle pertinente d'un point de vue de la biologie des peuplements de poissons et de leurs réactions face à des modifications de leurs conditions de vie (mesure de gestion, changement globaux…).

Matériel et méthode

Zone d'étude

Les sites de comptage sont situés à proximité de la côte et à une profondeur inférieure à 20 mètres (Figure 2). D'est en ouest, dans le sens du courant dominant, on trouve successivement :

- Les *Deux Frères*, site de plongée situé à l'est du Cap Sicié, proche de l'émissaire de la station d'épuration Amphitria mais peu ou pas impacté par ses rejets.
- Trois sites à l'ouest de l'émissaire soumis à l'influence décroissante de la station : *Pointe du Cap Vieux, Pointe du Mal Dormi* et *Pointe du Mourret*.
- Un site au sud du petit Gaou : *Petit Gaou*.
- Trois sites autour de l'archipel des Embiez, soumis à la plongée, à la pêche professionnelle et à la pêche de loisir : *la Sèche de Guénaud, le Sec des Magnons* et *Basse Renette.*

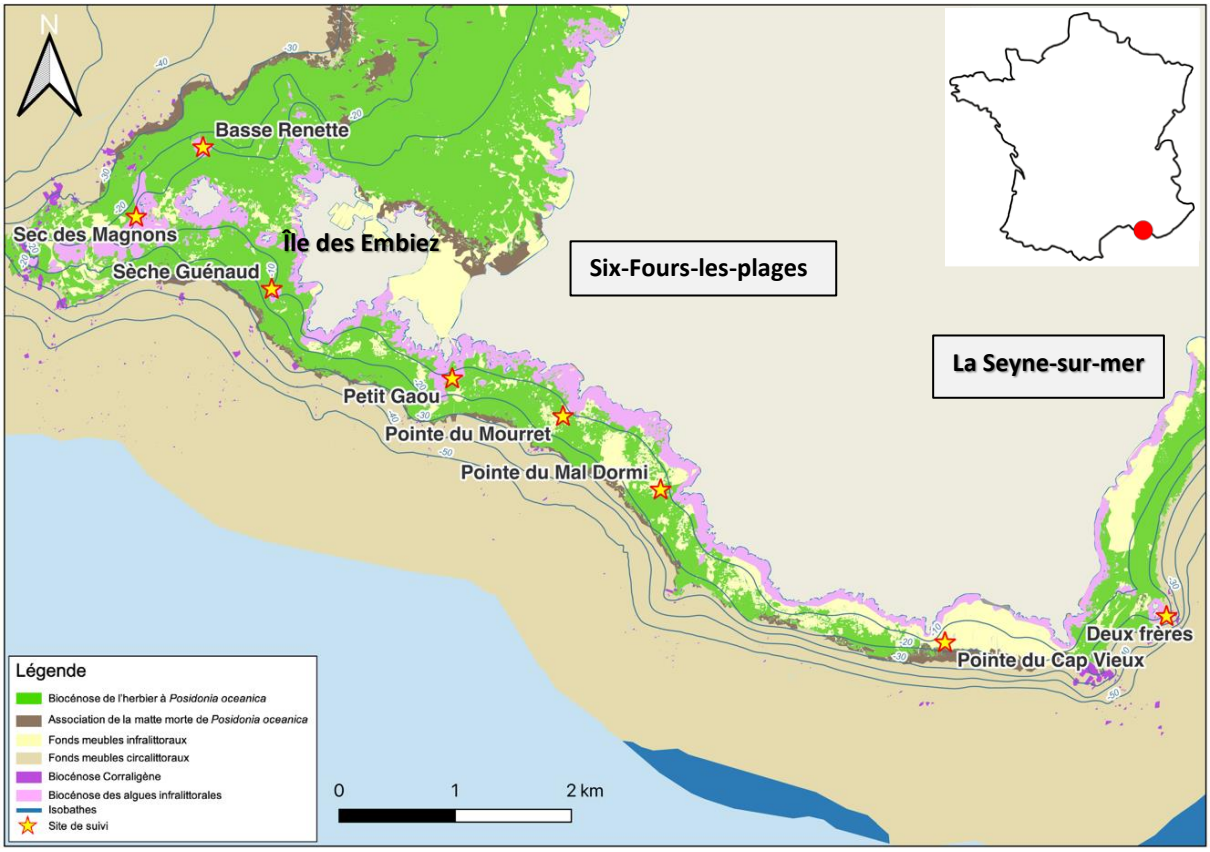


Figure 2 : Localisation des sites de comptage (fond de carte : Medtrix, DONIA EXPERT, 2023)

Les sites d'échantillonnage et l'emplacement des transects de comptage ont été soigneusement choisis dans le but d'obtenir une caractérisation représentative des peuplements de poissons évoluant dans des fonds côtiers de moins de 20 m de profondeur, principalement composés d'habitats rocheux, au sein de la zone d'étude. Néanmoins, les habitats de cette zone se révèlent extrêmement diversifiés, formant une mosaïque complexe. En conséquence, le pourcentage de recouvrement de chaque type d'habitat, ainsi que la structuration tridimensionnelle des habitats rocheux et la profondeur des transects, présentent des variations d'un transect à l'autre et d'un site à l'autre. Ces paramètres ont une incidence significative sur la structure des peuplements de poissons évoluant dans ces habitats marins peu profonds. Nous prenons en considération ces variations lors de l'interprétation des données.

Localisation et caractéristiques des sites

Basse Renette :

Coordonnées : 43° 05.080 N / 5° 46.062 E

Ce site est au nord de l'île du Grand Rouveau, à l'ouest de l'île des Embiez. Il est exploité par les clubs de plongée et les pêcheurs. Il est balisé par une bouée d'amarrage du programme SUBMED. Les substrats sont composés de gros blocs, d'éboulis rocheux et de petits tombants à coralligène, de quelques tâches de sable et d'un herbier dense de posidonie qui entoure la zone rocheuse (Figure 3).

Les transects sont effectués à partir de la bouée de mouillage, en direction du nord de chaque côté de la dorsale en longeant les tombants. La profondeur est comprise entre 8 et 17 m.



Figure 3 : Fonds marins rencontrés sur le site Basse Rénette.

Sec des Magnons

Coordonnées : 43° 04.639 N / 5° 45.428 E

Le Sec des Magnons est situé au niveau de la balise cardinale des Magnons. C'est un site fréquenté par les plongeurs, les pêcheurs et les chasseurs sous-marins. Il est équipé d'une bouée de mouillage écologique. Les fonds sont principalement constitués de gros blocs, d'éboulis rocheux et de petits tombants à coralligène. Des patchs d'herbier de posidonie sur roche sont présents ainsi que quelques patchs de sables (Figure 4).

Les transects se font à partir de la bouée de mouillage, en direction du nord-est et du sud-est, entre 11 et 17 m de profondeur.



Figure 4 : Fonds marins rencontrés sur le site des Magnons.

Sèche de Guénaud :

Coordonnées : 43° 04.406 N / 5° 46.536 E

La Sèche de Guénaud est un site de plongée très fréquenté situé au sud-ouest de l'île des Embiez, face à la plage du Rix. Il est équipé de trois bouées de mouillage écologique. Ce sec culmine à 3 mètres de profondeur et descend jusqu'à 20 mètres. À proximité du sec, les fonds sont constitués de gros blocs et éboulis rocheux, d'herbiers de posidonie avec quelques tâches de gravier grossier ou de sable (Figure 5).

Les transects sont effectués entre 8 et 15 m de profondeur à l'est et à l'ouest du sec, en direction nord en longeant les tombants.



Figure 5 : Fonds marins rencontrés sur le site de Guénaud.

Petit Gaou :

Coordonnées : 43° 06.647 N / 5° 79.278 E

Le site choisi est situé au sud de la pointe extrême de l'île du Petit Gaou. À partir de l'île du Petit Gaou, de grandes dorsales se dirigent vers le sud. Les fonds sont composés principalement de roche en place à l'ouest avec quelques gros blocs et éboulis, de petits tombants à coralligène, un herbier dense et en bon état. À l'est, dominance de roche en place et herbier de posidonie comme à l'ouest, avec cependant une proportion plus importante du coralligène, notamment sous forme de plateaux à *Mesophyllum alternans,* et sur des tombants bordant de grandes failles orientées nord-sud (Figure 6).

Les transects sont positionnés entre 10 et 17 m de profondeur.



Figure 6 : Fonds marins rencontrés sur le site Petit Gaou.

Pointe du Mourret :

Coordonnées : 43° 03.879 N / 5° 48.411 E

La pointe du Mourret est une avancée rocheuse orientée sud-ouest qui se prolonge en mer. De part et d'autre de la pointe, les fonds marins sont constitués de fonds rocheux très accidenté, gros blocs et tombants, d'éboulis, avec quelques tâches de sable et gravier grossier et d'herbiers de posidonie (Figure 7).

Les transects sont situés de part et d'autre de la pointe à des profondeurs comprises entre 9 et 14m.



Figure 7 : Fonds marins rencontrés sur le site Pointe du Mouret.

Pointe du Mal Dormi :

Coordonnées : 43° 03.462 N / 5° 49.058 E

La pointe du Mal Dormi est une avancée rocheuse orientée sud-ouest qui se prolonge en mer. Ce site est très semblable à celui de la pointe du Mouret avec des fonds marins similaires constitués de fonds rocheux accidentés, quelques gros blocs et éboulis, quelques petits tombants ; des patchs de sable et d'herbier entre les roches et sur les roches (Figure 8).

Les transects sont positionnés de part et d'autre de la pointe, dans la zone de profondeur comprise entre 10 et 20 m.



Figure 8 : Fonds marins rencontrés sur le site Pointe de Mal Dormi.

Pointe du Cap Vieux :

Coordonnées : 43° 02.847 N / 5° 50.720 E

Le site est situé dans l'anse de l'émissaire du Cap Sicié. Le Cap Vieux est la pointe ouest de l'anse, directement soumise aux effluents issus de la station *Amphitria.* La présence de nombreuses particules rend les eaux assez turbides et la visibilité réduite. L'anse elle-même est une vaste zone sableuse bordée de part et d'autre, à l'est et à l'ouest d'un couloir rocheux de quelques mètres de large. Il n'y a pas de coralligène ni d'herbier de posidonie dans cette zone (Figure 9).

Les transects sont réalisés sur le couloir rocheux entre 8 et 11 m de profondeur.



Figure 9 : Fonds marins rencontrés sur le site Pointe de Mal Dormi.

Les Deux Frères :

Coordonnées : 43° 02.876 N / 5° 52.064 E

Le nom du site est dû à la présence de deux îlots situés à l'est du Cap Sicié. C'est un site de plongée équipé de dispositifs de mouillages écologiques Les fonds sont constitués de de gros blocs d'éboulis et tombant rocheux. Des patchs d'herbier de posidonie clairsemé sont présents ainsi que de l'herbier sur roche avec quelques taches de sable (Figure 10).

Les transects sont sur des profondeur comprises entre 10 m et 20 m.



Figure 10 : Fonds marins rencontrés sur le site Pointe de Mal Dormi.

Méthode de comptage des poissons

La caractérisation des assemblages de poissons a été réalisée par recensement visuel en plongée sous-marine (UVC) (Harmelin-Vivien et Harmelin, 1975 ; Harmelin-Vivien *et al.*, 1985), méthode recommandée pour les études dans les aires marines protégées du nord-ouest de la Méditerranée (García-Charton et al. 2000 ; Harmelin et al. 2008; Harmelin-Vivien et Harmelin 2013). Les plongées ont été effectuées en scaphandre autonome en circuit ouvert. Les inventaires ont été réalisés en l'été, période de l'année où les peuplements de poissons fréquentant les petits fonds côtiers sont les mieux établis et les plus stables.

Pour chacun des huit sites, l'échantillonnage a été réalisé sur 8 transects de 25 x 5 mètres représentant un total de 1500 m^2. Au sein de chaque transect, tous les individus visibles ont été recensés à l'exception des petites espèces crypto-benthiques comme les blennies et les gobies. La taille (longueur totale) des individus a été estimée à 1 cm près pour ceux inférieurs à 10 cm, 2 cm près pour les individus entre 10 et 50 cm, et à 5 cm pour les individus de plus de 50 cm.

Analyse de données

Bien que les transects représentent chacun une surface de 125 m^2, les valeurs de densité est de biomasse sont exprimées en nombre d'individus pour 100 m^2 er en kg pour 100 m^2 afin de facilité la lecture et de pouvoir comparer les valeurs avec d'autres études.

Les valeurs de biomasses ont été calculées à partir des abondances et des tailles observées et des indices de relations taille-poids existant dans la littérature pour les espèces méditerranéennes (www.fishbase.org, consulté en 2023 (Morey et al. 2003)).

La caractérisation du réseau trophique des peuplements de poissons a été réalisé en classant les espèces en fonction de leur régime alimentaire (Tableau 1).

Famille	Espèce	Nom commun	Régime alimentaire	Cible pêche professionnelle	Cible pêche amateur à la ligne	Cible chasse sous-marine	2012 - 2017	2023
Apogonidae	*Apogon imberbis*	Apogon	Planctivore				X	X
Atherinidae	*Atherina boyeri*	Joël	Mésocarnivore					X
Carangidae	*Seriola dumerili*	Grande sériole	Piscivore	X	X	X	X	
	Trachurus trachurus	Chinchard d'Europe	Macrocarnivore				X	
Centracanthidae	*Spicara maena*	Mendole	Planctivore				X	X
Engraulinae	*Engraulis encrasicolus*	Anchois	Planctivore	X				X
Gadidae	*Phycis phycis*	Mostelle	Mésocarnivore	X		X	X	
Labridae	*Coris julis*	Girelle	Mésocarnivore		X		X	X
	Labrus merula	Labre merle	Mésocarnivore	X	X	X	X	X
	Labrus mixtus	Coquette	Mésocarnivore		X		X	
	Labrus viridis	Labre vert	Mésocarnivore	X	X	X	X	X
	Symphodus cinereus	Crénilabre cendré	Mésocarnivore				X	X
	Symphodus doderleini	Crénilabre de Doderlein	Mésocarnivore				X	X
	Symphodus mediterraneus	Crénilabre méditerranéen	Mésocarnivore		X		X	X
	Symphodus melanocercus	Crénilabre à queue noire	Mésocarnivore				X	X
	Symphodus melops	Crénilabre mélops	Mésocarnivore				X	X
	Symphodus ocellatus	Crénilabre ocellé	Mésocarnivore				X	X
	Symphodus roissali	Crénilabre à cinq taches	Mésocarnivore				X	X
	Symphodus rostratus	Sublet	Mésocarnivore				X	X
	Symphodus tinca	Crénilabre-tanche	Mésocarnivore		X	X	X	X
	Thalassoma pavo	Girelle paon	Mésocarnivore				X	X
Mugilidae	*Liza aurata*	Mulet doré	Omnivore	X		X	X	X
Mullidae	*Mullus surmuletus*	Rouget	Mésocarnivore	X	X	X	X	X
Muraenidae	*Muraena helena*	Murène	Macrocarnivore	X		X	X	X
Pomacentridae	*Chromis chromis*	Castagnole	Planctivore				X	X
Sciaenidae	*Sciaena umbra*	Corb	Mésocarnivore	X	X	X	X	X
Scorpaenidae	*Scorpaena maderensis*	Rascasse de Madère	Macrocarnivore				X	
	Scorpaena notata	Rascasse rouge	Macrocarnivore				X	
	Scorpaena porcus	Rascasse brune	Macrocarnivore				X	X
	Scorpaena scrofa	Chapon	Piscivore	X		X	X	
Serranidae	*Anthias anthias*	Anthyas	Planctivore				X	
	Epinephelus costae	Badèche	Piscivore			X	X	
	Epinephelus marginatus	Mérou brun	Piscivore	X	X	X	X	X
	Serranus cabrilla	Serran-chevrette	Macrocarnivore		X		X	X
	Serranus hepatus	Serran-tambour	Macrocarnivore				X	
	Serranus scriba	Serran-écriture	Macrocarnivore		X		X	X
Sparidae	*Boops boops*	Bogue	Planctivore				X	X
	Dentex dentex	Denti	Piscivore	X	X	X	X	X
	Diplodus annularis	Sparaillon	Mésocarnivore				X	X
	Diplodus cervinus	Sar tambour	Mésocarnivore	X	X	X	X	
	Diplodus puntazzo	Sar à museau pointu	Omnivore	X	X	X	X	X
	Diplodus sargus	Sar commun	Mésocarnivore	X	X	X	X	X
	Diplodus vulgaris	Sar à tête noire	Mésocarnivore	X	X		X	X
	Oblada melanura	Oblade	Omnivore				X	X
	Pagellus acarne	Pageot arcané	Macrocarnivore	X	X	X	X	
	Pagrus pagrus	Pagre commun	Macrocarnivore	X	X	X	X	
	Sarpa salpa	Saupe	Herbivore				X	X
	Sparus aurata	Dorade royale	Mésocarnivore	X	X	X	X	X
	Spondyliosoma cantharus	Canthare	Mésocarnivore	X	X		X	X
Sphyraenidae	*Sphyraena viridensis*	Barracuda rayé	Piscivore	X	X	X	X	X
						Nombre total d'espèces	**48**	**37**

Tableau 1 : liste des espèces observées dans la zone d'étude en 2023 et lors du programme Ichto entre 2012 et 2017 ; leur intérêt pour les activités de pêche (espèces cibles) et leur régime alimentaire.

La comparaison des densités, des biomasses ou des classes de tailles des espèces cibles pour la pêche avec les espèces non-cibles permet de donner une indication sur la pression de pêche exercée sur un peuplement de poissons. Pour cela avons classé les différentes espèces en fonction de leur intérêt pour les activités de pêche (Tableau 1). La liste de espèces cibles est la même que celle utilisée pour étudiées les peuplements de poissons dans le parc national des Calanques et dans le parc national de Port-Cros (Astruch et al. 2018; Le Diréach et al. 2020).

Résultats

Composition, abondance et diversité des peuplements de poissons.

La densité moyenne de poissons de la zone d'étude est de 358 ind./100m. Les plus fortes valeurs de densité ont été observées sur le site deux Frères avec 732,7 ± 162,2 ind./100m². Ces densités sont significativement plus importantes qu'à la Pointe du Mouret (150,4 ± 22,8 ind./100m²) et qu'à la Pointe du Mal Dormi (202,0 ± 70,3 ind./100m²) (Figure 11 A).

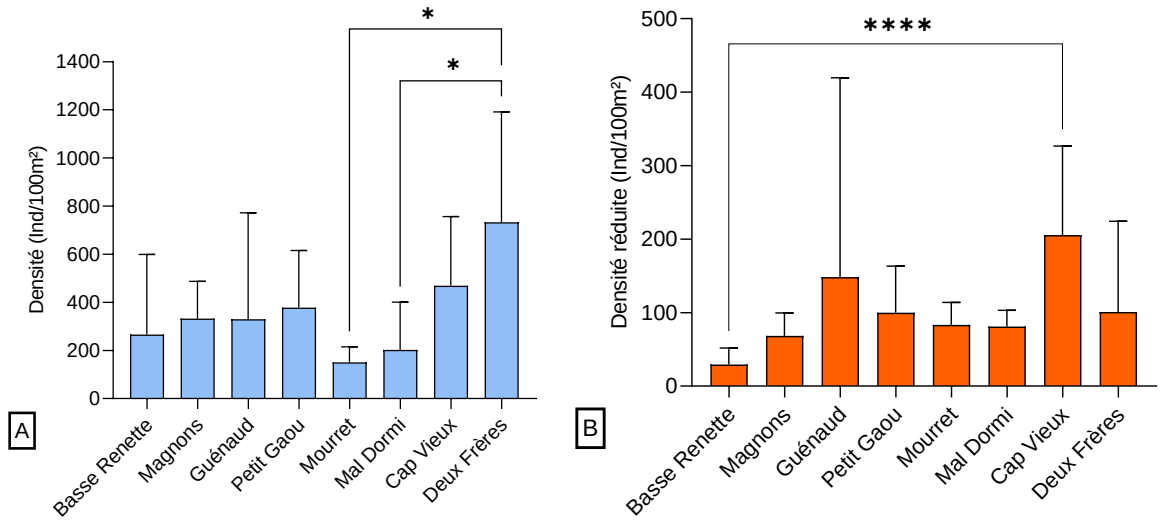


Figure 11 : Comparaison des densités totales (A) et des densités réduites (sans les planctonophages) (B) de poissons observés sur chaque site de la zone d'étude en 2023 (Test de Kruskal-Wallis et Test post-hoc de comparaisons multiples de Dunn ; * : P value < 0,05 ; **** : P value < 0,0001. Les barres verticales représentent la déviation standard).

Pour comprendre et interpréter la structuration des peuplements de poissons et leur répartition spatiale, il est nécessaire de prendre en compte certaines caractéristiques biologiques et du comportement de chacune des espèces comme leur régime alimentaire, leur répartition physique dans le milieu, leur capacité de déplacement, si les individus sont plutôt solitaires ou vivent en banc… Les espèces planctonophages (ou planctivores) sont souvent présentent en fortes densités, car elles vivent en bancs en pleine eau et leur dénombrement est peu précis. Les abondances de ces espèces peuvent fortement fluctuer d'une année sur l'autre. Leur prise en compte dans le jeu de données peut poser des problèmes de compréhension et d'interprétation de la structure et de l'évolution des assemblages de poissons des petits fonds côtiers. Toutefois il est à préciser que ces espèces ont un rôle important dans la chaîne alimentaire puisqu'elles sont pour la plupart des espèces fourrages pour les chaînons supérieurs (piscivores).

Afin de mieux décrire le peuplement de poissons strictement inféodés aux petits fonds rocheux de la zone d'étude, nous avons donc, dans certaines analyses, retiré les espèces planctivores du jeu de données, notamment pour le calcul des indices de diversité et pour la comparaison des densités. Lorsque l'on retire les espèces planctivores, nous parlons alors dans la suite du document de densité réduite, de biomasse réduite ou de richesse spécifique réduite.

Pour l'ensemble de la zone d'étude, les espèces planctivores représentent 71,4% des densités totales. Les castagnoles, espèce planctivore la plus abondante et très commune, représentent à elle seule 65% de la densité totale avec en moyenne plus de 230 ind/100m² (Figure 12). Sans les espèces planctivores, la densité réduite moyenne est de 102 ind./100m². Les densités réduites diffèrent significativement seulement entre deux sites : Basse Renette et Cap Vieux (Test de Krukal-Wallis ; P value = 0,0057 et test

post-hoc de Dunn) (figure 11 B). Les plus faibles densités ont été observées sur le site Basse Rennette avec 29,5 ± 7,9 ind./100m². Il s'agit du site comportant la plus grande proportion d'herbier de posidonie et la plus faible proportion d'habitats rocheux. La présence et la proportion des différents habitats d'un site peuvent influer sur la présence et la densité de certaines espèces, notamment celles strictement inféodées aux fonds rocheux. À l'inverse, les plus fortes densités ont été observées au Cap Vieux, donc les habitats présents sur les transects de comptages sont quasi exclusivement rocheux. La densité réduite y est de 205,6 ± 42,8 ind./100m² (figure 11 B). Seuls ces deux sites présentent des valeurs de densité réduite significativement différentes (Test de Kruskal-Wallis, P value = 0,0009 et Test post-hoc de comparaisons multiples de Dunn).

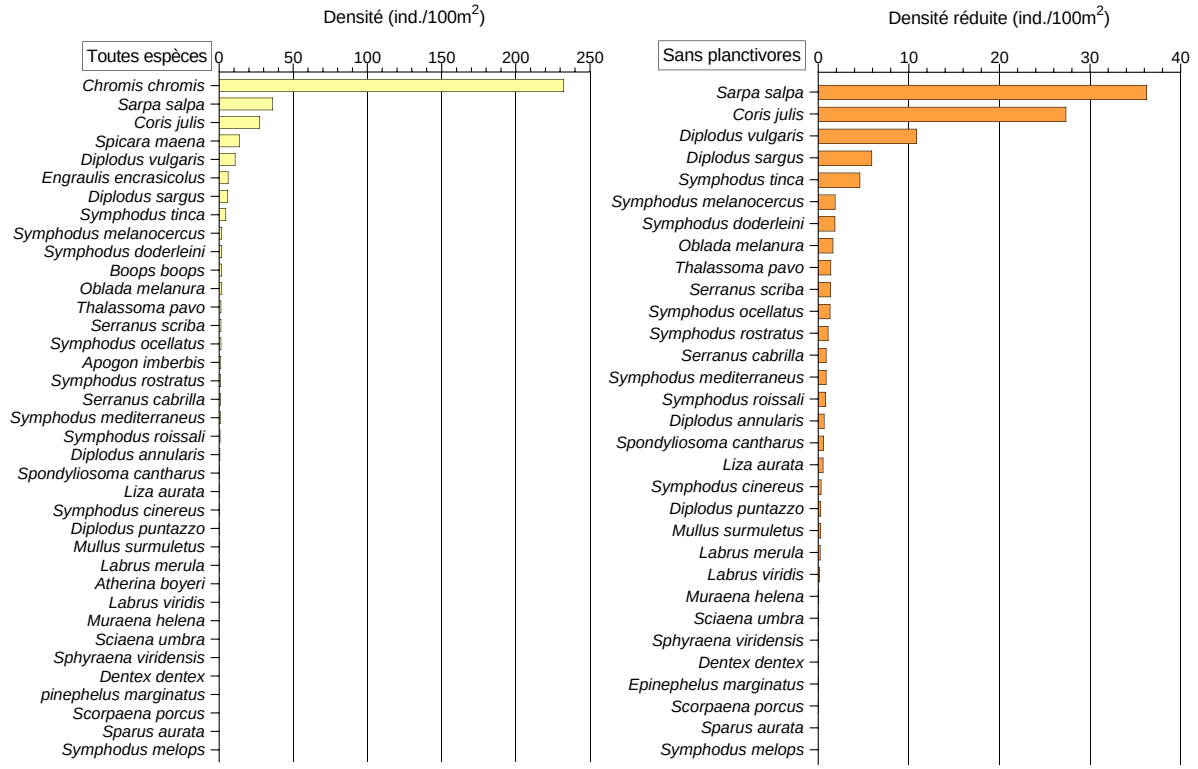


Figure 12 : abondance moyenne des espèces pour l'ensemble de la zone d'étude en 2023.

Sur l'ensemble de la zone d'étude, 37 espèces de poissons ont été comptabilisées en 2023 (tableau 2). La richesse spécifique (nombre d'espèces) est plutôt élevée pour l'ensemble des sites et varie peu d'un site à l'autre. La plus faible valeur a été observée au site des Magnons avec 22 espèces. Les plus fortes valeurs ont été observées au Petit Gaou et aux Deux Frères avec 28 espèces (Tableau 2).

L'occurrence et la densité de chacune des espèces influent sur la structuration et la diversité des peuplements de poissons.

Les densités de poissons de la zone d'étude sont très variables d'une espèce à l'autre. Huit espèces ont des densités beaucoup plus importantes que les autres (Figure 12). Il s'agit de la castagnole (*Chromis Chromis*), de la saupe (*Sarpa salpa*), de la girelle (*Coris julis*), de la mendole (*Spica maena*), du sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*), de l'anchois (*Engraulis encrasicolus*), du sar commun (*Diplodus sargus*) et du crénilabre tanche (*Symphodus Tinca*). Parmi ces espèces, trois font parties du groupe trophique des planctonophages.

L'occurrence d'observation des espèces permet de voir si une espèce est plus ou moins commune ou rare. Cette information est complémentaire de la densité. Ainsi une espèce peut être abondante, mais

rarement observée ou au contraire être peu abondante, mais très commune. Par exemple, les fortes densités observées au site des Deux Frères sont fortement influencées par les castagnoles, qui est une espèce abondante et commune sur l'ensemble de la zone d'étude, mais aussi par les mendoles (*spicara maena*), qui n'a été que rarement observée sur l'ensemble de la zone d'étude, mais dont un banc de plusieurs centaines d'individus était présent sur ce site au moment du comptage (Figure 12 et 13 et tableau 2). De même, pour les sites Cap Vieux et Guénaud, les valeurs élevées de densités réduites sont fortement induites par la présence de bancs de saupes de plusieurs centaines d'individus. Cette espèce est très abondante sur l'ensemble de la zone d'étude, mais son occurrence d'observation n'est pas très élevée car les individus ne sont pas répartis de façon homogène. Ils forment des bancs qui se déplacent sur de grandes distances, rendant ainsi leur observation hasardeuse en fonction de leur localisation dans un site au moment de la réalisation du comptage.

Espèces	Basse Renette	Magnons	Guénaud	Petit Gaou	Mourret	Mal Dormi	Cap Vieux	Deux Frères	Zone d'étude
Apogon imberbis	37.5	62.5	37.5	50	12.5	62.5	12.5	50	40.6
Atherina boyeri	0	0	0	0	12.5	0	0	12.5	3.1
Boops boops	0	0	12.5	0	0	0	37.5	0	6.3
Chromis chromis	100	100	87.5	100	100	75	100	100	95.3
Coris julis	100	100	100	100	100	100	100	100	100.0
Dentex dentex	0	0	0	0	0	0	0	12.5	1.6
Diplodus annularis	62.5	37.5	62.5	12.5	50	62.5	12.5	50	43.8
Diplodus puntazzo	0	50	12.5	25	12.5	25	37.5	37.5	25.0
Diplodus sargus	62.5	75	62.5	87.5	50	37.5	87.5	75	67.2
Diplodus vulgaris	87.5	100	62.5	75	87.5	100	100	87.5	87.5
Engraulis encrasicolus	0	0	12.5	0	0	0	0	0	1.6
Epinephelus marginatus	12.5	0	0	12.5	0	0	0	12.5	4.7
Labrus merula	25	37.5	12.5	37.5	25	25	0	25	23.4
Labrus viridis	12.5	25	25	25	25	12.5	12.5	12.5	18.8
Liza aurata	0	0	0	0	0	0	25	0	3.1
Mullus surmuletus	12.5	0	37.5	12.5	25	62.5	75	0	28.1
Muraena helena	0	0	25	12.5	0	12.5	0	25	9.4
Oblada melanura	0	0	0	0	87.5	12.5	75	37.5	26.6
Sarpa salpa	37.5	50	50	62.5	87.5	87.5	100	50	65.6
Sciaena umbra	0	0	0	12.5	0	0	0	0	1.6
Scorpaena porcus	0	12.5	0	0	0	12.5	0	0	3.1
Serranus cabrilla	12.5	0	37.5	62.5	87.5	37.5	100	62.5	50.0
Serranus scriba	87.5	75	87.5	87.5	75	87.5	75	75	81.3
Sparus aurata	0	12.5	0	0	0	0	0	0	1.6
Sphyraena viridensis	12.5	0	0	25	0	0	0	12.5	6.3
Spicara maena	12.5	0	25	12.5	0	0	0	25	9.4
Spondyliosoma cantharus	37.5	0	12.5	37.5	50	75	25	25	32.8
Symphodus cinereus	12.5	12.5	0	37.5	25	50	37.5	0	21.9
Symphodus doderleini	62.5	87.5	75	62.5	37.5	75	37.5	25	57.8
Symphodus mediterraneus	25	87.5	62.5	62.5	50	75	25	37.5	53.1
Symphodus melanocercus	87.5	87.5	100	100	100	100	12.5	87.5	84.4
Symphodus melops	0	0	0	0	12.5	0	0	0	1.6
Symphodus ocellatus	12.5	37.5	12.5	50	37.5	0	25	62.5	29.7
Symphodus roissali	0	50	37.5	75	62.5	75	62.5	25	48.4
Symphodus rostratus	62.5	62.5	62.5	87.5	62.5	87.5	25	25	59.4
Symphodus tinca	62.5	100	87.5	100	87.5	87.5	62.5	75	82.8
Thalassoma pavo	25	50	25	87.5	37.5	62.5	62.5	37.5	48.4
Richesse spécifique	**24**	**22**	**26**	**28**	**26**	**25**	**25**	**28**	**37**

Tableau 2 : Occurrence d'observation (pourcentage observation entre les huit transects de chaque station) des espèces observées en 2023 dans chaque station, et pour l'ensemble de la zone d'étude. En bleu clair, les espèces communes avec une occurrence d'observation comprise entre 50% et 75% ; en bleue foncée, les espèces permanentes avec une occurrence d'observation comprise entre 75% et 100%.

Parmi les 37 espèces observées en 2023, six sont particulièrement communes sur l'ensemble de la zone d'étude (tableau 2). Il s'agit de la castagnole (*Chromis Chromis*), de la girelle (*Coris julis*), du Sar à tête noire (*Diplodus Vulgaris*), du serran écriture (*Serranus scriba*), du crénilabe à queue à noire (*Symphodus melanocercus*), et du crénilabre tanche (*Symphodus tinca*). Ces espèces ont été observées dans tous les sites et avec une forte occurrence d'observation dans la plupart des sites (le pourcentage d'observation de l'espèce entre les huit transects de comptage de chaque site est supérieur à 75%).

Pour les anchois, malgré le fait que cette espèce représente une part importante des densités moyennes globales, cette espèce est peu fréquente puisqu'un seul banc de plus de 400 individus a été observé sur un transect du site Guénaud.

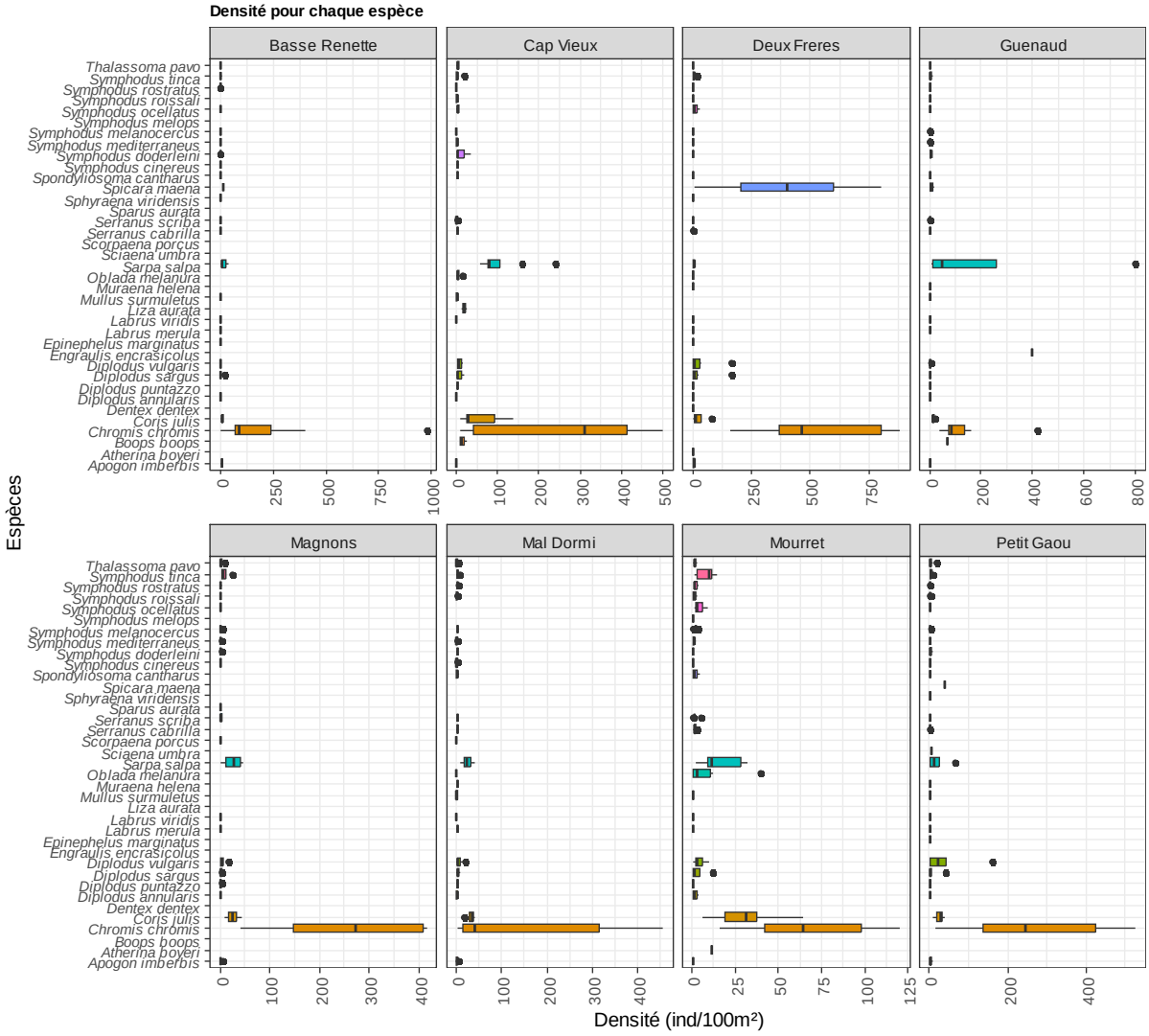


Figure 13 : densité de chacune des espèces observées sur les huit stations de la zone d'étude. Pour chaque boite à moustache, la barre du milieu représente la médiane et les barres horizontales représentes la répartition de 95% des observations et les points représentent les valeurs extrêmes.

Les indices de diversité et d'équitabilité sont des mesures communément utilisées pour évaluer la structure d'une communauté biologique, c'est-à-dire la composition et la répartition des différentes espèces au sein d'un écosystème. Ces indices fournissent des informations importantes sur la biodiversité et la santé globale d'un peuplement ou d'un écosystème. Nous avons choisi ici d'utiliser l'indice d'équitabilité de Pilou (J), l'indice de diversité de Simpson (1 – D) et l'indice de Hill (sous la forme 1 – Hill) pour caractériser la diversité et l'équitabilité des peuplements de poissons de la zone d'étude (Tableau 3).

Tableau 3 : densité, richesse et diversité des peuplements de poissons des huit stations de la zone d'étude et de l'ensemble de la zone d'étude. Les indices de diversité (Piélou, Simpson et Hill) ont été calculés sans les espèces planctonophages.

Stations	Abondances totales (ind/100m²)	Abondances réduites (ind/100m²)	Richesse spécifique totale	Richesse spécifique sans planctivores	J_pielou	D_Simpson (1-D)	1-Hill
Basse Renette	266.3	29.5	24	21	0.36	0.83	0.33
Magnons	332.8	205.6	22	20	0.34	0.79	0.37
Guenaud	329.7	101	26	21	0.17	0.41	0.41
Petit Gaou	377.7	148.4	28	25	0.32	0.81	0.34
Mourret	150.4	68.5	26	23	0.34	0.80	0.40
Mal Dormi	202	81.2	25	23	0.32	0.76	0.42
Cap Vieux	468.8	83.4	25	22	0.25	0.65	0.38
Deux Freres	732.7	100	28	24	0.31	0.80	0.30
Zone d'étude	**357.55**	**102.2**	**37**	**31**	**0.2950141**	**0.7827375**	**0.3931662**

Les valeurs de l'indice d'équitabilité de Piélou varient peu d'un site à l'autre est sont plutôt faibles, entre 0,17 à Guénaud et 0,36 à Basse Rénette. L'indice de diversité de Simpson (1-D) est plutôt élevé pour la plupart des sites et varie entre 0,41 à Guénaud et 0.83 à Basse Renette. L'indice de Hill quant à lui est plutôt faible pour l'ensemble des sites. Il varie entre 0.30 aux Deux Frères à 0,42 à la pointe du Mal Dormi. Globalement, les peuplements de poissons de la zone sont à la fois abondants en termes de densité d'individus et riches en termes de nombre d'espèces. Par contre, ces peuplements sont faiblement diversifiés, et dominés par quelques espèces communes, même lorsque l'on retire les espèces planctivores du jeu de données. La plupart des espèces observées sont rares (en termes d'occurrence) et ont de faibles abondances. Cette tendance générale varie peu entre les différents sites étudiés dans la zone.

Structuration trophique des peuplements et impact de l'activité de pêche.

La biomasse prend en compte à la fois le nombre d'individus présent mais aussi leur taille. Nous avons regroupé les espèces en fonction de leur régime alimentaire (ou groupe trophique). La proportion, en termes de biomasse de poissons, de chacun des groupes donne des indications sur l'état du peuplement et son niveau de conservation.

La biomasse moyenne rencontrée sur la zone d'étude en 2023 est de 14,0 kg/100m². La plus forte valeur de biomasse a été enregistrée au site Guénaud avec 48,3 ± 44,5 kg/100m². La plus faible valeur de biomasse se trouve au site Mouret avec 3,1 ± 1,0 kg/100m² (Figure 14).

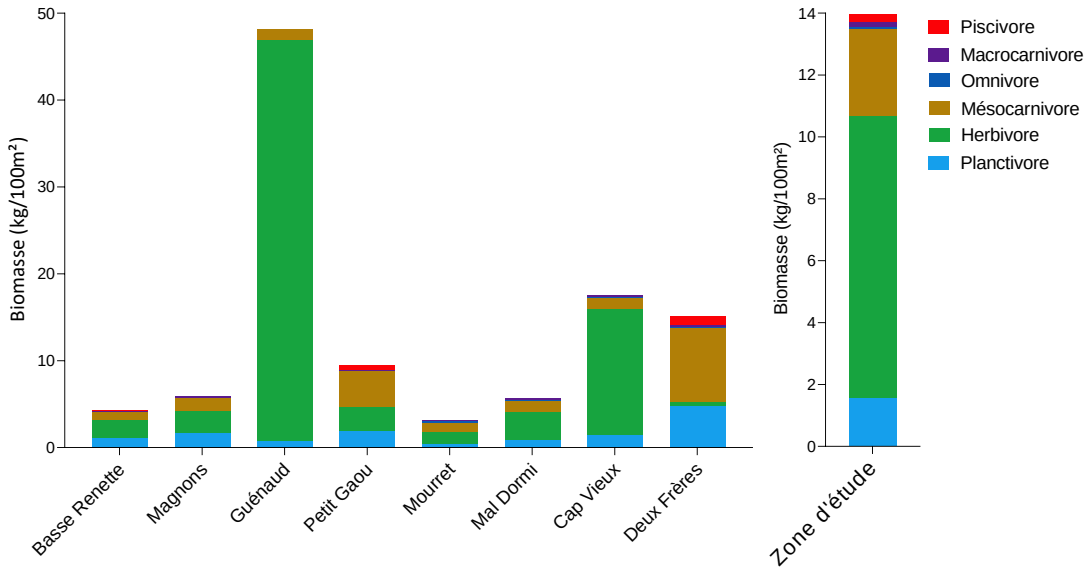


Figure 14 : Biomasse de poissons par groupe trophique pour chacune des huit stations et pour l'ensemble de la zone d'étude.

La répartition des valeurs de biomasse en fonction des groupes trophiques met en évidence que les assemblages de poissons de la zone d'étude sont largement dominés par les herbivores qui représentent à eux seuls 65,3% de la biomasse totale. Viennent ensuite les mésocarnivores et les planctivores qui représentent respectivement 20,1% et 11,1% de la biomasse totale.

Les herbivores sont des consommateurs primaires, ils se situent en bas du réseau trophique. Ce groupe n'est représenté que par une seule espèce : la saupe (*Sarpa salpa*). Les variations de biomasse totale entre sites sont principalement influencées par les herbivores, c'est-à-dire par la présence de bancs de saupes. Par exemple ; les fortes valeurs de biomasse du site Guénaud sont principalement dues à la présence d'un banc de saupes de plus d'un millier d'individus de taille moyenne d'environ 32cm. Ce banc est estimé à plus de 500 kg de poissons.

Les plus hauts chaînons du réseau trophique sont les macrocarnivores et les piscivores. Ces deux groupes sont les moins représentés en termes de biomasse en cumulant seulement 3% de la biomasse totale. Les piscivores ne représentent que 2,4% du peuplement en termes de biomasse. Trois espèces de poissons piscivores ont été observées sur l'ensemble de la zone d'étude en 2023. Il s'agit de mérou brun (*Epinephelus marginatus*) dont la pêche est réglementée par un moratoire interdisant les prélèvements de cette espèce en chasse sous-marine et en pêche à la ligne ; du barracuda (*Sphyraena viridensis*) et du denti (*Dentex dentex*). Pour l'ensemble de la zone d'étude, ce qui correspond à 8000 m² prospectés, seulement 14 individus piscivores ont été observés. Sept d'entre eux ont été observés aux Deux Frères, cinq au Petit Gaou et deux à Basse Rénette. Sur le site des Deux Frères, où le plus grand nombre de poissons piscivores ont été observés, la biomasse moyenne de ce groupe est de 1,1 kg/100m² et représente 7,3% de la biomasse totale.

Pour l'ensemble de la zone d'étude en 2023, les compartiments trophiques dominants le peuplement sont ceux des plus bas niveaux.

Les espèces ciblées par la pêche, appartenant aux hauts niveaux trophiques, sont pour la plupart représentées par des individus plus grands et donc plus lourds que ceux des espèces de bas niveaux

trophiques non-pêchés. La biomasse des espèces cibles de l'ensemble de la zone d'étude ne représente que 22% de la biomasse totale en 2023, soit 3,08 ± 1,24 kg/100m² (Figure 15). Cette faible proportion de biomasses d'espèces cibles révèle un impact non négligeable des activités de pêche sur la structuration des assemblages de poissons de la zone.

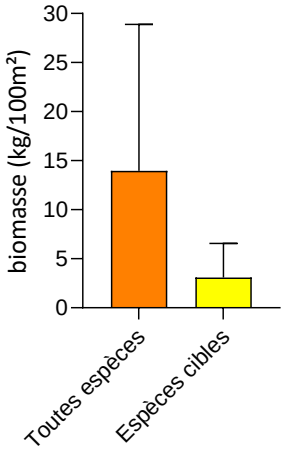


Figure 15 : biomasse moyenne pour l'ensemble des espèces et pour les espèces cibles pour l'ensemble de la zone d'étude (Les barres verticales représentent la déviation standard).

L'analyse des classes de taille des populations de certaines espèces ciblées par la pêche et qui sont à la fois relativement abondantes et communes peut donner des indications complémentaires sur la pression de pêche exercée dans une zone. Nous avons sélectionné sept espèces qui correspondaient à ces critères. Il s'agit de la girelle (*Coris julis*), du sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*), du sar à museau pointu (*D. puntazzo*), du sar commun (*D. sargus*), du serran écriture (*Serranus sciba*), du serran chevrette (*S. cabrilla*) ainsi que du crénilabre tanche (*Symphodus tinca*).

Pour chacune de ces espèces, les tailles maximales des individus observées sur l'ensemble de la zone d'étude sont très inférieures aux tailles maximales que peuvent atteindre ces espèces. Les classes de tailles les plus grandes sont peu représentées et pour la plupart à peine supérieures à la taille commune indiquée pour ces espèces dans la littérature scientifique (Données issues de **fishbase.mnhn.fr).**

Parmi ces sept espèces, les trois espèces de sars ont une taille minimale de capture (TLC) pour la pêche plaisancière (Arrêté du 26 octobre 2012 déterminant la taille minimale ou le poids minimal de capture de poissons et autres organismes marins(pour une espèce donnée ou pour une zone géographique donnée) affectés dans le cadre de la pêche maritime de loisir). Pour le sar à museau pointu, seuls 4% des individus rencontrés ont une taille supérieure la taille minimale de capture (25 cm). Pour le sar à tête noire, cette proportion est de 36,9% et pour le sar commun elle est de 13,5%. Ces espèces sont donc représentées majoritairement par des individus de petite taille, inférieure à la taille légale de capture. Compte tenu du faible nombre de prédateurs naturels (poissons piscivores) de ces espèces présents sur la zone, il semble que les grands individus aient été prélevés par les activités de pêche.

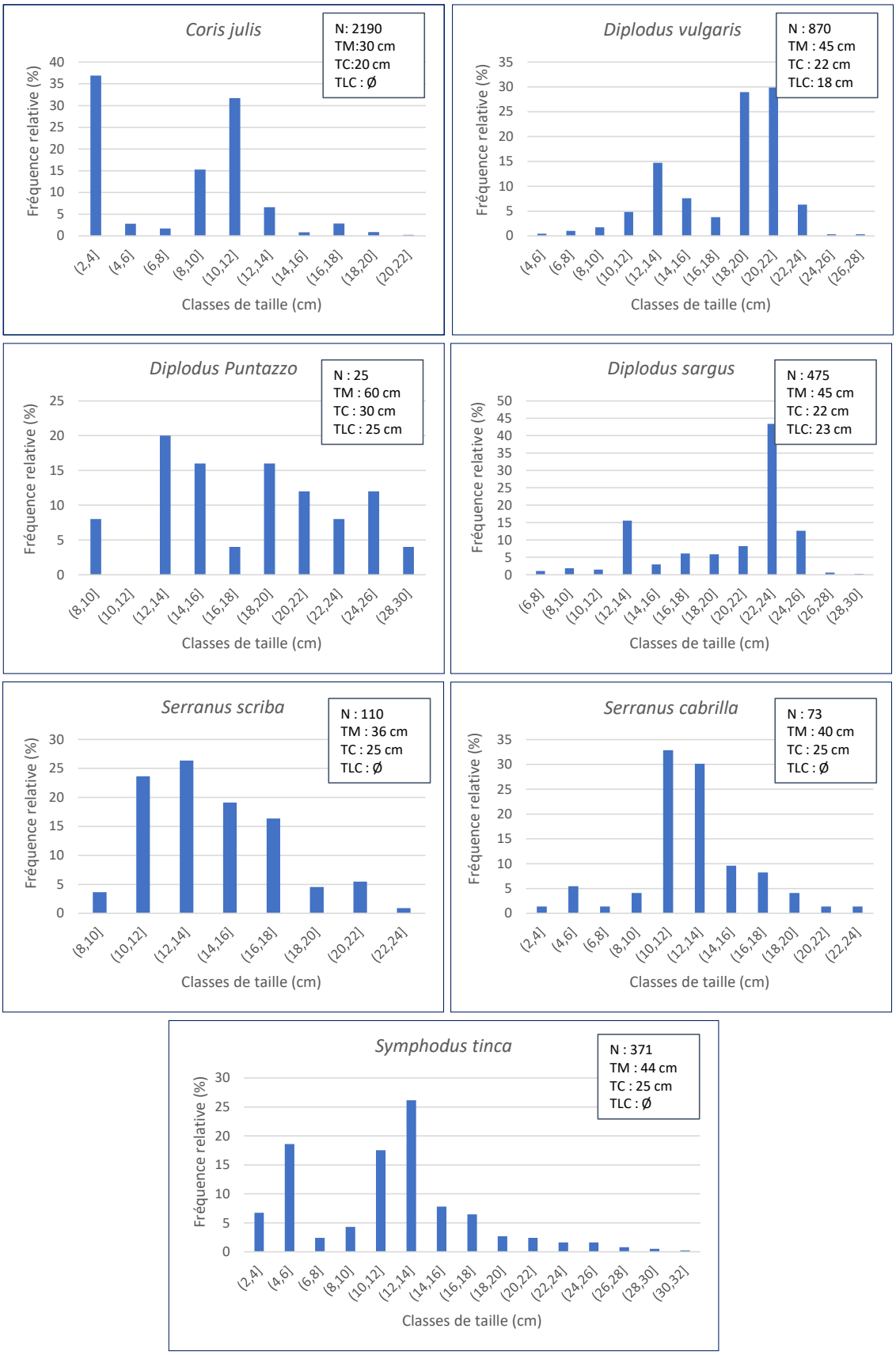


Figure 16 : Fréquence relative des classes de taille des espèces ciblées par la pêche les plus abondances dans la zone d'étude. N : nombre d'individus comptabilisés ; TM : taille maximale de l'espèce ; TC : taille commune (TM et TC : source : fishbase.mnhn.fr) ; TLC : taille légale de capture pour la pêche de loisir en Méditerranée (source : Arrêté du 26 octobre 2012).

Espèces faisant l'objet d'un moratoire pour la chasse sous-marine et la pêche de loisir.

Sur les côtes méditerranéennes françaises, cinq espèces de mérous ainsi que le corb font l'objet de moratoires interdisant leur prélèvement pour la pêche de loisir à la ligne et la chasse sous-marine. Le mérou brun et le corb ont failli disparaître des côtes françaises en raison de la chasse sous-marine intensive. Leurs mises en place datent de 1993 pour le mérou et de 2013 pour le corb.



Figure 17 : à gauche : mérous bruns (*Epinephelus marginatus*) ; à droite : corbs (*Sciena umbra*).

Dans la zone d'étude à l'ouest de Toulon, sur les 8000 m² prospectés, seuls quatre mérous brun et six corbs ont été observés. Pour les mérous, 1 individu de 45 cm a été observé à Basse Rénette, 2 aux Deux Frères (taille : 45 et 50 cm) et un individu de 25 cm au Petit Gaou. Pour le corb, les six individus mesurant entre 26 et 28 cm ont été observés au Petit Gaou.

Fonction de nurserie des petits fonds rocheux de la zone d'étude.

Sur les 37 espèces observées en 2023 dans la zone d'étude, 21 espèces étaient présentent au stade juvénile. Parmi elles, 12 appartiennent à la famille des labridés (Figure 18). Pour cette famille, les juvéniles vivent dans les mêmes habitats que les individus adultes, aux mêmes profondeurs (ici entre 8 et 20 m) et sont le plus souvent rencontrés en groupes, avec les adultes.

Sur l'ensemble de la zone étudié, la densité moyenne de juvénile est de 50,3 ± 77,3 juvéniles/100m². Pour certaines espèces comme la girelle (*Coris julis*) ou le crénilabre tanche (*Symphodus tinca*), les fréquences relatives des classes de tailles correspondants aux juvéniles (jusqu'à 6 cm) sont relativement importantes (Figure 16). Cela montre une part importante de juvéniles dans les communautés de ces espèces à ce moment de l'année dans les mêmes habitats de vie des individus adultes.

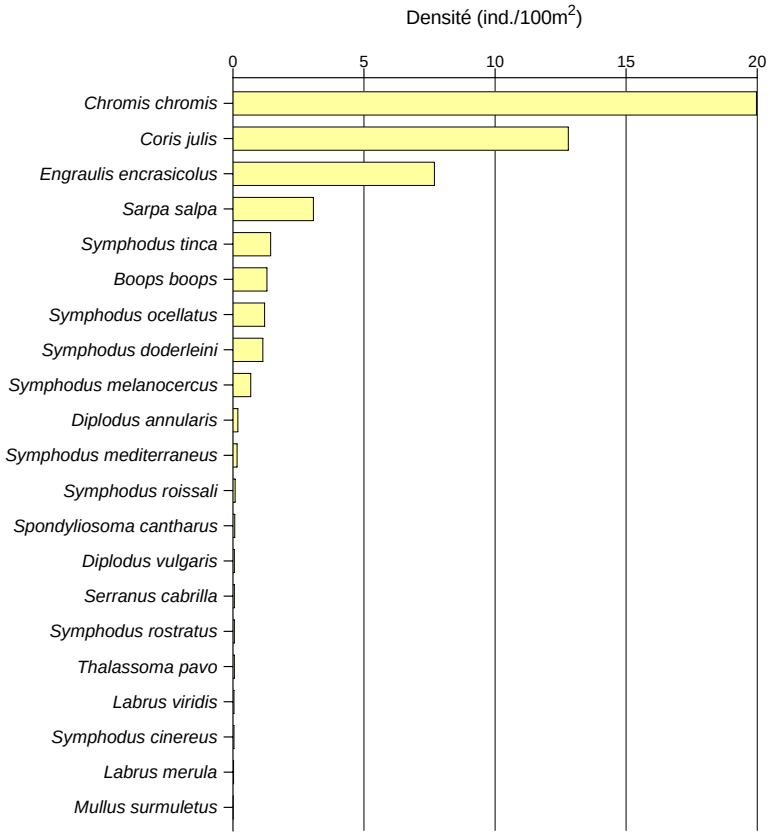


Figure 18 : densité moyenne de juvéniles de chaque espèce pour l'ensemble de la zone d'étude en 2023.

Évolution des assemblages de poissons de la zone d'étude entre 2012 et 2023 et comparaison avec les assemblages de poissons des parcs nationaux adjacents

Afin d'évaluer l'évolution des peuplements de poissons de la zone d'étude, les données acquises dans cette étude en 2023 sont comparées à celles du programme Ichto qui a consisté à réaliser des comptages de poissons selon la même méthode et sur les mêmes sites entre 2011 et 2017. Dans le programme Ichto, deux campagnes de comptages étaient réalisées chaque année, une au printemps et une à l'automne. Dans la présente étude, nous avons choisi de réaliser une seule campagne de compactage en été 2023, période où les peuplements de poissons à faible profondeur le long des côtes sont les mieux établis et représentatifs. Pour les données de « Ichto », les valeurs annuelles des variables décrivant les peuplements de poissons sont calculées en moyennant les deux campagnes de comptage de chacune des années. Le site Petit Gaou a été retiré du jeu de données pour évaluer les fluctuations interannuelles de densité et de biomasse, car ce site n'a commencé à faire l'objet de suivis dans le programme Ichto qu'à partir de 2015.

Sur la période 2012 à 2023, 50 espèces de poissons ont été observées et comptabilisées pour en étudier l'évolution des assemblages dans la zone d'étude. Pour rappel, les petites espèces crypto -benthiques comme les blennies et les gobies ne sont pas pris en compte dans le protocole de comptage. De plus les espèces rares et les espèces pélagique peuvent ne pas être observée bien que présentes. La richesse spécifique des assemblages de poissons de la zone d'étude est donc supérieure à 50 espèces, ce qui correspond à une richesse globale importante.

Parmi ces espèces, 13 n'ont pas été observées lors de la campagne de comptage de 2023 alors qu'elles avaient déjà été observées au moins une fois dans la zone d'étude entre 2012 et 2017 dans le cadre du programme Hichto (Couvray, 2020). Il s'agit principalement d'espèces rares comme la badèche

(*Epinephelus costae*), des espèces pélagiques dont la présence au bord des côtes à faible profondeur est occasionnelle, ou fortement variable en fonction de la saison comme le pageot arcané (*Pagellus acarne*) ou le chinchard d'Europe (*Trachurus trachurus*), des espèces necto-benthiques à forte sédentarité qui vivent le plus souvent cachées dans des anfractuosités rocheuses (mostelles et rascasses) ou des espèces habituellement observées au-delà de 20 m de profondeur comme les anthias (*Anthias anthias*).

À l'inverse, deux espèces ont été observées en 2023 alors qu'elles n'avaient pas été observées lors des comptages du programme Hichto. Il s'agit de deux espèces de petits planctivores: le joël (ou athérine) (*Atherina boyeri*) et l'anchois (*Engraulis encrasicolus*).

Les densités totales ainsi que les biomasses totales de poissons de la zone d'étude ont significativement augmenté entre 2012 et 2023.

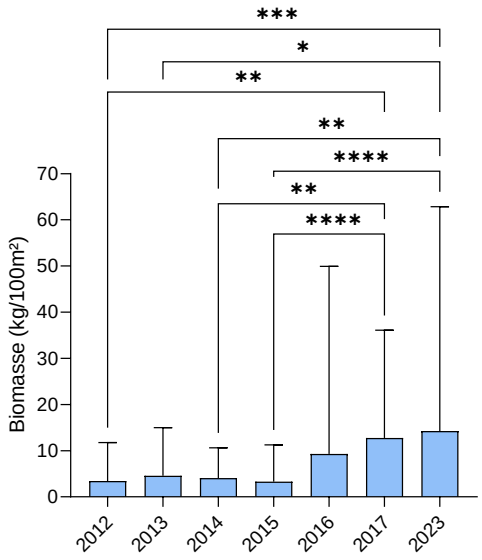


Figure 19 : Évolution des densités totales et des biomasses totales de poissons de la zone d'étude entre 2012 et 2023. (Test de Kruskal-Wallis et Test ad hoc de comparaisons multiples de Dunn ; * : P value < 0,05 ; ** : P value < 0,01 ; *** : P value < 0,005 ; **** : P value < 0,0001. Les barres verticales représentent la déviation standard).

Ces augmentations de densités ou de biomasses ne concernent pas tous les groupes trophiques (Figure 20). Seules les biomasses de planctivores et d'herbivores et dans une moindre mesure les mésocarnivores ont significativement augmenté entre 2012 et 2023. Les biomasses des omnivores ont fluctué sans tendance à l'augmentation (Figure 20). Les biomasses des deux plus hauts compartiments trophiques c'est-à-dire les macrocarnivores et les piscivores n'ont pas évolué aux cours des 11 dernières années et se sont maintenues à des niveaux relativement faibles.

La comparaison interannuelle des valeurs de biomasse des espèces non- ciblées par la pêche et des espèces cibles met en évidence que l'augmentation de la biomasse globale de poissons dans la zone d'étude entre 2012 et 2023 est essentiellement due à une augmentation de la biomasse des espèces non-cibles (Figure 21). Les biomasses des espèces cibles pour la pêche n'ont pas significativement évoluées entre 2012 et 2023.

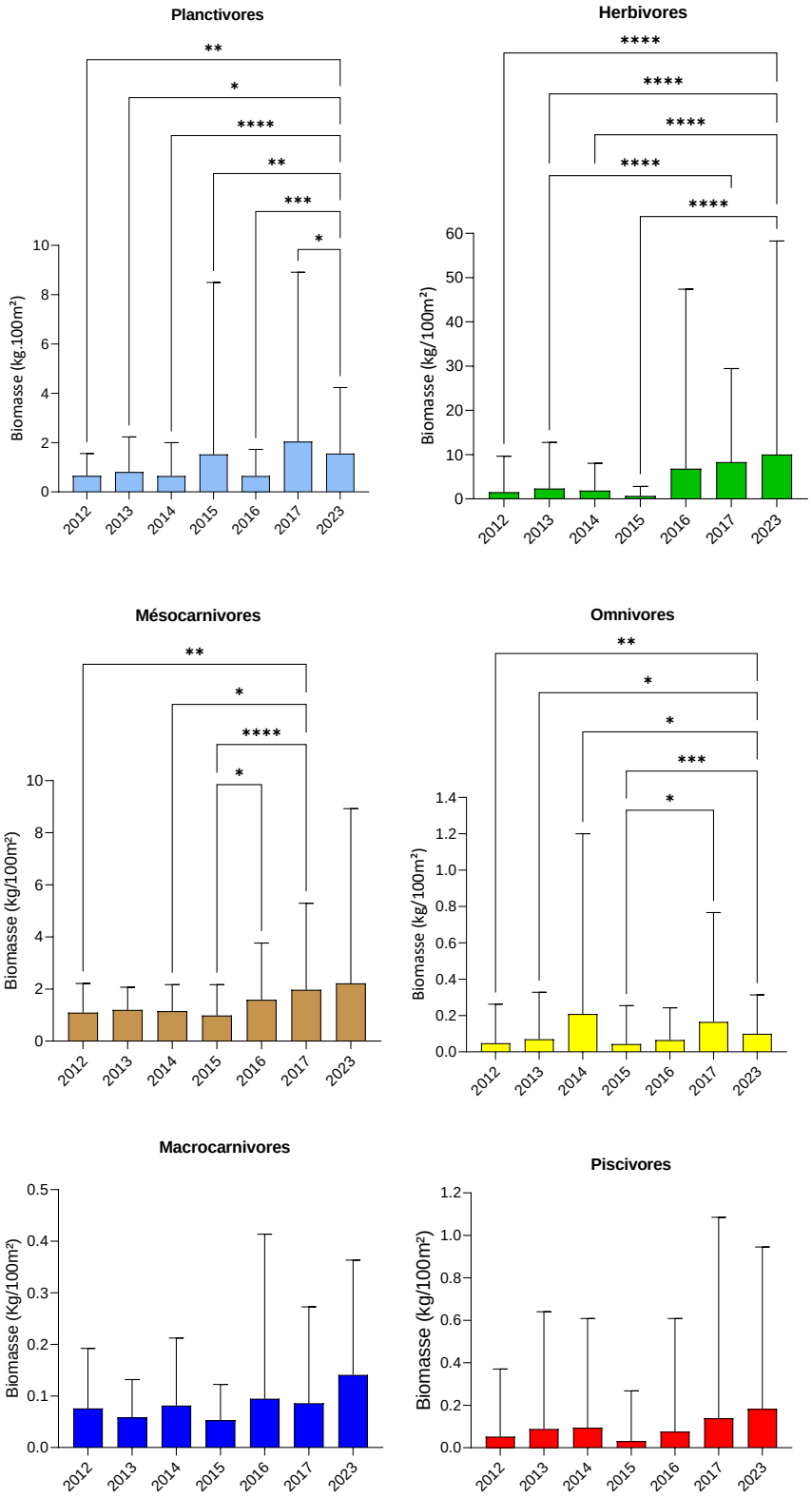


Figure 20 : Évolution des biomasses de poissons de la zone d'étude pour chacun des six groupes trophiques entre 2012 et 2023. (Test de Kruskal-Wallis et Test ad hoc de comparaisons multiples de Dunn ; * : P value < 0,05 ; ** : P value < 0,01 ; *** : P value < 0,005 ; **** : P value < 0,0001. Les barres verticales représentent la déviation standard).

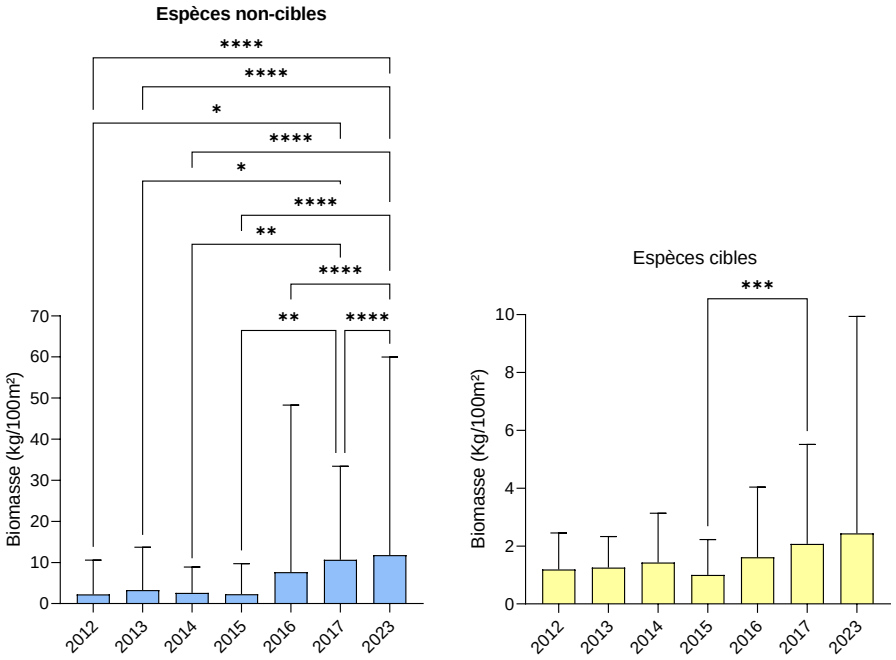


Figure 21 : Évolution des biomasses des espèces de poissons non ciblées par la pêche et des espèces cibles de la zone d'étude entre 2012 et 2023 (Test de Kruskal-Wallis et Test ad hoc de comparaisons multiples de Dunn ; * : P value < 0,05 ; ** : P value < 0,01 ; *** : P value < 0,005 ; **** : P value < 0,0001. Les barres verticales représentent la déviation standard).

Dans le but d'obtenir une compréhension plus approfondit de l'état des assemblages de poissons dans la zone d'étude, nous avons comparé les données de 2023 à celles issues d'études similaires menées dans le Parc national des Calanques (PNC) en 2019 (Le Diréach et al. 2020) et dans le Parc national de Port-Cros (PNPC) en 2014 (Astruch et al. 2018) en zone de non-prélèvement et hors zone de non-prélèvement.

La richesse spécifique alpha ainsi que la diversité ponctuelle des peuplements de poissons de la zone d'étude sont du même ordre de grandeur que celles observées dans les deux parcs nationaux adjacents (tableau 4). Les valeurs de densités et de biomasse totale des poissons dans l'Ouest toulonnais en 2023 sont élevées avec 357,6 ind/100 m² et 13, 9 kg/100 m²et comparables à celles enregistrées dans le Parc national des Calanques en 2019 (densité : 381 ind/100 m² ; biomasse : 14,6 kg/100 m²), et supérieures à celles du Parc national de Port-Cros en 2014 (densité : 158,4 ind/100 m² ; biomasse : 6,5 kg/100 m²).

Dans cette comparaison des assemblages de poissons, le contraste de valeur le plus marqué est pour les biomasses des espèces ciblées par la pêche. En effet, pour l'ensemble de la zone d'étude en 2023, les biomasses cumulées des espèces ciblées par les activités de pêche s'élèvent à 3,08 ± 1,24 kg/100m². Ces valeurs sont similaires à celles observées en dehors des zones de non-prélèvement dans les parcs nationaux de Port- Cros et des Calanques (respectivement 3,76 kg/100 m² et 3 kg/100 m²). Cependant, elles sont environ 30% inférieures à celles constatées dans les zones de non-prélèvement du Parc national de Port-Cros en 2014 et trois fois moins élevées que celles relevées dans les zones de non-prélèvement du Parc national des Calanques en 2019 (respectivement 6,69 kg/100 m² et 10 kg/100 m²).

		Alpha diversité (nombre d'espèces)	diversité ponctuelle (nombre d'espèces par transect)	Densité (toutes espèces) (ind/100m²)	Densité réduite (sans planctivores) (ind/100m²)	Densité d'espèces cibles (ind/100m²)	Biomasse (toutes espèces) (kg/100m²)	Biomasse réduite (sans planctivores) (kg/100m²)	Biomasse d'espèces cibles (kg/100m²)
Zone d'étude 2023	Basse Renette	24	10.6	266.3	29.5	18.0	4.20	3.19	0.92
	Magnons	22	13.1	332.8	68.5	47.5	5.96	4.22	1.59
	Guénaud	26	12.3	329.7	148.4	75.5	48.33	47.47	1.03
	Petit Gaou	29	15.3	377.7	100.0	73.5	12.08	10.59	7.54
	Mourret	27	14.3	150.4	83.4	49.5	3.09	2.73	1.05
	Mal Dormi	25	15.0	202.0	81.2	49.5	5.17	4.62	1.16
	Cap Vieux	25	13.3	468.8	205.6	85.5	17.89	16.34	1.57
	Deux Frères	29	12.9	732.7	101.0	87.4	15.03	10.21	9.74
	zone globale	**37**	**13.3**	**357.6**	**102.2**	**60.8**	**13.97**	**12.42**	**3.08**
Parc national des Calanques [(1)] (fonds rocheux 5 - 25 m)	Zone globale	53	9.7 -16.5	381	73	53	14.6	10.34	6.5
	HZNP	44		269	51	37	8.4	4.71	3
	ZNP	52		494	93	68	20.8	15.98	10
Parc National Port-Cros [(2)] (fonds rocheux 5 - 15 m)	Zone globale	23 -34		158.4		37.5	6.58		4.74
	zone de pêche règlementée	23 - 29	8.9 - 13.1	143.2		40.2	5.79		3.76
	ZNP	27 - 34	10.7 - 13.7	188.6		32.3	8.16		6.69

(1) : Le Diréach et al. 2020; (2): Astruch *et al.* 2018

Tableau 4 : Comparaison des peuplements de poissons de l'Ouest toulonnais de 2023 avec ceux du parc national des calanques en 2019 (Le Diréach et al. 2020) et ceux du parc national de Port-Cros en 2014 (Astruch et al. 2018).

Malgré une richesse et des abondances importantes, les assemblages de poissons de l'ouest toulonnais présentent un déficit en individus de grandes tailles appartenant aux niveaux trophiques supérieurs, soit les plus prisés et impactés par l'activité de pêche, par rapport aux assemblages de poissons des zones de non-prélèvement des parcs nationaux adjacents.

Discussion et conclusion

Les peuplements de poissons des petits fonds côtiers rocheux des trois sites Natura 2000 à l'ouest de Toulon sont relativement riches et abondants. Toutefois, la composition de ces peuplements est peu diversifiée, caractérisée par la prédominance de quelques espèces appartenant à des niveaux trophiques inférieurs. La variabilité spatiale de la structure des assembleuses de poissons de la zone est faible. Elle est principalement induite par la présence de bancs d'espèces planctivores ou par des bancs de saupes. L'observation de ces espèces est parfois aléatoire compte tenu de leur comportement agrégatif et de leur forte capacité de déplacement.

Le rôle de nurserie des petits fonds hétérogènes est particulièrement connu et étudié dans les 3 premiers mètres de profondeur. Les juvéniles de la famille des sparidés y sont les plus abondants. Dans la présente étude, de nombreux juvéniles appartenant à de nombreuses espèces, principalement de la famille des labridés ont été observés, mettant en évidence un rôle de nurserie important des petits fonds rocheux jusqu'à 20 m de profondeur. Les habitats rocheux ne sont pas que des zones de vie pour les poissons adultes. Leur rôle de nurserie mériterait d'être mieux pris en compte dans les mesures de gestion des pressions et de conservation des habitats de la zone.

Au cours des 11 dernières années, les peuplements de poissons de l'ouest de Toulon ont vu leurs densités et biomasses augmenter. Cela pourrait être perçu comme une amélioration de la situation avec une augmentation de la productivité et de l'état de santé des peuplements. Toutefois, ces évolutions ne concernent qu'une partie des compartiments trophiques du peuplement de poissons. Les augmentations de biomasse résultent principalement de l'augmentation des densités de saupes (herbivores), de planctivores et dans une moindre mesure des mésocarnivores. Ces trois groupes qui sont les plus représentés constituent la base du réseau trophique. Les populations des deux plus hauts compartiments trophiques c'est-à-dire les macrocarnivores et les piscivores n'ont pas évolués aux cours des 11 dernières années et se sont maintenues à des niveaux relativement bas. Ce contraste d'évolution entre les différents niveaux trophiques est caractéristique d'un impact des activités de pêche. En effet, les espèces appartenant aux bas niveaux trophiques sont peu ou pas ciblées par les activités de pêche. À l'inverse, toutes les espèces des plus hauts niveaux trophiques ont de fortes valeurs commerciales et sont donc ciblées par les activités de pêches. La surreprésentation des espèces de bas niveaux trophiques est favorisée par le déficit de leurs prédateurs.

Dans les zones de non-prélèvement des parcs nationaux adjacents à la zone d'étude assemblages de poissons présents où les peuplements de poissons sont dominés par les piscivores et les herbivores sont négligeables. Cela correspond à des peuplements à la fois plus diversifiés, abondants et productifs que dans les zones impactées par les activités de pêche (Le Diréach et al. 2020; Sala et al. 2012).

La surreprésentation de l'espèce herbivore *Sarpa salpa* peut avoir des effets délétères sur les habitats rocheux à algues photophiles, particulièrement sur les forêts de cystoseires, ainsi que sur l'habitat herbier de posidonie. Outre les impacts directs sur ces espèces ingénieurs d'écosystèmes, le surpâturage peut avoir des conséquences délétères sur la productivité, les fonctions écosystémiques de l'habitat, notamment la fonction de nurserie, ainsi que sur de nombreux autres services écosystémiques.

L'impact de la pêche dans la zone d'étude est aussi mis en évidence par la faible proportion de biomasses des espèces ciblées par la pêche par rapport aux espèces non cibles ainsi que par le déficit d'individus de grandes tailles de certaines espèces cibles. Pour les espèces cibles, les grands individus, qui sont aussi les plus lourds constituent des pièces de choix pour le commerce de ces espèces ainsi que des « belles prises » pour la pêche plaisancières. Chez les poissons, les individus de grandes tailles

sont les individus ayant les plus fortes capacités reproductrices. Un déficit en individus de grande taille dans une population implique donc un amoindrissement de la capacité reproductrice et donc de productivité de la population. La surpêche induit donc une diminution de la capacité de renouvellement des stocks des espèces cibles et donc mécaniquement une diminution de la rentabilité de la zone de pêche. Cela affecte principalement la pêche professionnelle, exclusivement représentée par la pêche aux petits métiers dans la zone à l'ouest de Toulon, mais aussi de façon indirecte d'autres activité comme les clubs de plongée. En effet, l'attractivité d'un site de plongée est souvent conditionnée par la présence de gros poissons, notamment les mérous bruns.

Les prélèvements de mérous et de corbs par la pêche de loisir à la ligne et la chasse sous-marine sont interdits par des moratoires depuis 1993 pour cinq espèces de mérou et depuis 2013 pour le corb. La régulation des prélèvements par les moratoires, combinée à la protection accordée par les aires marines protégées, a été cruciale pour inverser le déclin des populations de mérous bruns (*Epinephelus marginatus*) et de corbs. (*Sciena umbra*). Ces mesures ont favorisé un environnement propice à la reproduction et au rétablissement des stocks, contribuant ainsi à la préservation de la biodiversité marine le long des côtes françaises de la Méditerranée. Toutefois, le bon rétablissement des populations de ces espèces est principalement observé dans les aires marines protégées et plus particulièrement dans les zones de non-prélèvement faisant l'objet de surveillance renforcée.

20 ans après la mise en place du moratoie pour le mérou, et 10 ans pour celui du corb, les populations de ces espèces dans les trois sites Natura 2000 de l'ouest de Toulon montrent des densités très faibles et les tailles des individus présents sont relativement petites. De plus, les individus observés manifestent souvent des comportements fuyants face aux plongeurs, témoignant d'une pression de braconnage en chasse sous-marine persistante dans la zone. Il est également très probable que des actes de braconnage des mérous soit réalisés sur la zone par la pêche à la ligne. En effet, des clubs de plongée font état d'observations ponctuelles de très gros plombs de pêches spécifiquement prévus pour la pêche des gros poissons à trous autour des Embiez. La présence de plombs très peu concrétionné atteste d'une activité de braconnage ressente.

Le plus gros mérou brun observé dans la zone d'étude en 2023 mesurait 50 cm. Le mérou brun *Epinephelus marginatus*, est une espèce hermaphrodite protogyne (il change de sexe, d'abord femelle puis mâle), devient une femelle capable de se reproduire vers l'âge de 4 ou 5 ans (40-50 cm environ). Entre 10 et 14 ans (60-70 cm), il se produit un changement de sexe. Celui-ci peut se produire plus tôt ou plus tard selon les individus, mais généralement, après 15 ans (80-90 cm) la majorité des individus sont devenus des mâles. Par conséquent, pour cette espèce, les individus d'un seul des deux sexes n'a été observé dans la zone d'étude en 2023, ce qui peut poser des problèmes évident en termes de capacité de reproduction de cette population. Toutefois, il est possible que des individus plus gros (donc des mâles) soient présents dans la zone sur des spots rocheux ou dans le coralligène à de plus grandes profondeurs que celles prospectées dans cette étude.

La structuration tridimensionnelle et la disponibilité en habitats rocheux sont des facteurs déterminants pour la présence de mérous et de corbs mais aussi pour de nombreuses autres espèces de poissons. Les densités observées en 2023 pour les mérous et les corbs, ainsi que de façon plus générale pour les espèces des hauts niveaux trophiques, paraissent très faibles au regard du potentiel d'habitats favorables à ces espèces présents dans les sites étudiés. Le film archive « par 18 mètres de fonds », tourné dans l'archipel Embiez en 1942 par les « Mousquemers » dont faisait partie le commandant Cousteau est la preuve en image que 80 ans en arrière, les peuplements de poissons de la zone d'étude étaient très productifs et dominés par les espèces piscivores. Les mérous étaient très nombreux, peu farouches et de grande taille. Une scène du film montre une partie de chasse sous-marine dans laquelle un seul homme (Frédéric Dumas) prélève 8 poissons, dont trois gros mérous et

une liche pour un poids total de 82 Kg ! Actuellement, le déficit d'individus de ces espèces et leur petite taille peut clairement révéler que les moratoires régulant les prélèvements de ces espèces n'ont pas permis de restaurer leurs populations affectées par des décennies de pratique de la chasse sous-marine dans cette zone, mais aussi qu'il se maintient une pression de braconnage dans la zone d'étude. La surveillance allouée à cette aire marine protégée (sites Natura 2000) ne semble pas être suffisante pour produire un effet dissuasif envers les actes de braconnage.

Il est envisageable (bien que non démontré) que la présence des deux parcs nationaux de part et d'autre de cette zone crée un effet de report de la pression de pêche autour de l'agglomération toulonnaise. Cette zone, caractérisée par des enjeux de conservation élevés en raison de la richesse de ses habitats marins, mérite une attention particulière pour la protection des peuplements de poissons dans un but d'amélioration de l'efficacité des mesures de conservation globale du milieu marin. L'altération de la structure des assemblages de poissons induit par des décennies de diverses activité de pêche a des répercussions directes ou indirectes (dont le surpâturage par les saupes) sur les habitats marins, dont ceux qui font l'objet de mesures de conservation dans les sites Natura 2000 au titre de la directive habitats. Ce raisonnement amène à certaines interrogations concernant la capacité d'atteinte aux objectifs de protection et de conservation des habitats marins dans les trois sites Natura 2000 en l'absence de mesure pour réguler la pêche, et en particulier la pêche de loisir.

Bibliographie

Astruch P., C.-F. Boudouresque, E. Rouanet, L. Le Diréach, P. Bonhomme, D. Bonhomme, A.Goujard, S. Ruitton, et J.-G. Harmelin. 2018. « A quantitative and functional assessment of fish assemblages of the Port-Cros Archipelago (Port-Cros National Park, north-western Mediterranean Sea) », janvier, 17-82.

Couvray S. 2020. Six years of monitoring of fish assemblages in shallow bottoms around the Embiez islands and cap Sicié (French Mediterranean Sea). Vie et Milieu. 70 (3 - 4): 83 - 87.

Font T., J. Lloret. 2014. « Biological and Ecological Impacts Derived from Recreational Fishing in Mediterranean Coastal Areas ». *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 22 (1): 73-85. https://doi.org/10.1080/10641262.2013.823907.

García-Charton J., A. Perez-Ruzafa, M. Concepción. 2000. « Fish visual census methods for detecting gradients of abundance and biomass across boundaries of MPAs ». *Introductory Guide to Methods for Selected Ecological Studies in Marine Reserves*, janvier, 29-34.

Harmelin-Vivien M.L., J.G. Harmelin, 1975 - Présentation d'une méthode d'évaluation *in situ* de la faune ichtyologique. *Trav. sci. Parc natl Port-Cros*, 1 : 47-52.

Harmelin-Vivien M., J.G. Harmelin, C. Chauvet, C. Duval, R. Galzin, P. Lejeune, G. Barnabé, F. Blanc, R. Chevalier, J. Duclerc, G. Lassère, 1985 - Évaluation visuelle des peuplements et populations de poissons : méthodes et problèmes. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 40 : 467-539.

Harmelin-Vivien M., L. Le Diréach, J. Bayle-Sempere, E. Charbonnel, J. García-Charton, D. Ody, A. Perez-Ruzafa, O. Reñones, P. Sánchez-Jerez, C. Valle. 2008. « Gradients of abundance and biomass across reserve boundaries in six Mediterranean marine protected areas: Evidence of fish spillover? » *Biological Conservation* 141 (juillet): 1829-39. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.029.

Harmelin-Vivien M., J.-G. Harmelin. 2013. « How to Assess the Effects of Protection on Fish? The Port-Cros National Park and the First Underwater Visual Censuses in the Mediterranean Sea ». *Sci.Rep. Port-Cros Natl Park*, n° 27: 369-75.

Le Diréach L., B. Belloni, P. Astruch, T. Schohn, E. Rouanet. 2020. « Suivi de l'ichtyofaune du Parc national des Calanques à T0+6 – Année 2019. Rapport final ». GIS Posidonie / Parc national des Calanques.

Meinesz A., A. Blanfuné. 2015. « 1983–2013: Development of Marine Protected Areas along the French Mediterranean Coasts and Perspectives for Achievement of the Aichi Target ». *Marine Policy* 54 (C): 10-16.

Morey G., J. Moranta, E. Massutí, A. Grau, M. Linde, F. Riera, B. Morales-Nin. 2003. « Weight–length relationships of littoral to lower slope fishes from the Western Mediterranean ». *Fisheries Research* 62 (avril): 89-96. https://doi.org/10.1016/S0165-7836(02)00250-3.

Sala E., E. Ballesteros, P. Dendrinos, A. Di Franco, F. Ferretti, D. Foley, S. Fraschetti, et al. 2012. « The Structure of Mediterranean Rocky Reef Ecosystems across Environmental and Human Gradients, and Conservation Implications ». *PLOS ONE* 7 (2): e32742. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032742.