



Suivi de l'ichtyofaune du Parc national des Calanques à T0+6 ans Année 2019

Rapport final



Suivi de l'ichtyofaune du Parc national des Calanques à T0+6 ans – Année 2019 Rapport final

PARC NATIONAL DES CALANQUES

Bâtiment A
141, Avenue du Prado
13008 Marseille
Tél. : (33) 4 20 10 50 00
www.calanques.parcnational.fr

et

GIS POSIDONIE

MIO – OCEANOMED, bât IOA –
Case 901
Campus universitaire de
Luminy
13288 Marseille Cedex 09
Tél. (33) 4 86 09 05 73/78
Fax. (33) 4 86 09 06 43

Responsable du GIS Posidonie :

Thomas CHANGEUX, MIO (UMR 235 – Aix-Marseille Université et Université de Toulon)
Tel : 04 86 09 05 73 – Courriel : thomas.changeux@mio.osupytheas.fr

Responsable de l'étude :

Laurence Le Diréach, Chargée de recherches.
Tel : 04 86 09 05 73 – Courriel : laurence.ledireach@univ-amu.fr

Participants aux missions de terrain :

Patrick Astruch, Bruno Belloni, Laurence Le Diréach, Elodie Rouanet, Thomas Schohn, (GIS Posidonie) et Patrick Bonhomme (Parc national des Calanques)

Analyse des données et rédaction du rapport :

Laurence Le Diréach, Bruno Belloni, Patrick Astruch et Thomas Schohn

Crédits photographiques :

GIS Posidonie, sauf mention contraire

Dossier : 1911

Citation du document :

Le Diréach L., Belloni B., Astruch P., Schohn T., Rouanet E., 2020. *Suivi de l'ichtyofaune du Parc national des Calanques à T0+6 – Année 2019. Rapport Final*. Contrat GIS Posidonie/Parc national des Calanques. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 176 p.

1	CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	5
2	STRATEGIE ET METHODES D'ECHANTILLONNAGE	7
2.1	Stratégie d'échantillonnage	7
2.1.1	Choix des stations	7
2.1.2	Choix des approches pour l'échantillonnage	13
2.1.3	Participation des agents du Parc	13
2.2	Méthodologie	14
2.2.1	Comptages 'de référence' sur transects métrés (5-25 m de profondeur)	14
2.2.2	Comptage au temps des espèces ciblées par la pêche (5-25 m de profondeur)	15
2.2.3	Comptage au temps en plongée libre dans les petits fonds (0-5 m de profondeur)	16
2.3	Déroulement des campagnes de terrain	17
2.3.1	Dates et participants	17
2.3.2	Logistique et autorisations	17
2.3.3	Position des stations	18
2.3.4	Environnement des stations de comptage	19
2.4	Sauvegarde des données en base de données	25
2.5	Analyse des données	25
2.5.1	Prise en compte des espèces planctonophages	26
2.5.2	Prise en compte des espèces cibles de différents modes de pêche	26
2.5.3	Prise en compte de l'effet de l'habitat dans l'analyse de l'effet de la gestion sur les espèces cibles de la pêche	29
2.5.4	Structure trophique du peuplement	30
2.5.5	Structure spatiale et comportementale du peuplement	31
3	SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 2016 – 2019	33
4	RESULTATS	55
4.1	Peuplement de poissons téléostéens entre 5 et 25 m de profondeur	55
4.1.1	Liste et occurrence des espèces	55
4.1.2	Richesse spécifique	57
4.1.3	Evolution de la composition du peuplement par familles	59
4.1.4	Densité	60
4.1.5	Biomasse	63
4.2	Peuplements de poissons planctonophages et non planctonophages	65
4.2.1	Densités réduites	67
4.2.2	Biomasses réduites	71
4.3	Peuplement de poissons téléostéens superficiel (0-5 m de profondeur)	75
4.3.1	Liste et occurrence des espèces	75
4.3.2	Richesse spécifique	77
4.3.3	Densités	77
4.3.4	Biomasse	82

4.4	Espèces de poissons cibles de la pêche	85
4.4.1	Nombre d'espèces cibles par station entre 5 et 25 m de profondeur (TPS)	85
4.4.2	Occurrence des espèces cibles par station entre 5 et 25 m de profondeur (TPS)	86
4.4.3	Evolution de l'occurrence des espèces cibles (TPS)	93
4.4.4	Densité des espèces cibles entre 5 et 25 m de profondeur (TRA)	95
4.4.5	Biomasse des espèces cibles entre 5 et 25 m de profondeur (TRA)	97
4.4.6	Effets de l'habitat et de l'efficacité de la gestion sur les espèces cibles de la pêche	101
4.5	Focus sur quelques espèces cible	104
4.5.1	Le sar commun <i>Diplodus sargus</i>	104
4.5.2	Le sar à tête noir <i>Diplodus vulgaris</i>	106
4.5.3	Le sar à museau pointu <i>Diplodus puntazzo</i>	108
4.5.4	Le mérou <i>Epinephelus marginatus</i>	110
4.5.5	La girelle <i>Coris julis</i>	112
4.5.6	Le serran chevrette <i>Serranus cabrilla</i>	115
4.5.7	Le labre merle <i>Labrus merula</i>	117
4.5.8	Le labre vert <i>Labrus viridis</i>	119
4.5.9	Le crénilabre <i>Symphodus mediterraneus</i>	121
4.5.10	Le crénilabre tanche <i>Symphodus tinca</i>	123
4.5.11	Le rouget de roche <i>Mullus surmuletus</i>	125
4.5.12	Le corb <i>Sciaenops ocellatus</i>	127
4.5.13	Le barracuda <i>Sphyraena viridensis</i>	129
4.6	Evolution du peuplement d'espèces cibles depuis 2008	130
4.6.1	Densité	130
4.6.2	Biomasse	132
4.7	Analyse fonctionnelle du peuplement	137
4.7.1	Evolution de la structure trophique 2013-2019 entre 5 et 25 m	137
4.7.2	Structure trophique du peuplement de poissons entre 5 et 25 m	138
4.7.3	Evolution des carnivores et des prédateurs ichtyophages entre 5 et 25 m	142
4.7.4	Structure trophique du peuplement entre 0 et 5 m	143
4.7.5	Evolution de la structure spatiale et comportementale du peuplement de poissons entre 5 et 25 m	144
4.8	Chiffres et résultats clef du suivi des poissons – TRA – UVC transects	145
4.9	Chiffres et résultats clef du suivi des poissons – PMT – UVC temps	147
4.10	Chiffres et résultats clef du suivi des poissons cibles – TPS – UVC temps	148
5	ELEMENTS DE SYNTHÈSE ET MISE EN PERSPECTIVE DES DONNÉES DU SUIVI A T0+6 ANS	149
6	CONCLUSION	167
7	BIBLIOGRAPHIE	169
8	ANNEXES	173

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le Décret n° 2012-507 du 18 avril 2012 a créé le Parc national des Calanques (PNCal) et délimité ses périmètres de cœur marin et d'aire maritime adjacente. Il définit également, au sein du cœur marin (Figure 1) :

- 7 Zones de Non-Prélèvement (ZNP), et
- 1 Zone de Protection Renforcée (ZPR), définie comme l'espace maritime du cœur situé sur le site du canyon de la Cassidaigne.

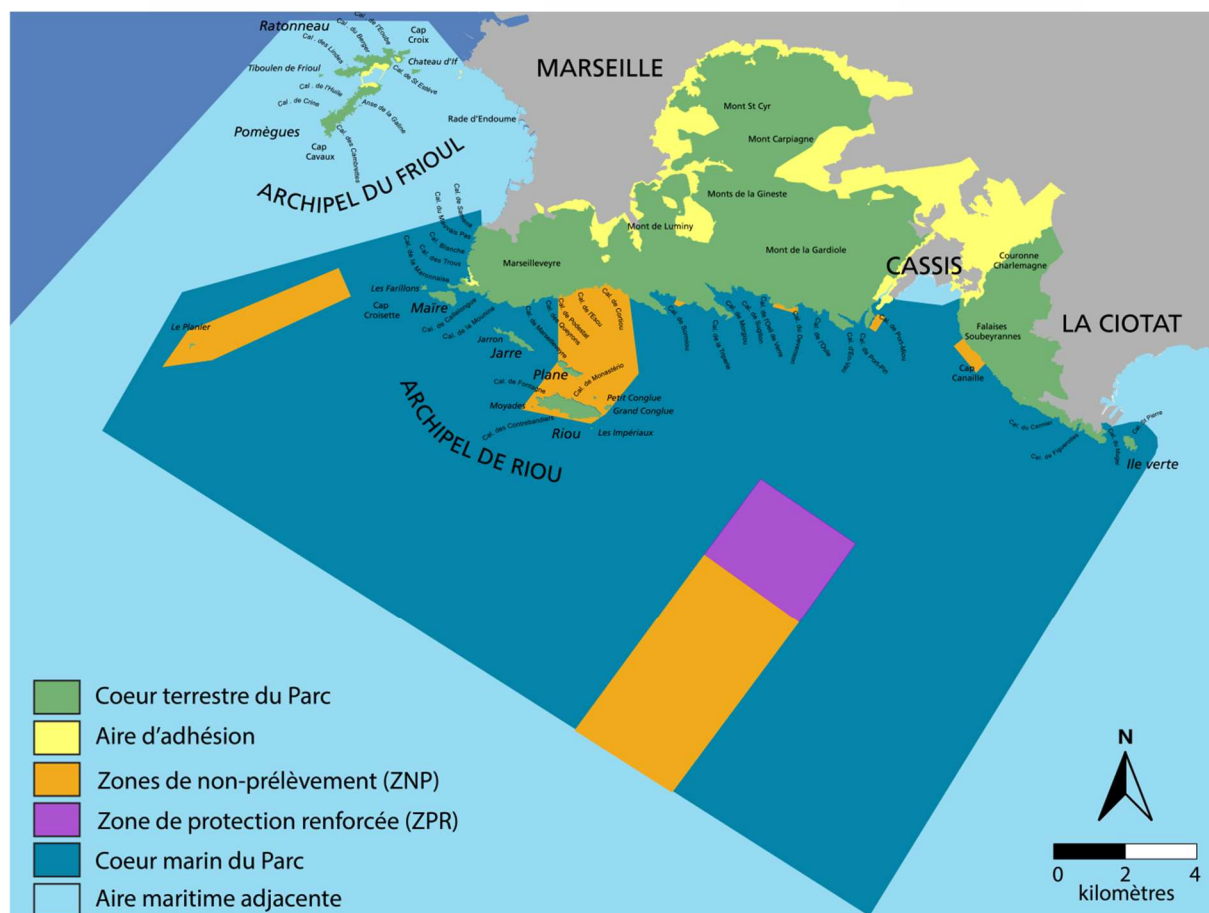


Figure 1 : Carte du Parc national des Calanques. Le cœur marin du Parc regroupe sept zones de non-prélèvement (ZNP) et une zone de protection renforcée (ZPR).

La pêche maritime professionnelle et la pêche maritime de loisir sont interdites dans les ZNP (à l'exception des prélèvements effectués pour des besoins de suivi scientifique) et dans la ZPR (sauf pour les pêcheurs professionnels mentionnés à l'article 30 du Décret, dans les conditions et limites définies par l'article 11 du Décret).

Le Conseil d'Administration du Parc est saisi chaque année pendant la durée de la première Charte d'un bilan des dispositions de protection instituées dans le cœur marin établi par le directeur (Art. 25 du Décret de création). Sur la base de ce bilan, et après avis du Conseil Scientifique et du Conseil Economique Social et Culturel, il propose au Ministre chargé de la protection de la nature des mesures réglementaires et de gestion propre à améliorer cette protection, notamment :

- l'extension des périmètres des ZNP et de celui de la ZPR ;
- la création de nouvelles ZNP, ainsi que de nouvelles zones d'interdiction de pêche professionnelle

et de pêche maritime de loisir, en particulier dans les espaces concernés par un 'habitat marin remarquable' et dans ceux correspondant au 'canyon remarquable' de Cassidaigne.

Des inventaires de l'ichtyofaune et du corail rouge ont été réalisés en 2013, environ un an et demi après la création du Parc national des Calanques (avec un léger décalage), afin de disposer d'un état de référence des peuplements de poissons et de corail rouge, à l'intérieur et à l'extérieur du périmètre des ZNP. Ces inventaires ont été réalisés pour analyser au mieux l'efficacité des mesures de gestion prises au sein du Parc. Cet état zéro s'articulait autour de 3 volets : i) le suivi par comptage visuel des peuplements de poissons, ii) le suivi par pêches scientifiques standardisées (PSS) et iii) le suivi du corail rouge (Bonhomme *et al.*, 2015).

Un suivi de l'ichtyofaune a été réalisé 3 ans après, en 2016 (Le Diréach *et al.*, 2017), afin de constater les évolutions des populations de poissons au sein du PNCa. De même qu'en 2013, l'efficacité des mesures de gestion prises au sein du Parc a pu être évaluée en comparant les résultats obtenus dans les ZNP et à l'extérieur des ZNP.

Au regard des obligations réglementaires du Conseil d'Administration précédemment citées, il est primordial que les instances du Parc puissent suivre l'évolution des peuplements de poissons des ZNP. Cet objectif comprend une analyse de l'évolution de l'effet réserve et des effets écosystémiques générés par la présence de ces ZNP. L'objectif du présent travail est d'évaluer l'état des peuplements de poissons des Calanques six ans après l'état zéro et en particulier l'efficacité de la protection dans les ZNP ('effet réserve'). A moyen terme, le suivi pourrait également révéler des effets éventuels de report de pression de pêche sur les peuplements. En fonction des résultats, le zonage et les mesures de gestion en cœur de parc pourraient être adaptés dans les années à venir (obligation réglementaire du Conseil d'Administration du Parc).

Un rapport intermédiaire a rendu compte de la première phase de travaux engagés en 2019 (Belloni *et al.*, 2019) pour la réalisation d'un suivi des peuplements de poissons six ans après la réalisation de l'état zéro (2013), dans une perspective de suivi à long terme. Le rapport a décrit les méthodologies de suivi, la phase d'acquisition de données sur le terrain, leur validation et leur saisie dans une base de données. Ce travail a tenu compte en tous points des méthodes et des préconisations du rapport d'état zéro (Bonhomme *et al.*, 2015). Le rapport intermédiaire remis au Parc présentait un aperçu des résultats des comptages réalisés (grandes tendances en termes d'évolution de l'abondance et de la biomasse). Ce travail s'appuyait pour cela sur les méthodes, les résultats et les préconisations de l'état zéro (Bonhomme *et al.*, 2015) et du suivi à T0+3 ans (Le Diréach *et al.*, 2017).

Le présent **rapport final** ou rapport de **deuxième phase** comprend l'actualisation de la synthèse des données existantes, l'analyse complète des résultats et des conclusions du suivi réalisé en 2019 et la proposition d'éléments/pistes de gestion.

Les livrables du projet sont :

- les résultats complets de l'analyse des données concernant l'ichtyofaune (et espèces associées) ;
- la production de données géoréférencées et de cartes ;
- l'analyse comparative avec les données issues des études sur les peuplements de poissons déjà réalisées dans le périmètre du Parc en 2016 (Le Diréach *et al.*, 2017), en 2013 (Bonhomme *et al.*, 2015) et en 2008 (Astruch *et al.*, 2009).

2 STRATEGIE ET METHODES D'ÉCHANTILLONNAGE

La stratégie d'échantillonnage, l'organisation des missions et le planning des travaux ont été validés par le comité technique (CoTech), lors de la réunion de démarrage de l'étude le 16 septembre 2019 au siège du Parc national des Calanques.

2.1 Stratégie d'échantillonnage

Conformément aux spécifications du cahier des charges et aux propositions du rapport d'état initial, la localisation des stations et les protocoles à utiliser pour l'acquisition de données en 2019 sont les mêmes que ceux adoptés pour l'état zéro et le suivi à T0+3 ans en 2016. Les résultats issus de la nouvelle acquisition de données sont donc parfaitement comparables à ceux des suivis précédents. Le protocole (emplacement des stations et méthodes de suivi) mis en place au moment de l'état initial puis utilisé en 2016 a fait l'objet d'un travail de réflexion important mené en concertation puis approuvé par le Parc. L'analyse des données a démontré qu'il était adapté pour répondre aux questions posées. En conséquence, le GIS Posidonie n'a pas proposé de modifications.

L'objectif du suivi par comptage visuel en plongée est d'évaluer l'état des peuplements de poissons à intervalle de temps régulier, en tenant compte des zones où une gestion particulière des activités de prélèvement est appliquée (ZNP, ZPR, cœur de Parc) par rapport à l'aire maritime adjacente). Le suivi doit permettre d'évaluer l'évolution dans le temps des paramètres du peuplement, afin de constater l'efficacité des mesures de gestion mises en place. La stratégie d'échantillonnage est centrée sur l'évaluation de 'l'effet réserve' dans les ZNP, en vue de pouvoir adapter, le cas échéant, le zonage actuel.

2.1.1 Choix des stations

Le choix des stations qui a été proposé dès l'état initial et pour le suivi, vise à être représentatif des différentes configurations de l'habitat rocheux présentes sur le territoire du Parc national et des mesures de gestion mises en place. Pour cela, les paramètres suivants ont été pris en considération (Tableau 1) :

Tableau 1. Critères de choix des stations de suivi du peuplement de poissons du PNCaL.

le zonage	→ pour une comparaison avant tout temporelle (évolution par site) mais aussi spatiale (intersites), de l'efficacité des ZNP, avec des stations à l'intérieur et à l'extérieur des ZNP → pour une évaluation du report d'activité possible vers certaines zones hors ZNP dans le cœur de parc ou dans l'aire marine adjacente
la nature des habitats	→ pour rechercher, le plus possible, une homogénéité de la nature des fonds rocheux et rendre possible les comparaisons spatiales notamment entre des stations proches dans les ZNP et hors ZNP → pour diminuer, autant que faire se peut, la part de variabilité des peuplements liée à la structure des habitats
la profondeur	→ pour le même motif d'homogénéisation des caractéristiques des stations et parce que ce paramètre est prépondérant dans la structuration des peuplements de poissons → en proposant deux échelles bathymétriques de suivi :

	- entre 5 et 25 m, pour l'état zéro de référence par comptage de 'toutes' les espèces ; - dans les 'petits fonds' < 5m, par la mise en place d'un suivi en plongée libre en Palmes-Masque-Tuba (PMT) pouvant être assuré par les agents du Parc national.
la configuration géomorphologique	→ en choisissant des stations sur les îles et à la côte → en répartissant le nombre de stations entre l'est et l'ouest du territoire
les études antérieures	→ pour une analyse comparative robuste, le plan d'échantillonnage élaboré par Astruch <i>et al.</i> (2009) a été spécialement pris en compte et ajusté pour définir le protocole de l'état zéro → l'étude de Letourneur <i>et al.</i> (2003) sur l'archipel du Frioul a aussi servi de base de travail pour le choix de certaines stations.

Stations de roche 5-25 m

Ainsi, un maillage large de 24 stations d'échantillonnage entre 5 et 25 m a été proposé pour le suivi 'de référence' des peuplements de poissons en comptage visuel en scaphandre autonome sur l'ensemble du territoire du Parc national, aire maritime adjacente comprise. Parmi ces stations, 12 sont localisées dans les ZNP (Tableau 2 ; Figure 2).

Sur ces mêmes stations sont comptabilisées les espèces cibles de la pêche lors de parcours de 3 minutes à même profondeur.

Tableau 2. Liste et description des 24 stations de roche entre 5 et 25 m échantillonnées par comptages visuels en scaphandre autonome dans le suivi des poissons du PNCal.

N° station	Nom station (*= suivie en 2008)	Gestion	Prof. (m)	Habitat	Commentaires
S01	Tiboulou Frioul	AMA	9-18	Blocs rocheux et herbier de posidonie	Ces stations permettent de suivre un éventuel report des pressions de pêche professionnelle et de loisir. Les peuplements de poissons des îles du Frioul ont été étudiés par Letourneur <i>et al.</i> (2003), et leurs données peuvent être ainsi comparées à celles nouvellement acquises dans le cadre de ce suivi
S02	Frioul-Cambrettes		6-17	Mosaïque blocs rocheux, substrats meubles et herbier de posidonie	
S03	Planier	ZNP Planier-Veyron	5-10	Blocs rocheux	Habitat remarquable autour de l'îlot
S04	Veyron		17-23	Blocs rocheux	Habitat remarquable
S05	Tiboulou de Maire*	Hors ZNP	8-17	Petits blocs rocheux et herbier de posidonie	Suivie depuis 2008, cette station présente un habitat favorable et intéressant tout en étant ouverte sur un contexte environnemental différent du reste de l'archipel de Riou (rade Sud)
S06	Les fromages		6-21	Blocs rocheux et herbier de posidonie	Cette station présente un habitat adapté pour une comparaison avec les stations ZNP autour de Riou
S07	Jarre Briançon*		9-22	Blocs rocheux de taille moyenne à la limite entre substrat rocheux uniforme et blocs	Suivie depuis 2008, cette station présente un habitat favorable et intéressant pour une comparaison avec les stations ZNP autour de Riou
S08	Plateau des Chèvres		7-10	Mosaïque blocs rocheux, substrats meubles et herbier de posidonie	Suivie en 2008, cette station a été légèrement déplacée en 2013 à proximité d'un secteur plus rocheux, toujours sur le plateau des Chèvres
S09	Moyades*	ZNP Riou-Podestat-Pointe du Vaisseau	6-18	Gros blocs d'environ 5 m de diamètre	Suivie depuis 2008
S10	Sud Riou*		14-24	Blocs rocheux de taille moyen au milieu d'une paroi à forte pente	Suivie depuis 2008
S11	Plane		8-18	Blocs rocheux	Les habitats autour de Plane sont remarquables et adaptés au suivi
S12	Cortiou		8-15	Blocs rocheux et substrats meubles	A proximité du rejet de Cortiou, cette station apporte des informations complémentaires sur le peuplement de poissons en relation avec les effluents
S13	Nord Caramassaigne*		10-16	Chaos de blocs rocheux à environ 10-15 m de la falaise	Suivie depuis 2008, l'habitat au sein de cette station est exceptionnel
S14	Grand Conglue*		10-21	Gros blocs rocheux	Suivie depuis 2008, l'habitat au sein de cette station est exceptionnel, de plus il s'agit de la seule station au sein du 'triangle interdit'
S15	Sormiou-Réserve Falco	ZNP Sormiou	15-22	Blocs rocheux	Habitat particulier, falaise accore, peu de petits fonds
S16	Ouest Figuié*	Hors ZNP	12-22	Blocs rocheux	Suivie depuis 2008, cette station est un bon point de comparaison avec la station ZNP Sormiou-Réserve Falco (habitat comparable)
S17	Devenson	ZNP Devenson	9-19	Blocs rocheux de taille gros et moyen	Suivie en 2008, cette station a été déplacée en 2013 pour être positionnée au centre de la ZNP afin de s'affranchir de l'effet "bordure"
S18	Calanque de l'Oule*	Hors ZNP	9-15	Blocs rocheux de taille petit et moyen	Suivie depuis 2008, il s'agit d'un bon point de comparaison avec la station ZNP Devenson
S19	En Vau		10-20	Falaise accore et blocs rocheux	Habitat particulier très accore, il s'agit d'un bon point de comparaison avec la station ZNP Pointe Cacau
S20	Pointe Cacau	ZNP Pointe Cacau	10-22	Falaise accore et blocs rocheux	Habitat particulier très accore
S21	Phare Cassidaigne	Hors ZNP	11-18	Blocs rocheux	Habitat particulier exceptionnel dans un contexte isolé du reste de la zone d'étude
S22	Cap Soubeyrane	ZNP Cap Soubeyran	4-11	Blocs rocheux et herbier de posidonie	Habitat proche de celui observé au sein du Parc Marin de la Côte Bleue
S23	Soubeyrane	Hors ZNP	6-9	Blocs rocheux et herbier de posidonie	Il s'agit d'un point de comparaison intéressant avec la station ZNP Cap Soubeyran
S24	Ile Verte - Roustaud	Hors ZNP	14-25	Blocs rocheux et herbier de posidonie	Cette station permet de considérer le secteur de La Ciotat et de l'île Verte

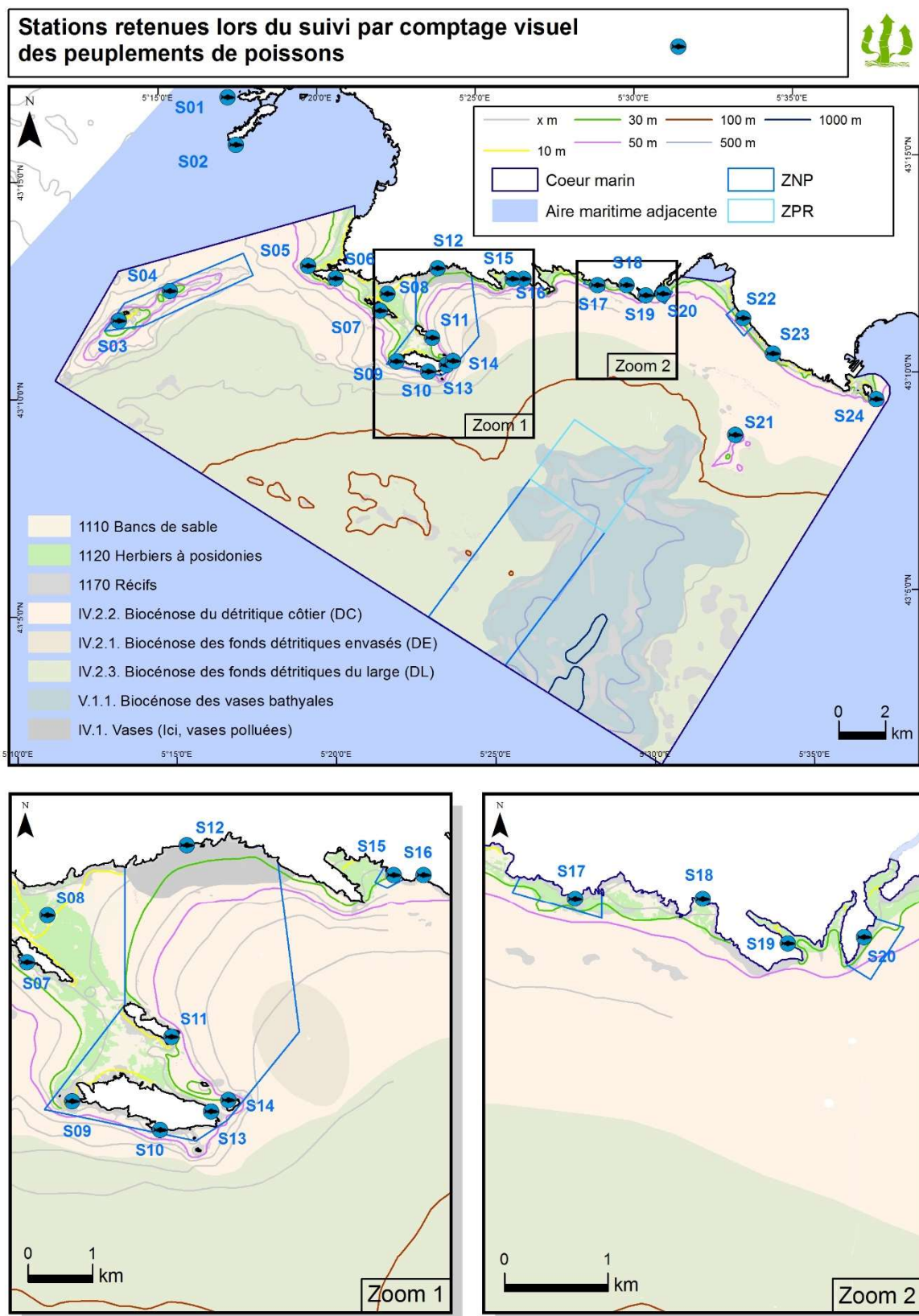


Figure 2. Localisation des 24 stations de roche entre 5 et 25 m échantillonnées par comptages visuels en scaphandre autonome dans le suivi des poissons du PNCal (comptage total sur transect métré et espèces cibles au temps).

Stations de roche 0-3 m

Un nombre plus restreint de stations a été proposé (12 stations) pour le suivi de l'ensemble des espèces sur les petits fonds (0-3 m) en plongée libre (PMT). Le nombre et le choix des stations a tenu compte des différents régimes de gestion (Tableau 3 ; Figure 3).

Tableau 3. Liste des 12 stations entre 0 et 3 m échantillonnées par comptages visuels en plongée libre (PMT) dans le suivi des poissons du PNCaL.

N° station	Nom station	Gestion	Prof. (m)	Habitat	Commentaires
PMT01	Frioul 1 (Eyglades)	AMA	0-3	Mosaïque de dalles et de blocs rocheux, substrats meubles et herbier de posidonie	Face Nord de Pomègues, définie avec l'aide de M. Imbert
PMT02	Château If				Station autour de l'île d'If
PMT03	Planier	ZNP Planier-Veyron			Station située autour de l'îlot du Planier
PMT04	Samena	Hors ZNP			Station localisée dans la rade Sud
PMT05	Marseille-veyre				Station intéressante dans le contexte de report de l'effort de pêche au plateau des Chèvres
PMT06	Sablière	ZNP Riou-Podestat-Pointe du Vaisseau			Habitat remarquable dans les petits fonds, station suivie en 2008 en plongée en profondeur
PMT07	Plane Sud				Habitat intéressant complémentaire de la station Sablière
PMT08	Pierres tombées	Hors ZNP			Station intéressante en comparaison avec la station ZNP Devenson
PMT09	Devenson	ZNP Devenson			Station proche de la station ZNP Devenson suivie en plongée
PMT10	Cap Soubeyrane	ZNP Cap Soubeyran			Station proche de la station ZNP suivie en plongée
PMT11	Soubeyrane	Hors ZNP			Station proche de la station hors ZNP suivie en plongée
PMT12	Mugel-Negue Foume	Hors ZNP			Habitat remarquable à proximité de la calanque du Mugel

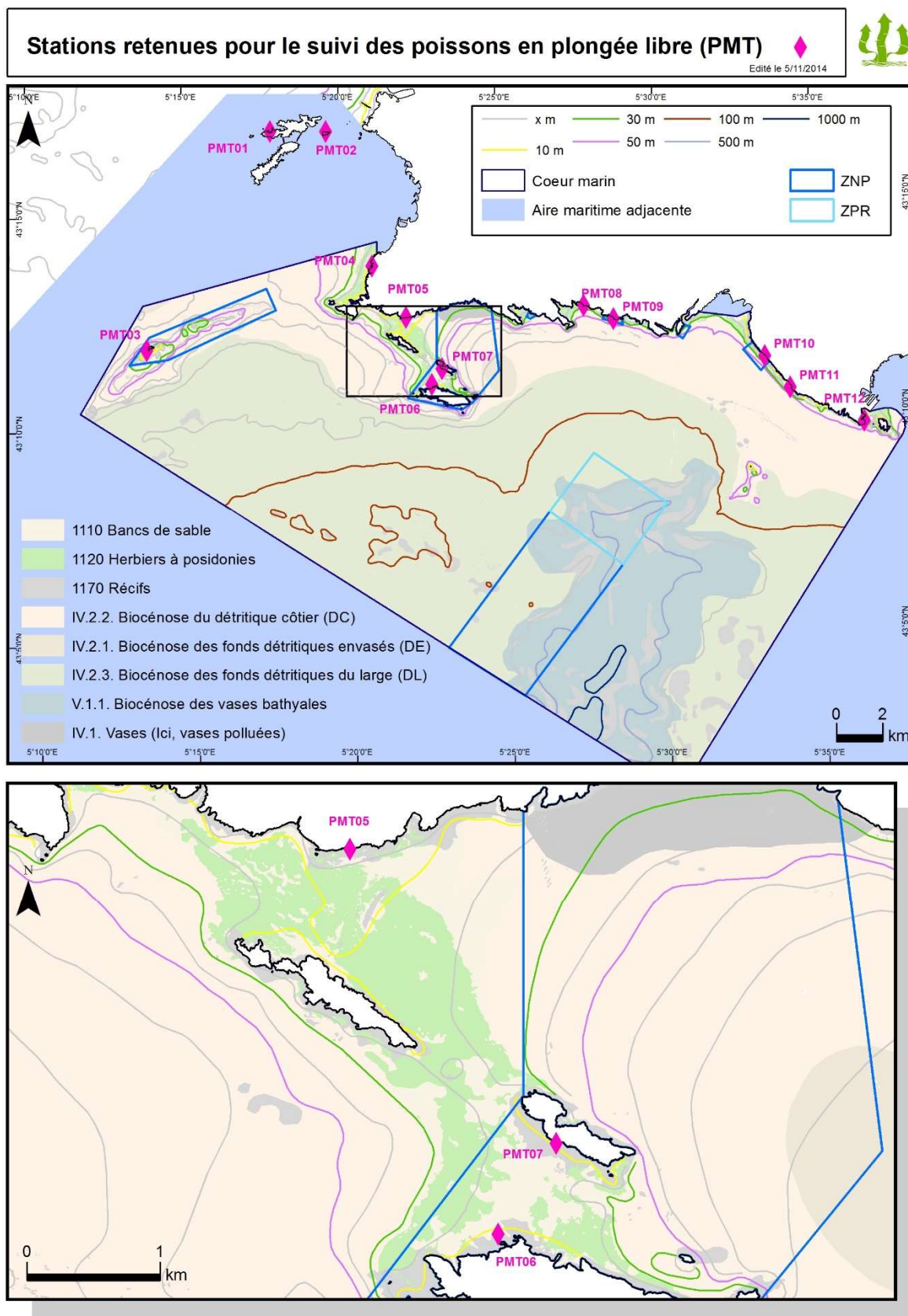


Figure 3. Localisation des 12 stations échantillonnées par comptages visuels en plongée libre (PMT) pour le suivi des poissons du PNCal entre 0 et 3 m de profondeur.

2.1.2 Choix des approches pour l'échantillonnage

L'échantillonnage est basé sur des méthodes de comptage visuel des poissons.

A chaque station, trois types de comptages ont été effectués :

- 1- des comptages sur transect métré (à l'aide d'un décamètre) entre 5 et 25 m de profondeur, de toutes les espèces vues en plongée, dit 'de référence' ;
- 2- des comptages d'espèces cibles de la pêche, entre 5 et 25 m de profondeur, réalisés au temps ;
- 3- des comptages en plongée libre (PMT) dans les petits fonds entre 0 et 3 m de toutes les espèces vues en plongée.

Les comptages visuels réalisés sur des transects métrés, avec une évaluation précise du nombre et de la taille des poissons observés, permettent de dresser des listes d'espèces, d'évaluer la richesse spécifique, ainsi que les abondances et les biomasses globales, par espèces et par groupes d'espèces au sein du Parc.

Les deux autres méthodes peuvent plus facilement être mises en œuvre pour des raisons différentes :

- pour le comptage réalisé au temps, en plongée en scaphandre par des non scientifiques, sans la contrainte du transect métré, sans appréciation des habitats au moment du comptage, des personnes ayant une connaissance des principales espèces cibles de la pêche ou pouvant l'acquérir assez rapidement. Les tailles sont divisées en deux classes qu'il est relativement aisé de différencier : les petits et moyens d'un côté et les grands de l'autre avec une limite de taille précisée ;
- pour le comptage dans les petits fonds, s'affranchir de la logistique liée à la pratique du scaphandre autonome et aux règles dictées par la sécurité en milieu hyperbare est un avantage. L'effet réserve est perceptible dans les petits fonds aussi bien qu'entre 5 et 25 m de profondeur pour un certain nombre d'espèces. Ce comptage est également réalisé au temps (3 minutes).

L'approche vidéo n'a pas été retenue dans ce suivi pour plusieurs raisons. Tout d'abord, l'état initial et les suivis précédents ont été réalisés avec des méthodes de comptages visuels avec un niveau d'évaluation quantitative des tailles et des espèces plus élevées. La comparaison de résultats est difficile entre méthode vidéo et comptages visuels. Bien que l'acquisition de données sur le terrain soit rapide avec les méthodes vidéo, le post traitement par analyse des images est très coûteux en temps. Par ailleurs, l'identification des espèces et l'estimation de la taille des individus peuvent parfois être difficile dans l'analyse d'images vidéo faite *a posteriori*. De plus, l'équipe du GIS Posidonie possède l'expertise requise et l'expérience de comptages visuels *in situ* garantissant le niveau de précision pour les données nécessaire pour mener à bien ce suivi.

2.1.3 Participation des agents du Parc

Dans la rédaction de la réponse à la consultation lancée par le PNCal, il était demandé au prestataire un devis sans l'aide des agents du Parc et un devis avec intégration d'un agent du Parc aux opérations de comptage. Cette dernière option a été choisie par le PNCal. Un agent a donc accompagné l'équipe du GIS Posidonie pour réaliser les comptages en scaphandre autonome et en PMT.

2.2 Méthodologie

2.2.1 Comptages 'de référence' sur transects métrés (5-25 m de profondeur)

Les comptages visuels sur transects ont été réalisés selon la méthode utilisée en 2013 et en 2016 par Bonhomme *et al.* (2015) et Le Diréach *et al.* (2017). Le peuplement a été évalué à l'échelle de chaque station à partir de 10 transects aléatoires de 25 m de longueur sur 5 m de largeur, matérialisés par un ruban gradué. Tous les poissons vus à l'intérieur de ce couloir ont été comptabilisés, que ce soit sur le fond ou dans la colonne d'eau. L'unité d'échantillonnage est donc le transect de 125 m². Basé sur une méthode, mise au point il y a plus de 40 ans par Harmelin-Vivien et Harmelin (1975) et Harmelin-Vivien *et al.* (1985), le protocole de comptage a été affiné notamment dans le cadre du programme européen BIOMEX (BIOMEX, 2006) en ajoutant une estimation de la nature de l'habitat et une précision à 2 cm de la taille des poissons, et éprouvé depuis, dans la plupart des aires marines protégées de Méditerranée nord occidentale.

Afin de diminuer le risque d'une mauvaise représentativité de l'échantillonnage en recensant le peuplement à une période où les conditions seraient particulières (orage, coup de Mistral), les 10 réplicats ont été réalisés en deux fois à chaque station (comme cela est réalisé dans le suivi de la réserve de Couronne sur la Côte Bleue). Ainsi, 5 transects ont été parcourus lors de chaque visite à une station donnée et les deux séries d'échantillonnages ont été effectuées à deux dates rapprochées (date 1 et date 2) pour évaluer le peuplement (Figure 4). Le sens de l'échantillonnage a été inversé à la seconde série d'acquisitions (date 2) par rapport à la première.

Lors de chaque comptage, chaque observateur recense l'ensemble des espèces de poissons visibles, à l'exception des espèces cryptiques notamment de petite taille (principalement les gobiidés, blennidés et tryptéridés), mal évaluées par cette méthode. Les invertébrés d'intérêt halieutique (mollusques céphalopodes et crustacés décapodes) sont également recensés sur la fiche de comptage imprimée sur papier immergeable, bien qu'ils soient souvent dissimulés dans l'habitat (évaluation partielle). Le nombre d'individus de chaque espèce et leur taille (à 2 cm près) sont relevés.

Les comptages sur transects portent sur 24 stations réparties sur l'ensemble du territoire du Parc dont 12 situées à l'intérieur des ZNP.

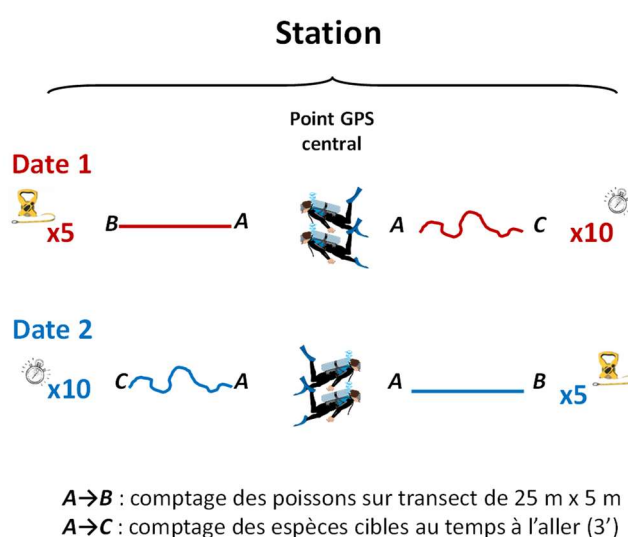


Figure 4. Schéma de la stratégie d'échantillonnage adoptée pour les comptages de poissons sur transect (référence) et les comptages d'espèces cibles au temps.

12 stations HZNP	Date 1 : 5 comptages	Date 2 : 5 comptages	120 comptages
12 stations ZNP	Date 1 : 5 comptages	Date 2 : 5 comptages	120 comptages
Transects métrés	TRA	Total réplcats :	240 comptages

2.2.2 Comptage au temps des espèces ciblées par la pêche (5-25 m de profondeur)

En complément du comptage visuel sur transects, un suivi simplifié des principales espèces cibles de la pêche a été réalisé sur les mêmes 24 stations. Le protocole développé par le Parc Marin de la Côte Bleue et Jean-Georges Harmelin (Daniel *et al.*, 2002) et déjà utilisé en 2008 par Astruch *et al.* (2009), en 2013 par Bonhomme *et al.* (2015) et en 2016 par Le Diréach *et al.* (2017).

A chaque station, 20 parcours aléatoires de 3 minutes (46 m plus ou moins 9 m) ont été réalisés en plongée sous-marine en 2 séries de 10 parcours aux dates 1 et 2 (Figure 4). Lors d'un parcours minuté, l'observateur reste sur un substrat à dominance rocheuse (30 % d'herbier de posidonie maximum) et évite tout recoupement entre les transects. La liste comprend une sélection de 24 espèces cibles. Lorsqu'une espèce cible est rencontrée sur un parcours, elle est notée dans une des deux catégories de classe de taille (petit/moyen ou grand) dont les bornes ont été définies par Daniel *et al.* (2002) avec l'appui de références scientifiques (Bauchot et Pras, 1980 ; base de données FishBase, www.fishbase.org). A l'issue des comptages de référence, lors de la même plongée, la série de parcours est réalisée à l'opposé du secteur où ont été faits les transects, afin de ne pas risquer de recompter les mêmes poissons et augmenter les chances de rencontre de nouvelles espèces.

Pour les espèces cibles de la chasse, tels que le mérou brun (*Epinephelus marginatus*), le corb (*Sciaena umbra*) et les grands labres (*Labrus merula*, *L. viridis* et *L. mixtus*), le nombre d'individus de chaque espèce et leur taille (à 2 cm près) sont précisés.

Ce protocole permet d'évaluer l'occurrence des espèces cibles des principales techniques de pêche (chasse sous-marine, pêche récréative et pêche professionnelle). Simple à mettre en œuvre, il s'avère très adapté pour mettre en évidence l'efficacité de la mise en place de mesures d'interdiction et de gestion de la pêche.

Cette méthode d'échantillonnage du peuplement de poissons à vocation à être utilisée par le Parc à l'avenir. En attendant, et afin de respecter *a minima* le pas de 3 ans, ce comptage a donc été fait également par l'équipe scientifique.

12 stations HZNP	Date 1 : 10 comptages	Date 2 : 10 comptages	240 comptages
12 stations ZNP	Date 1 : 10 comptages	Date 2 : 10 comptages	240 comptages
Parcours aléatoires	TPS (3 min)	Total réplcats :	480 comptages

Résumé du plan d'échantillonnage entre 5 et 25 m de profondeur

Pour chacune des 24 stations d'échantillonnage choisies, deux campagnes ont été menées à la fin de l'été aux dates 1 et 2 (proches). Lors de chacune d'elles, ont été réalisés (Figure 5) :

- 5 comptages visuels 'exhaustifs' de référence (UVC) sur transects aléatoires de 25 m x 5 m,
- 10 comptages visuels d'espèces cibles (EC) sur transects aléatoires de 3 minutes.

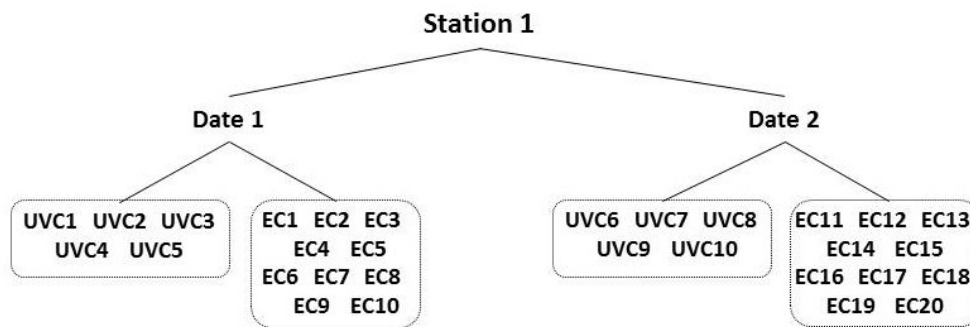


Figure 5. Stratégie d'échantillonnage du suivi des peuplements de poissons ; UVC = Underwater Visual Census pour le comptage exhaustif selon le protocole BIOMEX (BIOMEX, 2006) ; EC = espèces cibles pour le comptage au temps selon le protocole de Daniel *et al.* (2002).

2.2.3 Comptage au temps en plongée libre dans les petits fonds (0-5 m de profondeur)

Un suivi des petits fonds a été également réalisé en plongée libre (PMT). Cette zone bathymétrique superficielle (principalement entre 0 et 3 m de profondeur) est directement soumise aux prélèvements, en particulier de la pêche récréative du bord, de la pêche embarquée, et de la chasse sous-marine. En outre, la profondeur d'observation de certaines espèces est un paramètre important pour rendre compte de l'efficacité de la gestion.

Pour ces comptages proches du bord, 12 stations ont été définies, dont 5 en ZNP.

Les comptages ont été réalisés par deux observateurs en plongée libre (PMT) au cours de 10 parcours de 3 minutes (5 parcours chacun) réalisés pour une partie lors de la première campagne de comptages (date 1) et pour l'autre à la date 2. Les observateurs ont suivi le trait de côte. L'abondance des principales espèces observées ainsi que leur taille ont été relevées à 2 cm près.

7 stations HZNP	Date 1 : 10 comptages		70 comptages
5 stations ZNP	Date 1 : 10 comptages		50 comptages
Parcours aléatoire	PMT (3 min)	Total répliqués :	120 comptages

2.3 Déroulement des campagnes de terrain

2.3.1 Dates et participants

Les recensements du peuplement de poissons ont eu lieu entre le 24 septembre et le 01 octobre 2019 (1^{ère} campagne) et entre le 16 octobre et le 27 octobre 2019 (2^{ème} campagne) (Tableau 4).

Le suivi en plongée libre sur les 12 stations a été réalisé lors des deux campagnes.

Tableau 4. Dates de sortie et stations échantillonnées lors des comptages de référence, d'espèces cibles et en PMT. Initiales des observateurs : LLD : Laurence Le Diréach, ER : Elodie Rouanet, PA : Patrick Astruch, TS : Thomas Schohn, BB : Bruno Belloni, PB : Patrick Bonhomme.

Campagne 1				Campagne 2			
Date	Code	Nom du site (* = stations 2008)	Observateurs	Date	Code	Nom du site (* = stations 2008)	Observateurs
24/09/2019	S09	Moyades*	TS - LLD	16/10/2019	S08	Plateau des Chèvres	ER - PB
	S11	Plane	BB - PB		S17	Devenson	PA - ER
	S13	Nord Caramassaigne*	BB - PA		S18	Calanque de l'Oule*	BB - PA
	S15	Sormiou-Réserve Falco	PB - LLD		S19	En Vau	PB - ER
	S16	Ouest Figuier*	PA - TS		S20	Pointe Cacao	BB - PA
25/09/2019	S05	Tiboulén de Maire*	BB - PA	17/10/2019	S05	Tiboulén de Maire*	BB - PA
	S06	Les fromages	TS - PB		S13	Nord Caramassaigne*	ER - PB
	S07	Jarre Briançon*	BB - PA		S14	Grand Conglue*	BB - PA
	S08	Plateau des Chèvres	BB - PA	18/10/2019	S01	Tiboulén Frioul	BB - PB
	S12	Cortiou	TS - PB		S02	Frioul-Cambrettes	BB - PB
26/09/2019	S17	Devenson	BB - PA	21/10/2019	S06	Les fromages	BB - TS
	S18	Calanque de l'Oule*	PA - BB		S09	Moyades*	BB - PB
	S19	En Vau	PB - BB		S11	Plane	TS - PB
	S20	Pointe Cacao	PA - BB	25/10/2019	S10	Sud Riou*	PB - PA
28/09/2019	S01	Tiboulén Frioul	PA - LLD		S12	Cortiou	PB - PA
	S02	Frioul-Cambrettes	ER - BB		S15	Sormiou-Réserve Falco	PA - BB
	S10	Sud Riou*	ER - BB		S16	Ouest Figuier*	BB - PB
	S14	Grand Conglue*	PA - LLD	26/10/2019	S21	Phare Cassidaigne	TS - PB
29/09/2019	S03	Planier	ER - LLD		S22	Cap Soubeyrane	PA - BB
	S04	Veyron	ER - LLD		S23	Soubeyrane	PB - TS
01/10/2019	S21	Phare Cassidaigne	PA - BB		S24	Ile Verte - Roustaud	BB - PA
	S22	Cap Soubeyrane	TS - ER	27/10/2019	S03	Planier	LLD - BB
	S23	Soubeyrane	PA - BB		S04	Veyron	BB - TS
	S24	Ile Verte - Roustaud	TS - ER		S07	Jarre Briançon*	TS - LLD

2.3.2 Logistique et autorisations

Les acquisitions de données ont été réalisées en utilisant l'embarcation semi-rigide (Oversea 18 pieds équipé d'un moteur Yamaha 115 cv) du GIS Posidonie pour toutes les stations.

Pour les plongées situées au sein du triangle interdit (Grand Conglue), une autorisation a été demandée par le PNCa.

2.3.3 Position des stations

La position centrale des stations a été relevée au moyen d'un DGPS pour les comptages de référence et d'espèces cibles (Tableau 5) et pour les comptages PMT (Tableau 6). Les coordonnées centrales des stations sont celles de l'état initial.

Tableau 5. Coordonnées GPS (WGS84) des 24 stations étudiées pour les comptages de référence et des espèces cibles. La position centrale de la station correspond au point de départ des transects des comptages de référence. Dans la mesure du possible, les comptages se font d'un côté à une campagne et de l'autre à la seconde campagne en inversant également le sens pour les espèces cibles. * : stations suivies lors de l'étude de 2008 (Astruch *et al.*, 2009).

N°	Nom station (* = stations 2008)	Gestion	Profondeur (m)	Cap comptage total	Coordonnées GPS station (WGS84)	
S01	Tiboulén Frioul	Hors-ZNP	9-18	260	43°16.816' N	05°17.190' E
S02	Frioul-Cambrettes	Hors-ZNP	6-17	140	43°15.713' N	05°17.410' E
S03	Planier	ZNP	5-10	90	43°11.747' N	05°13.569' E
S04	Veyron	ZNP	17-23	90	43°12.393' N	05°15.190' E
S05	Tiboulén de Maire*	Hors-ZNP	8-17	60	43°12.880' N	05°19.567' E
S06	Les fromages	Hors-ZNP	6-21	350	43°12.578' N	05°20.425' E
S07	Jarre Briançon*	Hors-ZNP	9-22	10	43°11.800' N	05°21.785' E
S08	Plateau des Chèvres	Hors-ZNP	7-10	180	43°12.186' N	05°22.037' E
S09	Moyades*	ZNP	6-18	320	43°10.629' N	05°22.255' E
S10	Sud Riou*	ZNP	14-24	90	43°10.367' N	05°23.246' E
S11	Plane	ZNP	8-18	60	43°11.140' N	05°23.409' E
S12	Cortiou	ZNP	8-15	270	43°12.741' N	05°23.649' E
S13	Nord Caramassaigne*	ZNP	10-16	130	43°10.509' N	05°23.833' E
S14	Grand Conglue*	ZNP	10-21	210	43°10.598' N	05°24.036' E
S15	Sormiou-Réserve Falco	ZNP	15-22	270	43°12.442' N	05°26.002' E
S16	Ouest Figuier*	Hors-ZNP	12-22	90	43°12.432' N	05°26.341' E
S17	Devenson	ZNP	9-19	270	43°12.240' N	05°28.662' E
S18	Calanque de l'Oule*	Hors-ZNP	9-15	280	43°12.218' N	05°29.573' E
S19	En Vau	Hors-ZNP	10-20	330	43°11.970' N	05°30.169' E
S20	Pointe Cacao	ZNP	10-22	200	43°11.990' N	05°30.713' E
S21	Phare Cassidaigne	Hors-ZNP	11-18	280	43°08.690' N	05°32.838' E
S22	Cap Soubeyrane	ZNP	4-11	330	43°11.368' N	05°33.214' E
S23	Soubeyrane	Hors-ZNP	6-9	160	43°10.535' N	05°34.115' E
S24	Ile Verte - Roustaud	Hors-ZNP	14-25	150	43°09.413' N	05°37.305' E

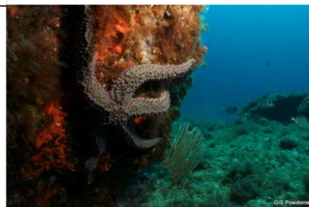
Tableau 6. Coordonnées GPS (WGS84) des 12 stations étudiées pour les comptages en Palmes-Masque-Tuba. La position centrale de la station correspond au point de départ des 5 transects, réalisés de part et d'autre de ce point.

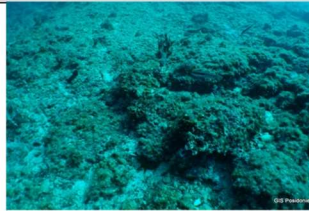
N°	Nom station (* = station 2008)	Gestion	Position WGS84 centrale	
PMT01	Frioul	Hors-ZNP	43°16.867' N	05° 17.808' E
PMT02	Château If	Hors-ZNP	43°16.823' N	05°19.580' E
PMT03	Planier	ZNP	43°11.853' N	05°11.653' E
PMT04	Samena	Hors-ZNP	43°13.659' N	05°20.927' E
PMT05	Marseilleveyre	Hors-ZNP	43°12.439' N	05°21.966' E
PMT06	Sablière	ZNP	43°10.858' N	05°22.723' E
PMT07	Plane Sud	ZNP	43°11.218' N	05°23.061' E
PMT08	Pierres tombées	Hors-ZNP	43°12.595' N	05°27.637' E
PMT09	Devenson	ZNP	43°12.262' N	05°28.568' E
PMT10	Cap Soubeyrane	ZNP	43°11.289' N	05°33.352' E
PMT11	Soubeyrane	Hors-ZNP	43°10.541' N	05°34.137' E
PMT12	Mugel-Negue Foume	Hors-ZNP	43°09.714' N	05°36.464' E

2.3.4 Environnement des stations de comptage

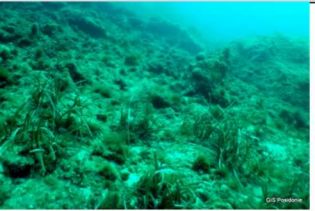
Une courte description appuyée par deux photographies rappelle dans le Tableau 7 les grandes caractéristiques de l'habitat à chaque station, ainsi que les profondeurs minimale et maximale, décrites en 2013. Le statut de réglementation (gestion) est également indiqué.

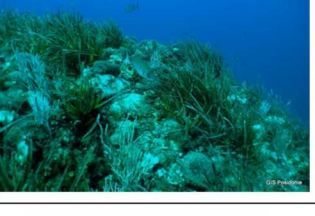
Tableau 7. Description des habitats au niveau des 24 stations échantillonnées lors des comptages de référence et d'espèces cibles de 2013.

Station	Profondeur		Statut	Description	Illustrations	
	UVC	EC				
S01 : Tiboulou Frioul	12-18 m	9-18 m	hors ZNP	Grandes dalles de roches infralittorales à algues photophiles colonisées essentiellement par <i>Halopteris scoparia</i> , <i>Codium bursa</i> , <i>Padina pavonica</i> et <i>Sphaerococcus coronopifolius</i> . Le dénivelé est de l'ordre de 40-60°. Par endroit des cassures entaillent ces dalles, au pied des blocs rocheux de différentes tailles avec des portions importantes de galets et de sable surtout dans la partie Est. L'herbier de posidonie est également présent dans la partie Est de la station, mais absent dans la partie Ouest.		
S02 : Frioul-Cambrettes	8-14 m	6-17 m	hors ZNP	Eboulis rocheux, essentiellement composés de blocs de petite et moyenne taille (entre 0.2 et 2 m), présentant par endroit des associations à <i>Codium bursa</i> . Les communautés de macrophytes constituent une strate buissonnante, qui par secteur est peu développée, et parfois davantage érigée et constituée de Dictyotales. Des colonies d' <i>Eunicella singularis</i> sont également présentes sur ces blocs. Entre les blocs, le substrat est recouvert de galets et de sable sur des zones pouvant être importantes, de l'ordre de 10 m².		
S03 : Planier	6-8 m	5-10 m	ZNP	Substrat rocheux très accidenté composé de dalles rocheuses entaillées et de quelques blocs essentiellement de grande taille (>2 m). Un herbier de posidonie sur roche est également présent sur environ 10% de la zone étudiée. Les communautés algales sont bien développées et assez diversifiées ; elles constituent une strate buissonnante érigée. La caulerpe invasive <i>Caulerpa racemosa</i> recouvre, par endroit, des fractions importantes du substrat rocheux.		
S04 : Veyron	18-22 m	17-23 m	ZNP	Vaste zone plane de dalles rocheuses entaillées avec quelques gros blocs rocheux (> 2 m) formant des arches, surplombs et autres cavités. Des failles creusées dans la roche constituent un dédale complexe et donne un relief et un cachet très particuliers. Un important faciès à <i>Eunicella singularis</i> colonise ces fonds rocheux. Quelques zones de sables sont observées soit au pied des gros blocs, soit entre deux dalles rocheuses. Les arches et surplombs sont colonisés par une faune sciaphile composée de <i>Parazoanthus axinellae</i> et d'éponges comme <i>Haliclona mediterranea</i> , <i>H. fulva</i> . Quelques petites taches d'herbier de posidonie sont également présentes.		

Station	Profondeur		Statut	Description	Illustrations	
	UVC	EC				
S05 : Tiboulon de Maire	9-15 m	8-17 m	hors ZNP	Zone rocheuse majoritairement composée de blocs de petite taille (0.2 à 1 m), parfois colonisés par des bioconcretions coralligènes. Les substrats meubles de types sables et galets représentent une fraction importante du substrat, par endroit des portions de 10 -12 m ² ont été observées. Une strate algale buissonnante relativement peu développée ainsi que des colonies d' <i>Eunicella singularis</i> colonisent le substrat. Le dénivelé atteint par endroit 45-50°.		
S06 : Les fromages	11-21 m	6-18 m	hors ZNP	Au pied de la falaise de l'île de Maire, zone d'éboulis rocheux de différentes tailles sur 80 à 100% des transects, ainsi que des galets sur 10-20%. Le dénivelé est faible. Les communautés de macrophytes constituent une strate relativement rase peu développée et peu diversifiée. Au pied de la falaise, sur les faces ombragées, des colonies d' <i>Eunicella cavolini</i> ont été observées. Plusieurs individus d' <i>Holothuria tubulosa</i> étaient en train de se reproduire (émission de gamètes dans la colonne d'eau).		
S07 : Jarre Briançon	10-19 m	9-22 m	hors ZNP	La station est située à cheval entre le bas d'une falaise accore et des éboulis rocheux majoritairement composés de blocs de petite taille (0.2 - 1 m). Sur la partie au pied de la falaise, relativement plane, des galets sont présents au milieu des blocs rocheux et de la dalle. Des dictyotales et des <i>Codium bursa</i> composent la communautés algales, quelques colonies d' <i>Eunicella cavonili</i> sont également présentes au niveau des blocs. Par contre, la falaise présente une strate algale gazonnante. Plusieurs individus d' <i>Aplysia fasciata</i> ont été vus.		
S08 : Plateau des chèvres	8-10 m	7-10 m	hors ZNP	Vastes dalles rocheuses formant des marches offrant quelques cavités étroites bordées par des colonies d' <i>Eunicella cavolini</i> . Des taches d'herbier de posidonie sont présentes sur ces dalles. Les dalles sont colonisées par un gazon algal dans lequel sont piégés des sables. Quelques rares blocs de différentes tailles sont également présents au pied des marches rocheuses.		
S09 : Moyades	11-18 m	6-14 m	ZNP	Zone d'éboulis rocheux composée de blocs de différentes tailles, avec en majorité des blocs de petite taille (0.2 - 1 m), et par endroit de la roche mère. Un herbier de posidonie compose également le paysage. La communauté algale est développée et forme une strate érigée, <i>Halopteris scoparia</i> , <i>Padina pavonica</i> , <i>Codium bursa</i> , <i>Dictyota sp.</i>		

Station	Profondeur		Statut	Description	Illustrations	
	UVC	EC				
S10 : Sud Riou	18-24 m	14-24 m	ZNP	Au pied d'une falaise accore, une zone où la roche mère alterne avec des éboulis rocheux de différentes tailles. Ces éboulis offrent des cavités et des surplombs qui permettent à la faune sciaphile de se développer. La communauté algale est développée et diversifiée, elle présente des strates gazonnantes sur la paroi de la falaise, et des strates buissonnantes au niveau des blocs et de la roche mère où le dénivelé est plus faible.		
S11 : Plane	10-15 m	8-18 m	ZNP	La falaise présente des surplombs, des arches et des entrées de grottes sous marines. Au pied de cette falaise, des éboulis rocheux composés de blocs plutôt de petite taille ainsi que quelques taches de posidonie s'étendent sur une zone relativement plane. En profondeur, en bordure de ces éboulis, succèdent une zone sableuse.		
S12 : Cortiou	12-15 m	8-15 m	ZNP	Située à 800 m de l'exutoire, la station est fortement marquée par l'influence des rejets de la station d'épuration. Des blocs rocheux de différentes tailles composent le paysage. La communauté algale est dominée par les corallinales encroutantes et une strate gazonnante peu développée et peu diversifiée. Des zones de galets sont également présentes. La colonne d'eau est chargée en matière organique et le fond jonché de macrodéchets.		
S13 : Nord Caramassaigne	12-16 m	10-16 m	ZNP	Au pied d'une falaise accore, zone chaotique relativement plane d'éboulis rocheux de différentes tailles mais composée en majorité de blocs de petite taille (0.2 - 1 m) concretionnés. Un beau faciès d' <i>Eunicella singularis</i> est présent. Les gros blocs (> 2 m) offrent des cavités pour la faune benthique sciaphile.		
S14 : Grand Conglue	15-18 m	10-21 m	ZNP	Au pied d'une falaise accore, zone chaotique d'éboulis rocheux de différentes tailles. Une langue composée de galets entaille cette zone d'éboulis dans la partie Sud-Ouest. Un rocher en pain de sucre se situe au Nord-Est de cette zone. La paroi y est très verticale, colonisée par <i>Paramuricea clavata</i> sur sa face nord. Une arche perfore ce pain de sucre. Cette multitude de substrats et leur agencement varié offrent une diversité d'habitats comme la roche infralittorale à algues photophiles, les roches coralligènes et les grottes semi obscures.		

Station	Profondeur		Statut	Description	Illustrations	
	UVC	EC				
S15 : Sormiou - Réserve Falco	18-22 m	15-20 m	ZNP	Au pied de la falaise, une zone relativement plane de roche mère avec des blocs rocheux de différentes tailles compose le paysage. Entre ces blocs, de petites étendues de sables et de galets sont également présentes. De très petites taches d'herbier de posidonie sont observés de façon ponctuelle. Les communautés algales présentent des strates buissonnantes et gazonnantes. Quelques colonies d' <i>Eunicella singularis</i> sont rencontrées.		
S16 : Ouest Figuiér	15-18 m	12-22 m	hors ZNP	Vaste étendue de sables, graviers et galets avec quelques blocs rocheux de petite taille. Certains présentent des bioconcrétions coralligènes composées de Corallinaceae. Des colonies d' <i>Eunicella cavolini</i> et <i>E. singularis</i> sont observées ainsi que le macrophyte <i>Codium bursa</i> . La station présente peu de relief.		
S17 : Devenson	11-19 m	9-17 m	ZNP	Eboulis rocheux chaotique présentant des blocs de différentes tailles. Certains blocs sont très gros (bien supérieurs à 2 m). Les communautés algales sont bien développées et forment des strates buissonnantes. Quelques zones de 'barren ground' (surpâturage) sont observées sur les blocs. L'amoncellement des blocs rocheux offrent un grand nombre de cavités propices aux espèces sciaphiles comme les éponges (<i>Crambe crambe</i>) ou les bryozoaires (<i>Pentapora fascialis</i> , <i>Myriapora truncata</i>).		
S18 : Calanque de l'Oule	9-15 m	9-15 m	hors ZNP	Zone de blocs rocheux, majoritairement de petite (0.2 - 1 m) et moyenne (1-2 m) taille, chaotiques, mais avec peu de relief. Des mosaïques de sables, graviers et de petites taches d'herbier de posidonie composent également le paysage. Les communautés algales sont peu développées. L'herbier de posidonie se développent plus en profondeur sur substrat meuble.		
S19 : En Vau	15-19 m	10-20 m	hors ZNP	Au pied d'une grande falaise accore, une mosaïque de blocs rocheux, en majorité de petite taille (0.2 - 1 m), de sables et de galets constitue le fond. Quelques taches d'herbier de posidonie sont présentes dans la partie la plus profonde (éloigné de la falaise). Quelques colonies d' <i>Eunicella singularis</i> sont fixées sur des blocs. Ces blocs sont colonisés par une strate algale mi-gazonnante mi-buissonnante. Des bioconcrétionnements coralligènes sont également observés.		

Station	Profondeur		Statut	Description	Illustrations	
	UVC	EC				
S20 : Pointe Cacao	14-22 m	10-20 m	ZNP	Au pied d'une falaise accore, un amoncellement de blocs rocheux de petite taille forme un paysage chaotique. Les communautés algales qui colonisent ces blocs sont gazonnantes. Quelques <i>Codium bursa</i> sont également présents. Des zones de galets et de sables, plus ou moins étendues, sont présentes parmi les blocs. Dans les parties plus profondes, des roches coralligènes bioconstruites offrent un habitat diversifié et chaotique.		
S21 : Phare Cassidaigne	15-18 m	11-18 m	hors ZNP	Dalles rocheuses entaillées de failles avec quelques éboulis rocheux. Le paysage est relativement chaotique avec un relief important. Le substrat est colonisé par une communauté algale développée et érigée ainsi que par un faciès à <i>Eunicella singularis</i> . L'anémone <i>Anemonia viridis</i> y est particulièrement abondante.		
S22 : Cap Soubeyrane	6-9 m	4-11 m	ZNP	Vaste zone relativement plane d'éboulis rocheux, majoritairement de grande taille (> 2 m), sur une bande étroite de quelques dizaines de mètres longeant d'une part la limite supérieure de l'herbier de posidonie et d'autre part le trait de côte. La communauté algale est bien développée et présente une strate érigée composée de <i>Sphaerococcus coronopifolius</i> , <i>Halopteris scoparia</i> , <i>Dictyota sp.</i> , etc. Quelques taches d'herbier de posidonie sont également présentes au milieu des blocs.		
S23 : Soubeyrane	7-9 m	6-9 m	ZNP	Mosaïque d'herbier de posidonie sur roche et d'éboulis rocheux. Les blocs sont de différentes tailles et offrent un paysage chaotique. Quelques zones de sables et de galets sont présents au pied des blocs. <i>Sphaerococcus coronopifolius</i> est très développé.		
S24 : Ile Verte Roustaud	15-25 m	14-24 m	hors ZNP	Plateau composé d'une mosaïque d'herbier de posidonie sur roche, d'éboulis rocheux et de roche mère. Un faciès à <i>Eunicella singularis</i> et une association à <i>Codium bursa</i> composent le paysage. En bordure de ce plateau, un tombant colonisé de gorgones (<i>Eunicella cavolini</i> et <i>Paramuricea clavata</i>) débouche sur une zone sableuse au Nord et un deuxième plateau rocheux, concretionné, plus profond, à l'Est et au Sud.		

2.4 Sauvegarde des données en base de données

La saisie des données correspondant à chaque transect (poissons pour les comptages de référence ; poissons pour les comptages au temps en PMT, poissons cibles par classe de taille pour le comptage d'espèces cibles au temps) a été faite dans la base de données du GIS Posidonie, dédiée à la saisie et à l'analyse des données de comptages de poissons.

A l'issue de ce travail, les données ont été exportées au format adéquat pour une intégration dans la base de données en ligne POPCORn réalisée pour le Parc national des Calanques au moment de l'état initial en 2013. Le serveur du Parc n'étant pas encore opérationnel, la saisie n'a pu se faire directement sur celui-ci, ce qui ne pose aucun problème technique, mais nécessite une étape supplémentaire pour l'importation des données dans la base en ligne POPCORn.

2.5 Analyse des données

L'analyse des données repose sur 3 jeux de données, à chaque retour, totalisant 840 comptages se répartissant de la façon suivante :

Profondeur 5-25 m	Transect métré	TRA	125 m ²	24 stations	240 répliqués
Profondeur 5-25 m	Parcours aléatoire	TPS	3 min	24 stations	480 répliqués
Profondeur 0-5m	Parcours aléatoire	PMT	3 min	12 stations	120 répliqués

Les variables principales du suivi sont : l'occurrence des espèces, la richesse spécifique, la densité et la biomasse de poissons.

L'évolution de l'occurrence des espèces peut renseigner sur l'évolution d'un peuplement de poissons. Selon la fréquence de rencontre dans les transects exprimée en pourcentages, Ody et Harmelin (1994) ont défini des classes de fréquence permettant de qualifier les espèces de permanentes à rares :

- classe I : >75 à 100%, espèces permanentes
- classe II : >50 à 75%, espèces fréquentes
- classe III : >25 à 50%, espèces occasionnelles
- classe IV : 0 à 25%, espèces rares

Le peuplement de poissons de la tranche de profondeur 5-25 m est globalement analysé à partir des variables classiques de suivi : l'occurrence des espèces et la richesse spécifique, la densité et la biomasse (paragraphe 3.1). Les données sont restituées par station pour le gestionnaire mais aussi agrégées par type de gestion et par année pour comparer les résultats de 2019 à T0+6 à ceux de 2016 à T0+3 et ceux de 2013 à T0 et dégager la tendance évolutive.

Une série d'analyses statistiques a été réalisée avec le logiciel R. Des modèles linéaires généralisés (GLM) de loi Poisson et de loi Gamma ont été utilisés pour tester respectivement (i) la richesse spécifique, (ii) la densité et la biomasse. Afin de tester les variables 'année' et 'gestion' ainsi que l'interaction entre ces deux variables, une sélection du modèle le plus parcimonieux avec le critère BIC a été réalisée permettant de choisir le modèle qui explique le mieux le jeu de données. Une fois ce modèle sélectionné, un test post hoc de Tukey a été réalisé pour les comparaisons multiples afin de comparer les modalités des variables entre elles, lorsqu'au moins une variable était significative.

Les données collectées par transect entre 5 et 25 m (TRA) ou par comptage au temps entre 0 et 5 m (PMT) ont fait l'objet d'une analyse statistique descriptive portant sur la richesse spécifique, la densité et la biomasse.

Les figures sont faites à partir des données brutes par transect de 125 m² ou par comptage de 3 minutes, elles sont destinées à des **comparaisons relatives par unité de comptage au sein du PNCal**.

Les tableaux de données restituent les richesses spécifiques en fonction de l'unité d'observation : le transect de 125 m², car la richesse spécifique n'est pas extrapolable, alors que les évaluations de densité et de biomasse moyenne sont ramenées à l'unité standard de 100 m², afin de faciliter les **comparaisons avec d'autres jeux de données**.

2.5.1 Prise en compte des espèces planctonophages

L'abondance et le comportement fortement agrégatif des espèces zooplanctonophages de pleine eau telles que les bogues *Boops boops*, les castagnoles *Chromis chromis*, les mendoles *Spicara maena* et les picarels *Spicara smaris*, mais aussi les clupéidés (anchois, sardines, sardinelles), viennent souvent perturber les analyses du peuplement (Tableau 8). Pour bien mettre en évidence les différences entre stations et l'efficacité des mesures de gestion, il est donc préférable de considérer les abondances et les biomasses 'réduites', c'est-à-dire sans prendre en compte ces espèces induisant de fortes variabilités spatiales et temporelles. Ces espèces présentant de fortes fluctuations annuelles, ne sont pas ciblées par la pêche, mais jouent un rôle important dans la chaîne alimentaire. L'estimation des abondances et des biomasses réduites permet des comparaisons plus robustes avec d'autres sites car moins soumises à la variabilité spatiale et temporelle due à ces espèces réparties dans la colonne d'eau.

Tableau 8. Liste des espèces planctonophages considérées pour l'analyse des données.

Famille	Espèce	Nom commun
Apogonidés	<i>Apogon imberbis</i>	Apogon
Atherinidés	<i>Atherina spp</i>	Athérines
Serranidés	<i>Anthias anthias</i>	Barbier commun
Sparidés	<i>Boops boops</i>	Bogue
	<i>Oblada melanura</i>	Oblade
Pomacentridés	<i>Chromis chromis</i>	Castagnole
Centracanthidés	<i>Spicara maena</i>	Mendole
	<i>Spicara smaris</i>	Picarel

2.5.2 Prise en compte des espèces cibles de différents modes de pêche

La liste des espèces cibles prises en compte a été présentée dans la méthodologie d'échantillonnage. L'ensemble des travaux de recensement de poissons par comptages visuels réalisés depuis une trentaine d'année dans les aires marines protégées de Méditerranée (Harmelin, 1987, 1990 ; Bouchereau *et al.*, 1992a et b, Dufour *et al.*, 1995 ; Francour, 1994 ; Jouvenel, 1997 pour la France, et Garcia-Rubies et Zabala, 1990 ; Bayle-Sempere et Ramos-Espla, 1993 ; Renones *et al.*, 1995) croisés avec les évaluations de captures de la pêche artisanale professionnelle (Cadiou *et al.*, 2009, Bonhomme *et al.*, 2014 ; Le Diréach *et al.*, 2015 a et b) et de la pêche amateur (Chavoïn et Boudouresque, 2004 ; Dubreuil *et al.*, 2008 ; Bonnard, 2009 ; Leleu, 2012) ont permis d'identifier certaines espèces comme particulièrement vulnérables à certains modes de pêche. La densité ou l'analyse des distributions de

taille de ces espèces définies comme 'cibles' constituent des indicateurs d'impact de certains usages (Harmelin *et al.*, 1995).

Le groupe des espèces cibles a été analysé dans le jeu de données de comptages par transect (TRA) et constitue la totalité du jeu de données de comptages au temps (TPS).

En complément de l'analyse globale, l'agrégation de ces différentes espèces cibles, peut permettre de mettre en évidence l'effet refuge ou l'impact de la protection des ZNP par rapport aux différentes activités de prélèvement (pêche professionnelle, pêche à la ligne, chasse sous-marine ; Tableau 9). Cette liste est la même que celle prise en compte pour l'analyse des données des récifs du Prado.

Les **espèces cibles de la pêche professionnelle** sont les espèces dites 'commerciales', qui composent en majorité la catégorie 'beau poisson' utilisée par les pêcheurs professionnels. Pour la plupart, ce sont des espèces carnivores de grande taille : le loup, les sparidés en général, dont la daurade, le denti et les sars. D'autres espèces figurant dans les captures des pêcheurs n'ont pas été prises en compte car elles ne constituent pas la cible principale.

Les **espèces cibles de la pêche sous-marine** sont les mêmes que celles de la pêche professionnelle pratiquée près du bord, avec en plus les grand labres (moins recherchés par les professionnels). Le corb et le mérou qui bénéficient d'un moratoire ont été maintenus dans la liste des cibles.

Parmi les **espèces cibles de la pêche à la ligne** figurent les girelles et les serrans, espèces de petite taille fréquentes dans les captures à la ligne. Ces deux espèces ne sont pas à proprement parler des espèces nobles recherchées par le pêcheur, mais leur comportement (territorial, vorace) les rend vulnérables à la pêche récréative et en font d'excellents indicateurs de la pression de ce type de pêche exercée sur un site.

Tableau 9. Liste des espèces cibles considérées pour l'analyse des données. P : espèce ciblée par la pêche professionnelle ; L : par la pêche amateur à la ligne ; C : par la chasse sous-marine. *: espèces non observées au cours des comptages depuis le début du suivi.

Famille	Espèce	Nom commun	Cible
Moronidé	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Loup	P L C
Sparidé	<i>Dentex dentex</i>	Denti	P L C
	<i>Diplodus cervinus</i>	Sar tambour	P L C
	<i>Diplodus puntazzo</i>	Sar à museau pointu	P L C
	<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	P L C
	<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	P L
	<i>Pagellus erythrinus*</i>	Pageot	P L
	<i>Pagrus pagrus</i>	Pagre	P L C
	<i>Sparus aurata</i>	Daurade royale	P L C
	<i>Spondyllosoma cantharus</i>	Canthare	P L
Serranidé	<i>Epinephelus marginatus</i>	Mérou brun	P (L et C mais protégé par un moratoire)
	<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chevrette	L
	<i>Serranus scriba</i>	Serran écriture	L
Labridé	<i>Labrus merula</i>	Labre merle	P L C
	<i>Labrus viridis</i>	Labre vert (lasagne)	P L C
	<i>Labrus mixtus</i>	Labre coquette	L
	<i>Symphodus mediterraneus</i>	Crénilabre méditerranéen	L
	<i>Symphodus tinca</i>	Crénilabre paon	L C
	<i>Coris julis</i>	Girelle royale	L
Carangidé	<i>Seriola dumerili</i>	Sériole	P L C
Sciaenidé	<i>Sciaena umbra</i>	Corb	P (L et C mais protégé par un moratoire)
Scorpaenidé	<i>Scorpaena scrofa</i>	Chapon	P C
Mullidé	<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche	P L C
Muraenidé	<i>Muraena helena</i>	Murène	P C
Congridé	<i>Conger conger</i>	Congre	P C
Gadidé	<i>Phycis phycis</i>	Mostelle	P C
Scombridé	<i>Sarda sarda*</i>	Pélamide	P L
Sphyraenidé	<i>Sphyraena viridensis</i>	Barracuda	P C
Zéidé	<i>Zeus faber*</i>	Saint-Pierre	P C
Soléidé	<i>Solea sp.*</i>	Soles diverses	P C

2.5.3 Prise en compte de l'effet de l'habitat dans l'analyse de l'effet de la gestion sur les espèces cibles de la pêche

L'habitat est une variable importante dans la structuration du peuplement de poissons. Lors des précédents suivis réalisés dans le Parc national des Calanques, il ressort clairement que de fortes abondances, biomasses et richesses spécifiques sont favorisées par la présence de roche, et d'habitat complexe traduit par un grand nombre de gros blocs (Bonhomme *et al.*, 2015, Le Diréach *et al.*, 2017). Bien qu'un effort ait été réalisé dans le choix des stations, une hétérogénéité des habitats rencontrés entre les stations en ZNP et Hors ZNP a tout de même été observée et peut donc provoquer un biais d'observation. Depuis ce nouveau suivi, à partir des 3 jeux de données complets, nous avons voulu vérifier que l'effet 'réserve' était bien mis en évidence indépendamment de l'influence de la complexité et de la rugosité de l'habitat rochers des stations choisies.

La prise en compte de cette variabilité naturelle liée à l'habitat est une technique qui permet de mettre en évidence l'effet réel des modes de gestion mis en place dans une zone (Harmelin-Vivien *et al.*, 2008). Pour chaque année de suivi (2013, 2016, 2019), les variables d'abondance et de biomasse ont directement été mises au regard des variables descriptives de l'habitat (Tableau 10), en tenant compte de leur forme quadratique et cubique, grâce à des Modèles Linéaires Généralisés (GLM) de loi Gamma. Le meilleur modèle (pour chaque année), est sélectionné grâce au critère BIC. Les résidus de chacun de ces modèles, correspondant à la part de l'abondance ou de la biomasse non expliquée par l'habitat (cf. encadré ci-dessous), sont ensuite analysés en fonction du mode de gestion grâce à une ANOVA par permutation qui permet de s'affranchir de la normalité des données et de l'homogénéité des variances (Pesarin et Salmaso, 2010). La significativité de la variable 'gestion' traduit ici, si oui ou non, on observe un effet du mode de gestion, et cela indépendamment de l'habitat présent sur les différentes stations de suivi.

Les résidus d'un modèle

Dans cet exemple, la biomasse est modélisée en fonction du pourcentage de recouvrement de la roche, par régression linéaire. La droite noire (Figure 6) représente les valeurs du modèle d'évolution de la biomasse en fonction du recouvrement en roche. L'écart entre une valeur de biomasse (ronds bleu et orange) et le modèle est appelé **résidu**.

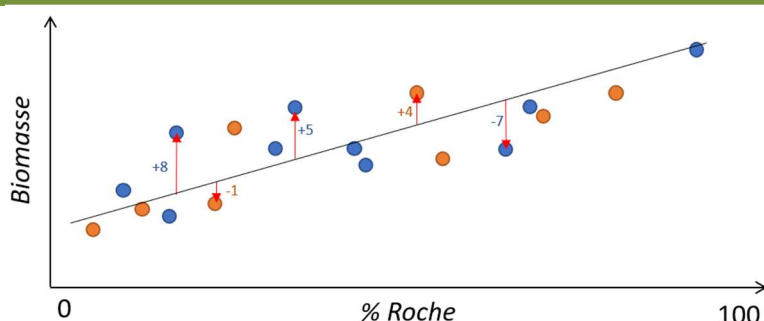


Figure 6. Représentation d'un modèle statistique expliquant la biomasse en fonction du pourcentage de roche. Rond (orange et bleu) : valeur de biomasse relevée ; trait noir : régression statistique.

Dans notre cas présent, un résidu est donc la part de variabilité d'une observation non expliquée par le modèle d'habitat et peut correspondre à la variabilité expliquée par le mode de gestion.

La nature de l'habitat a été relevée de manière détaillée en 2013 et 2016 (Bonhomme *et al.*, 2015, Le Diréach *et al.*, 2017). Etant donnée la faible variabilité de la description des fonds relevés entre ces deux précédents suivis, et en faisant l'hypothèse d'une certaine homogénéité intra-station, une valeur moyenne a été attribuée à chaque demi-station (lien possible entre les comptages en connaissant l'orientation du comptage réalisé à une date donnée, cf. 2.1.1).

Tableau 10. Variables descriptives de l'habitat utilisées lors des suivis de 2013 et 2016 (Bonhomme *et al.*, 2015, Le Diréach *et al.*, 2017).

Variables	Unité
Petit bloc	Nb de bloc
Moyen bloc	Nb de bloc
Gros bloc	Nb de bloc
Roche	% recouvrement
Herbier de posidonie	% recouvrement
Sable	% recouvrement
Galet	% recouvrement

2.5.4 Structure trophique du peuplement

Une analyse de la structure trophique du peuplement a été menée, selon les catégories définies par Bell et Harmelin-Vivien (1983) pour comparer les peuplements échantillonnés en 2008, 2013 et 2016 et pour comparer les peuplements observés à chaque station dans le PNCal et dans l'aire maritime adjacente (îles du Frioul). Sept groupes d'espèces ont été considérés :

- **planctonophages diurnes (PPD)** : espèces de pleine eau s'alimentant la journée. Les principales espèces de ce groupe sont : *Boops boops*, *Spicara* spp., *Chromis chromis*, etc. ;
- **planctonophages nocturnes (PPN)** : espèces s'alimentant de zooplancton la nuit. *Anthias anthias* et *Apogon imberbis* appartiennent à ce groupe ;
- **herbivores (HE)** : seule la saupe *Sarpa salpa* appartient à ce groupe, seule espèce de poisson exclusivement herbivore présente en Méditerranée nord occidentale ;
- **mésocarnivores (ME)** : il s'agit de prédateurs de proies de taille moyenne, crustacés, mollusques, etc. Dans ce groupe il y a l'ensemble des labridés, quelques sparidés (*Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *D. annularis*, *Pagellus erythrinus*), *Mullus surmuletus*, *Sciaena umbra*, *Phycis phycis*, etc. ;
- **omnivores (OM)** : *Diplodus puntazzo*, *Spondyllosoma cantharus*, *Pagellus acarne* et tous les Mugilidés appartiennent à ce groupe ;
- **macrocarnivores (MA)** : Il s'agit de prédateurs de proies de grande taille, crustacés, mollusques et éventuellement téléostéens. Les principales espèces appartenant à ce groupe sont *Scorpaena porcus*, *S. notata*, *Pagrus pagrus*, *Serranus* spp., *Muraena helena* ;
- **piscivores (PI)** : il s'agit de prédateurs de proies de grandes tailles majoritairement composées de téléostéens. *Dicentrarchus labrax*, *Scorpaena scrofa*, *Conger conger*, *Dentex dentex*, *Epinephelus marginatus* sont les principales espèces constituant ce groupe.

2.5.5 Structure spatiale et comportementale du peuplement

Les catégories d'occupation spatiale du peuplement de poissons telles que définies par Harmelin (1987) permettent une description synthétique de la répartition dans l'espace des différentes espèces présentes en fonction de leur écologie et de leur comportement. Les catégories sont les suivantes :

- **catégorie 1** : regroupe les **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** : regroupe des **poissons sédentaires vivant en banc** dans toute la colonne d'eau. *Chromis chromis* et *Anthias anthias* appartiennent à cette catégorie ;
- **catégorie 3** : comprend des **espèces necto-benthiques** 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., *Spondyllosoma cantharus*, *Sparus aurata*, *Sarpa salpa*, *Dentex dentex*, et *Epinephelus marginatus* ;
- **catégorie 4** : regroupe des **espèces necto-benthiques à déplacements verticaux très faibles** et à déplacements latéraux importants. Seul *Mullus surmuletus* appartient à cette catégorie ;
- **catégorie 5** : comprend des **espèces necto-benthiques 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** : la dernière catégorie inclut des **espèces necto-benthiques à très forte sédentarité**. Ces poissons présentent des déplacements verticaux quasi nuls et des déplacements verticaux rares et de très faible amplitude. Ce sont pour la plupart des espèces dépendantes d'un abri, constituant un refuge momentané ou pour un repos cyclique. 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.

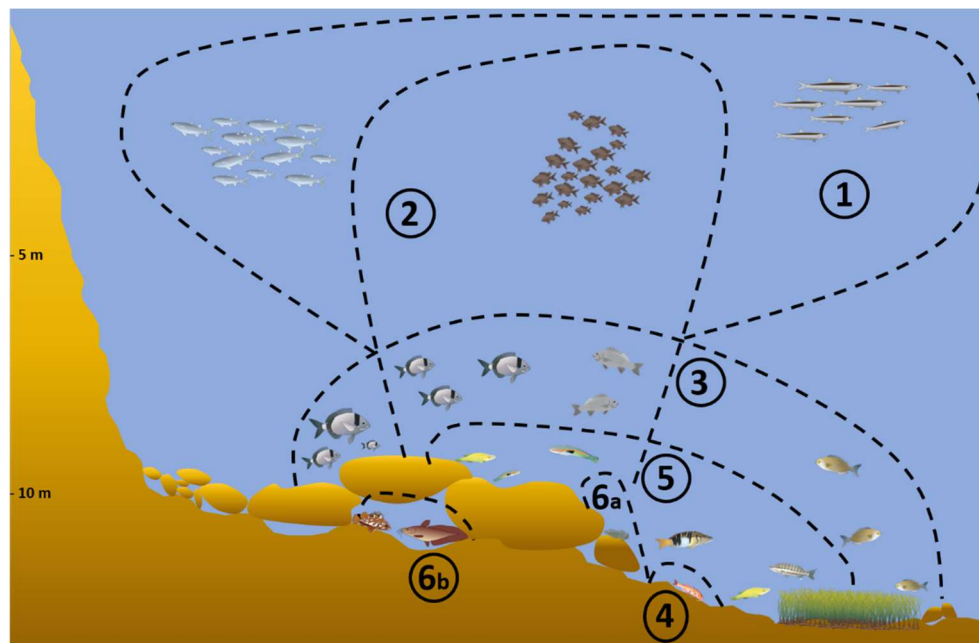


Figure 7. Organisation spatiale de l'ichtyofaune sur les fonds rocheux infralittoraux méditerranéens (modifiée d'après Harmelin, 1987).

En annexe du rapport les densités et biomasses moyennes sont restituées par transect de 125 m² et pour 100 m² pour permettre toutes les comparaisons utiles.

Pour l'ensemble des tests statistiques appliqués, les différences ont été considérées comme significatives si la probabilité de se tromper était inférieure à 5% ($p < 0.05$).

Les **évaluations de densité et de biomasse réduites** (sans espèces planctonophages) sont données dans le paragraphe 4.2, afin de permettre des comparaisons avec la littérature et d'autres sites et de mieux faire ressortir la tendance en enlevant une source de variabilité importante.

Les spécificités du **peuplement de poissons téléostéens superficiel** sont analysées dans le paragraphe 4.3 : liste et occurrence des espèces, densité et biomasse par station et par zone de gestion.

Enfin les **espèces cibles de la pêche** sont analysées de façon agrégée au paragraphe 4.4 : nombre et occurrence des espèces cibles par station, abondance et biomasse dans les transects métrés (TRA). Des résultats sont détaillés par station pour quelques espèces cibles d'intérêt pour la gestion ainsi que l'analyse des effets des modes de gestion en tenant compte de l'effet de l'habitat.

Le paragraphe 4.6 est dédié à **l'évolution temporelle de la richesse spécifique des occurrences, de l'abondance et de la biomasse des poissons cibles** observée sur les 8 stations suivies en 2008, 2013 2016 et 2019, qui permettent de dégager des tendances pour la localité, liées à l'impact des prélèvements de toutes les formes de pêche.

Dans le paragraphe 4.7 le peuplement est analysé sous un angle fonctionnel à partir de la **structure trophique** et de la **structure spatiale et comportementale**.

3 SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE 2016 – 2019

L'analyse bibliographique présentée ci-après porte sur les principaux travaux réalisés sur les peuplements de poissons, au niveau des sites du Parc national des Calanques ou situés à proximité en particulier dans la baie de Marseille, qu'il s'agisse de résultats de suivis ou bien de travaux scientifiques ponctuels sur ce compartiment. Nous avons ajouté un travail récent du MIO sur la circulation des courants dans la zone (Millet et al., 2018) et l'avancée sur les données concernant le niveau trophique et le régime alimentaire des principales espèces pêchées dans le golfe du Lion (Banaru *et al.*, 2019), dont beaucoup sont communes au PN des Calanques.

Pour mémoire, la liste des travaux antérieurs ayant fait l'objet de résumés dans le rapport du suivi 2016 est la suivante :

Quelle contamination de l'herbier à *Posidonia oceanica* le long de la côte provençale (France, NW Méditerranée) ? Ourgaud M., Harmelin-Vivien M., Ruitton S., Boudouresque C.F., Bustamante P., Churlaud C., Wafo E., 2013.

Teneur en éléments traces des téléostéens des herbiers de posidonies. Ourgaud M., Ruitton S., Harmelin-Vivien M., 2014.

Réponse d'un assemblage de poissons d'herbier à l'amélioration du traitement d'eaux usées rejetées en mer. Ourgaud M., Ruitton S., Bell, J.D., Letourneur Y., Harmelin J.G., Harmelin-Vivien M.L., 2015.

Teneurs en éléments traces chez l'espèce macrocarnivore *Scorpaena porcus* dans les herbiers de posidonie (côte provençale française). Ourgaud M., Ruitton S., Lebreton B., Guillou G., Bustamante P., Churlaud C., Bourgogne H. & Harmelin-Vivien M., 2015.

Influence des apports anthropiques sur les flux de carbone et de contaminants dans les réseaux trophiques de 'poissons' de l'écosystème à *Posidonia oceanica*. Ourgaud M., 2015.

Opération Récifs Prado : suivi scientifique, biologique et technique dans la zone d'immersion (suivi obligatoire). Le Diréach L., Astruch P., Bonhomme D., Bonhomme P., Rouanet E., 2014.

Suivi du peuplement de poissons des récifs artificiels de la baie du Prado (2008-2015). Astruch P., Rouanet E., Le Diréach L., Goujard A., 2016.

Réseaux trophiques des substrats durs naturels et artificiels méditerranéens (RESUNA). Belloni B., 2016.

Suivi des peuplements de poissons de la Réserve Marine du Cap Couronne (Parc Marin de la Côte Bleue) – Bilan 1995-2013. Le Diréach L., Bonhomme D., Charbonnel E., Bachet F., 2015.

Etude et suivi biologique d'une petite calanque marseillaise. Rapport annuel 2016. Lelong P., Couvray S., Miard T., Rebillard D., Kirchhofer D., Bonnefont J.-L., 2017.

Compte-rendu 2014 - 11^{ème} campagne d'inventaire des populations de mérous et de corbs dans les Calanques et les îles marseillaise et 2^{ème} opération « Des espèces qui comptent ! » dans le Parc national des Calanques. Clément A.-L., Cabaret J., Charbonnel E., 2014.

« Des espèces qui comptent », comptages des mérous et des corbs 2013-2016 dans le parc national des Calanques. Chiffres transmis par le PNCal en 2017.

Dans le présent rapport, les études suivantes ont été traitées :

Analyse des données recueillies dans le cadre du programme « corb et mérous » 2015-2018 et proposition de suivi à long terme.

Jean-Michel Cottalorda, Frédéric Bachet, Eric Charbonnel, Bérangère Casalta, Alexandra Gigou, Boris Daniel, Alexis Pey, Patrícia Ventura, Paolo Guidetti, Patrice Francour, 2019.

Rapport de synthèse 2019 sur la Côte Bleue du programme de surveillance corb/mérous

Eric Charbonnel, Boris Daniel, Marie Monin-Bravo, Benjamin Cadville, Olivier Bretton, Frédéric Bachet, 2019

Suivi des peuplements de poissons de la réserve marine du Cap Couronne dans le Parc Marin de la Côte Bleue. Evolution à long terme 1995-2019 et impact des mesures de protection.

Eric Charbonnel, Frédéric Bachet, Marie Bravo-Monin, Benjamin Cadville, Olivier Bretton, 2020

Inventaire des espèces de poissons rencontrées sur la Côte Bleue

Eric Charbonnel, Christian Coudre, Patrice Francour, 2020

Usine d'alumine de Gardanne. Etude et suivi de l'impact des rejets sur le milieu marin. T5 – Campagne de pêche. Suivi 2016-2017.

CREOCEAN – BIO-TOX, 2018

Unexpected spatial impact of treatment plant discharges induced by episodic hydrodynamic events: Modelling Lagrangian transport of fine particles by Northern Current intrusions in the bays of Marseille (France)

Bertrand Millet, Christel Pinazo, Daniela Banaru, Rémi Pagès, Pierre Guiart, Ivane Pairaud, 2018

Implementation of an end-to-end model of the Gulf of Lions ecosystem (NW Mediterranean Sea). Parameterization, calibration and evaluation.

*Daniela Bănar, *, Frédéric Diaz, *, Philippe Verley, Rose Campbell, Jonathan Navarro, Christophe Yohia, Ricardo Oliveros-Ramos, Capucine Mellon-Duval, Yunne-Jai Shin, 2019*

Analyse des données recueillies dans le cadre du programme « corb et mérou » 2015-2018 et proposition de suivi à long terme.

Jean-Michel Cottalorda, Frédéric Bachet, Eric Charbonnel, Bérangère Casalta, Alexandra Gigou, Boris Daniel, Alexis Pey, Patrícia Ventura, Paolo Guidetti, Patrice Francour, 2019.

Le 23 décembre 2013, quatre nouveaux arrêtés préfectoraux ont été signés pour les eaux territoriales méditerranéennes (continentales et corses). Les deux premiers réglementent, durant 10 ans, la pêche de cinq espèces de « mérou » : Le mérou brun (*Epinephelus marginatus*), la badèche (*Epinephelus costae*), le mérou gris (*Epinephelus caninus*), le mérou royal (*Mycteroperca rubra*) et le cernier (*Polyprion americanus*). Les deux autres arrêtés réglementaient la pêche du corb (*Sciaena umbra*) durant 5 années (1ère échéance : fin décembre 2018).

Dans l'esprit de concertation du Conseil Maritime de Façade (CMF) Méditerranée, et selon le souhait des membres de la commission « mérou-corb » réunie à son initiative, un programme de suivi a ensuite été mis en place par l'Etat. La Direction Interrégionale de la Mer Méditerranée (DIRM) a ainsi sollicité l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) avec pour objectif l'évaluation l'efficacité de ces quatre arrêtés entre 2015 et 2018.

L'objectif principal de ce programme « Corb et Mérou » 2015-2018 était d'apprécier et d'évaluer l'efficacité des mesures réglementaires en vigueur depuis fin décembre 2013 portant sur la pêche du corb et de plusieurs espèces de « mérou » sur la façade méditerranéenne française. Cette démarche « pilote » avait pour objectifs :

- a) de contribuer au recueil et à la consolidation des éléments scientifiques qui concernent le corb et les « mérou » à partir des données et publications scientifiques réunies ces dernières années et des missions d'échantillonnages programmées avec l'AFB de 2015 à 2018 ;
- b) d'encadrer la coordination scientifique du suivi, la mise au point et l'utilisation de protocoles de comptage standardisés et de produire des données, des documents et des présentations de synthèse dans l'objectif d'enrichir les arguments scientifiques permettant de juger de la pertinence de renouveler ou pas les « moratoires » sur le corb arrivant à leur échéance ;
- c) d'apporter un soutien (financier et technique) aux inventaires et aux organismes chargés de recueillir, de centraliser et d'analyser de manière critique et statistiquement l'ensemble des données disponibles/collectées ;
- d) de permettre aux acteurs intéressés – groupes professionnels, structures associatives, partenaires institutionnels et scientifiques – de concourir à la présente initiative.

Ce programme s'appuie notamment sur :

- a) le suivi de la présence, de l'abondance et de la distribution de tailles des corbs et des mérous (qui constituent d'excellents indicateurs de l'efficacité des mesures de limitation/gestion de la pêche) au niveau de « zones géographiques témoins » réparties sur la façade méditerranéenne continentale :
1) la Côte Vermeille (Parc naturel marin du golfe du Lion, mais hors réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls) ; 2) la Côte Bleue (hors réserves du Parc marin de la Côte Bleue) ; 3) la Corniche varoise ;

En parallèle, l'Office de l'Environnement de la Corse (OEC) coordonne et évalue une synthèse de données sur les corbs et les mérous au niveau des côtes corses.

- b) l'analyse de la bibliographie internationale ;
- c) la réalisation d'un suivi « type » (à titre d'exemple) ayant pour but de mettre au point et de planifier un suivi futur à « long terme », basé sur des critères et des protocoles standardisés et acceptés à l'échelle internationale.

Les recensements de corbs et de mérous ont été réalisés hors zones de protection renforcées (ZPR). Ces zones de protection renforcées sont : a) les zones de non-prélèvement du Parc national de Port-Cros ; b) les zones de réserve intégrale des réserves naturelles marines de Scandola, des Bouches-de-Bonifacio et de Cerbère-Banyuls ; c) certains cantonnements et réserves de pêche. Les données

bibliographiques et de terrain recueillies ont été centralisées par l'unité de recherche ECOSEAS (UMR 7035, Université Côte d'Azur-CNRS) qui a coordonné leur analyse critique et statistique.

Le suivi conduit en 2015/2016 et 2018 (4 campagnes d'échantillonnage au total) a mis en évidence : i) une légère augmentation de l'abondance et de la taille des corbs observés, uniquement au niveau de la Corniche varoise ; ii) une augmentation générale de la taille des mérous bruns observés ; iii) une absence d'observations d'autres espèces de « mérous » que le mérou brun *Epinephelus marginatus* malgré les importants efforts de prospection consacrés à ces suivis au niveau de sites propices à leur rencontre.

En résumé, ces résultats indiquent que : i) les moratoires mis en place en Méditerranée française dans l'objectif de contribuer à une gestion durable des stocks de corb et de mérous sur les côtes méditerranéennes françaises ont un effet positif sur les espèces qui en bénéficient ; ii) qu'en ce qui concerne le corb, ils vont dans le sens d'une recommandation du renouvellement, à leur échéance, des arrêtés du 23 décembre 2013 interdisant la pêche ciblée du corb pour une période de 5 ans.

L'analyse de la bibliographie scientifique internationale a permis de constater que, en Méditerranée, i) la technique des transects est la seule à être officiellement utilisée pour le suivi de poissons dans le cadre de plans d'échantillonnages adaptés (elle permet de référer les données relevées à une surface d'échantillonnage précise et d'estimer une biomasse moyenne par rapport à la surface calibrée) ; ii) les populations de corb et de mérou brun bénéficient clairement d'une protection intégrale (absence de tout prélèvement), mais aussi d'une protection partielle liée à la réduction de la pression de pêche (professionnelle et/ou de loisir).

La réalisation du suivi « type » a fourni des résultats très prometteurs en termes de : i) clarté de l'hypothèse à tester ; ii) réalisation pratique ; iii) traitement, présentation et interprétation des données ; iv) comparaison avec les données de littérature provenant d'autres localités de Méditerranée.

A l'issue de l'analyse des données bibliographiques et de terrain, un état des lieux des populations de corb et de mérous a été réalisé, ainsi que des approches plus souvent utilisées à l'échelle internationale. Par la suite, les auteurs suggèrent la mise en place de suivis permanents, basés sur un protocole adapté au suivi spécifique des populations de mérous et de corbs, sur des sites témoins répartis le long du littoral.

Mots-clés : corb, mérous, Méditerranée, méthodologie de suivi

Rapport de synthèse 2019 sur la Côte Bleue du programme de surveillance corb/mérou
Eric Charbonnel, Boris Daniel, Marie Monin-Bravo, Benjamin Cadville, Olivier Bretton, Frédéric Bachet, 2019

Dans le cadre d'une convention avec l'Agence Française de la Biodiversité, le Parc Marin de la Côte Bleue a mené 3 campagnes de comptages en plongée des mérous/corbs en 2015, 2018 et 2019 et a réalisé en 2019 un rapport minute présentant l'état des connaissances des stocks de ces 2 espèces patrimoniales sur 4 sites suivis hors-réserve, et, plus globalement, à l'échelle de l'ensemble de la Côte Bleue.

A l'échelle de la Côte Bleue, du fait des eaux naturellement froides (phénomènes d'upwelling), les mérous sont assez rares et le PMCB évalue à environ une centaine d'individus (100-150) le stock potentiel de mérous bruns, par recoupement avec ses suivis et les retours d'observations des structures et des clubs de plongée locaux, mais également des plongeurs « bio » du CEBS 13 de la FFESSM et des apnéistes-chasseurs de la FNPSA. Une convention a d'ailleurs été signée entre le PMCB et la FNPSA en janvier 2014, qui prévoit le retour d'information et de signalisation d'espèces rares, patrimoniales ou invasives. De même, les pêcheurs professionnels collaborent avec le PMCB, avec des remontées d'informations lors des enquêtes de pêche faites au débarquement, tous les mois, par le PMCB depuis 2012.

Dans les deux réserves du Parc Marin, les effectifs de **mérou** *Epinephelus marginatus* sont relativement faibles, du fait des habitats naturels globalement peu favorables, mais semblent en augmentation. Dans chacune des réserves, les populations sont estimées à une quinzaine de mérous. Dans les petits fonds, depuis quelques années, des jeunes mérous bruns sont observés assez régulièrement, notamment dans la réserve de Carry-le-Rouet. Cette reconquête des petits fonds par les juvéniles de mérous est très encourageante pour les gestionnaires du PMCB, mais n'est que très peu observée en dehors des réserves protégées.

Hormis dans les 2 réserves gérées par le PMCB, il n'existe que peu de signalisation de **corb** *Sciaena umbra* sur la Côte Bleue, avec quelques retours d'usagers sur les sites de l'Aragnon, du Mornas, des Anthénors, de l'Elevine. Au total, les usagers ont signalé au Parc Marin seulement 7 observations de corbs sur 6 sites en 2016 et 2017. La plus grande population de corbs connue à l'échelle de la Côte Bleue et même du département des Bouches-du-Rhône est située dans la réserve de Carry-le-Rouet, du fait de l'effet cumulé de la protection depuis plus de 35 ans (réserve créée en 1983 et bénéficiant d'un effort de surveillance très important, avec plus de 2400 h/an) et de la présence d'habitats plus favorables (fonds mixtes herbier/roche, notamment sur le site de « la rague à corb »). Lors de l'inventaire du Groupe d'Etude Mérous et du PMCB dans la réserve en 2006, près d'une centaine de corbs (97 individus) ont été recensés. La structure démographique de la population apparaît comme équilibrée, avec une domination de grands individus de 40-45 cm (86% des effectifs), les plus gros (>55 cm) sont également bien représentés, avec 11% du stock (Bachet et al., 2006). Lors de l'inventaire, les corbs rencontrés sont solitaires ou forment des groupes constitués généralement de 2-3 à une douzaine d'individus, avec néanmoins un maximum de 30 individus ensemble (répartition agrégative en « famille »). Les individus sont observés soit en pleine eau, soit à trou. Leur comportement est généralement calme, avec une fuite lente ou une immobilité.

Au total, la population de corbs établie dans la réserve de Carry est remarquable, de par son abondance et la proportion de gros individus reproducteurs. Cette abondance atteste du succès des mesures de protection mises en place depuis plus de 35 ans. Compte tenu de son caractère exceptionnel, un suivi régulier de cette population devrait être mis en place, en collaboration avec les scientifiques spécialistes ayant réalisé les suivis dans le Parc National de Port-Cros (Harmelin & Ruitton, 2007).

Sur le récif artificiel de Couronne (3 amas de cubes de 148 m³ situés à -25 m), le corb est apparu en 2007 dans les inventaires effectués en plongée tous les 3 ans par le PMCB depuis 1995 (1 individu de 44 cm observé en 2007), puis en 2010 (6 individus) et en 2016 (10 individus). Cette situation est encourageante et la population désormais établie sur ce site protégé. Une opération originale de recherche et développement est d'ailleurs conduite sur ce site des récifs depuis 2016, avec la mise en place d'une station de mesure par acoustique passive permanente et l'analyse des sons produits par les poissons par l'Institut Chorus à Grenoble (équipe de C. Gervaise). Il s'agit de mesurer la biophonie par acoustique passive, technique expérimentée par l'institut Chorus depuis le 15 novembre 2016, avec l'enregistrement en continu (40 minutes par heure), soit 3 cycles annuels complets en 2019. Les résultats analysés sur le corb sont en cours de publication (Di Iorio et al., 2020) et montrent des chants émis par les mâles et liés à la reproduction, entre le 21 mai et le 11 octobre pour l'année 2017 et entre le 22 mai et le 17 octobre pour l'année 2018, soit un synchronisme parfait d'une année à l'autre. L'activité de chant du corb est intense entre 19h et 23 h et présente 72% du temps entre les mois de juin et septembre ; elle est aussi fortement corrélée à la température de l'eau.

Depuis 2015, le Parc Marin intervient dans le cadre du programme de surveillance corb et mérus 2015-2018 mis en place par l'Etat (Direction Inter-Régionale de la Mer (DIRM) et Office Français de la Biodiversité), permettant de suivre l'effet du moratoire réglementant leur pêche depuis les arrêtés préfectoraux du 23 décembre 2013. La Côte Bleue a été échantillonnée successivement en 2015 et 2018, avec 2 séries de comptages sur les 4 sites par les agents du Parc Marin. Au total, lors de ce programme et des 8 plongées de prospection effectuées en automne 2015 sur les 4 sites de la Côte Bleue, 14 mérus bruns et 3 corbs ont été inventoriés par le PMCB (Bachet et al., 2015). Concernant les mérus, les tailles varient entre 45 et 95 cm selon les sites, soit une taille moyenne générale de $63,2 \pm 14,1$ cm. Pour le corb, les tailles varient entre 25 et 30 cm, avec une moyenne pour les 3 individus de $27,0 \pm 2,6$ cm. Le premier retour s'est déroulé au printemps 2018, avec un bilan de 8 mérus et aucun corb sur les 4 sites de la Côte Bleue prospectés 2 fois. Les tailles des mérus varient entre 40 et 75 cm selon les sites, soit une taille moyenne générale de $55,5 \pm 12,8$ cm, plus faible qu'en 2015. Pour 2019, le PMCB a inventorié un total de 18 mérus et un seul corb, mesurant 30 cm. Concernant les mérus, les tailles varient entre 35 et 90 cm selon les sites, soit une taille moyenne générale de $64,7 \pm 17,1$ cm, qui est la plus élevée des 3 séries de comptages successifs. Cette augmentation des tailles pourrait traduire la croissance des individus.

Ces données de comptages du PMCB sont complétées par les retours réguliers d'informations des usagers ciblées sur les mérus/corb depuis l'année 2015, grâce à une fiche d'observations du milieu marin conçue en 2014 par le PMCB. Cette fiche proposée aux usagers de la mer (chasseurs sous-marins, plongeurs, pêcheurs) comprend une description des espèces d'intérêt patrimonial (mérus, corb, tortue) mais également des espèces envahissantes (caulerpe, poisson flûte). En 2016 et 2017, plusieurs retours d'information ont été intéressantes sur le plan naturaliste, comme la présence d'un mérus badèche *Epinephelus costae* sur le grand Mornas ou de mérus juvénile (16 cm) au sentier sous-marin de la réserve de Carry et de 2 jeunes corbs (15 cm) la nuit à Méjean. Au total, les usagers ont signalé au PMCB également 7 observations de corb sur 6 sites en 2016 et 2017 (Charbonnel & Bachet, 2017).

Une tendance à l'augmentation des effectifs de mérus semble se dessiner : effectif global de 14 individus en 2015, contre 8 en 2018, mais 18 en 2019, observés sur seulement 2 sites sur les 4 choisis. En outre, la taille moyenne de la population semble augmenter, traduisant la tendance à la croissance des individus. Cette espèce de poisson « grand témoin » de la protection, situé au sommet des chaînes alimentaires et des réseaux trophiques est un très bon indicateur global de l'état de santé du milieu marin. A l'inverse, le PMCB observe une rareté générale des effectifs de corb, poisson devenu extrêmement rare, ce qui en soi, justifie pleinement la reconduction du moratoire fin 2018. En effet, en dehors des 2 réserves à protection renforcée de la Côte Bleue et sur les 4 sites de comptages choisis en concertation avec les plongeurs et chasseurs locaux, le corb n'a été rencontré qu'à 3 reprises en 2015, pas en 2018 et une seule fois en 2019.

Suivi des peuplements de poissons de la réserve marine du Cap Couronne dans le Parc Marin de la Côte Bleue. Evolution à long terme 1995-2019 et impact des mesures de protection.

Eric Charbonnel, Frédéric Bachet, Marie Bravo-Monin, Benjamin Cadville, Olivier Bretton, 2020

Dans le cadre du suivi à long terme de la réserve marine du Cap-Couronne, et en méthode complémentaire aux comptages en plongée effectués tous les 3 ans à l'extérieur et dans la réserve, le Parc Marin réalise des pêches expérimentales dans la réserve, en collaboration avec les pêcheurs professionnels du port de Carro. Ces pêches montrent une montée en charge progressive des captures depuis le début du suivi, en 1995.

Evolution globale des captures par pêche expérimentale

Les résultats obtenus (série de 4 pêches avec un filet trémail de 500 m de longueur) montrent que la **biomasse pêchée** (poissons, crustacés, mollusques) dans la réserve a été multipliée par un facteur 7, passant de 21 kg en 1995 pour atteindre un pic record cette année en 2019 à 141 kg.

Le **poids moyen des individus** pêchés est en augmentation constante et a été multiplié par un facteur 2.6 (passe de 111 g à 287 g) et la taille moyenne des captures est passée de 17.3 cm à 23.5 cm, soit un facteur 1.4. En près de 25 ans, les rendements ont été multipliés par un facteur 7, avec un taux de capture par unité d'effort CPUE passant de 1.08 kg/100 m en 1995 à 7.06 kg/100 m en 2019.

L'évolution du **total des captures par unité d'effort** montre une progression régulière, aussi bien à 15/20 m qu'à 20/25 m de profondeur depuis le début du suivi. La différence de CPUE en biomasse entre années est hautement significative sur le plan statistique. Avant la mise en protection, la **CPUE moyenne** était de 1 kg par pièce. Cette année 2019, elle atteint son record, à plus de 7 kg par pièce.

La liste des **espèces échantillonnées** par pêche depuis le début du suivi compte au total 58 espèces de téléostéens (poissons), 2 céphalopodes et 9 taxons de crustacés. Pour cette année 2019, on compte 29 espèces, avec 25 espèces de poissons, 2 céphalopodes et 2 crustacés. Ce nombre varie selon les suivis entre 22 et 32 espèces

Ces résultats sont très visuels et très parlants pour les pêcheurs professionnels, et leur montrent clairement l'effet de la protection sur la ressource. Les pêcheurs de Carro indiquent eux même que la réserve fait vivre 4 à 5 familles de pêcheurs artisans, qui calent leurs filets près de la réserve, notamment lors des rassemblements de reproduction des daurades en automne et des loups en hiver.

Lors des pêches expérimentales du PMCB effectuées dans la zone marine protégée du Cap-Couronne tous les 3 ans, une montée en charge progressive des captures est observée. Le **nombre de langoustes** passe de 4 en 1995 (avant la création de la réserve) à 32 individus en 2019 (année record) pour le même effort de pêche (4 pêches de 500 m de filet trémail). Au sein des réserves de Carry et Couronne, de très grands individus sont rencontrés en plongée (taille atteignant plus de 50 cm), offrant donc la possibilité d'une meilleure reproduction de l'espèce, avec beaucoup plus d'œufs et de larves produites par ces grands géniteurs.

La structure démographique des 32 langoustes capturées cette année montre une prédominance de la classe 400-600 gr. (28%) dans les histogrammes des poids. Les jeunes langoustes (poids inférieur à 200 gr.) sont également bien représentées, avec 22% des effectifs, de mêmes que les grands individus, puisque les langoustes de plus de 1 kg constituent 19% des effectifs.

Recensements visuels des poissons en plongée

La comparaison des résultats de 1995 à 2019 montre très clairement l'effet de la mise en protection intégrale d'une aire de 210 ha sur son peuplement de poissons en comparaison avec des stations alentours non protégées. Le peuplement du site de Couronne (R/HR) est typique des petits fonds méditerranéens rocheux, classiquement dominé par les sparidés et les labridés. Le résultat de cette gestion se traduit par une richesse spécifique, des abondances et des biomasses, notamment d'espèces cibles, beaucoup plus élevées dans la réserve qu'à l'extérieur.

Le nombre total de taxons inventoriés depuis le début du suivi est de 62 taxons, ce qui est supérieur aux observations de Harmelin & Bachet (1993) qui dénombraient 50 taxons dans la réserve de Carry. Le nombre total d'espèces de poissons est toujours supérieur dans la réserve par rapport à l'extérieur, quelle que soit l'année considérée. Ce nombre fluctue entre 31 et 45 espèces dans la réserve (34 en 2019), contre 22 à 31 espèces hors réserve (26 en 2019). Depuis 1995, la moyenne des séries en réserve est de 35.9 espèces, contre 27 espèces hors réserve. Au total, 60 espèces sont dénombrées dans la réserve, contre 46 espèces hors-réserve.

Dans cette série de comptages de 1995 à 2019, les deux familles dominantes sont les Sparidés, qui totalisent 13 espèces et les Labridés avec 13 espèces. Les espèces qui marquent la différence entre zone protégée et non protégée (certaines même ne sont présentes que dans la réserve) : est la fréquence des sars *Diplodus sargus* et *D. vulgaris*, la rencontre plus ponctuelle de *D. puntazzo* et *D. cervinus*, celle du mérou brun *Epinephelus marginatus* et du mérou gris *E. caninus*, du denti *Dentex dentex*, du loup *Dicentrarchus labrax* et aussi de la langouste *Palinurus elephas* et du poulpe *Octopus vulgaris*. Pour la plupart, il s'agit d'espèces nobles ou recherchées par les pêcheurs. Mais d'autres espèces semblent y trouver refuge, comme le labridé *Ctenolabrus rupestris*, qui est bien plus fréquent dans la réserve qu'en dehors, également. Ainsi les richesses spécifiques totale et moyenne sont toujours plus élevées dans la réserve.

Le **nombre total d'espèces de poissons** est toujours supérieur dans la réserve par rapport à l'extérieur et ce, quelle que soit l'année considérée. Ce nombre fluctue entre 31 et 45 espèces dans la réserve (34 en 2019), contre 22 à 31 espèces hors réserve (26 en 2019). Depuis 1995, la moyenne des séries en réserve est de 36 espèces, contre 27 espèces hors réserve. Au total, 60 espèces sont dénombrées dans la réserve, contre 46 espèces en dehors.

L'**abondance globale de poissons**, toutes espèces confondues, est 2 à 4 fois plus élevée dans la réserve selon les années. En 2019, elle atteint 8011 individus, contre 3158 hors réserve, soit 2.5 fois plus. L'**abondance d'espèces non planctonophages** est également toujours plus élevée dans la réserve (facteur 1.4 à 12), avec des différences qui s'accroissent entre R/HR depuis 2013, surtout pour l'année 2016 (effectif de 6217 individus dans la réserve vs. 511 hors-réserve).

L'**abondance des espèces cibles de la pêche** est 1.7 à 3 fois supérieure dans la réserve par rapport à l'extérieur depuis 1995. En 2019, les effectifs sont de 1250 individus en réserve, contre 438 hors réserve, soit un facteur x 3. Les effectifs moyens des sars sont 8 fois plus élevés dans la réserve qu'en dehors, celles du mérou 33 fois plus. En moyenne près de 3 fois plus de serrans et de grands labres et 2 fois plus de girelles sont comptés dans la réserve.

En 2019, la **biomasse réduite** (sans les planctonophages) est en forte augmentation et atteint une valeur record de 557 kg de poissons dans la réserve, contre 85 kg à l'extérieur. Il existe une forte différence entre la réserve et hors-réserve, avec des facteurs de multiplication variant de 2 à 15 selon l'année du suivi, le plus grand écart étant en 2013.

Les différences sont amplifiées en ne considérant que les espèces cibles de la pêche. La **biomasse en espèces cibles** est, dès le départ du suivi, bien supérieure dans la réserve et les différences s'accroissent rapidement, avec une montée en charge très rapide dans la réserve, pour atteindre un

pic en 2010 et à nouveau en 2019, avec près de 140 kg de poissons, contre moins de 10 kg hors réserve, soit un facteur multiplicatif x 14.

Lors du suivi 2019, les principales espèces cibles qui dominent le peuplement en biomasse sont le mérou brun (80 kg) suivi par le sar à tête noire (19.6 kg), le sar commun (12,4 kg) et la girelle *Coris julis*. (12,4 kg). En moyenne sur l'ensemble des séries de comptage, la biomasse est de 31.5 kg mérous dans la réserve, contre 0.3 kg à l'extérieur (apparition en 2013), soit un facteur x 104. Une montée en charge des biomasses des mérous est observée depuis la création de la réserve, avec une augmentation entre 1998 et 2001, puis un plateau jusqu'en 2007 (20 kg), puis une augmentation importante en 2010 (60 kg), un nouveau plateau en 2013, puis une chute en 2016 et à nouveau une forte augmentation cette année, avec le record de la série à 80 kg. Dans la réserve, la biomasse des sars est en moyenne 15 à 18 fois plus élevée dans la réserve que hors réserve. Celle des rougets est 16 fois plus élevée que hors réserve.

L'écart de biomasse du serran chèvre entre la réserve et l'extérieur a été très visible après seulement 3 ans de protection et se maintient d'une manière très constante, depuis, avec en moyenne plus de 5.5 fois plus de serran dans la réserve qu'hors réserve. Pour la girelle, le facteur multiplicatif R/HR est de 3. Cet écart peut être considéré comme une évaluation du prélèvement par la pêche de loisir, car ces 2 espèces sont très ciblées et fréquemment prélevées par les pêcheurs à la palangrotte (Harmelin *et al.*, 1995). Les biomasses moyennes des grands labres sont plus de 5 fois plus élevées dans la réserve ; ce facteur multiplicatif atteint même 57 fois pour le labre coquette.

Les biomasses des espèces cibles, bien qu'ayant fortement diminué ces dernières années, restent élevées par rapport à la biomasse initiale (avant la création de la réserve) et l'aménagement en récifs artificiels. Les résultats obtenus sur les récifs varient dans le temps, mais il faut souligner le rôle prépondérant joué par ces récifs artificiels lors des rassemblements de reproduction de certaines espèces, comme le loup *Dicentrarchus labrax*, avec des milliers d'individus présents qui frayent durant l'hiver. Ce site est d'ailleurs connu comme étant la plus importante frayère de loups de la Côte Bleue.

Mots clés : AMP, suivi, poissons, captures, comptages visuels

Inventaire des espèces de poissons rencontrées sur la Côte Bleue

Eric Charbonnel, Christian Coudre, Patrice Francour, 2020

Depuis des années, le Parc Marin de la Côte Bleue tient à jour un inventaire des espèces. Ce travail minutieux est utile aux naturalistes et à la conservation. Quelques nouvelles signalisations récentes portent cet inventaire à 249 espèces en 2020.

Parmi ces nouvelles espèces peu connues : un louveteau (*Luvarus imperialis*) a été capturé au large de Carro par 80 m de fond, au chalut. Frédéric Bachet l'a récupéré ; c'est un juvénile de seulement 12 cm Lf et 14,7 cm Lt, avec une livrée à points noirs. Les adultes mesurent jusqu'à 2 m de longueur.

Cet été, 2 autres signalisations ont été faites : la saupe brésilienne *Kyphosus sectatrix* (capturée en pêche sous-marine) et le marlin de méditerranée *Tetrapturus belone* (vu en plongée par le PMCB et le GIS Posidonie).

Nous choisissons de reporter *in extenso* la dernière liste parue en 2020, étant donné la proximité de la Côte Bleue de l'aire maritime adjacente du Parc national des Calanques.

Mots clés : inventaire, poissons, Côte Bleue

Légende du tableau : inventaire du peuplement de poissons rencontré sur la Côte Bleue (Charbonnel, Coudre & Francour, 2015) ; d'après (1) les inventaires du Parc Marin et observations personnelles en plongée (2) et en pêche (dont thèse K. Leleu (2012), programme Pampa 2009-2011), (3) Christian Coudre (site www.cotebleue.org), et (4) les études scientifiques (programme européen Biomex (2003-2005, Planes, 2005) ; Charbonnel & Francour, 1994 ; Charbonnel et al., 2001 ; Daniel et al., 1999 ; Harmelin & Bachet, 1993 ; Harmelin et al., 1995, Jouvenel & Bachet, 1995, 1998, 2002 ; Jouvenel et al., 2005, Le Direach et al., 2017, etc).

Tro. = catégorie trophique (d'après Bell & Harmelin-Vivien, 1983). Ma = Macrophage, Mi = Microphage (planctonophage),

M1 = Mésophage non Labridae, M2 = Mésophage Labridae, He = Herbivore. Cat. = catégorie d'occupation spatiale (d'après Harmelin, 1987), de 1 à 6 (6a et 6b). Com : C : espèces d'intérêt commercial.

FAMILLES/ESPECES et autorité	NOM COMMUN	Tro	Cat	Com	Source
ALOPIIDAE					
<i>Alopias vulpinus</i> (Bonnaterre, 1788)	Requin renard	Ma	1	C	2
AMMODYTIDAE					
<i>Gymnammodytes cicereus</i> (Rafinesque, 1810)	Lançon cicerelle		6		1,2,3
APOGONIDAE					
<i>Apogon imberbis</i> (Linnaeus, 1758)	Apogon	M1	6b		1,2,3,4
ANGUILLIDAE					
<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	Anguille			C	1,2,3
ARGENTINIDAE					
<i>Argentina sp.</i> (Linnaeus, 1758)	Argentine				3
ATHERINIDAE					
<i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810	Athérine, joël	Mi	1	C	1,3
<i>Atherina hepsetus</i> Linnaeus, 1758	Athérine, sauclet	Mi	1	C	1,3
BALISTIDAE					
<i>Balistes carolinensis</i> Gmelin, 1788 = <i>B. capricornus</i>	Baliste				1,3
BELONIDAE					
<i>Belone belone</i> (Linnaeus, 1761)	Orphie	Ma	1	C	1,2,3
BLENNIIDAE					
<i>Aidablennius sphinx</i> (Valenciennes, 1836)	Blennie sphinx	M1	6a		1,3,4
<i>Blennius ocellaris</i> Linnaeus, 1758	Blennie ocellée	M1	6a		1,3,4
<i>Coryphoblennius galerita</i> (Linnaeus, 1758)	Blennie coiffée	M1	6a		3
<i>Lipophrys canevae</i> (Vinciguerra, 1880)	Blennie de Caneva	M1	6a		1,3
<i>Lipophrys dalmatinus</i> (Steindachner & Kolombatovic, 1883)	Blennie dalmate	M1	6a		3
<i>Lipophrys nigriceps</i> (Vinciguerra, 1883)	Blennie à tête noire	M1	6a		1,3
<i>Parablennius gattorugine</i> (Linnaeus, 1758)	Cabot	M1	6a		1,3,4
<i>Parablennius pilicornis</i> (Cuvier, 1829)	Blennie pilicorne	M1	6a		1,3
<i>Parablennius rouxi</i> (Cocco, 1833)	Blennie de Roux	M1	6a		1,3,4
<i>Parablennius sanguinolentus</i> (Pallas, 1814)	Blennie palmicorne	M1	6a		1,3
<i>Parablennius tentacularis</i> (Brünnich, 1768)	Blennie cornue	M1	6a		1,3
<i>Parablennius zvonimiri</i> (Kolombatovic, 1892)	Blennie de Zvonimir	M1	6a		1,3
<i>Salaria pavo</i> (Risso, 1810)	Blennie paon	M1	6a		1,3,4
BOTHIDAE					
<i>Arnoglossus sp.</i> (Bleeker, 1862)	Arnoglosse	M2	4		1,2,3
<i>Arnoglossus thori</i> Kyle, 1913	Arnoglosse de Thor	M2	4		1,3
<i>Bothus podas</i> (Delaroche, 1809)	Rombou	M2	4		1,2,3
BRAMIDAE					
<i>Brama brama</i> Bonnaterre, 1788	Grande castagnole		1	C	2
BYTHITIDAE					
<i>Grammonus ater</i> (Risso, 1810) = <i>Oligopus ater</i>	Faufré noir				3
CALLIONYMIDAE					
<i>Callionymus sp.</i> (Linnaeus, 1758)	Callionyme				1,3
CAPROIDAE					
<i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)	Sangler				2,3,4
CARANGIDAE					
<i>Lichia amia</i> (Linnaeus, 1758)	Liche	Ma	1	C	2,3

Inventaire des espèces de poissons rencontrées sur la Côte Bleue

<i>Naucrates ductor</i> (Linnaeus, 1758)	Poisson pilote		1		1
<i>Seriola dumerili</i> (Risso, 1810)	Grande Sériole	Ma	1	C	1,2,3,4
<i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	Chinchard à queue jaune	Ma	1	C	1,2,3
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	Chinchard	Ma	1	C	1,2,3
<i>Trachinotus ovatus</i> (Linnaeus, 1758)	Palomine	Ma	1	C	1,2,3
CARAPIDAE					
<i>Carapus acus</i> (Brünnich, 1768)	Fieraster, aurin				1,3
CARCHARINIDAE					
<i>Prionace glauca</i> (Linnaeus, 1758)	Requin peau-bleue	Ma	1	C	2
CENTRACANTHIDAE					
<i>Spicara maena</i> (Linnaeus, 1758)	Mendole	Mi	1	C	1,2,3,4
<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)	Jarret	Mi	1	C	1,2,3,4
CENTRISCIDAE					
<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus, 1758)	Pécasse de mer				2,4
CENTROLOPHIDAE					
<i>Centrolophus niger</i> (Gmelin, 1789)	Centrolophe noir				2
<i>Hyperoglyphe pariformis</i> (Mitchill, 1818)	Rouffe des épaves				1,2,4
CEPOLIDAE					
<i>Cepola macrophthalmia</i> (Linnaeus, 1758)	Cépole				3,4
CETORHINIDAE					
<i>Cetorhinus maximus</i> Gunnerus, 1765	Requin pèlerin		1		1
CITHARIDAE					
<i>Githarus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)	Cithare				2
CLINIDAE					
<i>Clinitrachus argentatus</i> Risso, 1810	Cline argenté				4
CLUPEIDAE					
<i>Alosa alosa</i> (Linnaeus, 1758)	Alose	Mi	1	C	2,3
<i>Alosa fallax</i> (Lacepède, 1803)	Alose feinte	Mi	1	C	2,3
<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	Sardine	Mi	1	C	1,2,3,4
<i>Sardinella aurita</i> Valenciennes, 1847	Sardinelle, Allache	Mi	1	C	1,2,3,4
CORYPHAENIDAE					
<i>Coryphaena hippurus</i> Linnaeus, 1758	Grande coryphène	Ma	1	C	2
CONGRIDAE					
<i>Anosoma balearicum</i> (Delaroche, 1809)	Congre des Baléares	Ma	6b	C	1
<i>Conger conger</i> Linnaeus, 1758	Congre	Ma	6b	C	1,2,3,4
DACTYLOPTERIDAE					
<i>Dactylopterus volitans</i> Linnaeus, 1758	Grondin volant			C	2,3
DASYATIDAE					
<i>Dasyatis pastinaca</i> (Linnaeus, 1758)	Raie pastenague			C	2
ECHENEIDAE					
<i>Echeneis naucrates</i> (Linnaeus, 1758)	Rémora rayé				1 (Claire méjean plongée 08/2017)
ENGRAULIDAE					
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	Anchois	Mi	1	C	1,2,3
EPINEPHELIDAE					
<i>Epinephelus caninus</i> (Valenciennes, 1843)	Mérou gris	Ma	5	C	1
<i>Epinephelus costae</i> (Steindachner, 1878)	Badèche	Ma	5	C	1
<i>Epinephelus marginatus</i> (Lowe, 1834)	Mérou brun	Ma	5	C	1,2,3,4
<i>Mycteroperca rubra</i> (Bloch, 1793)	Mérou royal	Ma	5	C	4
EXOCEETIDAE					
<i>Cheilopogon heterurus</i> (Rafinesque, 1810)	Poisson volant		1		1
<i>Hirundichthys rondeletii</i> (Valenciennes, 1847)	Poisson volant à ailes noires		1		2 (antony carro 2014)
FISTULARIIDAE					
<i>Fistularia commersoni</i> Rüppell, 1838	Poisson flûte	Ma		C	1
GADIDAE					
<i>Molva dipterygia macrophthalmia</i> (Pennant, 1784)	Lingue espagnole				2

Inventaire des espèces de poissons rencontrées sur la Côte Bleue

<i>Trisopterus capelanus</i> (Lacépède, 1800) = <i>T. luscus capelanus</i>	Capelan			C	1,2,3,4
<i>Trisopterus luscus</i> (Linnaeus, 1758) = <i>T. luscus luscus</i>	Tacaud			C	1,2,3,4
GOBIIDAE					
<i>Corcyrogobius lichtensteini</i> (Kolombatovic, 1891)	Gobie cavernicole	M1	6a		1,4 (P. Guidetti, 2015)
<i>Delantosteus quadrimaculatus</i> (Valenciennes, 1837)	Gobie à 4 taches	M1	6a		1,3,4
<i>Didogobius splechnai</i> Ahnelt & Patzner, 1995	Gobie de Splechna	M1	6a		1,4 (P. Guidetti, 2015)
<i>Gobius auratus</i> Risso, 1810	Gobie doré	M1	6a		1,3,4
<i>Gammogobius steinitzi</i> Bath, 1971	Gobie cavernicole de Steinitz	M1	6a		1,4 (P. Chevaldonné, 2010)
<i>Gobius buxichii</i> Steindachner, 1870	Gobie moucheté	M1	6a		3,4
<i>Gobius cobitis</i> Pallas, 1814	Gobie à grosse tête	M1	6a		1,2,3,4
<i>Gobius cruentatus</i> Gmelin, 1789	Gobie down	M1	6a		1,2,3,4
<i>Gobius geniporus</i> Valenciennes, 1837	Gobie joue poreuse	M1	6a		1,3,4
<i>Gobius niger</i> Linnaeus, 1758	Gobie noir	M1	6a		1,3,4
<i>Gobius paganellus</i> Linnaeus, 1758	Gobie paganel	M1	6a		1,3,4
<i>Gobius vittatus</i> Vinciguerra, 1883	Gobie rayé	M1	6a		1,3,4
<i>Gobius xanthocephalus</i> Heymer & Zander, 1992	Gobie à tête jaune	M1	6a		1,3,4
<i>Pomatoschistus microps</i> (Krøyer, 1838)	Gobie tacheté	M1	6a		1,3,4
<i>Pomatoschistus minutus</i> (Pallas, 1770)	Gobie bulotte	M1	6a		1,3,4
<i>Pseudophya ferreri</i> (De Buen & Fage, 1908)	Gobie nageur de Ferrer	M1	6a		1,3,4
<i>Thorogobius ephippiatus</i> (Lowe, 1839)	Gobie léopard	M1	6a		1,3,4
<i>Thorogobius macrolepis</i> (Kolombatovic, 1891)	Gobie à grandes écailles	M1	6a		4 (S. Le Bris, 2018)
<i>Zebus zebus</i> (Risso, 1826)	Gobie zébré	M1	6a		1,3,4 (D. Pavon, 2019)
<i>Zosterisessor ophiocephalus</i> (Pallas, 1814)	Gobie lote	M1	6a		1,3,4
GOBIESOCIDAE					
<i>Apletodon dentatus</i> (Facciola, 1887)	Porte-écuelle à petite tête				1,3
<i>Gouania willdenowi</i> (Risso, 1810)	Gouanie				3
<i>Lepadogaster candollei</i> Risso, 1810	Porte-écuelle de De Candolle				3
<i>Lepadogaster lepadogaster</i> (Bonnaterre, 1788)	Porte-écuelle de Gouan				1,3
GONOSTOMATIDAE					
<i>Cyclothone braueri</i> Jørgensen & Tåning, 1926	Cyclothone				4
<i>Cyclothone pygmaea</i> Jørgensen & Tåning, 1926	Cyclothone				4
HEXANCHIDAE					
<i>Hexanchus griseus</i> (Bonnaterre, 1788)	Requin-griset	Ma	1		2
ISTIOPHORIDAE					
<i>Tetrapturus belone</i> Rafinesque, 1810	Marlin de Méditerranée	Ma	1	C	1,4, Forc Astruc, 07/2020
KYPHOSIDAE					
<i>Kyphosus sectatrix</i> (Linnaeus, 1758)	Calicagère blanche, saupe brésilienne				1,4, C. Carbonel 08/2020
LAMNIDAE					
<i>Carcharodon carcharias</i> Linnaeus, 1758	Grand requin blanc	Ma	1		2
LAMPRIDAE					
<i>Lampris guttatus</i> (Brünnich, 1788)	Lampris				3
LABRIDAE					
<i>Acanthalabrus palloni</i> (Risso, 1810)	Acanthalabre	M2	5		1
<i>Coris julis</i> (Linnaeus, 1758)	Girelle	M2	5	C	1,2,3,4
<i>Otenolabrus rupestris</i> (Linnaeus, 1758)	Otenolabre rupestre	M2	5		1,2,3,4
<i>Labrus merula</i> Linnaeus, 1758	Merle	M2	5	C	1,2,3,4
<i>Labrus mixtus</i> Linnaeus, 1758	Coquette	M2	5	C	1,2,3,4
<i>Labrus viridis</i> Linnaeus, 1758	Labre vert	M2	5	C	1,2,3,4

Inventaire des espèces de poissons rencontrées sur la Côte Bleue

<i>Lappanella fasciata</i> (Cocco, 1833)	Labre iris	M2	5		1
<i>Symphodus cinereus</i> (Bonnaterre, 1788)	Crénilabre cendré	M2	5		1,2,3,4
<i>Symphodus doderleini</i> Jordan, 1890	Crénilabre de Doderlein	M2	5		1,3,4
<i>Symphodus mediterraneus</i> (Linnaeus, 1758)	Crénilabre méditerranéen	M2	5		1,2,3,4
<i>Symphodus melanocercus</i> (Risso, 1810)	Crénilabre à queue noire	M2	5		1,2,3,4
<i>Symphodus melops</i> (Linnaeus, 1758)	Crénilabre melops	M2	5		1
<i>Symphodus ocellatus</i> (Forsskal, 1775)	Crénilabre ocellé	M2	5		1,2,3,4
<i>Symphodus roissali</i> (Risso, 1810)	Crénilabre à 5 taches	M2	5		1,2,3,4
<i>Symphodus rostratus</i> (Bloch, 1791)	Sublet	M2	5		1,2,3,4
<i>Symphodus tinca</i> (Linnaeus, 1758)	Crénilabre tanche	M2	5	C	1,2,3,4
<i>Thalassoma pavo</i> (Linnaeus, 1758)	Girelle paon	M2	5		1,3
<i>Xymichthys novacula</i> (Linnaeus, 1758)	Rason				1,2,3
LOPHIIDAE					
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	Baudroie			C	2,3
<i>Lophius piscatorius</i> Linnaeus, 1758	Baudroie			C	1,2,3,4
LOTIDAE					
<i>Gaidropsarus vulgaris</i> (Cloquet, 1824)	Motelle			C	2,3
LUVARIDAE					
<i>Luvius imperialis</i> Rafinesque, 1810	Louveau				1,2
MACROURIDAE					
<i>Coelorhynchus caelorhynchus</i> (Risso, 1810)	Grenadier				2,4
MERLUCCIIDAE					
<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	Merlu			C	1,2,3
MOBULIDAE					
<i>Mobula mobular</i> (Bonnaterre, 1788)	Diable de mer		1	C	2
MOLIDAE					
<i>Mola mola</i> (Linnaeus, 1758)	Poisson lune	Ma	1		1,2,3,4
MORONIDAE					
<i>Dicentrarchus labrax</i> (Linnaeus, 1758)	Loup	Ma	1	C	1,2,3,4
<i>Dicentrarchus punctatus</i> (Bloch, 1792)	Loup tacheté	Ma	1	C	3
MUGILIDAE					
<i>Chelon labrosus</i> Risso, 1827	Mulet lippu			C	1,2,3,4
<i>Liza aurata</i> (Risso, 1810)	Mulet doré			C	1,2,3,4
<i>Liza ramada</i> (Risso, 1810)	Mulet porc			C	2,3
<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758	Muge cabot			C	1,2,3,4
<i>Oedalechilus labeo</i> Cuvier, 1829	Mulet labéon			C	2,3
MULLIDAE					
<i>Mullus surmuletus</i> (Linnaeus, 1758)	Rouget de roche	M1	4	C	1,2,3,4
<i>Mullus barbatus barbatus</i> Linnaeus, 1758	Rouget de vase	M1	4	C	1,2,3,4
MURAENIDAE					
<i>Muraena helena</i> (Linnaeus, 1758)	Murène	Ma	6b	C	1,2,3,4
MYLIOBATIDAE					
<i>Myliobatis aquila</i> (Linnaeus, 1758)	Raie aigle	Ma	1	C	1
MYCTOPHIDAE					
<i>Ceratopsopelus maderensis</i> (Lowe, 1839)	Poisson lanterne				4
<i>Hygophum hygomi</i> (Lütken, 1892)	Poisson lanterne				4
<i>Lampanyctus crocodilus</i> (Risso, 1810)	Poisson lanterne				4
NETTASTOMATIDAE					
<i>Nettastoma melanurum</i> Rafinesque, 1810	Sorcière à queue noire				4
ODONTASPIDIDAE					
<i>Odontaspis ferax</i> (Risso, 1810)	Requin taureau	Ma	1		3
OPHICHTHIDAE					
<i>Ophisurus serpens</i> (Linnaeus, 1758)	Serpenton à long nez				2,4
OPHIDIIDAE					
<i>Ophidion barbatum</i> Linnaeus, 1758	Donzelle				4
OXYNOTIDAE					

Inventaire des espèces de poissons rencontrées sur la Côte Bleue

<i>Oxymotus centrina</i> (Linnaeus, 1758)	Centrine				4
PARALEPIDIDAE					
<i>Paralepididae</i> sp.					4
PERISTEDIDAE					
<i>Peristedion cataphractum</i> (Linnaeus, 1758)	Mallarmet				2
PHYCIDAE					
<i>Phycis phycis</i> (Linnaeus, 1766)	Mostelle	Ma	6b	C	1,2,3,4
PLEURONECTIDAE					
<i>Limanda limanda</i> (Linnaeus, 1758)	Limande			C	2,3
<i>Platichthys flesus</i> (Linnaeus, 1758)	Flet			C	2
<i>Pleuronectes platessa</i> Linnaeus, 1758	Plie, Carrelet			C	2,3
POLYPRIONIDAE					
<i>Polyprion americanus</i> Bloch & Schneider, 1801	Cernier			C	1,3
POMACENTRIDAE					
<i>Chromis chromis</i> Linnaeus, 1758	Castagnole	Mi	2		1,3,4
POMATOMIDAE					
<i>Pomatomus saltatrix</i> Linnaeus, 1766	Tassergal			C	3,2
RAJIDAE					
<i>Dipturus batís</i> Linnaeus, 1758	Pocheteau gris			C	2
<i>Raja asterias</i> Delaroche, 1809	Raie étoilée			C	2 (Fed 3/08/2017)
<i>Raja brachyura</i> Lafont, 1873	Raie lisse			C	2
<i>Raja</i> sp.	Raie			C	2
<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	Raie bouclée			C	2
<i>Leucoraja fullonica</i> Linnaeus, 1758	Raie chardon			C	2
<i>Raja miraletus</i> Linnaeus, 1758	Raie miroir			C	2
<i>Raja montagui</i> Fowler, 1910	Raie douce			C	2
SALMONIDAE					
<i>Salmo trutta trutta</i> (Linnaeus, 1758)	Truite de mer			C	1,2
SCARIDAE					
<i>Sparisoma cretense</i> (Linnaeus, 1758)	Poisson perroquet				1
SCIAENIDAE					
<i>Argyrosomus regius</i> (Asso, 1801)	Maigre			C	2
<i>Sciaena umbra</i> (Linnaeus, 1758)	Corb	Ma		C	1,2,3,4
<i>Umbrina cirrosa</i> (Linnaeus, 1758)	Ombrine			C	2
SCOMBRIDAE					
<i>Auxis rochei rochei</i> (Risso, 1810)	Bonitou	Ma	1	C	1,2,3
<i>Euthynnus alletteratus</i> (Rafinesque, 1810)	Thonine commune	Ma	1	C	1,2 (Etk 11oct2017)
<i>Katsuwonus pelamis</i> (Linnaeus, 1758)	Bonite à ventre rayé, Listao	Ma	1	C	1
<i>Sarda sarda</i> (Bloch, 1793)	Pélamide	Ma	1	C	1,2,3
<i>Scomber japonicus</i> Houttuyn, 1782	Maquereau espagnol	Ma	1	C	2
<i>Scomber scombrus</i> Linnaeus, 1758	Maquereau commun	Ma	1	C	1,2,3,4
<i>Thunnus thynnus</i> (Linnaeus, 1758)	Thon rouge	Ma	1	C	1,2,3,4
SCOPHTHALMIDAE					
<i>Phrynorhombus regius</i> (Bonnaterre, 1788)	Cardine chevelue			C	1,2,3
<i>Psetta maxima</i> (Linnaeus, 1758)	Turbot			C	1,2,3
<i>Scophthalmus rhombus</i> (Linnaeus, 1758)	Barbue			C	2,3
SCORPAENIDAE					
<i>Scorpaena elongata</i> Cadenat, 1943	Rascasse rose	Ma	6a	C	2
<i>Scorpaena maderensis</i> Valenciennes, 1833	Rascasse de Madère	Ma	6a	C	2
<i>Scorpaena notata</i> Rafinesque, 1810	Petite rascasse rouge	Ma	6a	C	1,2,3,4
<i>Scorpaena porcus</i> (Linnaeus, 1758)	Rascasse brune	Ma	6a	C	1,2,3,4
<i>Scorpaena scrofa</i> (Linnaeus, 1758)	Chapon	Ma	6a	C	1,2,3,4
SCYLIORHINIDAE					
<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	Petite roussette	Ma		C	1,2,3
<i>Scyliorhinus stellaris</i> (Linnaeus, 1758)	Grande roussette	Ma		C	1,3

Inventaire des espèces de poissons rencontrées sur la Côte Bleue

SERRANIDAE					
<i>Anthias anthias</i> (Linnaeus, 1758)	Barbier	Mi	2		1,2,3,4
<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)	Serran chevrette	Ma	5	C	1,2,3,4
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	Serran hépate	Ma	5		1,2,3,4
<i>Serranus scriba</i> (Linnaeus, 1758)	Serran écriture	Ma	5	C	1,2,3,4
SIGANIDAE					
<i>Siganus luridus</i> (Rüppell, 1829)	Poisson lapin	He	3	C	1,2
SOLEIDAE					
<i>Buglossidium luteum</i> (Risso, 1810)	Petite sole jaune				3,4
<i>Microchirus ocellatus</i> (Linnaeus, 1758)	Sole-perdrix ocellée				1,2,3
<i>Microchirus variegatus</i> (Donovan, 1808)	Sole-perdrix panachée				1,2,3
<i>Monochirus hispidus</i> Rafinesque, 1814	Sole velue				1,2,3,4
<i>Pagusa lascaris</i> (Risso, 1810)	Sole pole de Méditerranée			C	2 (dét. P. Francour, M. Dessoutter MNHN)
<i>Solea aegyptiaca</i> Chabanaud, 1927	Sole égyptienne			C	2
<i>Solea senegalensis</i> Kaup, 1858	Sole du Sénégal			C	2
<i>Solea solea</i> (Linnaeus, 1758)	Sole commune			C	1,2,3,4
<i>Synaptichthys kleinii</i> (Risso, 1827)	Sole tachetée				2
SPARIDAE					
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Bogue	Mi	1		1,2,3,4
<i>Dentex dentex</i> (Linnaeus, 1758)	Denti	Ma	3	C	1,2,3,4
<i>Dentex gibbosus</i> (Rafinesque, 1810)	Denté bossu	Ma	3	C	3
<i>Diplodus annularis</i> (Linnaeus, 1758)	Sparailon	M1	3	C	1,2,3,4
<i>Diplodus cervinus cervinus</i> (Lowe, 1838)	Sar tambour	M1	3	C	1,2,3,4
<i>Diplodus puntazzo</i> (Cetti, 1777)	Charax	M1	3	C	1,2,3,4
<i>Diplodus sargus sargus</i> (Linnaeus, 1758)	Sar commun	M1	3	C	1,2,3,4
<i>Diplodus vulgaris</i> (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)	Sar à tête noire	M1	3	C	1,2,3,4
<i>Lithognathus mormyrus</i> (Linnaeus, 1758)	Marbré	M1		C	1,2,3,4
<i>Oblada melanura</i> (Linnaeus, 1758)	Oblade	M1	1	C	1,2,3,4
<i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1827)	Pageot acarné	M1	3	C	1,2,3,4
<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)	Dorade rose	M1		C	1,2,3,4
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	Pageot commun	M1	3	C	1,2,3,4
<i>Pagrus pagrus</i> (Linnaeus, 1758)	Pagre	M1	3	C	1,2,3,4
<i>Sarpa salpa</i> (Linnaeus, 1758)	Saupe	He	3	C	1,2,3,4
<i>Sparus aurata</i> (Linnaeus, 1758)	Daurade royale	M1	3	C	1,2,3,4
<i>Spondylisoma cantharus</i> (Linnaeus, 1758)	Canthare, daurade grise	M1	3	C	1,2,3,4
SPHYRAENIDAE					
<i>Sphyræna viridensis</i> Cuvier, 1829	Bécune	Ma	1	C	1,2
<i>Sphyræna sphyraena</i> (Linnaeus, 1758)	Barracuda, brochet de mer	Ma	1	C	1,2,3
SQUALIDAE					
<i>Squalus acanthias</i> Linnaeus, 1758	Aiguillat commun			C	2
SQUATINIDAE					
<i>Squatina squatina</i> (Linnaeus, 1758)	Ange de mer commun			C	2
SYNGNATHIDAE					
<i>Hippocampus guttulatus</i> Cuvier, 1829	Hippocampe moucheté				1,3
<i>Hippocampus hippocampus</i> (Linnaeus, 1758)	Hippocampe à nez court				1,2,3
<i>Hippocampus ramulosus</i> Leach, 1814	Hippocampe à ramules				1,3
<i>Nerophis lumbriciformis</i> (Jenyns, 1835)	Nerophis lombricoïde				3
<i>Nerophis maculatus</i> Rafinesque, 1810	Nerophis tacheté				3
<i>Syngnathus abaster</i> Risso, 1827	Syngnathe de lagune				3
<i>Syngnathus acus</i> Linnaeus, 1758	Syngnathe aiguille				3
<i>Syngnathus typhle</i> Linnaeus, 1758	Siphonostome				1,3
SYNODONTIDAE					
<i>Synodus saurus</i> (Linnaeus, 1758)	Poisson lézard rayé			C	1,2,3
TORPEDINIDAE					
<i>Torpedo marmorata</i> Risso, 1810	Torpille marbrée				1,2,3

Inventaire des espèces de poissons rencontrées sur la Côte Bleue

<i>Torpedo nobiliana</i> Bonaparte, 1835	Torpille noire				1
<i>Torpedo torpedo</i> (Linnaeus, 1758)	Torpille ocellée				1,2,3
TRACHINIDAE					
<i>Echiichthys vipera</i> Cuvier, 1829	Petite vive			C	1,2,3,4
<i>Trachinus araneus</i> Cuvier, 1829	Vive araignée			C	2,3,4
<i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	Grande vive			C	1,2,3,4
<i>Trachinus radiatus</i> Cuvier, 1829	Vive à tête rayonnée			C	3
TRIAKIDAE					
<i>Mustelus asterias</i> Cloquet, 1821	Emissole tachetée			C	2
<i>Mustelus mustelus</i> (Linnaeus, 1758)	Emissole lisse			C	2
TRICHTURIDAE					
<i>Lepidopus caudatus</i> (Euphrasen, 1788)	Sabre argenté			C	2
TRIGLIDAE					
<i>Aspitrigla cuculus</i> (Linnaeus, 1758)	Grondin rouge			C	2
<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)	Grondin perlon			C	2
<i>Chelidonichthys obscurus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	Grondin morrude			C	2
<i>Eutrigla gurnadus</i> (Linnaeus, 1758)	Grondin gris			C	2
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacépède, 1801)	Grondin cavillone			C	1,2
<i>Trigla lyra</i> Linnaeus, 1758	Grondin lyre			C	2
<i>Trigloporus lastoviza</i> (Bonnaterre, 1788)	Grondin camard			C	2
TRIPTERYGIIDAE					
<i>Tripterygion melanurus</i> Guichenot, 1845	Tripterygion tacheté	M1	6a		1,3,4
<i>Tripterygion delaisi</i> Cadenat et Blache, 1971	Tripterygion jaune	M1	6a		1,3,4
<i>Tripterygion tripteronotus</i> (Risso, 1810)	Tripterygion rouge	M1	6a		1,3,4
URANOSCOPIIDAE					
<i>Uranoscopus scaber</i> Linnaeus, 1758	Uranoscope			C	1,2,3,4
XIPHIIDAE					
<i>Xiphia gladius</i> Linnaeus, 1758	Espadon	Ma	1	C	2
ZEIDAE					
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	Saint-Pierre			C	1,2,3
Nombre total de familles = 95					
Nombre total d'espèces = 249					

Usine d'alumine de Gardanne. Etude et suivi de l'impact des rejets sur le milieu marin. T5 – Campagne de pêche. Suivi 2016-2017.
CREOCEAN – BIO-TOX, 2018

L'usine de production d'alumine située à Gardanne a été créée il y a plus de 120 ans. Elle a appartenu à PECHINEY, ALCAN, RIO TINTO et enfin ALTEO, qui est aujourd'hui un des premiers producteurs mondiaux d'alumine de spécialité. L'alumine est extraite de la bauxite, selon le procédé Bayer, dont le principe est basé sur la dissolution de l'oxyde d'aluminium contenu dans le minerai à l'aide de soude. Ce procédé industriel génère un effluent appelé « boue rouge », constitué d'une phase solide (résidu de bauxite) et d'une phase liquide.

Durant la période 1967 à fin 2015, les résidus de bauxite ont été rejetés en mer dans le canyon de Cassidaigne par le biais de 2 canalisations, partant respectivement des centres de production de La Barasse à Marseille (en service entre 1967 et 1988, aujourd'hui en sommeil) et de Gardanne (en service depuis 1967) et débouchant sur des fonds de 320 m de profondeur au large de Cassis. Depuis la mise en service et jusqu'en 2012, de nombreux suivis des impacts sur le milieu marin ont été réalisés et expertisés par un comité scientifique, conformément à l'arrêté préfectoral du 24 mai 1994. Une diminution des rejets a été entamée dès 1988, aboutissant à l'arrêt total des émissions des résidus solides en décembre 2015 (arrêté préfectoral du 1er juillet 1996), tout en maintenant un rejet d'effluent liquide via la canalisation de Gardanne. Un programme d'étude a donc été proposé puis amendé en concertation avec le Comité d'Information et de Surveillance des Rejets en Mer (CSIRM) sur la période 2016-2017. Ce programme vise à aborder les impacts écologiques et sanitaires sur le milieu marin du dépôt de résidu de bauxite généré par le rejet historique ainsi que de l'effluent liquide résiduel rejeté depuis le 1^{er} janvier 2016. Il comprend un suivi de la qualité des eaux ; une campagne de pêches ; une campagne d'immersion de cages de moules (bio monitoring de la qualité du milieu) ; un suivi des sédiments ; un suivi des hydrotalcites ; un suivi des communautés benthiques des substrats meubles ; un suivi des communautés benthiques des substrats durs.

Le suivi des pêches a pour objet de préciser l'impact du rejet sur les produits de consommation (poissons) dans la zone d'influence du rejet, de caractériser leur évolution temporelle entre 2015 et 2017 et d'évaluer dans quelle mesure ils pourraient représenter un risque sanitaire pour la santé humaine. Les stations de prélèvement des poissons sont toutes localisées au niveau du Canyon de Cassidaigne et non à l'extérieur. Il n'y a pas de prélèvements effectués dans une zone dite de référence. Les campagnes de pêche ont été effectuées durant la période estivale, de juillet à septembre 2017 conformément au protocole de pêche mis en place par l'Ifremer et l'Anses en 2015 : pêche au filet maillant (11 filets de 60 à 320 m de profondeur), trémail (7 filets de 88 à 160 m de profondeur) et à la palangre (3 engins entre 38 et 70 m de profondeur).

Engins :

- Filet trémail 1000 m, mailles 70mm étirées
- Filet trémail 500 m, mailles 90mm étirées
- Filet maillant 1000 m, mailles 83-91mm étirées
- Palangre 2 types visant des espèces différentes : palangre de 100 hameçons et une seconde de 400 hameçons fins

Espèces ciblées :

- Chien espagnol (*Galeus melastomus*) ;
- Roussette (*Scyliorhinus canicula*) ;
- Raie bouclée (*Raja clavata*) ;
- Congre (*Conger conger*) ;
- Pageot rose (*Pagellus bogaraveo*) ;
- Merlu (*Merluccius merluccius*) ;

- Sars (*Diplodus* spp) ;
- Sébaste (*Helicolenus dactylopterus*) ;
- Chinchard (*Trachurus* spp).

Les individus (15 minimum) ont été mesurés, pesés, transportés au frais puis congelés pour envoi au laboratoire d'analyse chimique et des dosages de métaux (aluminium, arsenic, bore, cobalt, cadmium, chrome, cuivre, fer, manganèse, mercure, méthyl-mercure, nickel, plomb, titane, vanadium, zinc) sont effectués sur des échantillons de poissons (muscle et foie).

La spéciation de l'Arsenic (As III et As V) concernait les espèces ou groupes d'espèces suivants (ANSES 2015a) :

- Groupe « Chien espagnol/roussette/raie » ;
- Groupe « Daurade » (daurade rose, daurade royale, sébaste, sar, pageot commun) ;
- Merlu (*Merluccius merluccius*).

Les analyses de Chrome VI portent sur :

- Groupe « Chien espagnol/roussette/raie » ;
- Congre (*Conger conger*) ;
- Sébaste (*Helicolenus dactylopterus*).

La campagne de pêche réalisée en 2017 est la première source d'information acquise sur cette matrice depuis l'arrêt des rejets de résidus de bauxite. La zone de pêche a été en 2017 restreinte à la zone du rejet en tête de Canyon : une zone d'environ 3 km de rayon autour de celui-ci.

Cette campagne 2017 révèle des différences avec 2015 qui se regroupent en 3 grands axes : les éléments traces dont les concentrations sont globalement en dessous de celles rencontrées en 2015 ou ne variant pas significativement ; ceux dont les concentrations sont globalement supérieures à celles de 2015 mais probablement sans lien avec le rejet ; ceux potentiellement liés à l'activité de l'usine et dont les concentrations sont au-dessus de celles de 2015.

- Pour le Manganèse et le Plomb, les concentrations sont inférieures à celles de 2015 sur les muscles. Les concentrations musculaires sont également en baisse ou non conclusives pour le Cadmium, en baisse ou stable pour l'Arsenic, et stable ou non conclusives pour le Cobalt. Pour le Cadmium et le Cobalt, de grandes disparités s'observent entre les matrices analysées. Ces observations ne sont pas en lien avec le rejet, ces éléments n'ayant pas été identifiés pendant les investigations menées sur la colonne d'eau en 2017.
- Des concentrations supérieures à celles de 2015 sont visibles mais peu marquées pour le Mercure et le Nickel. Ces variations s'observent alors que la présence de Mercure sur la zone est probablement sans lien avec le rejet. Le nombre d'espèces concernées est restreint à 1 espèce sur 8.
- Les concentrations dans les muscles de différentes espèces présentes dans le canyon de Cassidaigne sont supérieures à celles mesurées en 2015 sur cette même zone pour l'Aluminium, le Chrome, le Vanadium et, dans une moindre mesure pour le Titane. Cette différence est principalement visible sur les espèces démersales et benthiques. Ces métaux ayant par ailleurs été identifiés comme influencés par la présence du rejet sur la colonne d'eau : dans un rayon de 1300 m autour du rejet pour le Titane et l'Aluminium, et dans un rayon de 500 m pour le Vanadium et le Chrome (Rapport de Tâche 1 – Qualité de l'Eau – Suivi ponctuel, et Rapport de Tâche 4 – Immersion de cages de moules 2017).

Les teneurs mesurées pour le Cadmium et le Plomb sont en dessous des seuils sanitaires de consommation, tandis que pour le Mercure, des dépassements sont observés. Ces dépassements étaient déjà existants en 2015 sur la zone du canyon, et sur la zone de référence.

Les résultats mettent en évidence que la consommation du poisson provenant du canyon de la Cassidaigne en 2017 n'est pas de nature à entraîner de préoccupations sanitaires plus élevées que celles mises en avant dans les études de l'alimentation totale (EAT 2) et de la population de grands consommateurs de produits de la mer (étude CALIPSO, 2006). Malgré les augmentations observées sur la concentration dans les chairs des poissons pour certains éléments traces métalliques (ETM), les expositions calculées via la consommation de poissons et le reste de l'alimentation générale des forts consommateurs de produits de la mer amènent aux mêmes conclusions sur les risques que celles de 2015 (Anses).

Lors de l'interprétation certains aspects méthodologiques ont été mis en avant comme pouvant influencer les variations observées en 2017 : une zone de pêche réduite à la tête de canyon alors que celle-ci allait jusqu'aux côtes en 2015 ; des limites de quantifications plus hautes en 2017 maximisant les moyennes ; et un nombre d'individus analysés plus restreint. Les biais liés aux différences de limites de quantification ont été pris en compte pour éviter des interprétations non fondées.

D'autres facteurs pourraient également expliquer les concentrations supérieures en Al, Cr, V et Ti observées en 2017. Deux hypothèses ont été formulées : (i) la première repose sur les conclusions tirées du suivi sur les sédiments et les peuplements benthiques de substrats meubles. La recolonisation des fonds observée en tête de canyon suite à l'arrêt des rejets solides pourrait faciliter les processus de remobilisation des métaux issus des résidus historiques. Ce phénomène hypothétique n'a pas fait l'objet d'observations dans le cadre du suivi 2016/2017 ; (ii) la seconde repose sur les incertitudes existantes concernant le comportement des hydrotalcites libres et leur stabilité au-delà de la zone d'incidence de celui-ci. L'avancée du programme de recherche dédié aux hydrotalcites et l'évolution observée lors des prochaines campagnes pourront contribuer à mieux identifier la ou les sources de ces apports en Al, Cr, V et Ti.

Mots clés : *éléments traces métalliques, poissons, Cassidaigne*

Unexpected spatial impact of treatment plant discharges induced by episodic hydrodynamic events: Modelling Lagrangian transport of fine particles by Northern Current intrusions in the bays of Marseille (France)

Bertrand Millet, Christel Pinazo, Daniela Banaru, Rémi Pagès, Pierre Guiart, Ivane Pairaud, 2018

Notre étude met en évidence le transport lagrangien de particules solides rejetées à la station d'épuration des eaux usées de Marseille (STEP), située à Cortiou sur la côte sud.

L'étude est focalisée sur des situations épisodiques caractérisées par un schéma de circulation côtière induit par les événements d'intrusion du courant nord (NC) sur le plateau continental, associés au vent de SE. Un calcul est fait, à l'aide des modèles MARS3D-RHOMA et ICHTHYOP, de la trajectoire de particules à partir d'une tache de 5.10^4 particules fines passives et conservatrices libérées à la sortie de la STEP, pendant 2 périodes représentatives choisies, d'intrusion de la CN en juin 2008 et en octobre 2011, associées aux vents de S-SE et d'E-SE, respectivement. Des résultats inattendus ont montré que la quantité de particules atteignant les rivages vulnérables des baies nord et sud de Marseille représentaient 21.2 % et 46.3 % du patch initial de la station d'épuration, respectivement en juin 2008 et en octobre 2011. Enfin, un schéma conceptuel est proposé pour mettre en évidence les mécanismes de dispersion des particules fines dans les baies de Marseille qui ont été longtemps sous-estimés.

Notre étude souligne que le transport des particules de l'effluent de la station d'épuration vers les rives intérieures des baies de Marseille n'est pas négligeable. En fait, les 3 séries de mesures effectuées à la station Julio et couvrant 23 mois entre février 2012 et avril 2015, montrent une moyenne de 1 à 2 intrusions de la NC par mois (A. Petrenko, comm. pers.). Les intrusions de la NC sur le plateau continental à des profondeurs subsuperficielles représentent un risque sanitaire important en ce qui concerne la qualité des eaux côtières le long des côtes de la baie nord et de la baie sud de Marseille, et la recherche d'une meilleure connaissance en termes de leur intensité, leur fréquence et leur dynamique sont des sujets de recherche en cours. L'analyse des observations disponibles à la station Julio (2012±2015) est en cours de traitement par rapport à l'analyse des régimes de vent et des champs de courant modélisés (A. Petrenko, comm. pers.).

D'un point de vue sanitaire, Niolon est un site de plongée et de baignade qui risque potentiellement d'être contaminé par les particules provenant de la sortie de la station d'épuration. Enfin, il est crucial que Carry le Rouet, qui est le site d'une zone marine protégée, n'est presque jamais touchée par les particules. Joliette est un port de commerce qui est plus susceptible d'être pollué par le trafic maritime que par les particules des effluents de la station d'épuration.

Dans la baie sud, il convient de noter que les sites les plus touchés par les effluents de la station d'épuration sont le SE du Frioul (surtout en octobre 2011) et les Récifs de la baie du Prado, chacun caractérisé par des activités humaines telles que l'aquaculture (SE Frioul) et une zone de récifs artificiels pour la production. En outre, nous avons souligné que les stations Récifs (récifs artificiels), et aussi Somlit (station de surveillance de la qualité de l'eau), toutes deux situées au milieu de la baie sud, étaient très impactées par les particules provenant des effluents de la station d'épuration, en particulier en juin 2008. Ce résultat révèle que les particules provenant de la station d'épuration peuvent potentiellement être intégrées dans les eaux pélagiques et benthiques les réseaux alimentaires dans la baie du sud, où la pêche professionnelle et récréative est très développée. Enfin, les zones de baignade telles que Prophète, Prado et Madrague, situées au sud-est de la limite de la circulation anticyclonique sous la surface induite par l'intrusion de la NC dans le sud de la baie, restent faiblement impactées par les particules provenant des effluents de la station d'épuration.

Mots clés : transport, particules, effluent, STEP, Cortiou, Marseille, courant nord

**Implementation of an end-to-end model of the Gulf of Lions ecosystem (NW Mediterranean Sea).
Parameterization, calibration and evaluation.**

Daniela Bănar,*, Frédéric Diaz,*, Philippe Verley, Rose Campbell, Jonathan Navarro, Christophe Yohia, Ricardo Oliveros-Ramos, Capucine Mellon-Duval, Yunne-Jai Shin, 2019

Un modèle de bout en bout appelé OSMOSE-GoL a été construit pour le Golfe du Lion, la principale zone de pêche de Méditerranée française. Ce modèle dynamique spatialisé relie le modèle couplé hydrodynamique et biogéochimique Eco3MS/SYMPHONIE (LTL - modèle de bas niveau trophique) à OSMOSE (HTL - modèle de haut niveau trophique). Il comprend 15 compartiments d'organismes vivants, cinq du modèle LTL (c'est-à-dire nanophytoplancton, microphytoplancton, nanozooplancton, microzooplancton et mésozooplancton) et dix du modèle HTL (krill du nord, calmar nain du sud, sardine, anchois, sprat, chinchard, maquereau, merlan bleu, merlu européen et le thon rouge de l'Atlantique). À l'exception du krill du nord et du sprat européen, toutes les espèces HTL sont exploitées commercialement et subissent la pression de la mortalité par pêche. Les espèces modélisées représentent plus de 70 % des captures annuelles dans cette zone. Cet article présente le paramétrage, l'étalonnage et l'évaluation de ce modèle avec des données satellitaires pour le phytoplancton et avec la biomasse des débarquements, le régime alimentaire et le niveau trophique des groupes HTL. Pour la plupart des espèces, les régimes alimentaires en sortie d'OSMOSE-GoL sont similaires aux données de terrain et de la littérature en termes de groupes de proies et d'espèces dominantes. Toutefois, certaines différences ont été observées. Diverses raisons peuvent expliquer le décalage entre le régime alimentaire modélisé et les données de terrain. Les proies benthiques parfois observées dans le contenu de l'estomac des prédateurs HTL n'ont pas été modélisées dans OSMOSE-GoL. Les études de terrain ont été réalisées à des périodes et des endroits spécifiques, tandis que nos données concernent la période 2001-2004 et l'ensemble du domaine modélisé. Les variations inter et intra-annuelles de la distribution spatiale et de la densité des proies peuvent également expliquer ces différences. Le modèle estime des valeurs de niveau trophique similaires à celles citées dans la littérature pour tous les compartiments HTL. Ces valeurs sont également proches des niveaux trophiques estimés par un précédent modèle Ecopath pour la même zone et la même période. Même si certaines améliorations sont encore possibles, ce modèle peut déjà être utilisé pour explorer des scénarios de pêche ou d'aires marines protégées pour la gestion des socio-écosystèmes.

Mots-clés : modélisation des écosystèmes, réseau alimentaire, pêche, OSMOSE, Eco3M

4 RESULTATS

L'analyse des résultats repose sur le jeu de données de comptages visuels par transect de 125 m² entre 5 et 25 m (TRA), qui permet des évaluations quantitatives du peuplement de poissons côtier en nombre d'espèces, en densité et biomasse. Les particularités du peuplement le plus superficiel appréhendé entre 0 et 5 m (PMT) constituent un complément d'information traité dans un paragraphe à part. L'analyse des comptages au temps d'espèces cibles (TPS) vient compléter l'analyse en donnant plus de chance de rencontre des espèces cibles durant le parcours aléatoire réalisé à chaque station. Un nombre important de comptages (n = 480) ont aussi été réalisés avec cette méthode.

4.1 Peuplement de poissons téléostéens entre 5 et 25 m de profondeur

4.1.1 Liste et occurrence des espèces

La liste des espèces observées à chaque station en 2019 contient au total 53 taxons. Le Tableau 11 présente la richesse spécifique moyenne et totale ainsi que le coefficient de variation de la richesse spécifique pour chaque station. Les fréquences d'occurrences exprimées en pourcentage de présence dans les comptages (10 comptages par station) permettent d'analyser la fréquence de chaque espèce dans les différentes stations du suivi.

La richesse spécifique totale varie entre 21 (S03-Planier) et 36 taxons à la station S10-Sud Riou. Elle est la plus élevée aux stations S13-Nord Caramassaigne et S17-Devenson (Rs = 35), S24-Ile verte Roustaud (Rs = 33), S09-Moyades, S15-Sormiou Reserve Falco et S20-Pointe Cacao (Rs = 32).

Les espèces présentes à toutes les stations et dans presque tous les comptages en abondance sont : *Chromis chromis*, *Coris julis*, *Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *Serranus cabrilla*, *Symphodus mediterraneus*, *S. melanocercus* et *S. tinca*. La présence et le nombre des planctonophages a augmenté par rapport à 2016 : anchois *Engraulis encrasicolus*, sardines *Sardina pilchardus* et sardinelles *Sardinella aurita* viennent s'ajouter à l'augmentation des mendoles *Spicara maena* et des picarels *Spicara smaris*.

Parmi les espèces emblématiques, le mérou *Epinephelus marginatus* a été vu dans 10 des 24 stations suivies, dont 8 en ZNP (S04-Veyron, S09-Moyades, S10-Sud Riou, S13-Nord Caramassaigne, S14-Grand Conglue, S17-Devenson, S20-Pointe Cacao, S22-Cap Soubeyrane) et 2 HZNP (S21-Phare Cassidaigne, S24-Ile Verte). C'est au Veyron, Nord Caramassaigne et au Grand Conglue qu'il est néanmoins le plus fréquent. En revanche *Epinephelus costae* n'a pas été revu cette année.

Le Corb *Sciaena umbra*, a été observé sur 4 stations, S08-Plateau des chèvres, S09-Moyades, S15-Sormiou Reserve Falco et S22-Cap Soubeyrane. A S09-Moyades, des corbs ont été observé sur trois des dix transects prospectés.

Il est à noter également que la rascasse de madère *Scorpaena maderensis* a été observée sur un transect dans sur la station S22-Cap Soubeyrane. Cette espèce thermophile ne figurait pas dans la liste en 2013, et son observation reste encore rare sur les côtes marseillaises.

Les barracudas *Sphyræna viridensis* ont été moins souvent rencontrés dans les comptages qu'en 2016 ils sont passés de 2% d'occurrence HZNP et 9% dans les ZNP à respectivement 1 et 2%.

Tableau 11 : Liste et occurrence par transect des espèces observées entre 5 et 25 m (TRA) dans le Parc national des Calanques en 2019. Les espèces présentes dans au moins 50 % des transects réalisés à chaque station (5/10) sont en bleu clair et les espèces présentes dans plus de 75 % des transects réalisés à chaque station sont en **bleu foncé**.

	S01 Tiboulen Frioul	S02 Frioul Cambrettes	S05 Tiboulen Maïre	S06 Fromages	S07 Jarre Briançon	S08 Plateau Chèvres	S16 Ouest Figuier	S18 Calanque l'Oule	S19 En Vau	S21 Phare Cassidaïne	S23 Soubeyrane	S24 Ile Verte Roustaud	S03 Planier	S04 Veyron	S09 Moyades	S10 Sud Riou	S11 Plane	S12 Cortiou	S13 Nord Caramassaigne	S14 Grand Congue	S15 Sormiou Réserve Falco	S17 Devenson	S20 Pointe Cacaù	S22 Cap Soubeyrane	HZNP	ZNP	Total	HZNP	ZNP	
<i>Anthias anthias</i>	0	0	0	0	0	0	20	0	0	40	0	20	0	100	10	90	0	0	20	100	0	0	20	0	2549	6319	8868	7%	28%	
<i>Apogon imberbis</i>	50	60	30	40	50	10	30	30	40	80	0	10	0	10	40	40	30	50	30	50	50	10	20	20	407	947	1354	36%	29%	
<i>Atherina sp.</i>	0	20	10	10	10	0	40	0	0	10	0	0	30	20	30	10	10	0	0	0	20	10	10	0	2540	5914	8454	8%	12%	
<i>Boops boops</i>	0	10	80	40	20	0	10	30	20	50	20	50	20	70	40	50	20	100	50	20	50	60	70	0	8880	32031	40911	28%	46%	
<i>Chromis chromis</i>	100	100	100	100	80	70	100	100	80	100	100	90	80	90	100	100	90	80	100	80	90	100	100	90	19038	57642	76680	93%	92%	
<i>Conger conger</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	13	13	0%	1%	
<i>Coris julis</i>	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	5472	9934	15406	99%	100%	
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2	12	1%	0%	
<i>Dentex dentex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	20	0	0	16	59	75	2%	3%	
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	10	0	0	0	65	65	0%	4%	
<i>Diplodus annularis</i>	50	0	10	70	10	50	10	40	20	0	40	30	20	20	10	0	20	60	10	0	20	10	0	40	222	555	777	28%	18%	
<i>Diplodus cervinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	1	40	41	1%	2%	
<i>Diplodus puntazzo</i>	30	30	90	10	40	20	20	70	30	50	10	10	40	60	60	40	20	30	80	60	70	50	40	30	521	906	1427	34%	48%	
<i>Diplodus sargus</i>	70	80	90	80	100	60	70	70	90	20	90	80	50	70	90	90	100	90	100	80	90	90	90	90	968	2323	3291	75%	86%	
<i>Diplodus vulgaris</i>	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100	100	80	100	80	100	100	100	90	100	100	100	90	100	100	2171	6672	8843	98%	97%	
<i>Engraulis encrasicolus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	10	0	30	0	1530	1804	3334	0%	5%	
<i>Epinephelus marginatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	40	0	60	40	40	0	0	60	60	0	20	30	10	207	320	527	4%	27%	
<i>Labrus merula</i>	30	0	30	30	40	90	30	50	30	20	90	10	90	40	50	50	60	40	40	20	90	50	30	80	624	890	1514	38%	53%	
<i>Labrus mixtus</i>	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	1	50	51	3%	1%	
<i>Labrus viridis</i>	0	0	0	0	10	80	0	10	0	20	30	0	10	20	0	10	10	0	20	0	30	20	0	20	210	196	406	13%	12%	
<i>Mugilidae</i>	0	10	0	0	0	0	0	10	0	0	20	0	0	0	10	10	30	0	50	10	0	10	0	30	88	361	449	3%	13%	
<i>Mullus surmuletus</i>	30	40	40	50	50	50	70	70	30	40	50	20	10	10	10	50	60	80	40	60	60	70	70	50	482	1283	1765	45%	48%	
<i>Muraena helena</i>	20	0	10	0	0	20	10	10	10	0	10	30	0	10	0	20	0	10	20	20	10	10	0	30	80	218	298	10%	11%	
<i>Oblada melanura</i>	10	0	50	10	20	70	40	30	20	10	80	0	0	10	20	10	10	100	40	10	40	60	30	70	2343	6403	8746	28%	33%	
<i>Pagrus pagrus</i>	0	0	0	0	10	0	10	0	20	0	0	10	0	0	0	10	20	20	0	10	0	0	0	0	25	159	184	4%	5%	
<i>Phycis phycis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	30	20	10	30	60	10	0	0	0	46	187	233	0%	14%	
<i>Sardina pilchardus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	10	0	0	10	0	0	0	30	0	910	4167	5077	0%	6%	
<i>Sardinella aurita</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	411	411	0%	1%	
<i>Sarpa salpa</i>	50	70	60	10	20	0	40	10	40	10	40	10	0	10	30	10	40	50	10	50	20	20	70	30	1889	4461	6350	30%	28%	
<i>Sciaena umbra</i>	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	10	0	0	10	69	56	125	1%	4%	
<i>Scorpaena maderensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3	14	17	0%	1%	
<i>Scorpaena notata</i>	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20	0	10	0	0	0	10	0	10	10	0	0	0	30	0	85	67	152	4%	5%	
<i>Scorpaena porcus</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	10	0	0	0	10	0	20	0	0	0	0	10	0	33	74	107	3%	3%	
<i>Scorpaena scrofa</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	20	0	10	0	30	10	10	10	0	45	104	149	1%	8%	
<i>Seriola dumerili</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	32	37	69	2%	1%	
<i>Serranus cabrilla</i>	30	70	90	80	90	60	100	90	100	60	80	90	70	80	80	90	100	100	100	100	100	100	100	80	995	2217	3212	78%	92%	
<i>Serranus scriba</i>	10	20	20	40	0	100	0	40	40	0	60	30	20	0	30	0	20	20	0	0	40	20	0	50	328	483	811	30%	17%	
<i>Sparus aurata</i>	20	20	0	10	10	0	0	0	0	20	20	10	0	20	20	40	50	60	10	30	0	0	10	10	160	1863	2023	9%	21%	
<i>Sphyræna viridensis</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	10	0	0	0	32	32	1%	2%	
<i>Spicara maena</i>	0	30	30	40	0	60	20	0	0	10	0	50	20	20	20	20	10	40	40	30	60	20	30	0	2297	6078	8375	20%	26%	
<i>Spicara smarís</i>	30	40	30	20	30	40	40	0	30	30	30	40	20	40	50	20	50	40	40	0	20	30	40	0	5406	10575	15981	30%	29%	
<i>Spondylíosa cantharus</i>	0	0	10	0	0	30	0	0	0	10	10	10	0	30	0	30	30	10	30	20	10	30	0	0	171	282	453	6%	16%	
<i>Symphodus cinereus</i>	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	12	29	41	2%	1%	
<i>Symphodus doderleini</i>	40	10	50	20	30	60	60	70	60	70	90	40	40	20	40	40	60	70	20	30	50	70	40	20	591	1133	1724	50%	42%	
<i>Symphodus mediterraneus</i>	30	30	40	60	60	60	60	60	60	100	50	50	0	40	50	40	60	70	70	70	60	40	60	40	642	1352	1994	55%	50%	
<i>Symphodus melanocercus</i>	20	30	40	80	60	90	30	50	60	80	100	40	50	70	70	30	70	40	70	20	70	50	40	60	842	1259	2101	57%	53%	
<i>Symphodus ocellatus</i>	30	60	30	40	30	50	20	70	60	70	90	80	80	80	30	40	30	20	10	40	20	30	50	10	50	915	1986	2901	53%	34%
<i>Symphodus roissali</i>	20	40	20	60	20	100	20	70	30	70	90	10	100	0	0	30	30	0	30	0	10	40	0	60	584	703	1287	46%	25%	
<i>Symphodus rostratus</i>	20	20	30	40	20	100	30	30	70	30	90	40	0	10	50	10	50	0	40	0	30	20	10	30	422	653	1075	43%	21%	
<i>Symphodus tinca</i>	80	90	70	80	90	90	70	90	70	70	100	80	50	50	80	40	70	60	100	20	90	60	80	80	1337	2624	3961	82%	65%	
<i>Thalassoma pavo</i>	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	20	0	10	30	10	0	0	20	10	0	0	20	0	20	87	135	222	3%	10%	
<i>Trachurus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	30	0	90	1454	1544	0%	3%	
<i>Trachurus trachurus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	61	71	0%	1%	
																									53156	158440	243989			
RS totale/station	24	23	27	27	28	26	29	24	24	29	29	33	21	29	32	36	31	31	35	31	32	35	31	29	0	0	53			
RS moyenne/transect	9.7	10.8	12.7	12.4	11.4	15.8	11.9	12.9	12.1	13.1	16.4	12.1	10.1	12.2	13.5	13.4	13.8	1												

4.1.2 Richesse spécifique

Le suivi à T0+6 ans a recensé 53 taxons, parmi lesquels 44 dans les stations HZNP et 52 dans les ZNP. La richesse spécifique, à savoir le nombre de taxon vu par transect est comprise entre 9.7 (S01-Tiboulén Frioul) et 16.5 (S23-Soubeyrane) taxons par transect (Figure 8 ; Figure 9).

La richesse spécifique moyenne par année est significativement plus élevée en 2019 (p -value < 0.01), par rapport à 2016 (p -value < 0.01) et 2013 (p -value < 0.01).

De même, la Rs moyenne est significativement plus élevée en 2019 dans les stations en ZNP par rapport aux stations HZNP (p -value < 0.001).

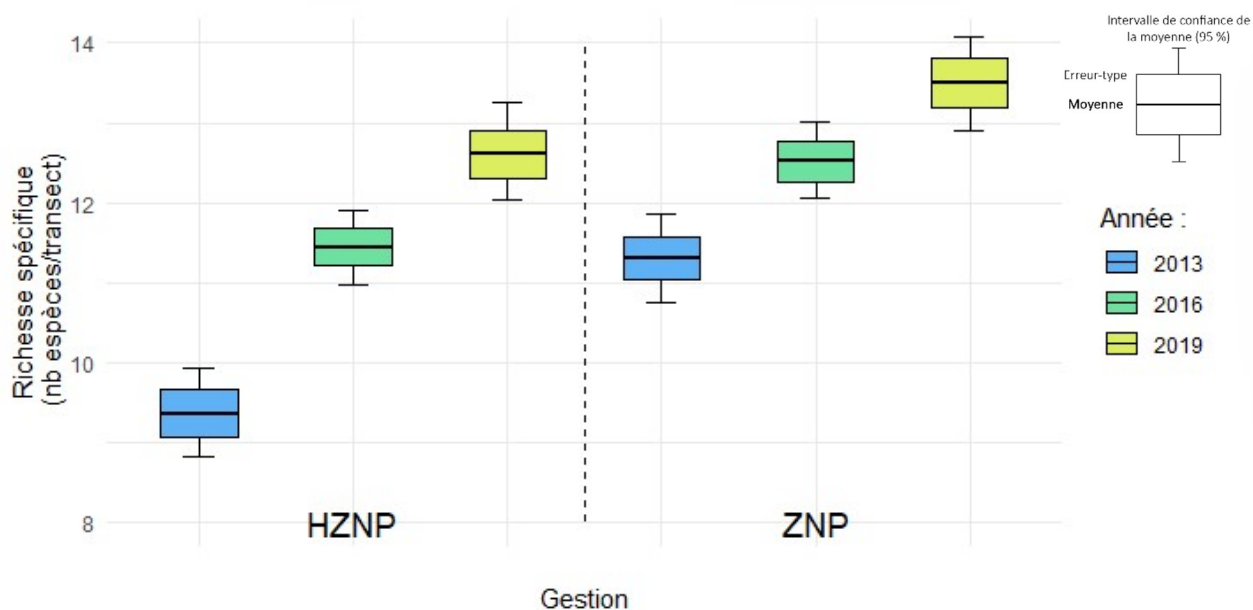


Figure 8 : Richesse spécifique moyenne de poissons dans les transects selon les modes de gestion en 2013, 2016 et 2019.

Tableau 12 : Richesse spécifique moyenne (RS moy) et écart type (RS ect), ainsi que les coefficients de variation (Cv) et nombre maximal d'espèces rencontrées sur un transect (RS max) dans les différentes stations pour les recensements visuels par transects dans le PNCa à T0+6. Ces variables sont également calculées pour ZNP vs. HZNP et côte vs. îles.

	Station	2013				2016				2019			
		Rs moy	Rs ect	Cv	Rs max	Rs moy	Rs ect	Cv(%)	Rs max	Rs moy	Rs ect	Cv(%)	Rs max
Hors ZNP	S01_Tiboulouen_Frioul	7.4	3.1	42%	12	11.4	2.67	23%	16	9.7	3.0	31%	13
	S02_Frioul_Cambrettes	9.5	3.9	41%	19	11.6	1.58	14%	14	10.9	2.9	27%	15
	S05_Tiboulouen_Maire	9.1	2.6	29%	13	10.3	1.42	14%	12	12.7	2.1	17%	16
	S06_Fromages	11.6	4.5	39%	19	12.3	3.97	32%	18	12.5	4.2	34%	21
	S07_Jarre_Briançon	9.4	3.1	33%	14	12.3	2.5	20%	18	11.5	2.0	18%	15
	S08_Plateau_Chèvres	9.6	4.2	44%	16	11.7	3.77	32%	18	15.8	1.9	12%	18
	S16_Ouest_Figuier	7.7	3.0	38%	12	11.2	1.93	17%	14	11.9	3.4	28%	17
	S18_Calanque_l'Oule	12.1	2.9	24%	15	12	2.11	18%	15	12.9	3.2	25%	19
	S19_En_Vau	8.1	2.1	26%	13	11.1	2.81	25%	16	12.1	2.5	21%	16
	S21_Phare_Cassidaigne	9.1	2.1	23%	12	11.4	2.22	19%	15	13.1	2.7	20%	17
	S23_Soubeyrane	11.5	3.1	27%	17	11.1	3.31	30%	16	16.5	2.5	15%	21
	S24_Ile_Verte_Roustaud	10.8	2.8	26%	16	11.8	3.43	29%	15	12.1	3.1	25%	16
ZNP	S03_Planier	10.2	2.3	22%	14	11.4	2.3	20%	14	10.1	2.3	23%	13
	S04_Veyron	8.5	2.4	28%	12	12.9	2.3	18%	17	12.2	3.0	24%	19
	S09_Moyades	13.7	2.0	15%	17	13.7	3.0	22%	17	13.5	3.7	28%	20
	S10_Sud_Riou	11.1	2.2	20%	15	12.0	3.0	25%	18	13.4	3.7	28%	19
	S11_Plane	13.8	2.9	21%	18	11.5	3.0	26%	16	13.8	2.5	18%	18
	S12_Cortiou	7.8	1.9	25%	11	12.6	4.0	31%	19	15.0	1.8	12%	18
	S13_Nord_Caramassaigne	13.2	3.4	26%	18	12.1	2.1	17%	16	15.4	2.9	19%	19
	S14_Grand_Conglue	11.9	3.4	28%	17	13.0	3.8	29%	20	13.3	2.5	19%	17
	S15_Sormiou_Réserve_Falco	11.3	1.9	17%	14	13.1	1.8	14%	15	14.6	4.5	30%	22
	S17_Devenson	14.2	2.7	19%	19	13.5	2.3	17%	17	13.9	4.5	32%	18
	S20_Pointe_Cacau	10.1	2.6	26%	14	10.9	2.4	22%	16	13.6	2.7	20%	18
	S22_Cap_Soubeyrane	12.7	2.6	20%	16	13.7	1.7	12%	16	13.2	3.7	28%	19
	Total général	10.6	3.4	32%	19	12.0	2.8	23%	20	13.1	3.3	26%	22
	Hors-ZNP	9.4	3.2	34%	18	11.5	2.7	23%	18	12.6	3.3	26%	21
	ZNP	11.3	3.0	27%	18	12.5	2.8	22%	20	13.5	3.4	25%	22
	Côte	10.4	3.3	32%	18	12.1	2.8	23%	19	14.0	3.4	24%	22
	Îles	10.4	3.2	31%	18	12.0	2.8	23%	20	12.4	3.2	26%	21

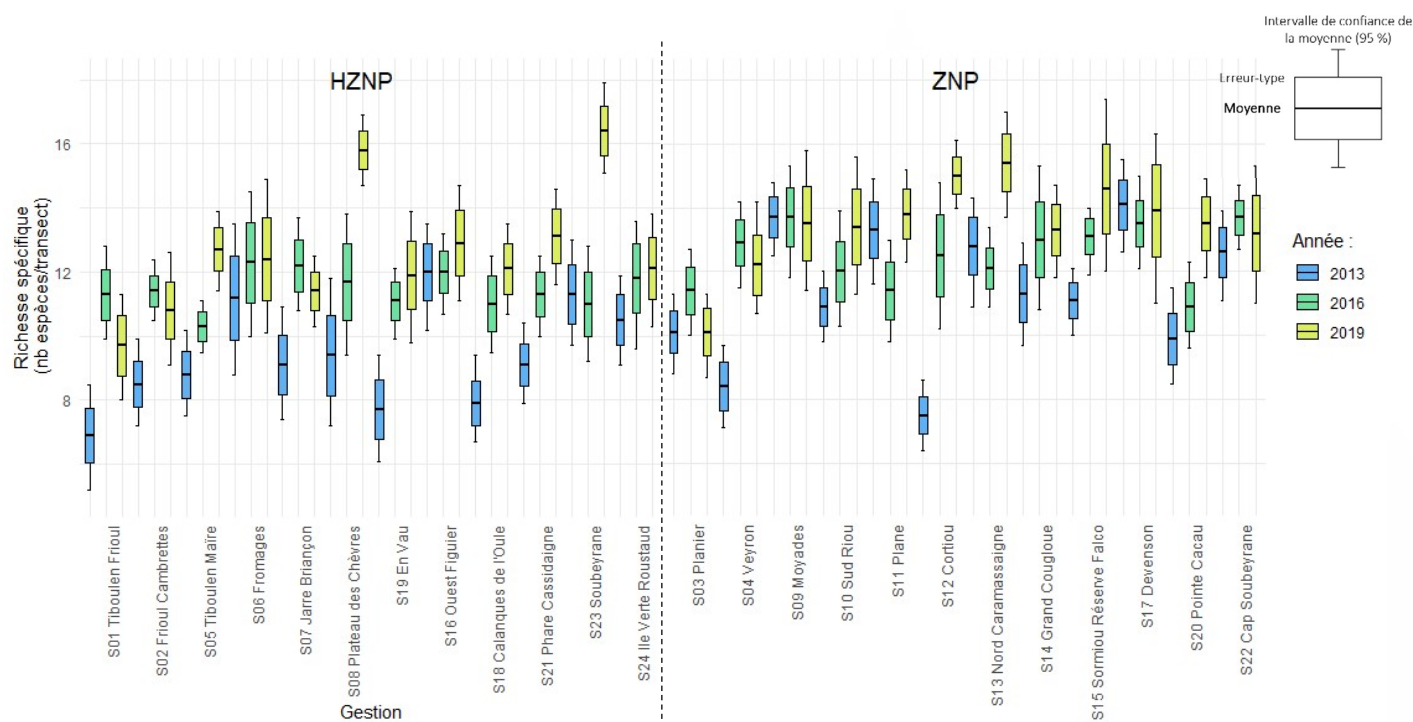


Figure 9 : Richeur spécifique moyenne par station des poissons recensés dans le PNCaI à T0, T0+3 et T0+6 (ZNP : zone de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP)

La richesse spécifique moyenne est généralement plus élevée en 2019 que les années précédentes. On remarque cependant 7 stations où la Rs a diminué entre 2016 et 2019, à savoir S01-Tiboulou Frioul, S02-Frioul Cambrettes, S03-Planier, S04-Veyron, S07-Jarre Briançon, S09-Moyades et S22-Cap Soubeyrane.

On constate également dans certaines stations une forte augmentation de la Rs entre 2016 et 2019, à S05-Tiboulou Maître, S08-Plateau des Chèvres, S11-Plane, S12-Cortiou, S13-Nord Caramassaigne, S20-Pointe Cacao et S23-Soubeyrane.

4.1.3 Evolution de la composition du peuplement par familles

Les 6 familles les plus présentes voient leur densité et leur biomasse augmenter entre l'état initial et le suivi à T0+6, sauf les labridés dont la densité a légèrement diminué. En revanche, la biomasse de cette famille a été multipliée par 1.3, révélant des individus plus gros (Tableau 13).

Les phycidés (mostelles) ont vu leur densité et leur biomasse multipliée par 10. La densité des autres familles a également augmenté avec un facteur de multiplication allant de 1.2 à 5.0 et leur biomasse avec un facteur compris entre 1.4 et 4.8. Alors que la biomasse des mulets a été multipliée par 4.8 depuis le début du suivi, celle des sparidés et des mullidés n'a augmenté que de 1.4. En revanche la biomasse des serranidés a été multipliée par 3.2, ce qui est important pour des espèces de petite taille qui sont prédatées par les ichtyophages.

Tableau 13 : Evolution des densités et des biomasses des principales familles (hors espèces planctonophages) depuis le début du suivi dans le PNCal.

	T0 - 2013		T0+3 - 2016		T0+6 - 2019		Facteur d'augmentation 2013-2019	
Espèce	Densité Nb/100 m ²	Biomasse g/100 m ²	Densité/ 100 m ²	Biomasse g/100 m ²	Densité /100 m ²	Biomasse g/100 m ²	Densité	Biomasse
Labridés	43.1	445	30.8	457	37	596	x 0.9	x 1.3
Mugilidés	0.1	40	0.4	149	0.5	193	x 5.0	x 4.8
Mullidés	0.8	57	1.3	103	1.1	82	x 1.4	x 1.4
Phycidés	0.01	3	0.05	21	0.1	35	x 10.0	x 11.7
Serranidés	2	478	2.4	760	2.5	1548	x 1.3	x 3.2
Sparidés	23.7	5410	23.3	6600	28.9	7597	x 1.2	x 1.4

4.1.4 Densité

La densité moyenne de poissons entre 5 et 25 m de profondeur, toutes stations confondues est de 381 ± 392 individus pour 100 m² en 2019 contre 273 ± 446 individus en 2016 et 177 ± 174 en 2013. Les densités sont significativement différentes entre les années (2013 vs 2016 ; 2013 vs 2019 et 2016 vs 2019 ; p-value < 0.001). La densité moyenne de poissons a globalement doublé en 6 ans dans la zone d'étude.

La densité moyenne en 2019 dans les ZNP est de 494 ± 458 contre 269 ± 271 HZNP. Ces densités ainsi que l'écart entre les valeurs HZNP et en ZNP a significativement augmenté en 6 ans (p < 0.001). La densité moyenne de poissons en 2013 HZNP était de 145 ± 134 et dans les ZNP elle était de 210 ± 201 (Figure 10). La densité moyenne de poissons a été multipliée par 2.3 dans les ZNP depuis le début du suivi.

Les densités moyenne de poissons ont fortement progressé dans les stations à la côte (339 ± 291 ind/100 m²) et un peu moins comparativement dans les stations des îles (411 ± 449 ind/100 m²) en 2019, avec des densités qui sont 2 à presque 3 fois plus élevées par rapport aux densités observées en 2013.

Tableau 14 : Evolution de la densité moyenne de poissons entre 5 et 25 m de profondeur depuis le début du suivi dans le PNCal.

Densité moyenne/100 m ²	2013	2016	2019	Evolution 2013-2019
Zone d'étude PNCal + AMA	177 ± 174	273 ± 446	381 ± 392	X 2.1
HZNP	145 ± 134	198 ± 279	269 ± 271	X 1.9
ZNP	210 ± 201	348 ± 557	494 ± 458	X 2.3
Côte	128 ± 113	180 ± 205	339 ± 291	X 2.6
Iles	213 ± 199	339 ± 549	411 ± 449	X 1.9

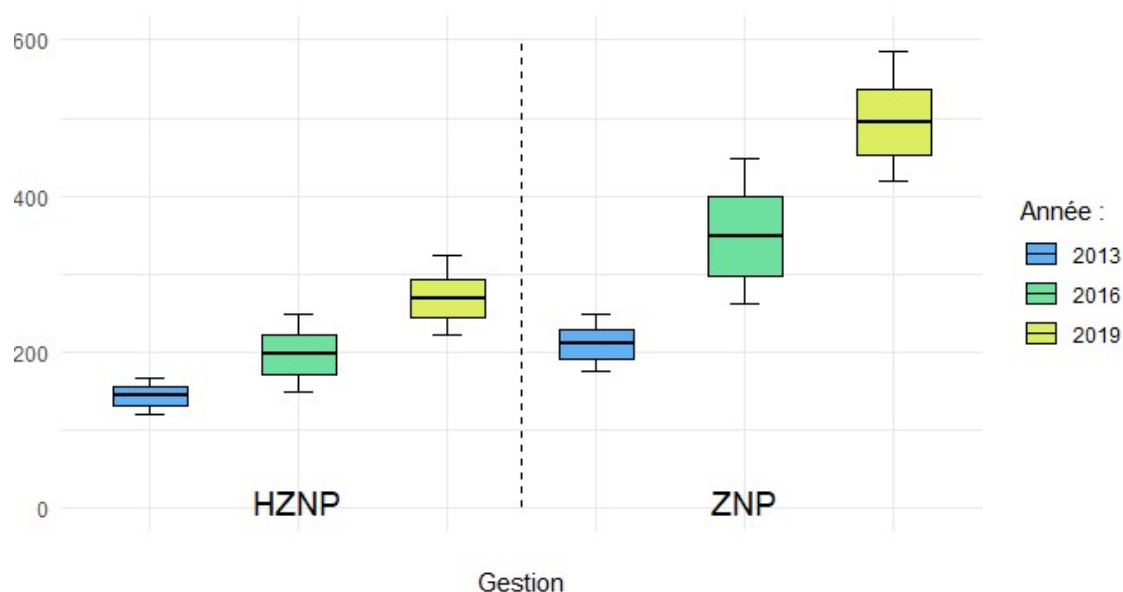


Figure 10 : Densité moyenne de poissons dans les transects selon les modes de gestion dans le PNCal à T0, T0+3 et T0+6 (ZNP : zones de non prélèvement, 12 stations, 120 comptages par année ; HZNP : hors ZNP, 12 stations, 120 comptages par année).

Les 10 comptages réalisés par station ont été cumulés (somme des abondances et des biomasses par réplikat) et permet une comparaison des comptages réalisés dans les 12 stations situées dans les zones de non prélèvement (ZNP) par rapport à ceux des 12 stations situées en dehors (HZNP). Les données obtenues lors de l'état zéro (Bonhomme *et al.*, 2015) et du suivi T0+3 (Le Diréach *et al.*, 2017) sont reportées pour visualiser l'évolution en 6 ans pour chaque station et pour chaque mode de gestion.

Les effectifs cumulés font apparaître une augmentation de la densité de poissons dans 20 stations sur 24 explorées en 2019 par rapport à 2013. Hors ZNP, seules les stations S06-Fromages et S07-Jarre Briançon voient leur densité diminuer. On peut aussi remarquer les bons scores obtenus par les stations S05-Tiboulén de Maire, S08-Plateau des chèvres, S21-Cassidaigne et S24-ile Verte.

En ZNP, la progression se poursuit à presque toutes les stations sauf S04-Veyron et S14-Grand Conglue, qui présentent une densité inférieure à celle de 2013 sans inquiéter pour autant (Figure 11).

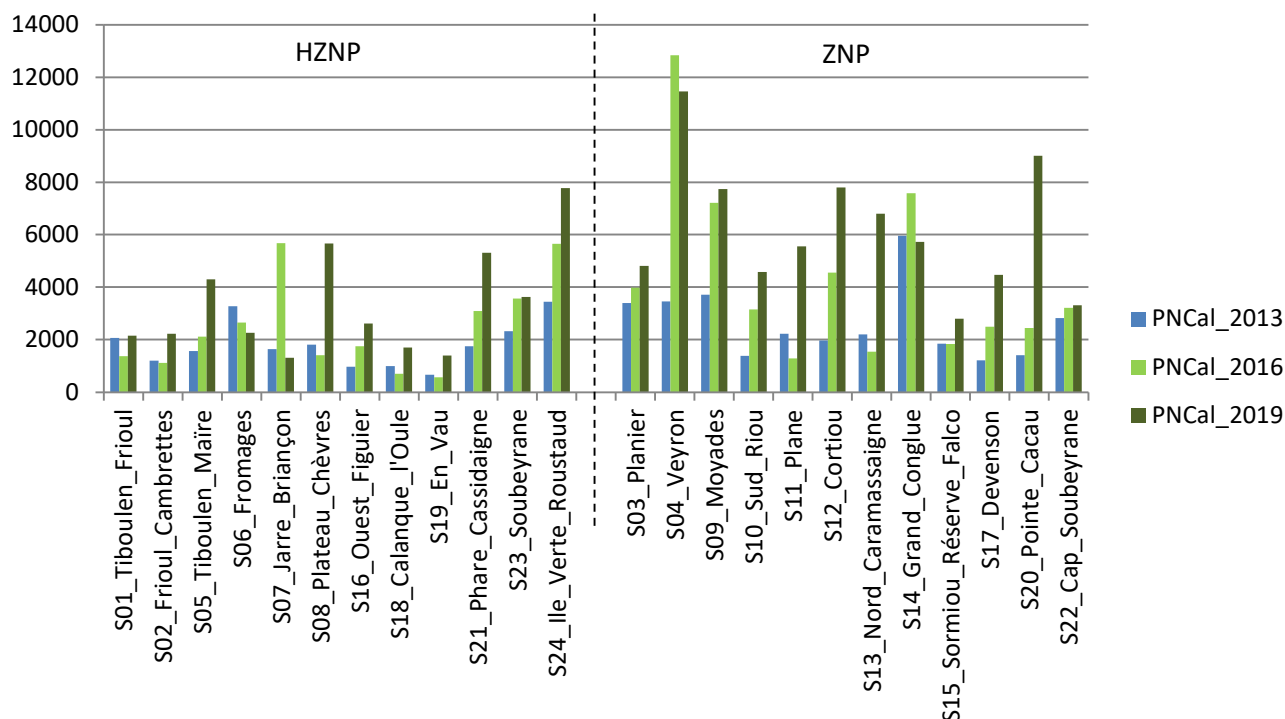


Figure 11. Effectifs cumulés (nb de poissons) par station des poissons recensés dans le PNCaI à T0, T0+3 et T0+6 (ZNP : zones de non-prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Les valeurs des densités moyennes par station sont reportées en annexe pour les trois campagnes de 2013, 2016 et 2019 par transect et pour 100 m² (Annexe 1 et Annexe 2).

La somme des abondances de poissons observées durant les comptages augmente dans les ZNP, mais aussi hors ZNP, ce qui est un bon signal pour les peuplements de poissons de la zone d'étude (Figure 12).

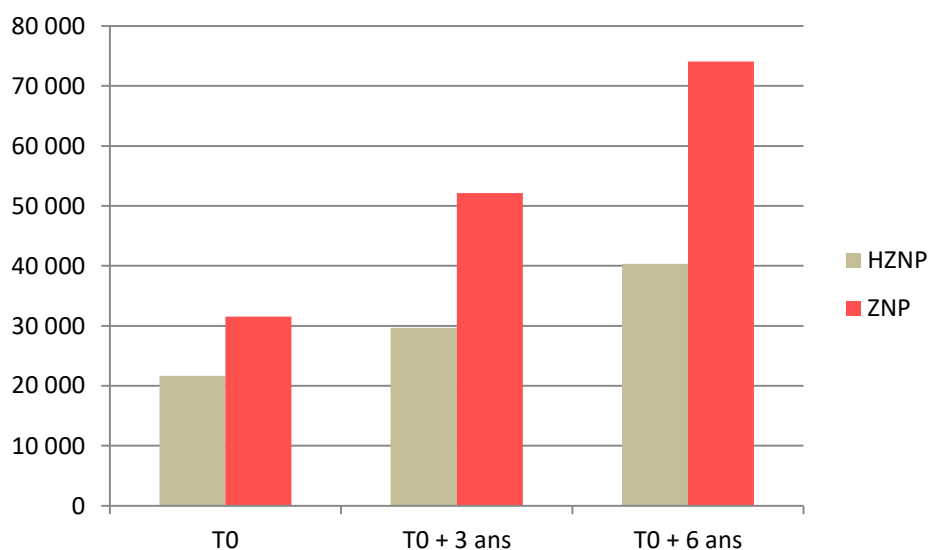


Figure 12. Effectifs cumulés (nb de poissons) selon le mode de gestion des poissons recensés dans le PNCaI à T0, T0+3 et T0+6 (ZNP : zones de non-prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

4.1.5 Biomasse

La biomasse moyenne de poissons dans le site d'étude a doublé depuis le début du suivi avec 14.6 ± 31 kg pour 100 m^2 en 2019 contre 7.8 ± 15 kg en 2013. La biomasse est très significativement différente entre 2013 et 2016 et entre 2013 et 2019 ; $p < 0.001$) (Figure 13). Par contre, la biomasse moyenne entre 2016 et 2019 n'est pas significativement différente ($p = 0.31$).

A T0, la biomasse moyenne était de 5.1 ± 5.3 kg hors ZNP contre 10.5 ± 20.3 kg dans les ZNP. Cet écart s'est accentué, 6 ans après, avec une biomasse moyenne de poissons en 2019 de 8.4 ± 10.4 kg pour 100 m^2 HZNP et 20.8 ± 41.8 kg pour 100 m^2 dans les ZNP. La biomasse moyenne progresse à chaque retour en dehors des ZNP ; elle a été multipliée par 2 dans les ZNP depuis le début du suivi.

Tableau 15 : Evolution de la biomasse moyenne de poissons entre 5 et 25 m de profondeur depuis le début du suivi dans le PNCaI.

Biomasse moyenne kg/100 m ²	2013	2016	2019	Evolution 2013-2019
Zone d'étude PNCaI + AMA	7.8 ± 15.0	11.2 ± 17.1	14.6 ± 31.0	x 1.9
HZNP	5.1 ± 5.3	7.0 ± 8.0	8.4 ± 10.4	x 1.6
ZNP	10.5 ± 20.3	15.4 ± 21.9	20.8 ± 41.8	x 2.0
Côte	4.1 ± 3.6	8.1 ± 10.0	15.0 ± 22.0	x 3.7
Iles	10.4 ± 19.0	13.4 ± 20.3	14.2 ± 36.2	x 1.4

Les différences de biomasse selon le mode de gestion sont hautement significatives en 2019 comme déjà en 2016 et 2013 ($p\text{-value} < 0.001$).

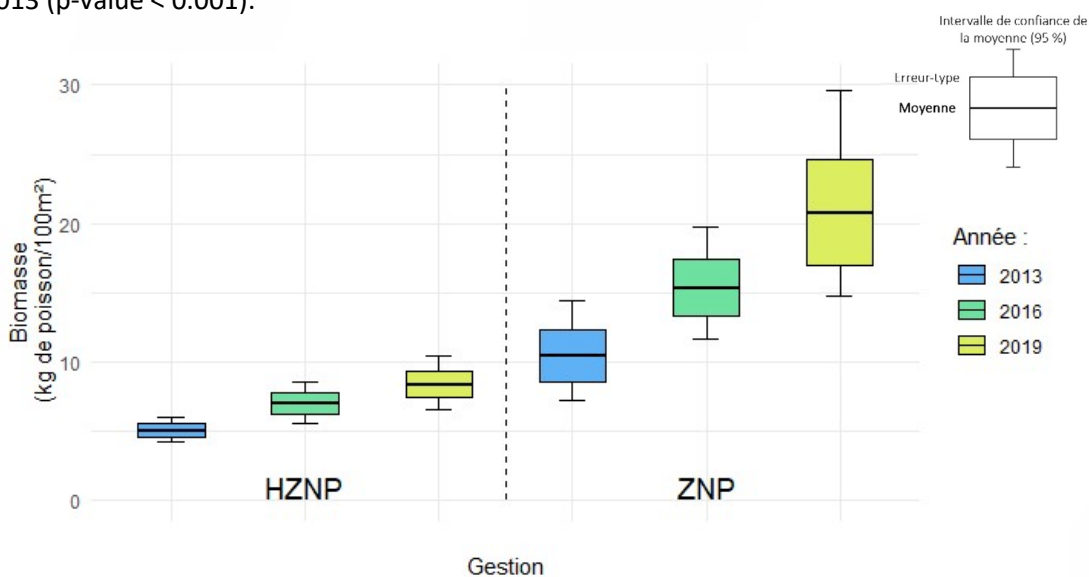


Figure 13 : Biomasse moyenne de poissons (kg/transect) selon les modes de gestion dans le PNCaI à T0, T0+3 et T0+6 (ZNP : zones de non prélèvement, 12 stations, 120 comptages par année ; HZNP : hors ZNP, 12 stations, 120 comptages par année).

Les biomasses de poissons observées par station sont en augmentation par rapport à 2013 dans une majorité de stations y compris en dehors des ZNP. Les stations présentant une diminution des biomasses observées sont : S01-Tiboulén du Frioul, S02-Frioul Cambrettes, S06-Fromages, S07-Jarre Briançon, S18-Calanque de l'Oule, S19-En Vau (HZNP) et S03-Planier, S04-Veyron, S13-Nord Caramassaigne et S14-Grand Congloue en

(ZNP). Les stations S08-Plateau des Chèvres, S24-Ile verte Roustaud, S09-Moyades et S12-Cortiou ont vu leur biomasse augmenter de plus du double par rapport à 2016 (Figure 14).

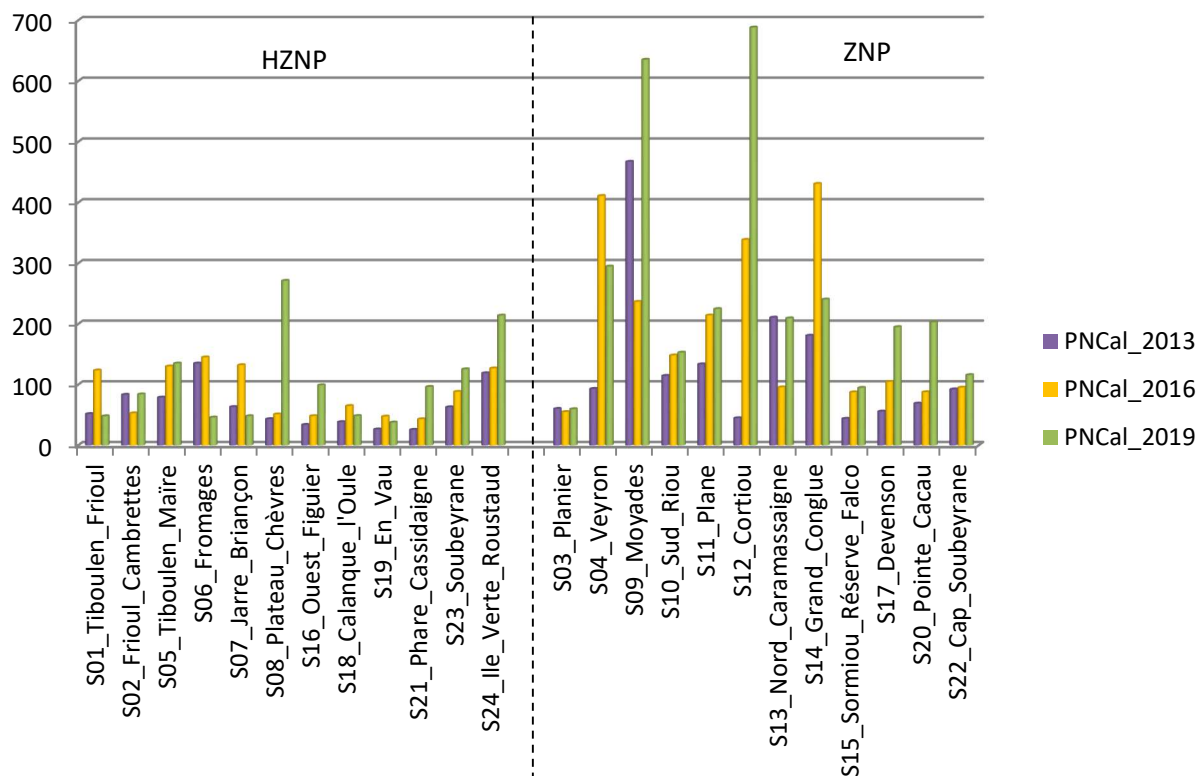


Figure 14. Biomasses cumulées (kg) par station des poissons recensés dans le PNCaI à T0, T0+3 et T0+6 (ZNP : zones de non-prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Six ans après l'état initial, les biomasses moyennes ont augmenté en dehors des ZNP. Elles ont davantage augmenté dans les ZNP qu'en dehors (Figure 15), mais elles progressent également hors des ZNP, ce qui est un résultat important à souligner.

Les valeurs des biomasses moyennes par stations sont reportées en annexe pour les trois campagnes de 2013, 2016, 2019 par transect et pour 100 m² (Annexe 1 et Annexe 2).

Les biomasses cumulées des poissons observés lors des comptages du suivi des ZNP augmentent fortement dans les ZNP mais aussi, à moindre amplitude, en dehors.

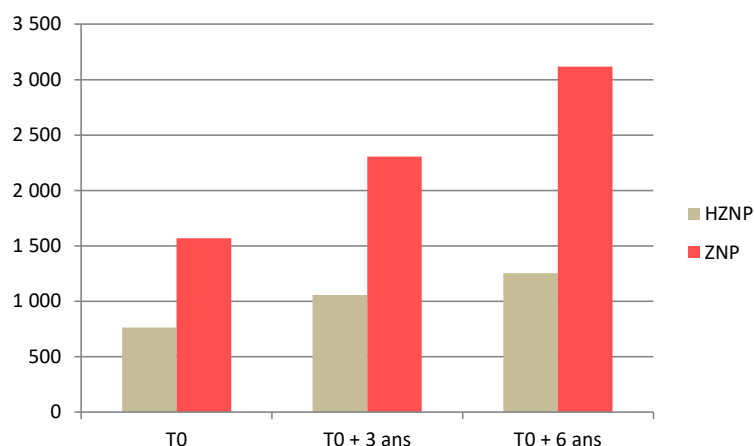


Figure 15. Biomasses cumulées (kg) selon le mode de gestion des poissons recensés dans le PNCal à T0, T0+3 et T0+6 (ZNP : zones de non-prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

4.2 Peuplements de poissons planctonophages et non planctonophages

Les peuplements de poissons côtiers sont dominés en nombre par les espèces planctonophages (*Chromis chromis*, *Boops boops*, *Spicara* spp. et à certaines saisons aussi athérines (*Atherina* spp), anchois (*Engraulis encrasicolus*), ou sardines (*Sardina pilchardus*) qui se déplacent en banc parfois près de la côte, alors que les autres espèces moins nombreuses mais de plus grande taille contribuent davantage à la biomasse observée.

Les espèces planctonophages bogues *B. boops* et castagnoles *C. chromis* ne sont pas uniformément réparties entre les stations des Calanques. Contrairement à la castagnole *C. chromis*, la bogue *B. boops* n'est pas présente à toutes les stations, comme les mendoles et picarels *Spicara* spp qui sont moins fréquents également.

Les barbiers *A. anthias* ont été vus dans les stations les plus profondes (proche du circalittoral) et où le relief est plus accidenté aussi (Veyron, Moyades, Sud Riou, Nord Caramassaigne, Ouest Figuiers, Pointe Cacao, Grand Congloue, Phare Cassidaigne et Ile Verte).

L'évolution de la proportion de planctonophages depuis le début du suivi montre la variation annuelle de leur importance par rapport au reste du peuplement (Figure 16) et surtout leur progression durant cette période récente. En 2016, la proportion de ces espèces avait doublé par rapport à l'état zéro, et en 2019 elle est encore en nette progression (3 x plus élevée qu'en 2013).

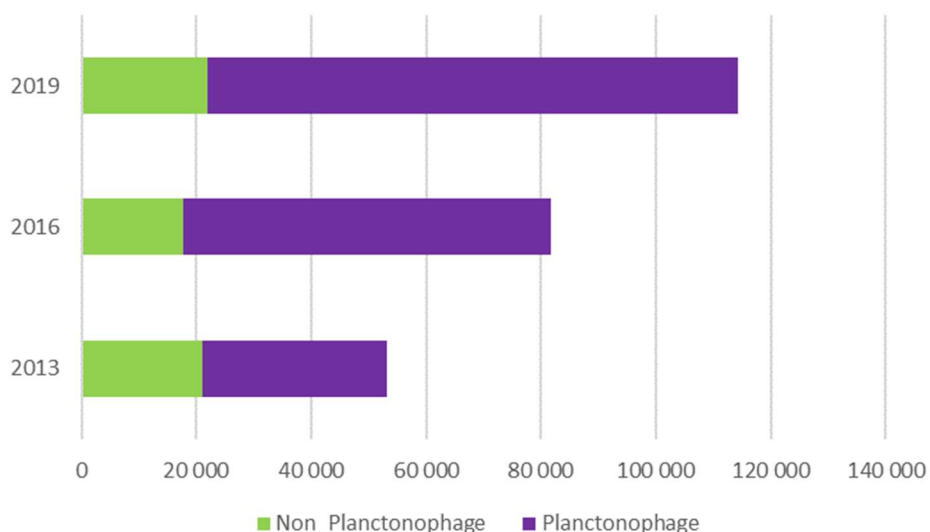


Figure 16. Répartition des effectifs cumulés des espèces planctonophages et non-planctonophages dans le peuplement de poissons recensé dans le parc national des Calanques lors des différents suivis.

L'abondance de planctonophages a augmenté dans la zone d'étude aussi bien dans les ZNP qu'en dehors. Ce 'poisson fourrage' joue un rôle fonctionnel majeur puisqu'il supporte pour partie la chaîne alimentaire (Figure 17).

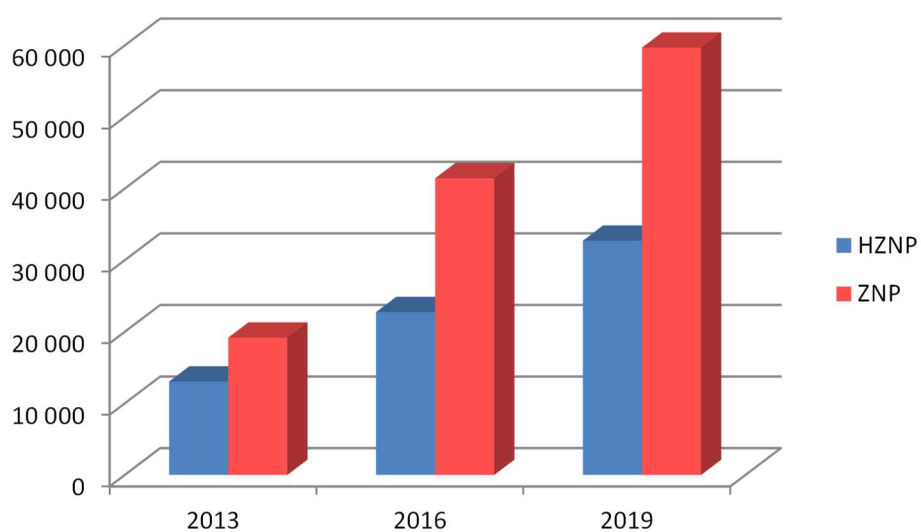


Figure 17. Evolution de l'abondance des espèces planctonophages (abondances cumulées des comptages) dans le peuplement de poissons du parc national des Calanques.



Figure 18. Poissons planctonophages : à gauche *Spicara* sp. et à droite *Chromis chromis*.

Les conditions environnementales ont donc profité ces dernières années à l'ensemble des espèces planctonophages, particulièrement aux castagnoles et surtout aux mendoles et picarels *Spicara* spp, alors que les bogues *Boops boops* sont plutôt en diminution.

Dans le paragraphe suivant, l'analyse du peuplement est faite en excluant les espèces planctonophages, au comportement fortement agrégatif, qui accentuent la variabilité spatiale et temporelle dans l'analyse des données. Pour cette raison, les évaluations moyennes d'abondance et de biomasse réduites (i.e. sans planctonophages) sont considérées comme étant de meilleurs comparateurs entre les sites.

4.2.1 Densités réduites

Le résultat des comptages par transect fait apparaître de meilleurs effectifs en poissons en 2019 par rapport à 2016 dans la quasi-totalité des stations (19 sur 24), qu'elles soient situées en ZNP ou en dehors. A Tiboulén de Maire, à la Calanque de l'Oule, au Phare de Cassidaigne, au Veyron, à Cortiou et à la pointe Cacao le nombre de poissons recensés (hors espèces planctonophages) continue à augmenter depuis la mise en place des ZNP (Figure 19).

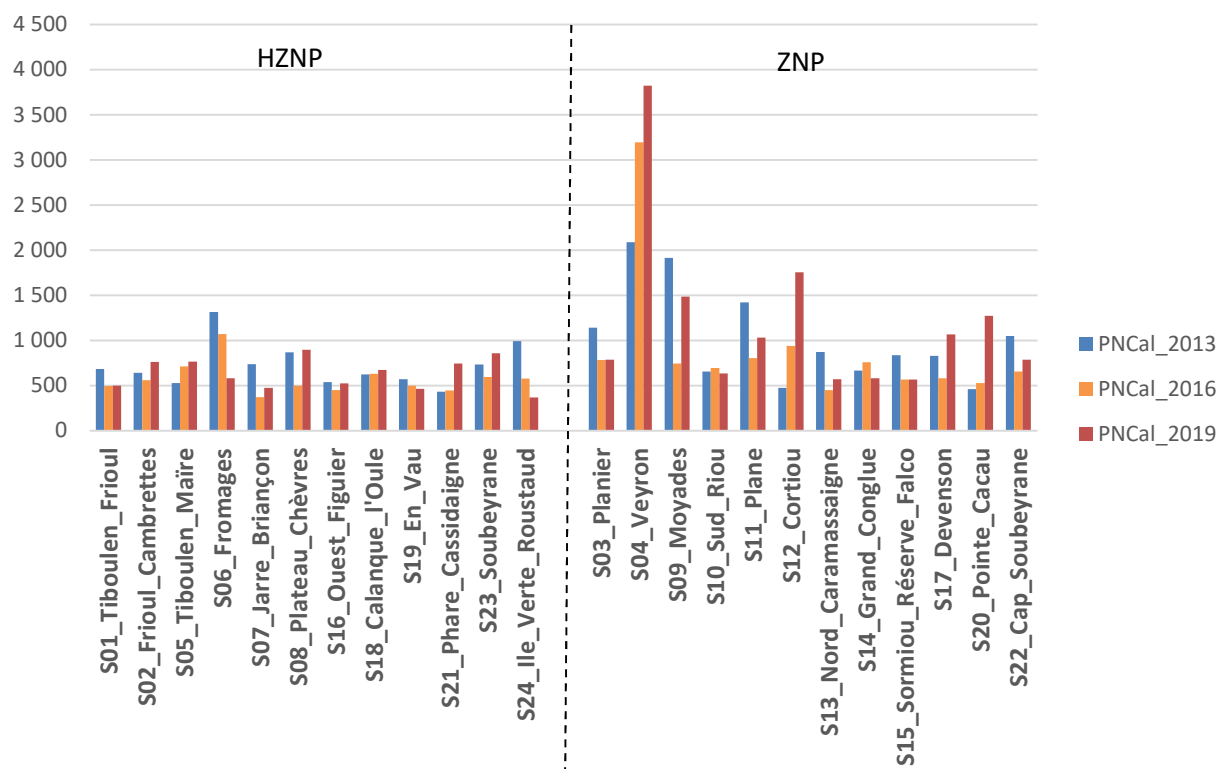


Figure 19. Effectifs cumulés (nb de poissons) par station des poissons (planctonophages non pris en compte) recensés dans le PNCaI à T0, T0+3 et T0+6 (ZNP : zones de non-prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Les espèces sont rangées par ordre décroissant d'abondance dans la Figure 20. Celles qui dominent le peuplement sont les mêmes qu'en 2013 et 2016 : la girelle (*Coris julis*), les sars (*Diplodus* spp.) et les saupes (*Sarpa salpa*) sont les espèces les plus abondantes. Il est à noter que la dorade *Sparus aurata* est la sixième espèce la plus abondamment observée lors du suivi de 2019.

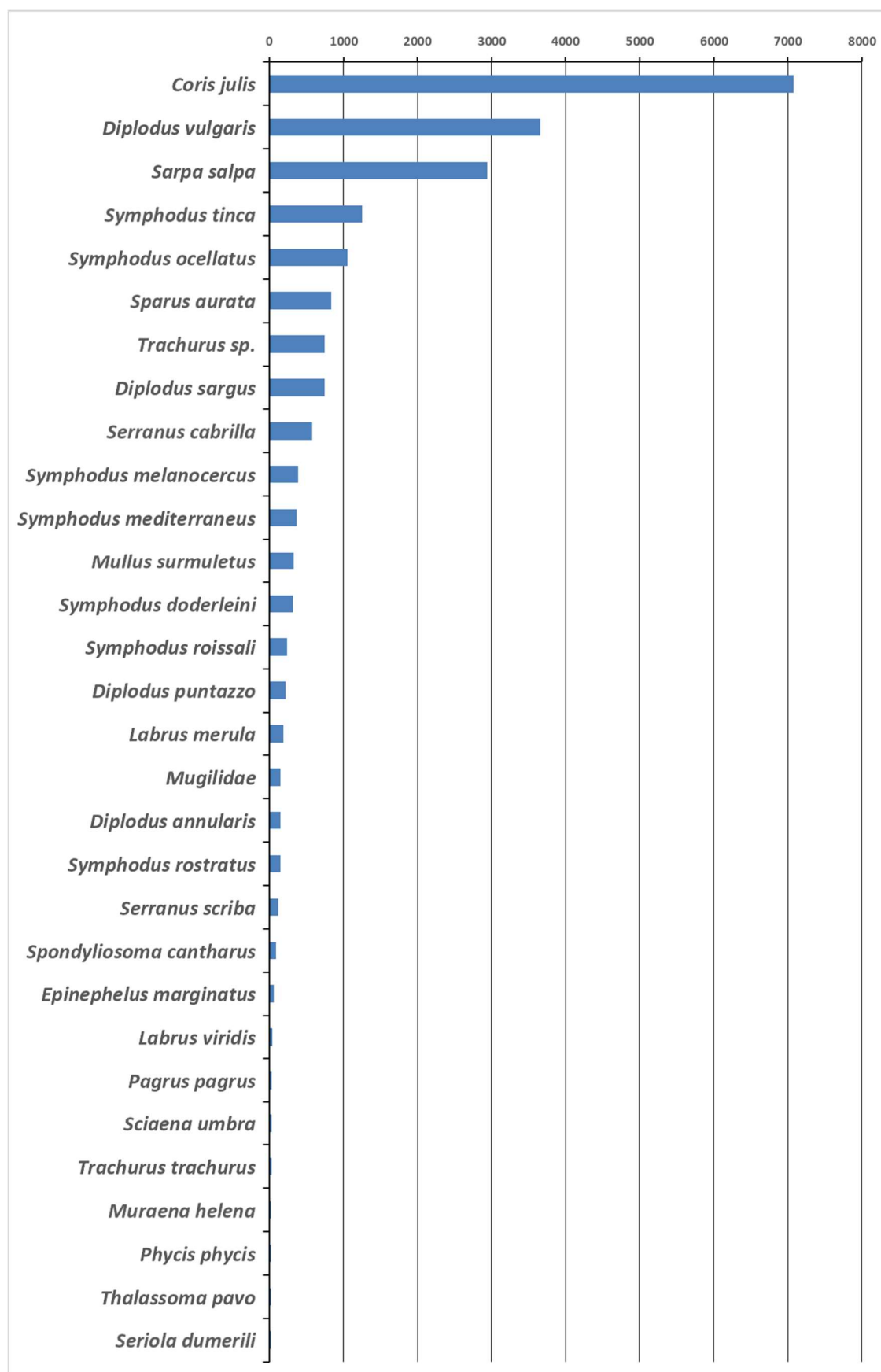


Figure 20. Abondances cumulées (nb) par espèces dans les recensements par comptages visuels dans le PNCaI à T0+6 (comptages par transects, 5-25 m, 24 stations) hors espèces planctonophages.

Après une diminution de la densité réduite entre 2013 et 2016 on constate une augmentation entre 2016 et 2019 (Figure 21). Cette augmentation n'est pas significative ($p > 0.05$) mais elle exprime tout de même une tendance positive. Cet écart semble plus marqué en ZNP que hors ZNP.

Le peuplement de poisson hors planctonophage est significativement plus élevé en ZNP que hors ZNP ($p < 0.001$).

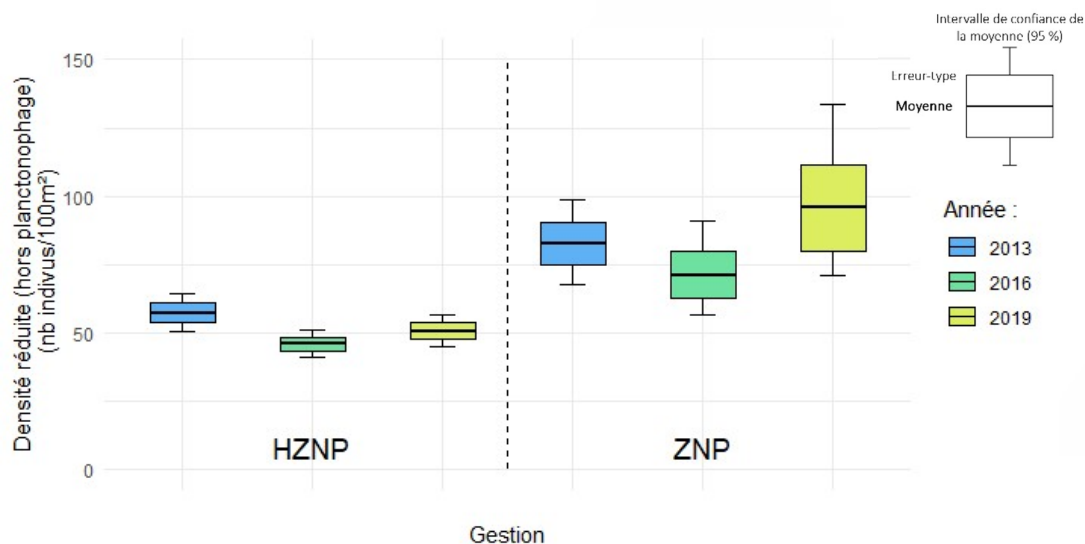


Figure 21 : Densité réduite moyenne de poissons dans les transects selon les modes de gestion en 2013, 2016 et 2019

Le cumul des abondances de poissons hors planctonophages fait apparaitre une progression en 2019 dans les ZNP par rapport à T0 et T0+3 (Figure 22).

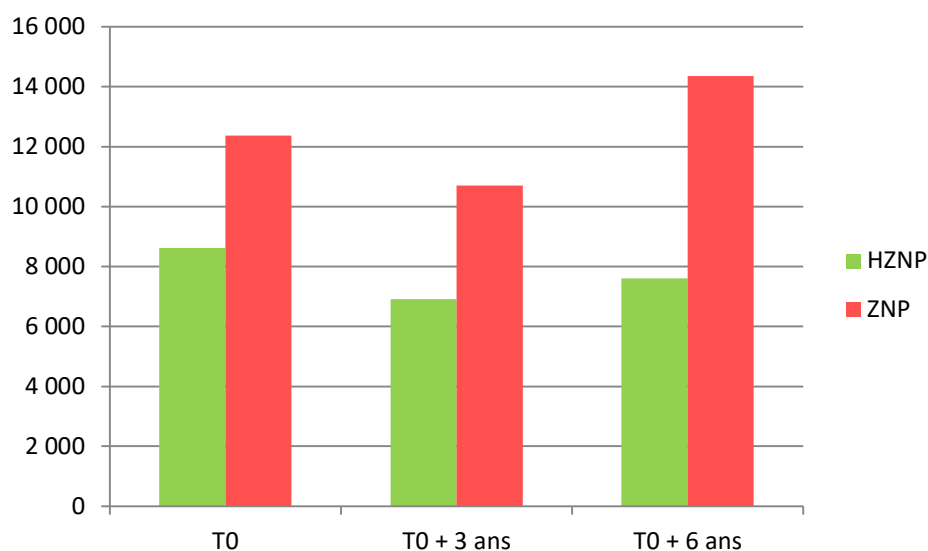


Figure 22. Effectifs cumulés (nb de poissons) selon le mode de gestion des poissons (hors espèces planctonophages) recensés dans le PNCaI à T0, T0+3 et T0+6 (ZNP : zones de non-prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

4.2.2 Biomasses réduites

La moitié des stations présente une biomasse de poissons hors planctonophages en augmentation par rapport à 2016 (12 stations sur 24). Hors ZNP, les stations S01-Tiboulén de Frioul, S06-Fromages, S18-Calanque de l'Oule, S19-En Vau, S24-Ile Verte-Roustaud voient leur biomasse diminuer. Dans les ZNP, la station S11-Planier reste étonnamment faible en biomasse dans le suivi. Les stations S04-Veyron et S14-Grand Conglue ont diminué par rapport à 2016 (Figure 23). En revanche, les stations S09-Moyades, S12-Cortiou, S17-Devenson et S20-pointe Cacao présentent une belle progression depuis le début du suivi.

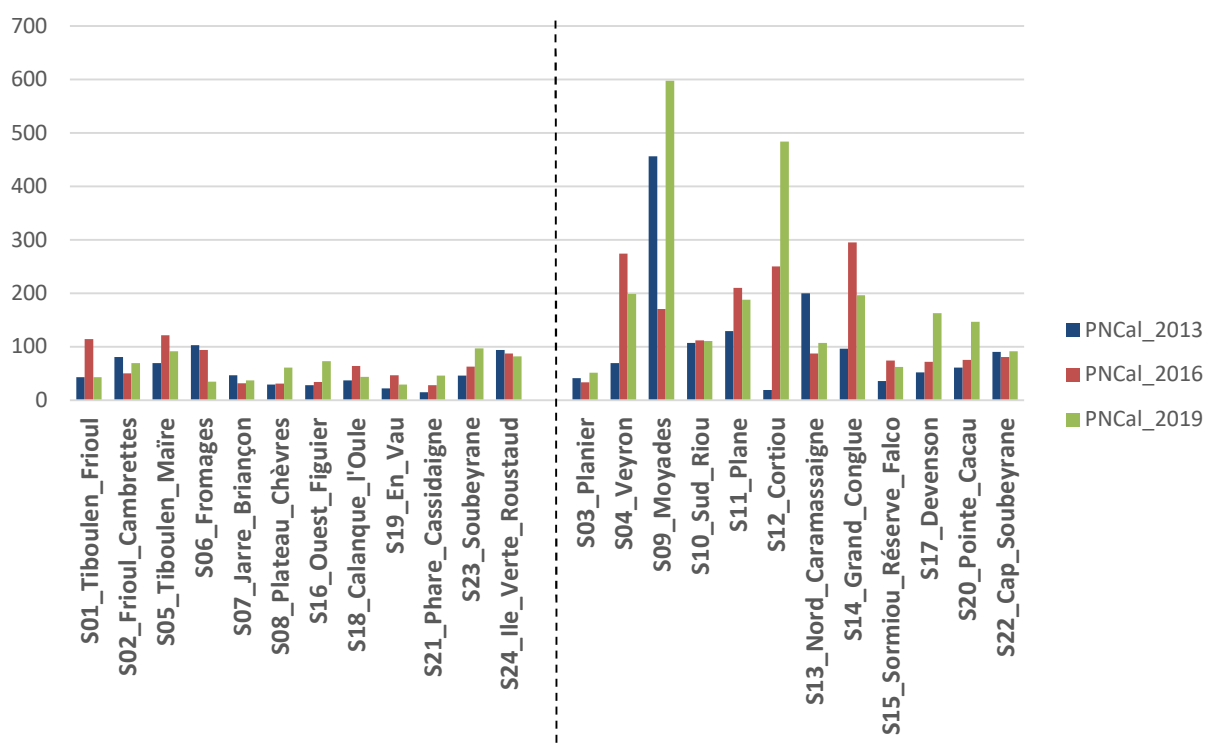


Figure 23 : Biomasses cumulées (kg) par station des poissons (planctonophages non pris en compte) recensés dans le PNCaI à T0, T0+3 et T0+6 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Les espèces contribuant majoritairement à la biomasse réduite de poissons échantillonnés par comptages visuels sont les saupes, les sars et le mérrou brun (Figure 24) ; ensuite, par ordre décroissant d'importance : la dorade *Sparus aurata*, le sar commun *Diplodus sargus* et le sar à museau pointu *D. puntazzo*.

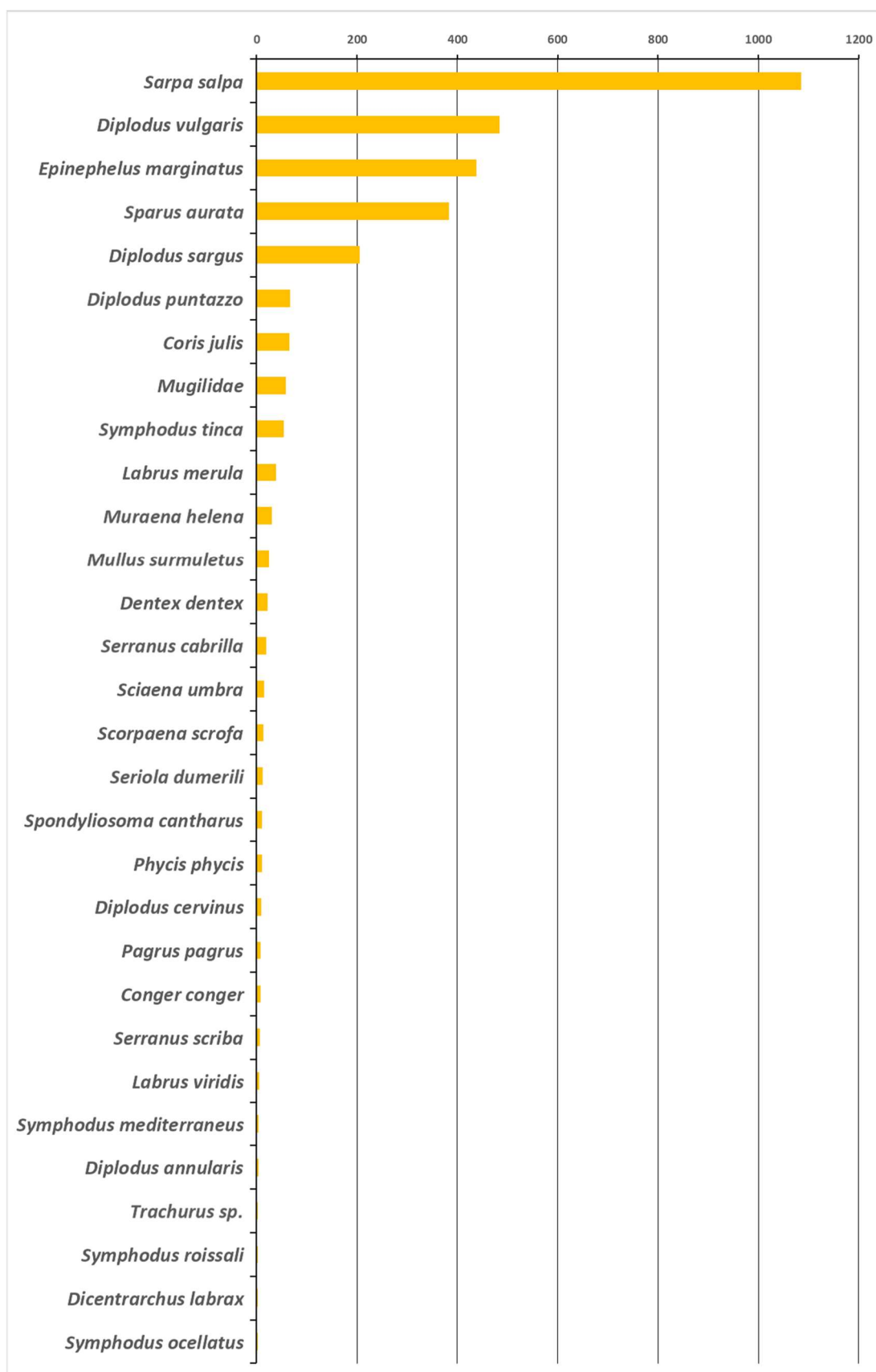


Figure 24 : Espèces dominant le peuplement de poissons des Calanques en biomasse (total kg, hors espèces planctonophages). Biomasse cumulée par espèce dans les recensements par comptages visuels dans le PNCal à T0+6 (comptages par transects, 5-25 m, 24 stations).

Globalement la biomasse réduite a augmenté depuis 6 ans dans les ZNP alors qu'en dehors elle a légèrement diminué par rapport à 2016 (Figure 25). Cette évolution suit la même tendance que celle des données de densité réduites vues dans le paragraphe précédent.

La biomasse réduite est significativement plus élevée en ZNP que hors ZNP ($p < 0.001$).

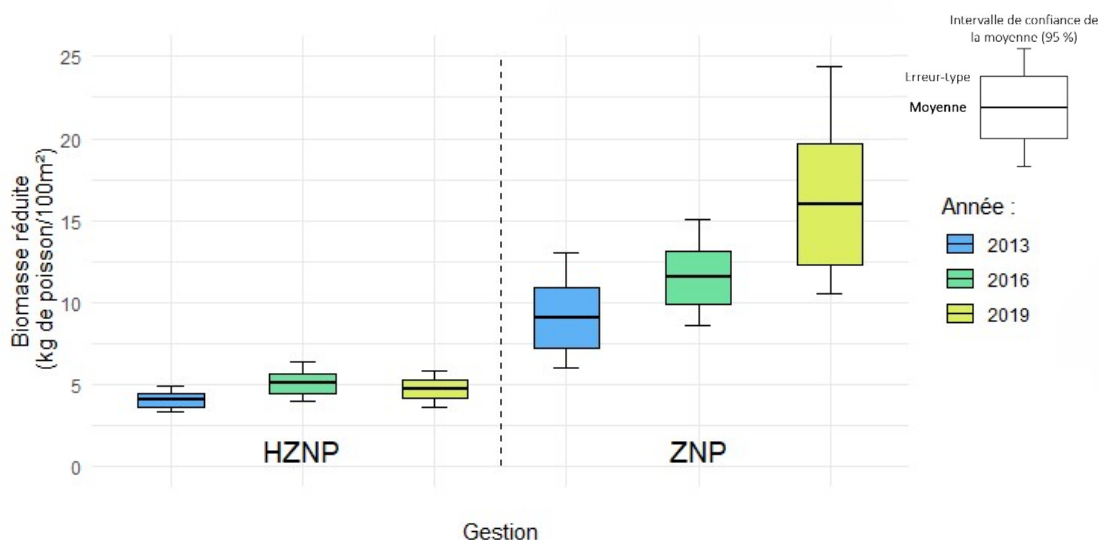


Figure 25 : Biomasse réduite moyenne de poissons (kg/transect) selon les modes de gestion en 2013, 2016 et 2019.

Les valeurs des densités et des biomasses moyennes réduites par station sont reportées en annexe pour les trois campagnes de 2013, 2016 et 2019 par transect et pour 100 m² (

Annexe 3 et Annexe 4).

La somme des biomasses de poissons hors planctonophages augmente dans les ZNP, mais pas hors ZNP (Figure 26).

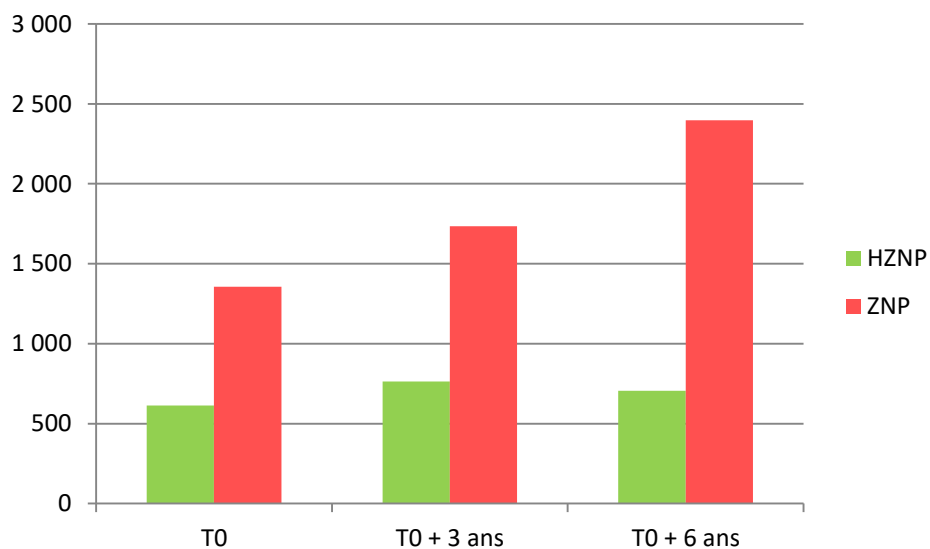


Figure 26. Biomasses cumulées (kg) selon le mode de gestion des poissons (hors espèces planctonophages) recensés dans le PNCal à T0, T0+3 et T0+6 (ZNP : zones de non-prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

4.3 Peuplement de poissons téléostéens superficiel (0-5 m de profondeur)

4.3.1 Liste et occurrence des espèces

La liste des taxons observés lors des comptages en plongée libre (PMT) entre 0 et 5 m de profondeur au niveau des 12 stations, leur occurrence, la richesse spécifique moyenne par station, son écart-type et son coefficient de variation (Cv) sont présentés dans le Tableau 16.

Au total, 35 taxons ont été observés lors de la campagne de 2019, 6 ans après l'état zéro, contre 36 taxons en 2013 et en 2016.

Les espèces suivantes ont été rencontrées sur toutes les stations : *Chromis chromis*, *Coris julis*, *Diplodus puntazzo*, *D. sargus*, *Labrus merula*, *Oblada melanura*, *Sarpa salpa*, *Symphodus roissali* et *S. tinca*.

D'autres espèces comme *Diplodus vulgaris*, *Thalassoma pavo*, les muges (mugilidae), l'athérine (*Atherina* sp.) et *Symphodus ocellatus* ou encore le loup *Dicentrarchus labrax* sont fréquemment observées.

La richesse spécifique totale, en 2019, est relativement homogène entre les stations, elle varie entre 18 et 23 espèces observées par station. La valeur la plus faible s'observe au niveau de P08-Pierres tombées (18 espèces) alors que la plus élevée s'observe dans la station P07-Plane Sud (23 espèces).

Quant à la richesse spécifique moyenne, elle varie entre 7.8 espèces par comptage (P01-Frioul) et 12.5 espèces par comptage (P06-Sablières, en ZNP).

Une nette différence est observée entre la RS au sein des stations hors ZNP (HZNP) et en ZNP (8.5 vs 10.5 espèces par comptage en moyenne). Les coefficients de variation sont relativement faibles, sans différences notables entre les stations HZNP et en ZNP.

Tableau 16: Liste et occurrence par réplikat des espèces observées entre 0 et 5 m (PMT) dans le Parc national des Calanques en 2019. * stations en ZNP.

Taxons	ZNP					HZNP							Occurrence totale	Occurrence HZNP	Occurrence ZNP
	*P03 Planier	*P06 Sablière	*P07 Plane Sud	*P09 Devenson	*P10 Cap Soubeyrane	P01 Frioul	P02 Château If	P04 Samena	P05 Marseilleveyre	P08 Pierres tombées	P11 Soubeyrane	P12 Mugel Negue Foume			
<i>Apogon imberbis</i>	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	2	3	0
<i>Atherina</i> sp.	80	100	0	30	0	10	60	30	10	30	0	10	30	21	42
<i>Belone belone</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1	1	0
<i>Boops boops</i>	10	0	10	10	10	0	0	0	10	0	0	0	4	1	8
<i>Chromis chromis</i>	20	20	70	70	30	90	60	50	40	60	30	100	53	61	42
<i>Coris julis</i>	100	90	100	100	90	60	100	40	100	90	100	100	89	84	96
<i>Dentex dentex</i>	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
<i>Dicentrarchus labrax</i>	10	30	10	10	20	0	10	0	10	0	10	0	9	4	16
<i>Diplodus annularis</i>	10	0	10	20	30	20	10	30	10	10	0	10	13	13	14
<i>Diplodus puntazzo</i>	50	80	100	50	90	20	10	30	40	70	40	10	49	31	74
<i>Diplodus sargus</i>	80	100	100	90	100	70	50	100	100	80	100	30	83	76	94
<i>Diplodus vulgaris</i>	90	100	90	50	100	90	100	100	100	60	60	0	78	73	86
<i>Engraulis encrasicolus</i>	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	3	1	4
<i>Labrus merula</i>	60	40	100	40	20	10	20	20	50	10	20	10	33	20	52
<i>Labrus viridis</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
Mugilidae	10	70	0	40	60	10	70	20	40	80	50	0	38	39	36
<i>Mullus surmuletus</i>	10	0	10	0	30	0	10	10	20	20	10	0	10	10	10
<i>Oblada melanura</i>	10	80	70	70	100	90	20	80	80	100	80	30	68	69	66
<i>Pagellus</i> sp.	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Pagrus pagrus</i>	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	1	1	0
<i>Sarpa salpa</i>	100	100	40	50	100	60	70	90	70	80	80	20	72	67	78
<i>Serranus cabrilla</i>	20	0	20	10	0	0	0	0	20	10	0	80	13	16	10
<i>Serranus scriba</i>	0	20	30	0	0	0	10	10	0	10	10	10	8	7	10
<i>Sparus aurata</i>	0	50	30	0	10	0	10	0	0	0	0	0	8	1	18
<i>Spicara smaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1	1	0
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	2	1	2
<i>Symphodus doderleini</i>	10	0	40	0	0	20	20	0	0	0	0	0	8	6	10
<i>Symphodus mediterraneus</i>	10	20	10	0	10	0	20	20	0	0	10	0	8	7	10
<i>Symphodus melanocercus</i>	20	0	20	10	20	0	20	0	0	0	30	0	10	7	14
<i>Symphodus melops</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	1	1	0
<i>Symphodus ocellatus</i>	70	60	10	0	40	50	40	10	30	20	50	50	36	36	36
<i>Symphodus roissali</i>	60	70	80	60	50	60	40	60	100	60	90	60	66	67	64
<i>Symphodus rostratus</i>	0	20	10	0	0	0	0	0	0	0	20	0	4	3	6
<i>Symphodus tinca</i>	50	100	70	40	90	60	90	50	90	70	100	40	71	71	70
<i>Thalassoma pavo</i>	60	80	60	90	80	20	0	40	40	60	80	60	56	43	74
Nb réplcats	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	120	70	50
RS totale	22	21	23	19	22	19	22	19	20	18	19	18	35	33	29
RS moyenne par comptage	9.4	12.5	10.9	8.5	11.0	7.8	8.4	8.0	9.7	9.2	9.7	6.5	9.3	8.5	10.5
Ecart type	2.0	1.8	2.9	2.4	2.5	2.4	1.3	1.7	1.1	2.4	1.4	2.7	2.6	2.2	2.6
Cv	21%	15%	26%	28%	23%	31%	15%	21%	11%	27%	15%	42%	28%	26%	25%
RS max par comptage	12	16	16	12	15	12	10	11	12	14	12	11	16	14	16

4.3.2 Richesse spécifique

Il y a une nette différence entre la RS au sein des stations hors ZNP (HZNP) et en ZNP (8.5 vs 10.5 espèces par comptage en moyenne ; $p < 0.05$). Les coefficients de variation sont relativement faibles, sans différences notables entre les stations HZNP et en ZNP. Depuis 2013, la RS moyenne est relativement stable à l'échelle du PNCaI (différence non significative). Cependant, si l'on considère uniquement les stations en ZNP, la RS moyenne a été multipliée par 1.3 (Tableau 17, Figure 27).

Tableau 17 : Evolution de la richesse taxonomique moyenne de poissons téléostéens (par comptage de 3 minutes en PMT) observée dans le Parc national des Calanques, depuis le début du suivi.

Nbre de taxons moyen/comptage 3 min	2013	2016	2019	Evolution (2013-2019)
Zone d'étude PNCaI	8,4 ± 2,1	8,5 ± 2,2	9,3 ± 2,6	x 1,1
HZNP	8,5 ± 2,3	8,3 ± 1,8	8,5 ± 2,2	x 1
ZNP	8,2 ± 1,9	8,9 ± 2,6	10,5 ± 2,6	x 1,3

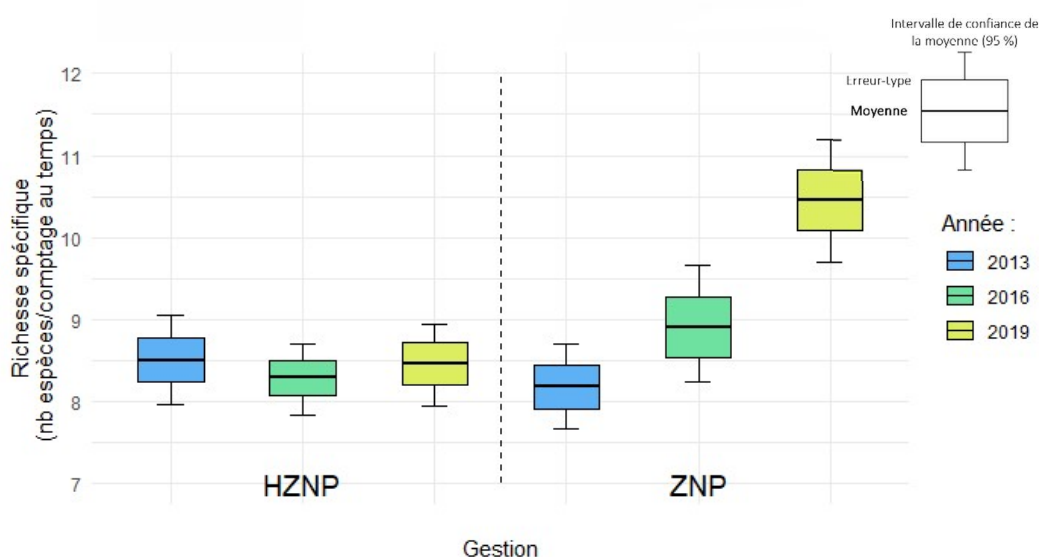


Figure 27. Richesse spécifique moyenne de poissons téléostéens pour chaque année de suivi (2013, 2016 et 2019) HZNP et ZNP. Le boxplot représente la moyenne (le trait vertical), l'erreur type (boîte) et l'intervalle de confiance à 95% (barres d'erreur).

4.3.3 Densités

Tout comme la RS moyenne, la densité moyenne de poissons téléostéens observée par comptage est relativement stable de 2013 à 2019. Si l'on distingue les stations HZNP et en ZNP, les variations sont très marquées dans le temps. Hors ZNP, la densité moyenne passe de 220 à 143 individus par comptage, soit une baisse d'environ 40% de la densité dans les petits fonds. En ZNP, à l'inverse, elle a été multipliée par 2.2, passant de 91 à 201 individus par comptage en moyenne (Tableau 18).

Tableau 18. Evolution de la densité moyenne de poissons téléostéens (par comptage de 3 minutes en PMT) observée dans le Parc national des Calanques, depuis le début du suivi.

Nbre moyen/comptage 3 min	2013	2016	2019	Evolution (2013-2019)
Zone d'étude PNCal	167 ± 185	139 ± 151	167 ± 151	x 1.0
HZNP	220 ± 224	115 ± 113	143 ± 119	x 0.6
ZNP	91 ± 49	173 ± 189	201 ± 184	x 2.2

Alors qu'il n'y a pas de différences significatives de la densité moyenne entre les années (toutes stations confondues, $p > 0.05$), l'évolution est différente en ZNP, avec une nette augmentation de 2013 à 2019 ($p < 0.001$), alors que hors ZNP, la densité a nettement chuté en 2016 pour ensuite se maintenir à un niveau équivalent (Figure 28).

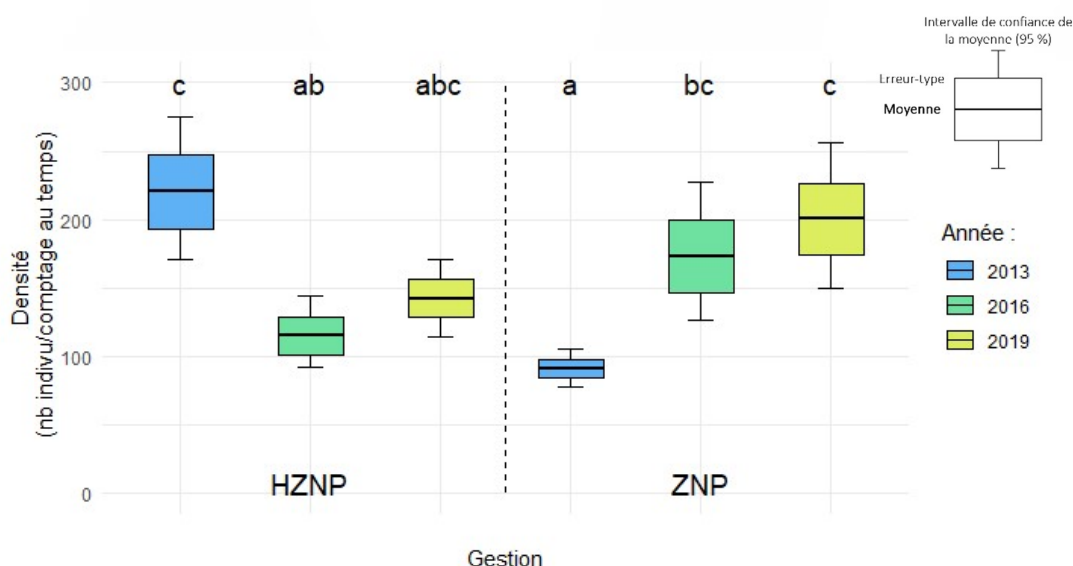


Figure 28. Densité moyenne de poissons dans les comptages de 3 min en PMT dans le PNCal en 2013, 2016 et en 2019 selon le mode de gestion (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP). Le boxplot représente la moyenne (le trait vertical), l'erreur type (boîte) et l'intervalle de confiance à 95% (barres d'erreur).

La densité moyenne varie également nettement en fonction des stations. Ces variations peuvent s'expliquer en partie par l'abondance de certaines espèces planctonophages grégaires et abondantes (oblades, athérines, castagnoles, etc.). Selon le graphique de la Figure 29, les stations situées HZNP montrent pour la majorité une tendance à la diminution de la densité moyenne (P01-Frioul, P04-Samena, P08-Pierres tombées, P11-Soubeyrane, P12-Mugel). D'autres ne montrent pas de réelles tendances (P02-Château d'If et P05-Marseilleveyre) (Figure 29). Ces observations sont bien sûr conditionnées par la composition du peuplement. Par exemple, la relative stabilité de la densité du peuplement de la station P02-Château d'If correspond en fait à une évolution de sa composition, la baisse de l'abondance de la plupart des espèces (*Diplodus vulgaris*, *Chromis chromis*, *Oblada melanura*, *Sarpa salpa*, etc.) de 2013 à 2019, est masquée par l'augmentation de l'abondance d'*Atherina* sp.

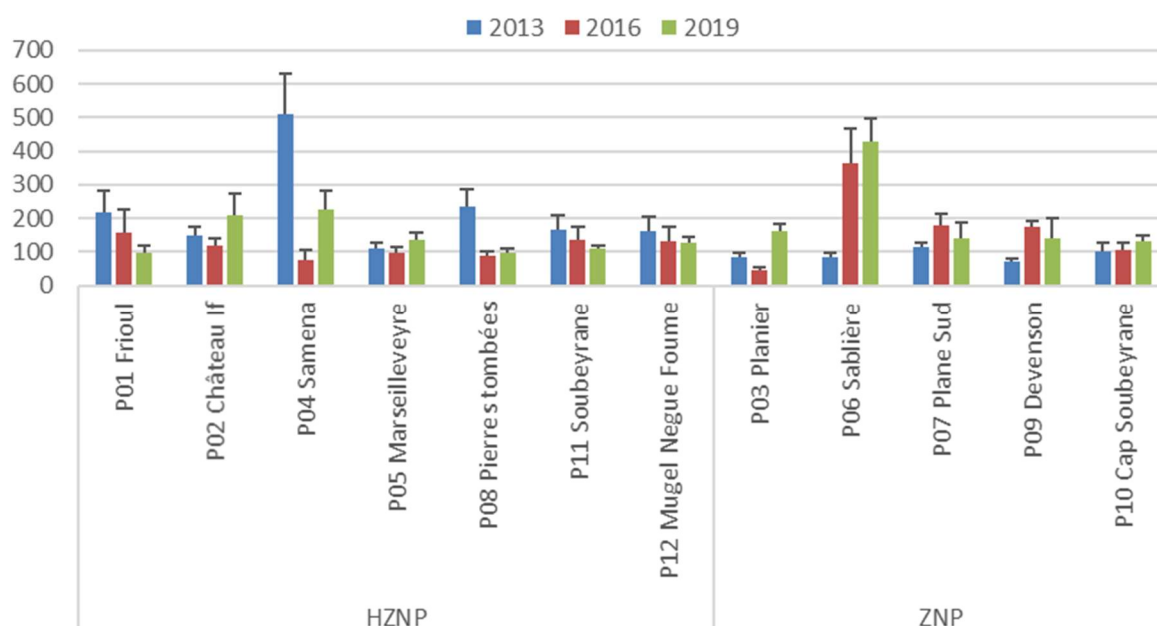


Figure 29. Densité moyenne de poissons par comptage de 3 min entre 0 et 5 m selon les stations dans le PNCal en 2013, 2016 et 2019. Les stations hors ZNP et dans les ZNP sont regroupées (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Si l'on considère la densité moyenne réduite, c'est-à-dire sans les espèces planctonophages, la tendance à l'augmentation est toujours nette sur les 5 stations en ZNP. Hors ZNP, de fortes densités (réduites), du même ordre de grandeur qu'en ZNP, s'observent à P05-Marseilleveyre et P11-Soubeyrane. Hors ZNP, l'évolution est stable, sans réelle tendance marquée, au niveau des stations P01-Frioul, P02-Château d'If, P04-Samena et P12-Mugel (Figure 30).

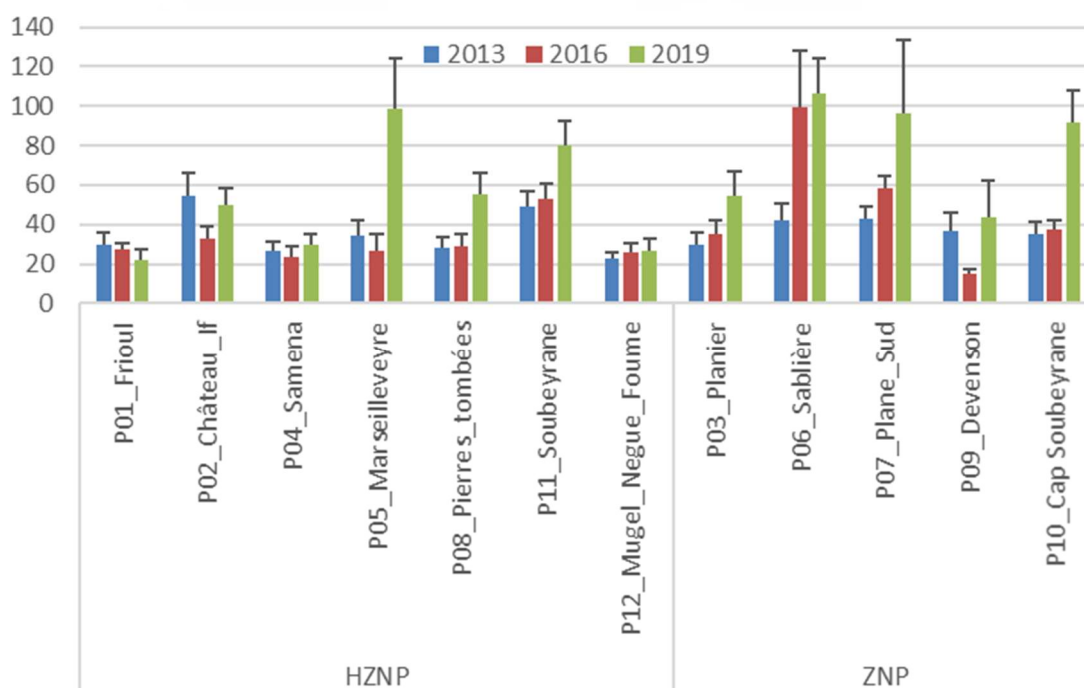


Figure 30. Densité moyenne réduite (hors espèces planctonophages) de poissons par comptage de 3 min entre 0 et 5 m selon les stations dans le PNCal en 2013, 2016 et 2019. Les stations hors ZNP et dans les ZNP sont regroupées (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

La densité moyenne réduite a significativement augmenté de 2013 à 2019 ($p < 0.01$). Elle est également significativement plus élevée en ZNP qu'hors ZNP ($p < 0.01$) (Figure 31).

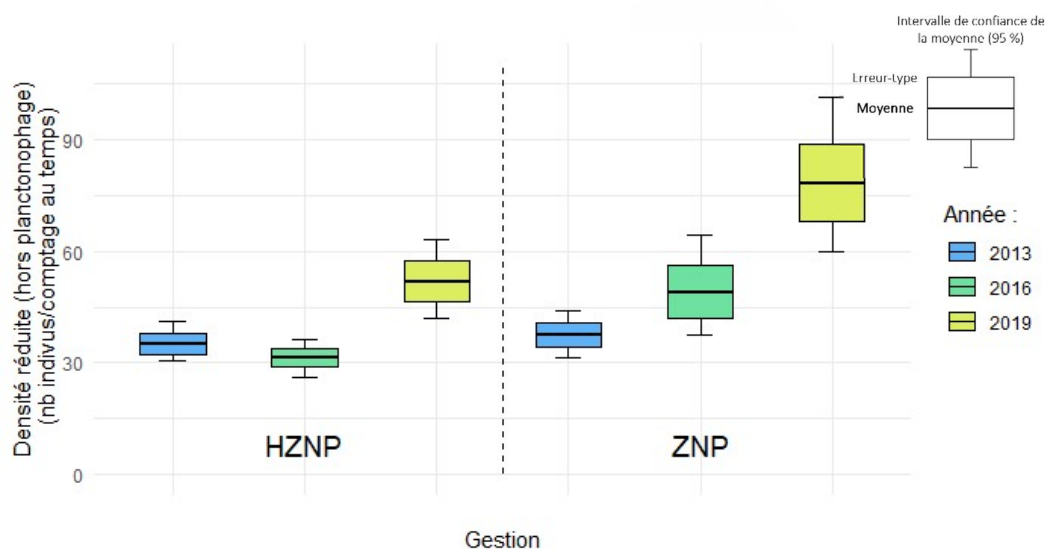


Figure 31. Densité moyenne réduite de poissons dans les comptages de 3 min en PMT dans le PNCaI en 2013, 2016 et en 2019 selon le mode de gestion (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP). Le boxplot représente la moyenne (le trait vertical), l'erreur type (boîte) et l'intervalle de confiance à 95% (barres d'erreur).

Les assemblages de poissons sont dominés, en abondance, par des espèces planctonophages, *Atherina* sp. en ZNP et *Chromis chromis* HZNP. En ZNP, la première espèce en densité après *Atherina* sp. est la saupe *Sarpa salpa*. La Figure 32 met en évidence la prépondérance des espèces de poissons planctonophages dans les petits fonds (0-5 m). Cependant, des différences s'observent entre ZNP et HZNP. En ZNP, l'abondance du sar à tête noire *Diplodus vulgaris* dans les petits fonds est environ 4 fois plus grande qu'hors ZNP, le loup *Dicentrarchus labrax*, peu abondant, est néanmoins 8 fois plus présent en ZNP qu'hors ZNP, etc.

D'autres espèces présentent des abondances du même ordre de grandeur en ZNP ou hors ZNP : la girelle *Coris julis*, le crénilabre *Symphodus tinca*, les muges, etc. Cela démontre le prélèvement qui peut s'effectuer hors ZNP à même profondeur.

La girelle paon *Thalassoma pavo*, omniprésente dans le PNCaI, est environ deux fois plus abondante en ZNP.

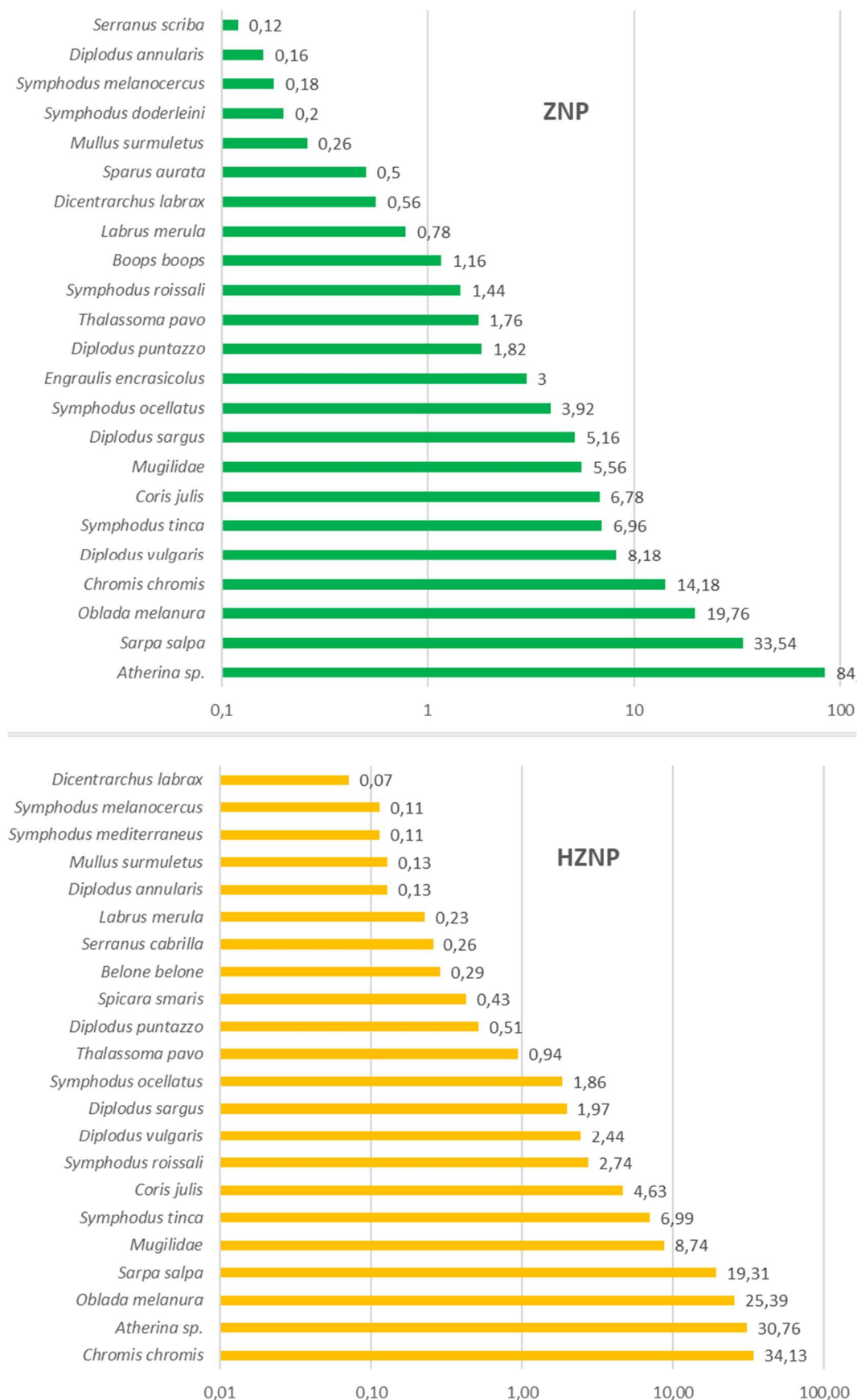


Figure 32. Abondance moyenne (par comptage) des principaux taxons présents dans les comptages en plongée libre (0-5 m), dans (ZNP) et hors zones de non-prélèvement (HZNP).

4.3.4 Biomasse

La biomasse totale de poissons téléostéens observée a été multipliée par 3.1 entre le suivi de 2013 et celui de 2019, passant de 2.83 à 8.71 kg de poissons par comptage. Hors ZNP (HZNP), malgré l'absence de protection, la biomasse est néanmoins 2.2 fois plus grande. En ZNP, l'augmentation est la plus marquée avec 3.6 fois plus de poissons en biomasse en 2019, soit 15.31 kg par comptage (Tableau 19).

Tableau 19. Evolution de la biomasse moyenne de poissons téléostéens (kg par comptage de 3 minutes en PMT) observée dans le Parc national des Calanques, depuis le début du suivi.

Biomasse moyenne (kg/comptage 3 min)	2013	2016	2019	Evolution (2013-2019)
Zone d'étude PNCal	2.83 ± 4.58	5.84 ± 17.38	8.71 ± 18.84	x 3.1
HZNP	1.86 ± 3.91	2.07 ± 2.47	4.00 ± 12.02	x 2.2
ZNP	4.20 ± 5.11	11.10 ± 26.02	15.31 ± 24.14	x 3.6

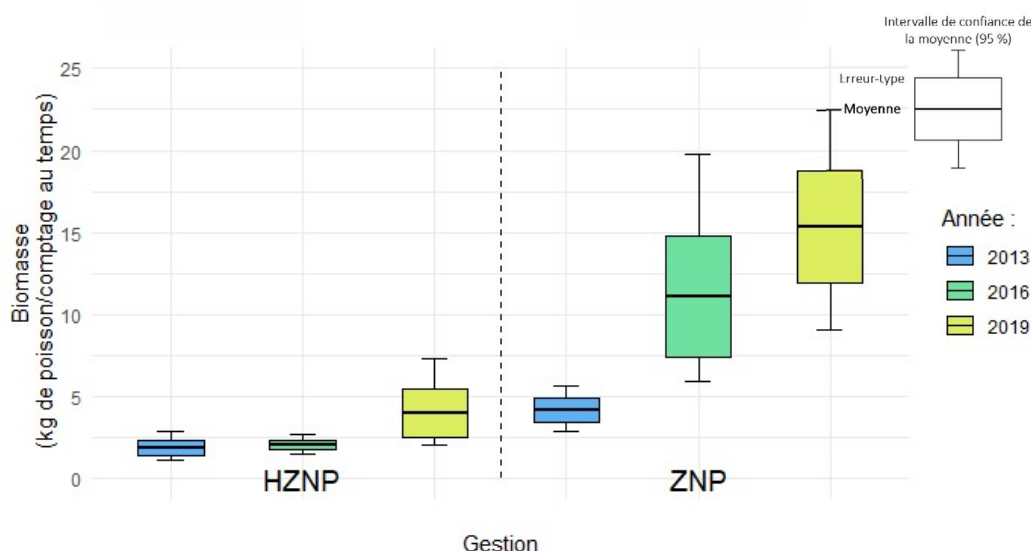


Figure 33. Biomasse moyenne de poissons dans les comptages de 3 min en PMT dans le PNCal en 2013, 2016 et en 2019 selon le mode de gestion (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP). Le boxplot représente la moyenne (le trait vertical), l'erreur type (boîte) et l'intervalle de confiance à 95% (barres d'erreur).

Alors que la biomasse réduite n'a pas augmenté significativement de 2013 à 2016 (toutes stations confondues), elle est plus élevée en 2019 ($p < 0.05$). Là aussi, la différence entre ZNP et HZNP est nettement plus marquée ($p < 0.001$), en faveur des stations en ZNP.

En considérant la biomasse à l'échelle de la station, les évolutions positives sont également très marquées pour les stations en ZNP (Figure 34). En 2019, la biomasse moyenne est près de 4 fois plus grande en ZNP qu'hors ZNP. Hors ZNP, les biomasses moyennes sont plus faibles, l'évolution positive ne s'observe que sur certaines stations (e.g. P05 – Marseilleveyre).

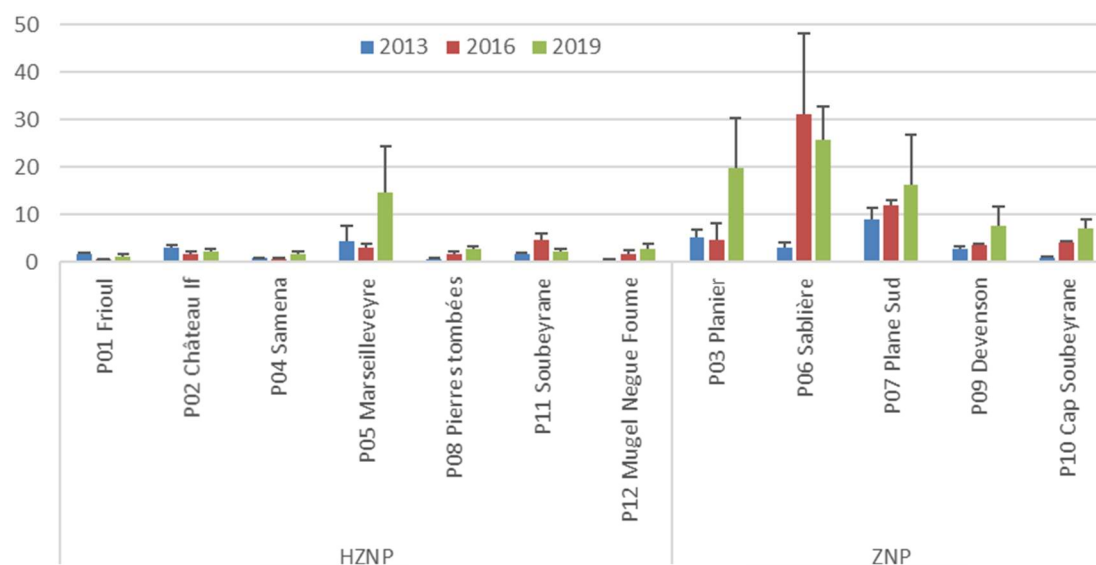


Figure 34. Biomasse moyenne en kg de poisson par comptage de 3 min entre 0 et 5 m selon les stations dans le PNCaI. Les stations hors ZNP et dans les ZNP sont regroupées (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP). (barres d'erreur type).

Si l'on considère uniquement la biomasse réduite, c'est à dire sans les espèces planctonophages, le constat est très similaire (Figure 35). En effet, malgré leur abondance, les espèces planctonophages sont des espèces de petite taille, souvent observées au stade juvénile, elles contribuent donc peu à la biomasse totale.

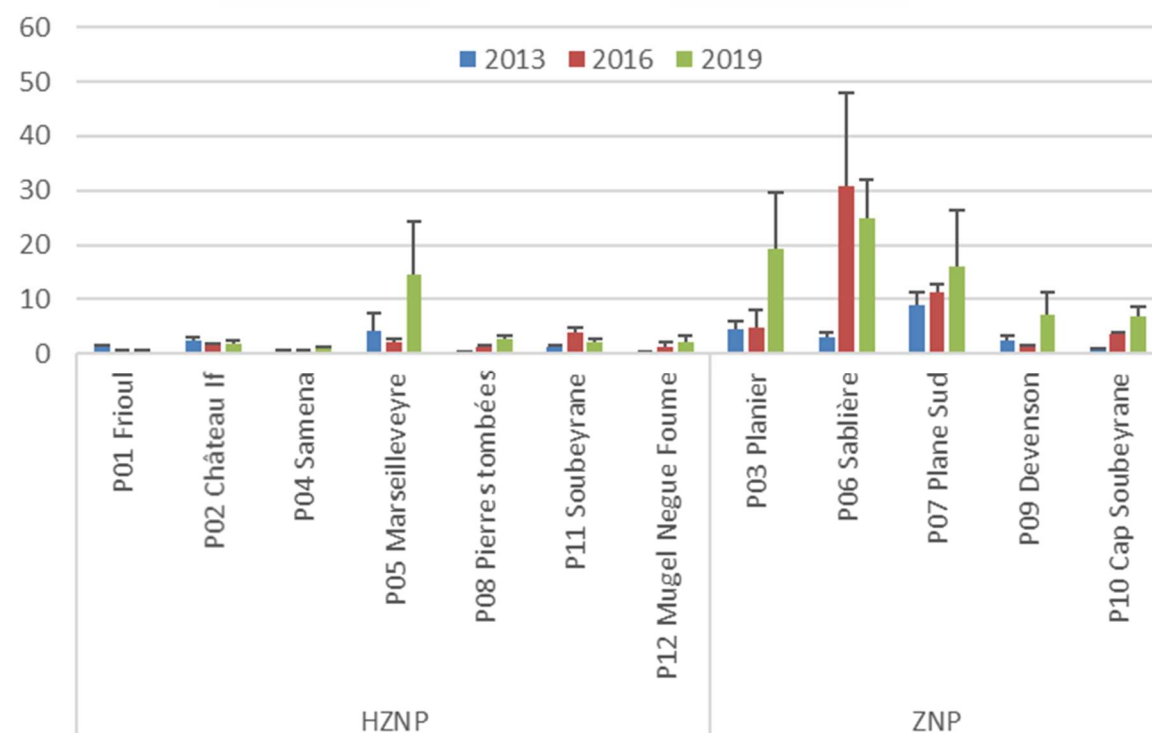


Figure 35. Biomasse moyenne réduite (hors espèces planctonophages) en kg de poissons (barres d'erreur type) par comptage de 3 min entre 0 et 5 m selon les stations dans le PNCaI. Les stations hors ZNP et dans les ZNP sont regroupées (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Qu'il s'agisse des stations en ZNP ou hors ZNP, l'espèce la plus abondante en biomasse, et de loin, est la saupe *Sarpa salpa*, avec cependant une biomasse près de 4 fois plus grande en ZNP. Les sars et le loup ont une

biomasse bien plus importante en ZNP qu'hors ZNP, parfois plus de 10 fois supérieure (e.g. *Diplodus vulgaris*, *Dicentrarchus labrax*) (Figure 36).

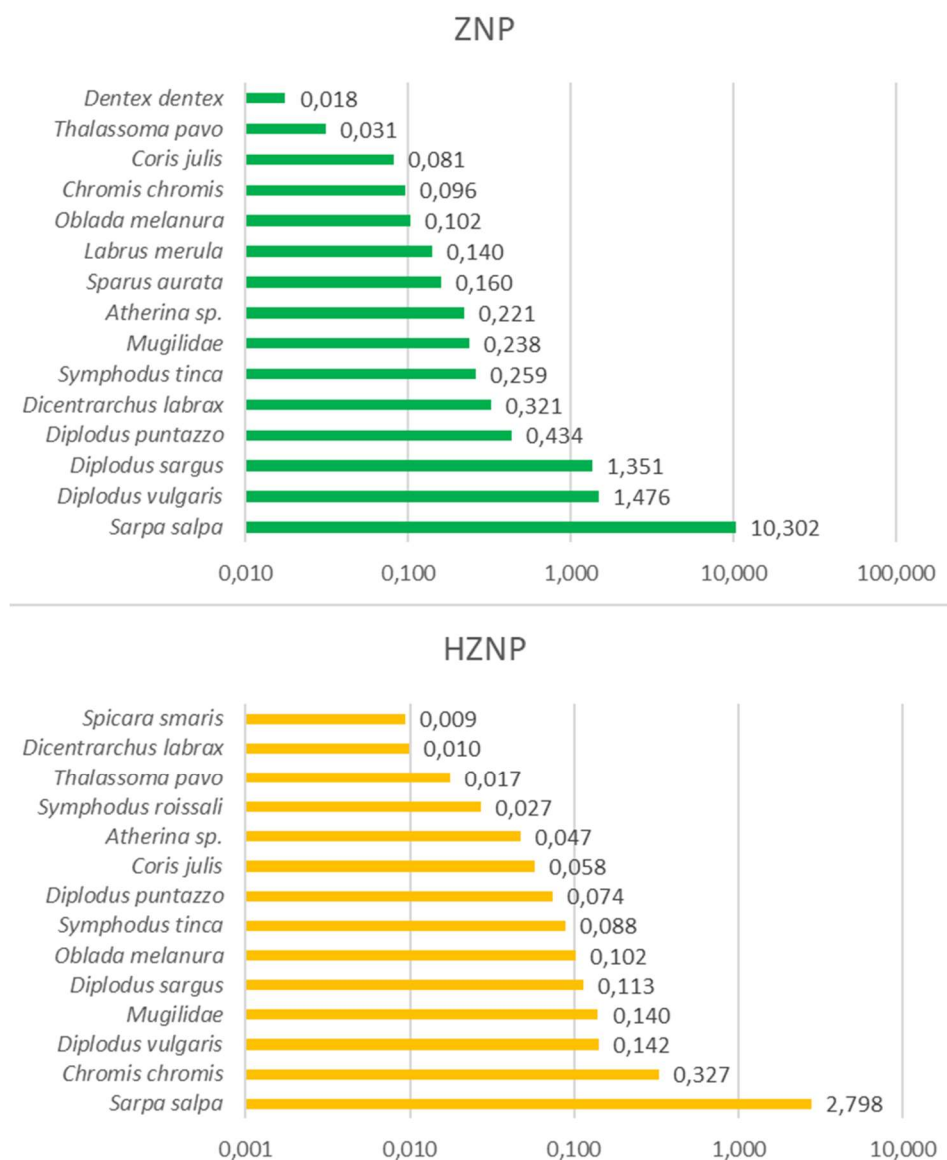


Figure 36. Biomasse moyenne (kg par comptage) des principaux taxons présents dans les comptages en plongée libre (0-5 m), dans (ZNP) et hors Zones de non-prélèvement (HZNP).

La biomasse réduite, très proche de la biomasse totale (faible influence en biomasse des planctonophages), présente les mêmes résultats que la biomasse totale, c'est-à-dire une différence très hautement significative entre les stations en ZNP, où la moyenne est plus élevée, et celles hors ZNP (Figure 37).

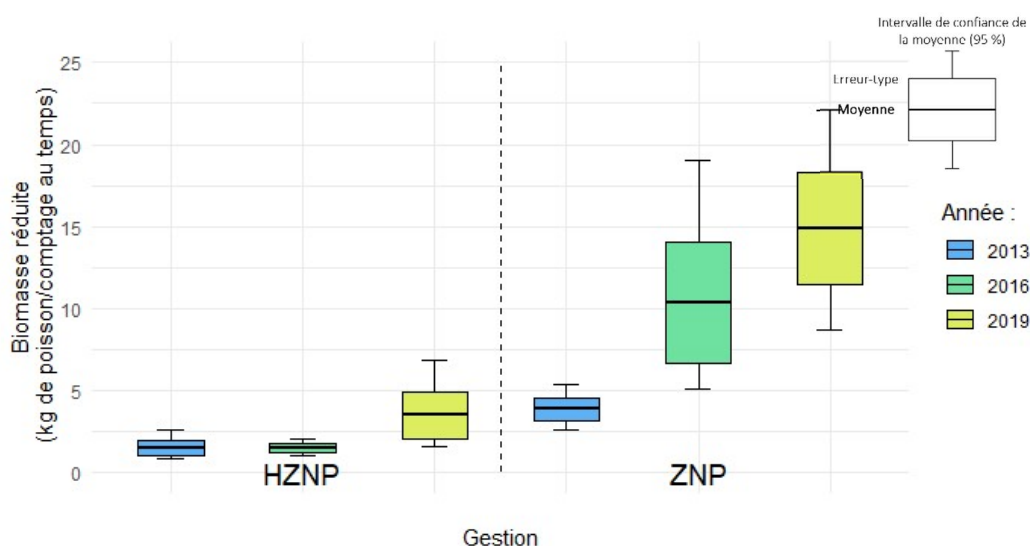


Figure 37. Biomasse moyenne réduite de poissons dans les comptages de 3 min en PMT dans le PNCaI en 2013, 2016 et en 2019 selon le mode de gestion (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP). Le boxplot représente la moyenne (le trait vertical), l'erreur type (boîte) et l'intervalle de confiance à 95% (barres d'erreur).

4.4 Espèces de poissons cibles de la pêche

Les résultats présentés dans ce paragraphe sont issus des analyses des comptages par transects (TRA) et des comptages sur parcours aléatoire au temps (TPS). Dans les parcours au temps, les espèces cibles rencontrées sont notées en fonction de leur taille (2 catégories : 'petit/moyen' ou 'grand') dont les limites ont été définies à partir de référentiels sur les espèces (Bauchot et Pras, 1980 ; Ecocen, Fishbase).

4.4.1 Nombre d'espèces cibles par station entre 5 et 25 m de profondeur (TPS)

L'évolution du nombre d'espèces-cibles sur les parcours de 3 min entre 2013 et 2019 est présentée dans la Figure 38. Le résultat des parcours au temps montre que la richesse spécifique moyenne a diminué sur la majorité des sites entre 2016 et 2019. Elle n'a augmenté que sur 6 sites dont 5 en ZNP, S08-Plateau des Chèvres (HZNP), S10-Sud Riou (ZNP), S13-Nord Caramassaigne (ZNP), S14-Grand Conglue (ZNP), S15-Sormiou-Réserve Falco (ZNP) et S17-Devenson (ZNP).

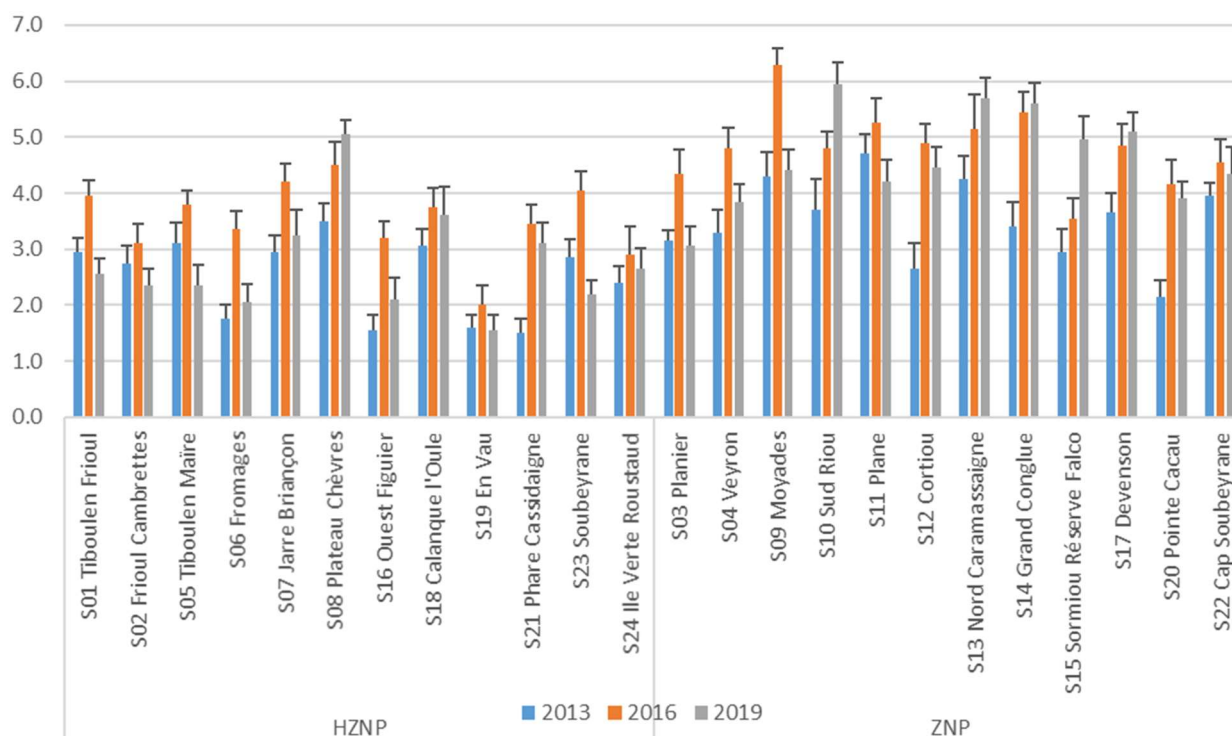


Figure 38. Richesse spécifique moyenne de la catégorie 'grand' : nombre moyen d'espèces cibles rencontrées par parcours de 3 min (TPS) au sein des stations étudiées entre 2013, 2016 et 2019 dans le PNCal (liste de 24 espèces) ; (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

4.4.2 Occurrence des espèces cibles par station entre 5 et 25 m de profondeur (TPS)

L'occurrence de 2 catégories de taille : 'petits-moyens' et 'grands' individus appartenant aux 27 espèces rencontrées à chaque station, a été calculée pour chaque station.

Afin de voir quelles sont les stations qui 'répondent' le mieux à 'l'effet réserve', les fréquences d'occurrence par station et par espèces ont été reportées dans les tableaux suivants : Tableau 20 ('grands') et Tableau 21 ('petits-moyens').

- **Les 'grands'**

Globalement peu d'espèces ont des fréquences d'individus de grande taille élevées (comprises entre 50% et 75% d'occurrence) à l'échelle des transects (Tableau 20). Il s'agit de *Symphodus tinca*, *Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *D. puntazzo* et *Serranus cabrilla*. *Serranus cabrilla* possède une occurrence d'observation beaucoup plus élevée en ZNP.

Les occurrences de 'grands' sont très élevées pour les espèces *D. sargus* et *D. vulgaris*, qui peuvent être considérées comme permanentes (occurrence > 75%) sur tout le territoire des Calanques. Les autres espèces peuvent être considérées comme occasionnelles (présentes dans 25% à 50% des transects) ou rares (occurrence < 25%) dans l'ensemble des stations.

Sur les 24 espèces listées, aucune 'grande' sérieole *Seriola dumerili* n'a été rencontrée, le congre *Conger conger* n'a été rencontré qu'à une seule reprise en 2019.

L'occurrence de mérours bruns *Epinephelus marginatus* de grande taille en ZNP est passée de 9% en 2013 à 13% en 2016 et 18% en 2019. Des corbs de grande taille ont été observés en 2019 à S09 – Moyades.

- **Les 'petits et moyens'**

Le cortège des 'petits-moyens' individus est largement dominé par la girelle *Coris julis*, espèce ubiquiste et abondante (Tableau 21), *Diplodus vulgaris*, *D. sargus*, *Symphodus tinca*, *S. mediterraneus* et *Serranus cabrilla*.

Cinq espèces ont des occurrences d'individus de la catégorie 'petit-moyen' supérieures à 50% des parcours. Les espèces *Coris julis*, *Symphodus tinca*, *D. vulgaris* et *S. cabrilla* sont présentes dans plus d'un parcours sur deux à presque toutes les stations, et *C. julis* et *D. vulgaris* peuvent être considérées comme permanentes. Les occurrences élevées d'individus 'petits et moyens' de *S. tinca*, *S. mediterraneus*, *D. sargus* et *S. cabrilla* sont davantage observées dans les stations hors ZNP. C'est particulièrement net pour *S. mediterraneus* et *S. cabrilla*.

Pour la première fois depuis le début du suivi en 2013, des corbs *Sciaena umbra* ont été observés en 2019. Les occurrences sont beaucoup plus élevées en ZNP puisque hors ZNP, il n'a été observé qu'à une seule occasion à la station S08–Plateau des chèvres. En ZNP, l'espèce a été observée à S09-Moyades, S15-Sormiou Réserve Falco et S22-Cap Soubeyrane.

L'occurrence de mérours bruns *Epinephelus marginatus* de petite-moyenne taille en ZNP est passée de 4% en 2013 à 10% en 2016 et 13% en 2019.

Tableau 20. Occurrences dans les 20 transects aléatoires des individus ‘grands’ des différentes espèces rencontrées à chaque station en 2013, 2016 et 2019.

			<i>Conger conger</i>	<i>Coris julis</i>	<i>Dentex dentex</i>	<i>Dicentrarchus labrax</i>	<i>Diplodus cervinus</i>	<i>Diplodus puntazzo</i>	<i>Diplodus sargus</i>	<i>Diplodus vulgaris</i>	<i>Mullus surmuletus</i>	<i>Muraena helena</i>	<i>Phycis phycis</i>	<i>Scorpaena scrofa</i>	<i>Serranus cabrilla</i>	<i>Serranus scriba</i>	<i>Sparus aurata</i>	<i>Spondylsoma cantharus</i>	<i>Symphodus mediterraneus</i>	<i>Symphodus tinca</i>	<i>Epinephelus marginatus</i>	<i>Labrus merula</i>	<i>Labrus mixtus</i>	<i>Labrus viridis</i>	<i>Sciaena umbra</i>	<i>Lithognathus mormyrus</i>	<i>Pagellus acarne</i>	<i>Pagrus pagrus</i>	<i>Sphyræna viridensis</i>	
Statut	Missions	Stations																												
HZNP	2013	S01 Tiboulén Frioul	0%	5%	10%	0%	5%	5%	90%	80%	10%	0%	0%	0%	10%	0%	5%	0%	10%	60%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S02 Frioul Cambrettes	0%	5%	0%	0%	0%	20%	80%	70%	10%	0%	0%	0%	10%	5%	10%	0%	10%	50%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S05 Tiboulén Maire	0%	0%	5%	0%	0%	15%	85%	75%	15%	0%	5%	0%	10%	5%	0%	0%	25%	65%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S06 Fromages	0%	0%	0%	0%	0%	0%	65%	70%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	5%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S07 Jarre Briançon	0%	0%	0%	0%	0%	30%	90%	80%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	20%	55%	5%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S08 Plateau Chèvres	0%	35%	5%	0%	5%	5%	60%	65%	35%	0%	0%	0%	10%	10%	0%	0%	40%	75%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S16 Ouest Figuier	0%	0%	0%	0%	0%	0%	60%	40%	15%	5%	0%	0%	10%	5%	0%	0%	5%	5%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S18 Calanque l'Oule	0%	0%	0%	0%	0%	10%	75%	90%	25%	10%	0%	0%	10%	5%	5%	0%	30%	45%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S19 En Vau	0%	0%	0%	0%	0%	5%	75%	40%	5%	0%	0%	0%	10%	0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	0%
		S21 Phare Cassidaigne	0%	0%	0%	0%	0%	5%	5%	70%	0%	15%	0%	0%	10%	0%	0%	10%	10%	20%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S23 Soubeyrane	0%	0%	0%	0%	0%	5%	85%	60%	5%	0%	0%	0%	25%	10%	0%	0%	30%	60%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S24 Ile Verte Roustaud	0%	0%	25%	0%	0%	35%	95%	35%	0%	5%	0%	0%	5%	0%	5%	0%	15%	10%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2016	S01 Tiboulén Frioul	0%	10%	25%	0%	5%	40%	85%	75%	20%	0%	0%	0%	5%	20%	0%	10%	25%	70%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S02 Frioul Cambrettes	0%	10%	0%	0%	0%	10%	80%	90%	25%	0%	0%	0%	15%	15%	0%	0%	20%	45%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S05 Tiboulén Maire	0%	10%	5%	0%	0%	50%	100%	90%	15%	0%	0%	0%	20%	0%	0%	0%	20%	60%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S06 Fromages	0%	35%	0%	0%	0%	5%	95%	65%	30%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	15%	55%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S07 Jarre Briançon	0%	20%	5%	0%	0%	30%	80%	80%	35%	0%	0%	0%	35%	0%	25%	0%	35%	75%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S08 Plateau Chèvres	0%	50%	5%	0%	0%	5%	50%	85%	10%	0%	0%	0%	35%	60%	0%	0%	50%	60%	0%	30%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S16 Ouest Figuier	0%	5%	0%	0%	0%	0%	70%	80%	40%	0%	0%	0%	20%	0%	0%	0%	30%	55%	0%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S18 Calanque l'Oule	0%	20%	0%	0%	0%	10%	85%	90%	45%	0%	5%	0%	15%	0%	0%	0%	25%	70%	0%	5%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S19 En Vau	0%	5%	0%	0%	0%	15%	50%	50%	10%	0%	0%	0%	40%	0%	5%	0%	15%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S21 Phare Cassidaigne	0%	5%	0%	0%	5%	65%	30%	75%	15%	15%	0%	0%	20%	0%	20%	25%	20%	35%	10%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S23 Soubeyrane	0%	15%	0%	0%	0%	30%	95%	80%	15%	5%	0%	0%	25%	10%	10%	0%	35%	70%	0%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S24 Ile Verte Roustaud	0%	5%	30%	0%	5%	25%	60%	25%	15%	10%	0%	0%	5%	5%	15%	5%	10%	40%	30%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2019	S01 Tiboulén Frioul	0%	20%	0%	0%	0%	10%	40%	75%	0%	0%	0%	0%	25%	15%	10%	0%	5%	50%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S02 Frioul Cambrettes	0%	15%	0%	0%	0%	15%	60%	55%	0%	0%	0%	0%	5%	10%	5%	0%	0%	70%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S05 Tiboulén Maire	0%	30%	0%	0%	0%	15%	35%	55%	0%	0%	0%	0%	45%	0%	0%	0%	15%	35%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S06 Fromages	0%	0%	0%	0%	0%	5%	60%	60%	15%	0%	0%	0%	10%	5%	5%	0%	5%	35%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S07 Jarre Briançon	0%	30%	0%	0%	0%	15%	75%	65%	5%	0%	0%	0%	20%	5%	0%	0%	25%	65%	10%	5%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S08 Plateau Chèvres	0%	65%	0%	0%	0%	10%	50%	65%	0%	10%	0%	0%	20%	90%	0%	5%	65%	90%	0%	25%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S16 Ouest Figuier	5%	0%	0%	0%	0%	10%	35%	50%	5%	5%	0%	5%	40%	0%	0%	0%	20%	35%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S18 Calanque l'Oule	0%	10%	0%	0%	0%	25%	50%	55%	40%	10%	0%	0%	65%	10%	15%	0%	20%	55%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S19 En Vau	0%	10%	0%	0%	0%	0%	35%	35%	0%	5%	0%	0%	35%	10%	0%	0%	0%	15%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S21 Phare Cassidaigne	0%	0%	10%	0%	0%	30%	25%	70%	0%	40%	5%	0%	15%	5%	15%	0%	15%	50%	20%	5%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S23 Soubeyrane	0%	5%	0%	0%	0%	0%	40%	35%	10%	5%	0%	0%	5%	15%	0%	0%	20%	80%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S24 Ile Verte Roustaud	0%	5%	0%	0%	0%	40%	65%	20%	10%	15%	0%	0%	20%	5%	0%	5%	10%	50%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

			<i>Conger conger</i>	<i>Coris julis</i>	<i>Dentex dentex</i>	<i>Dicentrarchus labrax</i>	<i>Diplodus cervinus</i>	<i>Diplodus puntazzo</i>	<i>Diplodus sargus</i>	<i>Diplodus vulgaris</i>	<i>Mullus surmuletus</i>	<i>Muraena helena</i>	<i>Phycis phycis</i>	<i>Scorpaena scrofa</i>	<i>Serranus cabrilla</i>	<i>Serranus scriba</i>	<i>Sparus aurata</i>	<i>Spodyliosoma cantharus</i>	<i>Symphodus mediterraneus</i>	<i>Symphodus tinca</i>	<i>Epinephelus marginatus</i>	<i>Labrus merula</i>	<i>Labrus mixtus</i>	<i>Labrus viridis</i>	<i>Sciaena umbra</i>	<i>Lithognathus mormyrus</i>	<i>Pagellus acarne</i>	<i>Pagrus pagrus</i>	<i>Sphyaena viridensis</i>	
Statut	Missions	Stations																												
ZNP	2013	S03 Planier	0%	15%	0%	0%	0%	20%	45%	95%	5%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	20%	70%	0%	10%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S04 Veyron	0%	10%	0%	0%	0%	35%	60%	80%	0%	10%	0%	0%	20%	0%	10%	0%	25%	15%	50%	10%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S09 Moyades	0%	5%	10%	0%	0%	40%	80%	50%	20%	5%	5%	0%	65%	20%	20%	0%	30%	70%	0%	5%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S10 Sud Riou	0%	5%	5%	0%	10%	50%	75%	65%	20%	20%	5%	0%	60%	0%	25%	0%	5%	15%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S11 Plane	0%	50%	5%	0%	0%	35%	90%	60%	25%	0%	0%	0%	40%	0%	30%	0%	35%	85%	0%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S12 Cortiou	0%	10%	0%	0%	0%	10%	55%	35%	20%	5%	5%	0%	55%	10%	20%	0%	15%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S13 Nord Caramassaigne	0%	10%	10%	0%	10%	55%	90%	65%	25%	10%	5%	0%	30%	0%	10%	0%	20%	60%	20%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S14 Grand Conglue	0%	10%	30%	0%	25%	40%	85%	70%	5%	0%	0%	0%	25%	0%	15%	5%	0%	0%	25%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S15 Sormiou Réserve Falco	0%	15%	0%	0%	0%	0%	85%	60%	15%	5%	0%	0%	35%	0%	0%	0%	40%	40%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S17 Devenson	0%	15%	0%	0%	0%	15%	95%	80%	0%	0%	0%	0%	30%	15%	0%	0%	45%	55%	0%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S20 Pointe Cacau	0%	0%	0%	0%	0%	15%	70%	70%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	25%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S22 Cap Soubeyrane	0%	10%	0%	0%	0%	15%	70%	90%	10%	0%	0%	0%	30%	25%	0%	0%	55%	85%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2016	S03 Planier	0%	30%	0%	0%	0%	70%	65%	75%	0%	5%	5%	0%	40%	0%	0%	0%	20%	65%	0%	50%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S04 Veyron	0%	10%	0%	0%	0%	70%	55%	100%	30%	25%	5%	0%	45%	0%	20%	20%	20%	15%	35%	20%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S09 Moyades	0%	35%	10%	0%	5%	60%	95%	75%	45%	5%	5%	10%	75%	10%	20%	0%	25%	90%	25%	40%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S10 Sud Riou	0%	15%	0%	0%	0%	55%	85%	100%	15%	20%	10%	10%	65%	0%	30%	0%	15%	15%	15%	25%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S11 Plane	0%	30%	5%	0%	0%	50%	70%	95%	45%	0%	15%	0%	50%	0%	50%	0%	40%	60%	0%	10%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S12 Cortiou	0%	45%	0%	0%	0%	15%	90%	90%	60%	10%	10%	5%	95%	10%	10%	0%	10%	30%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S13 Nord Caramassaigne	0%	10%	0%	5%	0%	60%	75%	70%	50%	25%	15%	0%	55%	10%	10%	0%	15%	60%	20%	35%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S14 Grand Conglue	0%	0%	20%	0%	0%	65%	95%	90%	45%	15%	25%	15%	75%	0%	20%	5%	15%	0%	25%	35%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S15 Sormiou Réserve Falco	0%	35%	0%	0%	0%	10%	55%	60%	50%	5%	0%	0%	50%	5%	0%	0%	35%	40%	0%	5%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S17 Devenson	0%	20%	0%	0%	0%	20%	90%	80%	30%	20%	5%	0%	80%	10%	0%	0%	25%	70%	10%	20%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S20 Pointe Cacau	0%	15%	5%	0%	0%	40%	85%	65%	20%	0%	0%	5%	65%	0%	5%	0%	50%	40%	10%	5%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S22 Cap Soubeyrane	0%	20%	0%	5%	0%	15%	85%	75%	30%	0%	5%	0%	45%	55%	0%	0%	25%	65%	5%	20%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2019	S03 Planier	0%	50%	0%	5%	0%	30%	55%	65%	0%	10%	0%	0%	20%	5%	5%	0%	0%	20%	5%	25%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	5%
		S04 Veyron	0%	25%	0%	0%	5%	35%	55%	95%	30%	10%	0%	5%	45%	0%	0%	0%	0%	20%	45%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S09 Moyades	0%	10%	5%	5%	0%	35%	65%	50%	10%	0%	5%	0%	35%	25%	15%	0%	15%	70%	35%	30%	0%	10%	20%	0%	0%	0%	0%	5%
		S10 Sud Riou	0%	50%	25%	0%	10%	60%	95%	80%	50%	20%	15%	15%	85%	0%	35%	10%	0%	0%	15%	15%	0%	15%	0%	0%	0%	0%	5%	0%
		S11 Plane	0%	30%	0%	5%	0%	20%	90%	45%	20%	0%	10%	0%	50%	10%	5%	0%	40%	70%	0%	10%	5%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	5%
		S12 Cortiou	0%	25%	0%	0%	0%	20%	85%	60%	55%	20%	0%	5%	100%	15%	5%	0%	10%	20%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	5%	5%
		S13 Nord Caramassaigne	5%	35%	0%	0%	0%	50%	85%	85%	20%	10%	35%	5%	80%	10%	5%	20%	5%	70%	25%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S14 Grand Conglue	0%	25%	25%	35%	20%	60%	80%	85%	25%	0%	15%	0%	90%	0%	25%	5%	0%	0%	55%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	5%	5%
		S15 Sormiou Réserve Falco	0%	20%	5%	0%	0%	35%	85%	75%	40%	5%	5%	0%	90%	5%	10%	0%	20%	60%	5%	20%	0%	10%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
		S17 Devenson	0%	45%	0%	0%	0%	25%	70%	75%	30%	5%	5%	0%	95%	20%	0%	5%	10%	80%	25%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S20 Pointe Cacau	0%	40%	0%	0%	0%	10%	55%	75%	35%	0%	0%	0%	85%	0%	0%	0%	25%	60%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S22 Cap Soubeyrane	0%	40%	0%	0%	0%	15%	60%	80%	15%	15%	0%	0%	55%	25%	0%	0%	15%	85%	5%	20%	0%	5%	0%	5%	0%	0%	0%	0%
Total général			0.1%	17.2%	4.0%	0.8%	1.5%	25.7%	70.0%	69.0%	19.2%	6.0%	3.1%	1.1%	37.2%	8.4%	7.7%	1.8%	20.4%	47.2%	8.3%	10.3%	0.3%	2.4%	0.3%	0.1%	0.1%	0.3%	0.3%	

Tableau 21. Occurrences dans les 20 transects aléatoires des individus 'petits-moyens' des différentes espèces rencontrées à chaque station en 2013, 2016 et 2019.

Statut	Missions	Stations	<i>Coris julis</i>	<i>Dentex dentex</i>	<i>Dicentrarchus labrax</i>	<i>Diplodus cervinus</i>	<i>Diplodus puntazzo</i>	<i>Diplodus sargus</i>	<i>Diplodus vulgaris</i>	<i>Mullus surmuletus</i>	<i>Muraena helena</i>	<i>Phycis phycis</i>	<i>Scorpaena scorpa</i>	<i>Seriola dumerili</i>	<i>Serranus cabrilla</i>	<i>Serranus scriba</i>	<i>Sparus aurata</i>	<i>Spondylusoma cantharus</i>	<i>Symphodus mediterraneus</i>	<i>Symphodus tinca</i>	<i>Epinephelus marginatus</i>	<i>Labrus merula</i>	<i>Labrus mixtus</i>	<i>Labrus viridis</i>	<i>Sciaen umbra</i>	<i>Pagellus acarne</i>	<i>Pagellus erythrinus</i>	<i>Pagrus pagrus</i>	<i>Sphyrna viridensis</i>
HZNP	2013	S01 Tiboulén Frioul	95%	0%	0%	0%	10%	85%	100%	30%	5%	0%	0%	0%	50%	0%	20%	0%	60%	70%	0%	30%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
		S02 Frioul Cambrettes	90%	0%	0%	5%	10%	70%	95%	20%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	15%	0%	35%	35%	0%	20%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
		S05 Tiboulén Maire	100%	0%	0%	0%	15%	100%	95%	25%	0%	0%	0%	0%	60%	0%	0%	10%	50%	45%	0%	30%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
		S06 Fromages	85%	0%	0%	0%	50%	95%	95%	45%	0%	0%	0%	0%	70%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S07 Jarre Briançon	100%	0%	0%	0%	20%	75%	100%	0%	0%	0%	5%	0%	60%	0%	15%	10%	25%	20%	0%	45%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S08 Plateau Chèvres	95%	0%	0%	5%	20%	60%	95%	40%	0%	0%	0%	0%	35%	15%	0%	25%	40%	65%	0%	40%	0%	20%	0%	0%	0%	0%	0%
		S16 Ouest Figuier	95%	0%	0%	0%	25%	95%	90%	30%	0%	0%	0%	0%	70%	5%	0%	25%	40%	45%	0%	20%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
		S18 Calanque l'Oule	100%	0%	0%	0%	10%	80%	90%	45%	0%	0%	0%	0%	75%	0%	15%	5%	40%	65%	5%	55%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S19 En Vau	100%	0%	0%	0%	15%	75%	70%	20%	5%	0%	0%	0%	90%	0%	0%	5%	35%	15%	0%	30%	10%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
		S21 Phare Cassidaigne	100%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	10%	10%	0%	0%	0%	60%	0%	0%	0%	70%	30%	5%	45%	0%	15%	0%	0%	0%	0%	0%
		S23 Soubeyrane	100%	0%	0%	0%	10%	85%	100%	35%	0%	0%	0%	0%	35%	5%	5%	0%	15%	55%	5%	90%	0%	15%	0%	0%	0%	0%	0%
		S24 Ile Verte Roustaud	95%	0%	0%	0%	5%	40%	30%	0%	10%	0%	0%	0%	65%	0%	5%	15%	65%	15%	5%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2016	S01 Tiboulén Frioul	100%	0%	0%	0%	20%	25%	90%	10%	0%	0%	0%	0%	50%	5%	20%	10%	35%	70%	5%	40%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S02 Frioul Cambrettes	100%	0%	0%	0%	15%	30%	95%	30%	0%	0%	0%	0%	75%	0%	20%	0%	75%	80%	0%	45%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S05 Tiboulén Maire	85%	0%	0%	0%	60%	55%	90%	25%	0%	0%	0%	0%	65%	5%	20%	15%	60%	70%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S06 Fromages	85%	0%	0%	5%	45%	80%	100%	70%	5%	0%	0%	0%	65%	0%	15%	0%	35%	60%	0%	45%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S07 Jarre Briançon	100%	0%	0%	0%	40%	40%	90%	50%	0%	0%	0%	0%	80%	0%	25%	5%	40%	50%	0%	30%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
		S08 Plateau Chèvres	95%	0%	0%	0%	25%	40%	100%	10%	0%	0%	0%	0%	35%	30%	0%	30%	45%	90%	0%	85%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
		S16 Ouest Figuier	95%	0%	0%	0%	10%	25%	90%	50%	0%	0%	0%	0%	90%	0%	0%	0%	90%	55%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S18 Calanque l'Oule	95%	0%	0%	0%	20%	65%	80%	35%	0%	0%	0%	0%	85%	10%	0%	0%	65%	80%	5%	50%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
		S19 En Vau	95%	0%	0%	0%	10%	85%	75%	40%	0%	0%	0%	0%	90%	0%	10%	5%	65%	55%	0%	15%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
		S21 Phare Cassidaigne	90%	5%	0%	0%	5%	0%	45%	5%	15%	5%	0%	0%	55%	0%	20%	20%	80%	70%	5%	40%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
		S23 Soubeyrane	100%	0%	0%	0%	5%	75%	85%	10%	0%	0%	0%	0%	50%	5%	5%	5%	20%	65%	0%	55%	0%	15%	0%	0%	0%	0%	0%
		S24 Ile Verte Roustaud	90%	5%	0%	0%	20%	45%	20%	15%	5%	0%	0%	0%	60%	5%	5%	5%	40%	50%	10%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2019	S01 Tiboulén Frioul	85%	5%	0%	0%	40%	60%	90%	30%	5%	0%	0%	0%	45%	20%	15%	0%	45%	90%	10%	40%	0%	15%	0%	0%	0%	0%	5%
		S02 Frioul Cambrettes	90%	5%	0%	0%	30%	60%	95%	40%	0%	0%	0%	0%	40%	10%	10%	0%	30%	70%	0%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S05 Tiboulén Maire	90%	0%	0%	0%	25%	75%	100%	25%	10%	0%	0%	0%	85%	5%	20%	10%	35%	60%	0%	35%	0%	5%	0%	0%	0%	5%	0%
		S06 Fromages	80%	0%	0%	0%	15%	70%	90%	40%	5%	0%	0%	0%	75%	10%	0%	5%	45%	50%	5%	15%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	0%
		S07 Jarre Briançon	95%	0%	0%	0%	40%	65%	95%	25%	0%	5%	0%	0%	75%	5%	5%	5%	35%	50%	5%	20%	5%	10%	0%	0%	0%	5%	0%
		S08 Plateau Chèvres	100%	5%	0%	0%	30%	55%	100%	20%	5%	0%	5%	0%	25%	90%	0%	10%	70%	95%	0%	90%	0%	50%	5%	0%	0%	0%	0%
		S16 Ouest Figuier	95%	0%	0%	0%	30%	80%	100%	55%	5%	0%	0%	0%	95%	0%	0%	5%	70%	85%	0%	40%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
		S18 Calanque l'Oule	100%	0%	0%	0%	35%	75%	100%	75%	0%	0%	0%	0%	75%	25%	10%	0%	60%	70%	0%	40%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
		S19 En Vau	95%	0%	0%	0%	5%	65%	85%	30%	0%	0%	0%	0%	85%	20%	0%	0%	10%	40%	5%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S21 Phare Cassidaigne	95%	5%	0%	0%	10%	25%	85%	30%	15%	5%	0%	0%	40%	15%	15%	0%	70%	60%	15%	55%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
		S23 Soubeyrane	100%	0%	0%	0%	15%	85%	100%	50%	5%	0%	5%	5%	60%	70%	15%	15%	25%	90%	0%	80%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	0%
		S24 Ile Verte Roustaud	95%	0%	0%	0%	40%	65%	60%	20%	5%	0%	0%	0%	60%	10%	15%	15%	35%	70%	5%	15%	0%	5%	0%	0%	0%	5%	5%

			<i>Coris julis</i>	<i>Dentex dentex</i>	<i>Dicentrarchus labrax</i>	<i>Diplodus cervinus</i>	<i>Diplodus puntazzo</i>	<i>Diplodus sargus</i>	<i>Diplodus vulgaris</i>	<i>Mullus surmuletus</i>	<i>Muraena helena</i>	<i>Phycis phycis</i>	<i>Scorpaena scrofa</i>	<i>Seriola dumerili</i>	<i>Serranus cabrilla</i>	<i>Serranus scriba</i>	<i>Sparus aurata</i>	<i>Spondyllosoma cantharus</i>	<i>Symphodus mediterraneus</i>	<i>Symphodus tinca</i>	<i>Epinephelus marginatus</i>	<i>Labrus merula</i>	<i>Labrus mixtus</i>	<i>Labrus viridis</i>	<i>Sciaena umbra</i>	<i>Pagellus acarne</i>	<i>Pagellus erythrinus</i>	<i>Pagrus pagrus</i>	<i>Sphyaena viridensis</i>
Statut	Missions	Stations																											
ZNP	2013	S03 Planier	100%	0%	0%	0%	5%	55%	90%	10%	0%	0%	0%	0%	60%	0%	0%	0%	20%	55%	0%	35%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
		S04 Veyron	95%	0%	0%	0%	10%	20%	75%	10%	5%	0%	0%	0%	50%	0%	5%	10%	45%	15%	10%	5%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
		S09 Moyades	95%	0%	5%	0%	20%	90%	95%	5%	0%	0%	0%	0%	55%	10%	45%	20%	35%	50%	10%	40%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
		S10 Sud Riou	95%	0%	0%	0%	10%	75%	100%	25%	0%	0%	0%	5%	65%	0%	45%	0%	20%	0%	5%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S11 Plane	100%	0%	5%	0%	5%	70%	100%	10%	0%	0%	0%	0%	70%	0%	15%	35%	45%	55%	0%	35%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
		S12 Cortiou	100%	0%	0%	0%	0%	65%	100%	40%	0%	5%	5%	0%	90%	5%	10%	0%	0%	15%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S13 Nord Caramassaigne	100%	0%	0%	0%	25%	70%	100%	5%	0%	0%	10%	0%	65%	0%	5%	20%	15%	55%	15%	25%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
		S14 Grand Conglue	70%	0%	0%	0%	25%	50%	95%	0%	0%	0%	5%	0%	70%	0%	5%	10%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S15 Sormiou Réserve Falco	100%	0%	0%	0%	15%	80%	95%	30%	0%	0%	0%	0%	95%	35%	0%	10%	65%	45%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S17 Devenson	95%	0%	0%	0%	5%	85%	100%	20%	0%	0%	0%	0%	95%	10%	10%	15%	50%	75%	0%	50%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
		S20 Pointe Cacau	90%	0%	0%	0%	15%	50%	80%	15%	5%	0%	0%	0%	85%	0%	15%	0%	55%	35%	5%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S22 Cap Soubeyrane	100%	0%	0%	0%	5%	90%	95%	35%	0%	0%	0%	0%	65%	10%	10%	0%	30%	30%	0%	65%	0%	15%	0%	0%	0%	0%	0%
	2016	S03 Planier	95%	0%	0%	0%	5%	15%	80%	0%	0%	0%	0%	0%	60%	0%	25%	40%	15%	65%	5%	55%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	0%
		S04 Veyron	100%	0%	0%	0%	15%	10%	60%	5%	0%	0%	0%	0%	60%	0%	5%	15%	45%	20%	35%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S09 Moyades	95%	10%	0%	0%	25%	25%	85%	10%	0%	0%	0%	0%	55%	0%	30%	5%	45%	70%	5%	45%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S10 Sud Riou	100%	5%	0%	0%	20%	0%	75%	5%	10%	0%	0%	0%	60%	0%	10%	0%	35%	10%	10%	25%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
		S11 Plane	100%	0%	5%	0%	15%	20%	65%	15%	0%	0%	0%	0%	70%	0%	15%	0%	35%	50%	0%	40%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
		S12 Cortiou	95%	0%	0%	0%	20%	50%	95%	40%	0%	10%	0%	0%	70%	0%	40%	0%	45%	35%	5%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S13 Nord Caramassaigne	90%	0%	0%	5%	35%	45%	85%	20%	5%	0%	5%	0%	70%	0%	5%	25%	45%	75%	15%	35%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
		S14 Grand Conglue	90%	0%	0%	0%	30%	40%	90%	15%	0%	0%	0%	0%	45%	0%	15%	10%	15%	0%	15%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S15 Sormiou Réserve Falco	95%	0%	5%	0%	20%	45%	70%	45%	5%	0%	0%	0%	50%	5%	0%	10%	35%	70%	0%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S17 Devenson	95%	0%	0%	0%	15%	55%	80%	30%	0%	0%	0%	0%	75%	0%	0%	0%	20%	70%	15%	55%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
		S20 Pointe Cacau	85%	0%	0%	0%	20%	50%	75%	15%	5%	0%	0%	0%	90%	0%	20%	0%	80%	40%	5%	30%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
		S22 Cap Soubeyrane	95%	0%	0%	0%	20%	95%	90%	20%	0%	0%	0%	0%	60%	15%	25%	10%	80%	80%	5%	70%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2019	S03 Planier	100%	0%	0%	0%	5%	20%	40%	10%	5%	0%	0%	0%	20%	10%	5%	5%	15%	70%	0%	65%	0%	20%	5%	0%	0%	0%	5%
		S04 Veyron	100%	0%	0%	0%	30%	35%	90%	20%	0%	0%	0%	0%	40%	0%	10%	30%	25%	40%	20%	15%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S09 Moyades	90%	5%	0%	0%	45%	80%	80%	10%	0%	5%	0%	0%	75%	5%	15%	0%	30%	70%	5%	10%	0%	5%	15%	0%	0%	0%	0%
		S10 Sud Riou	85%	5%	0%	0%	30%	65%	100%	25%	5%	5%	0%	0%	55%	0%	10%	35%	40%	15%	15%	30%	0%	0%	0%	0%	5%	10%	0%
		S11 Plane	85%	10%	10%	0%	25%	70%	100%	45%	0%	5%	0%	0%	75%	0%	40%	15%	40%	80%	0%	25%	0%	15%	0%	5%	0%	0%	0%
		S12 Cortiou	90%	0%	5%	0%	30%	80%	95%	70%	10%	0%	0%	0%	90%	0%	35%	5%	45%	35%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	0%
		S13 Nord Caramassaigne	85%	0%	0%	0%	30%	55%	100%	25%	10%	20%	0%	0%	55%	0%	10%	20%	30%	75%	50%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%
		S14 Grand Conglue	85%	5%	20%	0%	50%	30%	70%	5%	5%	15%	5%	0%	30%	0%	15%	25%	40%	15%	50%	15%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	0%
		S15 Sormiou Réserve Falco	95%	5%	0%	0%	30%	60%	90%	45%	0%	0%	0%	5%	90%	15%	0%	10%	40%	65%	0%	25%	0%	5%	15%	0%	0%	0%	0%
		S17 Devenson	85%	0%	0%	0%	20%	60%	90%	45%	0%	0%	0%	0%	80%	5%	5%	0%	25%	75%	10%	40%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
		S20 Pointe Cacau	95%	0%	0%	0%	60%	50%	100%	50%	0%	0%	0%	0%	65%	0%	15%	0%	70%	65%	5%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		S22 Cap Soubeyrane	100%	5%	5%	0%	25%	90%	100%	50%	0%	0%	0%	0%	60%	40%	35%	0%	30%	90%	0%	100%	15%	20%	20%	0%	0%	0%	0%
Total général			94.1%	1.1%	0.8%	0.3%	21.4%	57.6%	86.1%	26.6%	2.5%	1.1%	0.6%	0.2%	64.2%	7.4%	12.1%	8.8%	41.1%	52.8%	5.6%	35.1%	0.5%	6.4%	0.8%	0.1%	0.1%	0.6%	0.3%

Alors que les 'grands' individus des espèces *Symphodus tinca*, *Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *D. puntazzo* et *Serranus cabrilla* sont fréquents dans un grand nombre de stations, qu'elles soient en ZNP ou en dehors, *S. cabrilla* est la seule espèce dont l'occurrence est supérieure dans les stations en ZNP. Pour les individus 'petits-moyens', l'occurrence la plus élevée est observée sur les sites S02-Frioul Cambrettes, S16-Ouest Figuiier et S19-En Vau, hors ZNP et sur les sites S12-Cortiou, S15-Sormiou Réserve Falco et S17-Devenson, en ZNP (Figure 39). Pour les 'grands' l'occurrence est maximale à S12-Cortiou, S14-Grand Conglue, S15-Sormiou Réserve Falco et S17-Devenson.

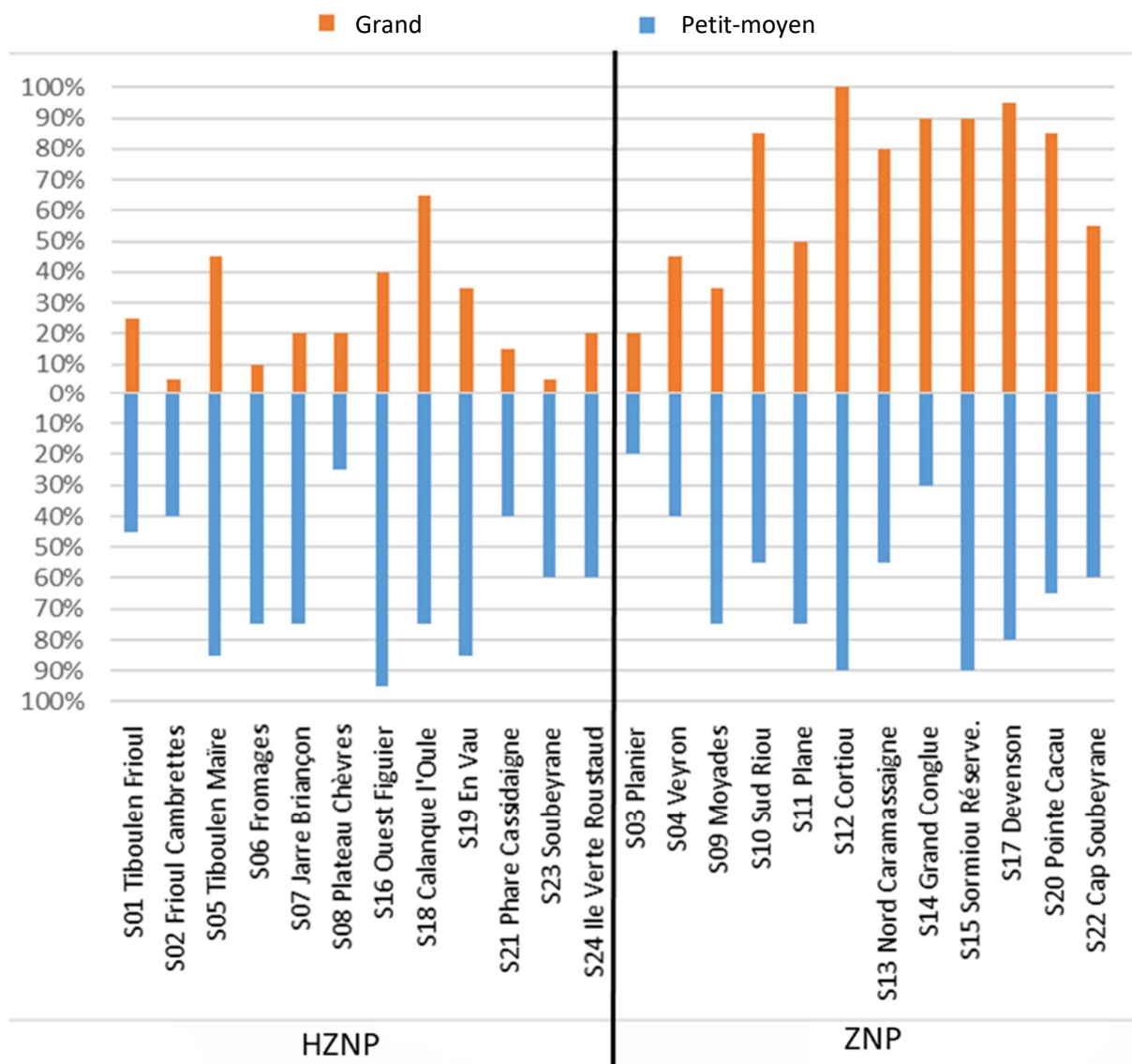


Figure 39 : Occurrence de *Serranus cabrilla* des catégories 'petit-moyen' et 'grand' par station dans le PNCa. Les stations sont classées selon leur statut de gestion (20 parcours de 3 min) (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP: hors ZNP).

4.4.3 Evolution de l'occurrence des espèces cibles (TPS)

L'évolution des occurrences de 'grands' individus des espèces cibles rencontrées à chaque station entre 2013 et 2019 est présentée dans le Tableau 22.

La plupart des espèces-cibles enregistrent des augmentations d'occurrence des 'grands' individus dans les parcours au temps réalisés en 2019 par rapport à 2013. Notamment pour *Coris julis*, *D. puntazzo*, *Muraena helena*, *Phycis phycis*, *Serranus cabrilla*, *Serranus scriba*, *Symphodus tinca*, *Epinephelus marginatus* et *Labrus merula*.

Serranus cabrilla et *Symphodus tinca* sont des espèces marquées par de fortes augmentations de fréquences d'observation entre les comptages de 2013 et 2019.

Serranus cabrilla enregistre des augmentations d'occurrences de +55 % à S18-Calanque de l'Oule (hors ZNP) et +85 % à S20-Pointe Cacau (ZNP).

Serranus scriba voit son occurrence augmenter de +80 % sur le site S08-Plateau des Chèvres.

Quant à *Symphodus tinca*, des augmentations de +40 % sont notées HZNP à la station S24-Ile Verte Roustaud et +35 % en ZNP à la station S20-Pointe Cacau.

Diplodus sargus, *Diplodus vulgaris*, *Mullus surmuletus* et *Symphodus mediterraneus* sont les espèces caractérisées par des diminutions importantes d'occurrence dans plusieurs stations, aussi bien en ZNP qu'en dehors. Ces diminutions sont parfois élevées comme aux stations S01-Tiboulon du Frioul et S05-Tiboulon de Maire (HZNP) pour *Diplodus sargus* avec -50 %.

Symphodus mediterraneus voit son occurrence diminuer dans 9 des 12 sites en ZNP, diminution allant de -5 % à S12-Cortiou jusqu'à -40 % à S22-Cap Soubeyrane.

Concernant le mérou brun *Epinephelus marginatus*, en 2019, plus d'individus ont été observés aux stations S09-Moyades (+35 %), S14-Grand Congloue (+30 %), S17-Devenson (+25 %) (en ZNP). Hors ZNP, son occurrence a également augmenté aux stations S21-Phare Cassidaigne (+20 %) et S24-Ile Verte Roustaud (+15 %).

Tableau 22. Evolution de l'occurrence des 'grands' individus entre 2013 et 2019 pour les espèces cibles rencontrées à chaque station. En vert : les évolutions positives ; en rouge : les évolutions négatives (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Statut	Stations	<i>Conger conger</i>	<i>Caris julis</i>	<i>Dentex dentex</i>	<i>Dicentrarchus labrax</i>	<i>Diplodus cervinus</i>	<i>Diplodus puntazzo</i>	<i>Diplodus sargus</i>	<i>Diplodus vulgaris</i>	<i>Mullus surmuletus</i>	<i>Muraena helena</i>	<i>Phycis phycis</i>	<i>Scorpaena scrofa</i>	<i>Serranus cabrilla</i>	<i>Serranus scriba</i>	<i>Spanus aurata</i>	<i>Spondylusoma cantharus</i>	<i>Symphodus mediterraneus</i>	<i>Symphodus tinca</i>	<i>Epinephelus marginatus</i>	<i>Labrus merula</i>	<i>Labrus mixtus</i>	<i>Labrus viridis</i>	<i>Sciaenops umbr</i>	<i>Lithognathus mormyrus</i>	<i>Pagellus acarne</i>	<i>Pagrus pagrus</i>	<i>Sphyrna viridensis</i>
HZNP	S01 Tiboulén Frioul	0%	15%	-10%	0%	-5%	5%	-50%	-5%	-10%	0%	0%	0%	15%	15%	5%	0%	-5%	-10%	-5%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
	S02 Frioul Cambrettes	0%	10%	0%	0%	0%	-5%	-20%	-15%	-10%	0%	0%	0%	-5%	5%	-5%	0%	-10%	20%	-5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	S05 Tiboulén Maïre	0%	30%	-5%	0%	0%	0%	-50%	-20%	-15%	0%	-5%	0%	35%	-5%	0%	0%	-10%	-30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	S06 Fromages	0%	0%	0%	0%	0%	5%	-5%	-10%	10%	0%	0%	0%	10%	5%	0%	0%	0%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	S07 Jarre Briançon	0%	30%	0%	0%	0%	-15%	-15%	-15%	5%	0%	0%	0%	15%	5%	0%	0%	5%	10%	5%	-5%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
	S08 Plateau Chèvres	0%	30%	-5%	0%	-5%	5%	-10%	0%	-35%	10%	0%	0%	10%	80%	0%	5%	25%	15%	0%	20%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
	S16 Ouest Figuiér	5%	0%	0%	0%	0%	10%	-25%	10%	-10%	0%	0%	5%	30%	-5%	0%	0%	15%	30%	-5%	-5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	S18 Calanque l'Oule	0%	10%	0%	0%	0%	15%	-25%	-35%	15%	0%	0%	0%	55%	5%	10%	0%	-10%	10%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	S19 En Vau	0%	10%	0%	0%	0%	-5%	-40%	-5%	-5%	5%	0%	0%	25%	10%	0%	0%	-25%	15%	0%	10%	0%	0%	0%	-5%	0%	0%	0%
	S21 Phare Cassidaigne	0%	0%	10%	0%	0%	25%	20%	0%	0%	25%	5%	0%	5%	5%	15%	-10%	5%	30%	20%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	S23 Soubeyrane	0%	5%	0%	0%	0%	-5%	-45%	-25%	5%	5%	0%	0%	-20%	5%	0%	0%	-10%	20%	0%	0%	5%	-5%	0%	0%	0%	0%	0%
	S24 Ile Verte Roustaud	0%	5%	-25%	0%	0%	5%	-30%	-15%	10%	10%	0%	0%	15%	5%	-5%	5%	-5%	40%	15%	-5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
ZNP	S03 Planier	0%	35%	0%	5%	0%	10%	10%	-30%	-5%	10%	0%	0%	-10%	5%	5%	0%	-20%	-50%	5%	15%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	5%
	S04 Veyron	0%	15%	0%	0%	5%	0%	-5%	15%	30%	0%	0%	5%	25%	0%	-10%	0%	-25%	5%	-5%	5%	0%	-5%	0%	0%	0%	0%	0%
	S09 Moyades	0%	5%	-5%	5%	0%	-5%	-15%	0%	-10%	-5%	0%	0%	-30%	5%	-5%	0%	-15%	0%	35%	25%	0%	5%	20%	0%	0%	0%	5%
	S10 Sud Riou	0%	45%	20%	0%	0%	10%	20%	15%	30%	0%	10%	15%	25%	0%	10%	10%	-5%	-15%	10%	10%	0%	15%	0%	0%	0%	5%	0%
	S11 Plane	0%	-20%	-5%	5%	0%	-15%	0%	-15%	-5%	0%	10%	0%	10%	10%	-25%	0%	5%	-15%	0%	-5%	5%	10%	0%	0%	0%	0%	5%
	S12 Cortiou	0%	15%	0%	0%	0%	10%	30%	25%	35%	15%	-5%	5%	45%	5%	-15%	0%	-5%	-5%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	5%	5%	5%
	S13 Nord Caramassaigne	5%	25%	-10%	0%	-10%	-5%	-5%	20%	-5%	0%	30%	5%	50%	10%	-5%	20%	-15%	10%	5%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	S14 Grand Conglue	0%	15%	-5%	35%	-5%	20%	-5%	15%	20%	0%	15%	0%	65%	0%	10%	0%	0%	0%	30%	10%	0%	0%	0%	0%	10%	5%	5%
	S15 Sormiou Réserve Falco	0%	5%	5%	0%	0%	35%	0%	15%	25%	0%	5%	0%	55%	5%	10%	0%	-20%	20%	5%	20%	0%	10%	5%	0%	0%	0%	0%
	S17 Devenson	0%	30%	0%	0%	0%	10%	-25%	-5%	30%	5%	5%	0%	65%	5%	0%	5%	-35%	25%	25%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	S20 Pointe Cacao	0%	40%	0%	0%	0%	-5%	-15%	5%	30%	0%	0%	0%	85%	0%	0%	0%	5%	35%	-5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	S22 Cap Soubeyrane	0%	30%	0%	0%	0%	0%	-10%	-10%	5%	15%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	-40%	0%	5%	15%	0%	5%	0%	5%	0%	0%	0%

4.4.4 Densité des espèces cibles entre 5 et 25 m de profondeur (TRA)

Dans les comptages par transects métrés (TRA), la densité moyenne des espèces cibles a augmenté par rapport à 2016 mais diminué entre 2013 et 2019 dans la zone d'étude et surtout HZNP. Dans les ZNP, la densité des espèces cibles se maintient. Les stations situées sur la côte, après avoir connu une forte diminution des densités en 2016, sont revenues à une densité moyenne équivalente à celle de 2013. Sur les îles, en revanche, la densité de poissons avait baissé en 2016 et se maintient encore au même niveau en 2019.

Tableau 23 : Evolution de la densité moyenne de poissons cibles entre 5 et 25 m de profondeur depuis le début du suivi dans le PNCal.

Densité moyenne ind/100 m ²	2013	2016	2019	Evolution 2013-2019
Zone d'étude PNCal	58 ± 54	47 ± 63	53 ± 106	x 0.9
HZNP	50 ± 35	38 ± 24	37 ± 22	x 0.7
ZNP	66 ± 67	57 ± 85	68 ± 147	x 1.0
Côte	49 ± 26	36 ± 15	48 ± 45	x 1.0
Iles	65 ± 67	55 ± 81	56 ± 134	x 0.9

En dehors des ZNP, la densité des espèces cibles (24 espèces prises en compte) observées lors des recensements a progressé en 2019 à S02-Frioul Cambrettes, à S08-Plateau des Chèvres, S18-Calanque de Loule et S21-Phare Cassidaigne, hors ZNP (Figure 40). Les stations où les espèces cibles ont tendance à diminuer depuis le début du suivi sont les stations : S01-Tiboulén de Frioul, S06-Fromages, S07-Jarre-Briançon, S16-Ouest Figuiér et S24-île Verte-Roustaud.

Dans les ZNP, les stations S10-Sud Riou, S13-Nord Caramassaigne et S14-Grand Conglue, S17-Devenson, S20-Pointe Cacao, S22-Cap Soubeyrane restent assez stables depuis le début du suivi, alors que S04-Veyron et S12-Cortiou présentent des effectifs de poissons cibles en augmentation. Une diminution en nombre se confirme à S11-Planier et S09-Moyades.

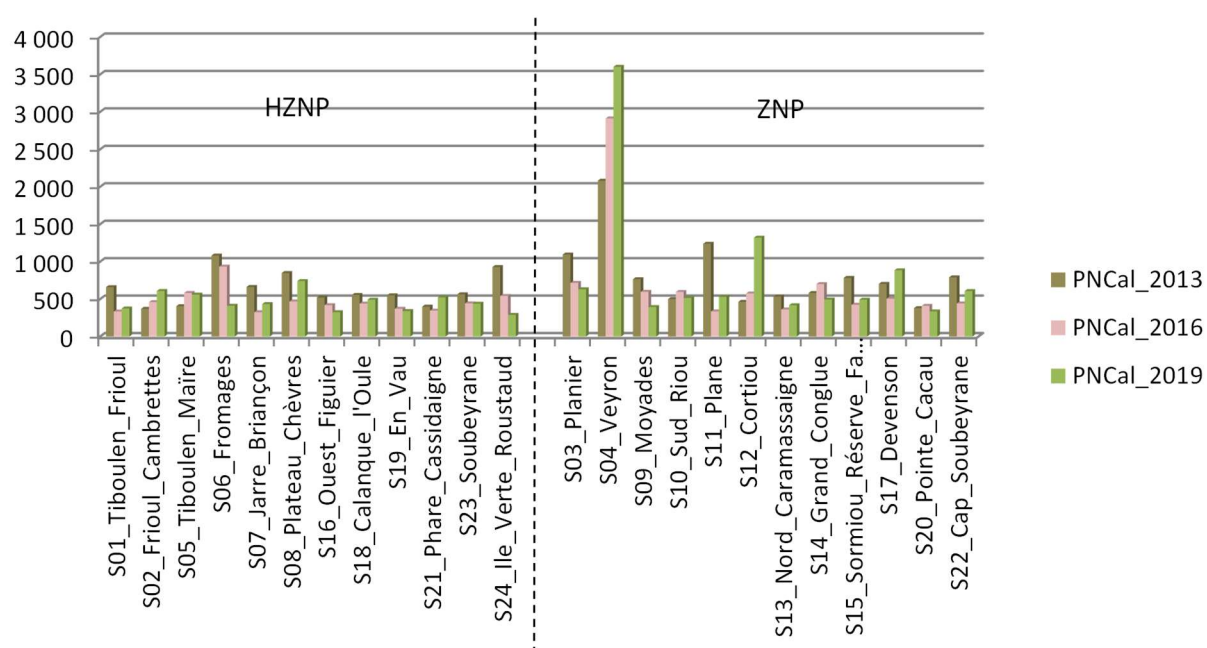


Figure 40. Effectifs cumulés (nb de poissons) par station des poissons cibles de la pêche recensés dans le PNCal à T0, T0+3 et T0+6 (ZNP : zones de non-prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Le nombre de poissons cibles avait globalement diminué en 2016 dans la zone d'étude et remonte en 2019 sans toutefois dépasser la moyenne de 2013. La comparaison des deux régimes de gestion met en évidence une densité moyenne des poissons cibles nettement plus faible hors ZNP depuis T0+3 ($p < 0.001$). Dans les ZNP, après une baisse en 2016, les effectifs ont dépassé la moyenne de l'état zéro (Figure 41, Figure 42). Les effectifs d'espèces cibles restent toujours plus élevés dans les îles qu'à la côte, mais à la côte, la progression a été proportionnellement plus forte en 2019, puisque le score est redevenu le même qu'au début du suivi.

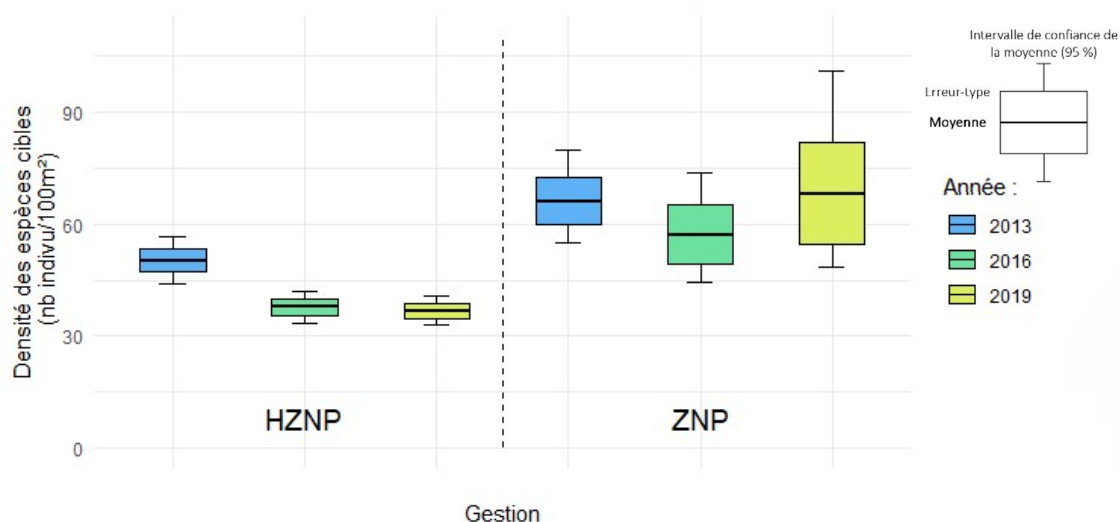


Figure 41 : Densité moyenne selon le mode de gestion des poissons cibles de la pêche recensés dans le PNCal à T0, T0+3 et T0+6 (ZNP : zones de non prélèvement, 12 stations, 120 comptages par année ; HZNP : hors ZNP, 12 stations, 120 comptages par année).

La somme des abondances échantillonnées aux différentes stations situées dans la ZNP et en dehors, met en évidence l'augmentation en ZNP au cours du suivi, alors que l'abondance des poissons cibles est constante hors ZNP (Figure 42).

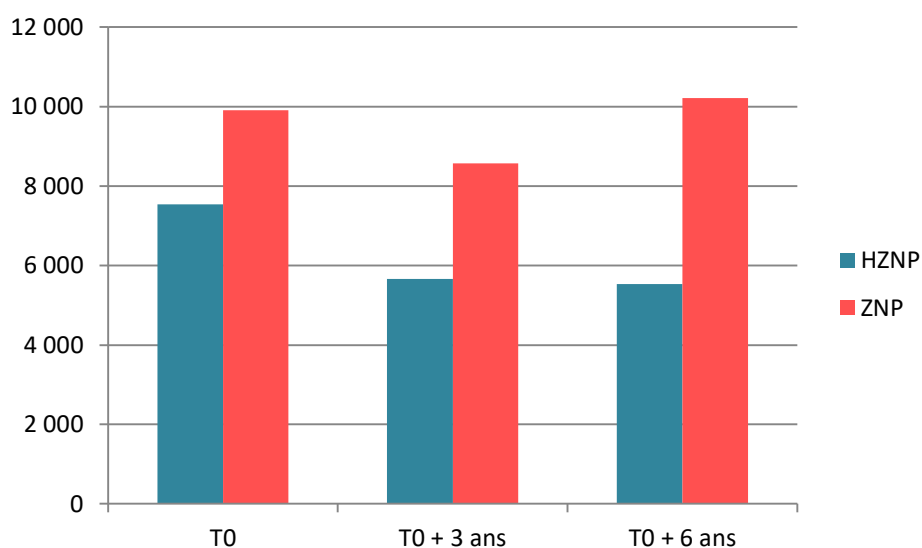


Figure 42. Effectifs cumulés (nb de poissons) selon le mode de gestion des poissons cibles de la pêche recensés dans le PNCal à T0, T0+3 et T0+6 (ZNP : zones de non-prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

4.4.5 Biomasse des espèces cibles entre 5 et 25 m de profondeur (TRA)

La biomasse moyenne d'espèces cibles de la pêche varie considérablement d'une station à l'autre, elle continue sa progression et a été multipliée par 1.8 depuis 2013 (Tableau 24). La biomasse moyenne des espèces cibles est de 6.5 ± 12.0 kg dans la zone d'étude. Cette biomasse atteint maintenant 10 ± 16 kg en moyenne dans les ZNP contre 3.0 ± 3.2 kg/100 m² hors ZNP, ce qui représente une différence importante. Elle est donc presque deux fois et demi supérieure dans les ZNP par rapport à l'extérieur. La biomasse moyenne des espèces cibles est plus élevée dans les stations situées à la côte : 7.3 ± 16.8 kg/100 m² que dans celles des îles 5.8 ± 6.9 kg/100 m², ce qui est un résultat intéressant à suivre.

Tableau 24. Evolution de la biomasse moyenne de poissons cibles entre 5 et 25 m de profondeur depuis le début du suivi dans le PNCaI.

Biomasse moyenne kg/100 m ²	2013	2016	2019	Evolution 2013-2019
Zone d'étude PNCaI	3.6 ± 3.5	5.1 ± 8.0	6.5 ± 12.0	x 1.8
HZNP	3.0 ± 3.3	3.3 ± 3.5	3.0 ± 3.2	x 1.0
ZNP	4.1 ± 3.7	7.0 ± 10.5	10.0 ± 16.0	x 2.4
Côte	2.5 ± 1.9	3.5 ± 3.0	7.3 ± 16.8	x 2.9
Îles	4.3 ± 4.2	6.3 ± 10.0	5.8 ± 6.9	x 1.3

Dans les comptages, les biomasses les plus faibles ont été rencontrées en dehors des ZNP et en particulier aux stations S06-Fromages, S16-Ouest Figuiers, S18-Calanque de l'Oule et S19-En Vau. Les biomasses moyennes d'espèces cibles les plus élevées ont été observées dans les ZNP à S12-Cortiou, qui a progressé de façon impressionnante (33 kg/100 m², soit le double des stations Veyron et Grand Conglue, par exemple), à S04-Veyron, à S14-Grand Conglue, à S17-Devenson (Figure 43 et données en annexe). Les biomasses importantes observées à certaines stations peuvent être considérées comme correspondant bien à une ressource abondante en moyenne (2 campagnes de comptages).

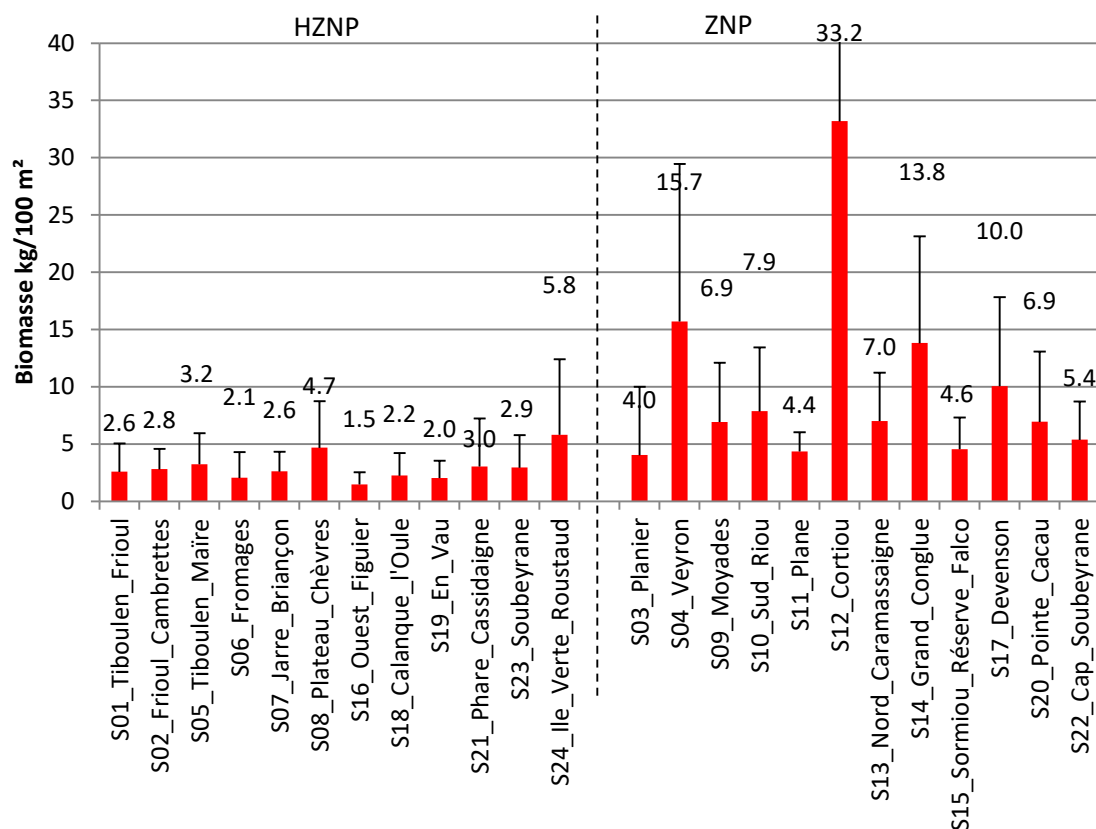


Figure 43. Biomasse moyenne en kg/100 m² (barres d'erreur type) d'espèces cibles par station dans le PNCaI en 2019 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Hors ZNP, les stations les plus poissonneuses en cibles de la pêche sont S08-Plateau des Chèvres et S24-Ile Verte-Roustaud sans pour autant beaucoup se démarquer des autres. Hors ZNP, il apparaît peu de différences par rapport au début du suivi : une majorité de stations sont en baisse ou au même niveau qu'au début du suivi. Les stations S01-Tiboulén du Frioul, S05-Tiboulén de Maire, S06-Fromages, qui a fortement baissé et S16-Ouest Figuier, S18-Calanque de l'Oule et S24-Ile Verte-Roustaud sont en baisse par rapport à 2016 (Figure 44).

Dans les ZNP, toutes les stations voient la biomasse de leurs espèces cibles augmenter par rapport à 2016, excepté S09-Moyades et S14-Grand Conglue. Lors de l'une des 2 campagnes d'échantillonnage les comptages à ces deux stations ont été perturbés par un courant particulièrement fort. Ces conditions ont pu avoir un impact sur les dénombrements. Nous considérons que cette baisse est due aux conditions d'échantillonnage. Des fortes augmentations de biomasse sont constatées aux stations : S04-Veyron, S12-Cortiou, S17-Devenson et S20-Pointe Cacau. Les stations S10-Sud Riou et S22-Cap Soubeyrane progressent.

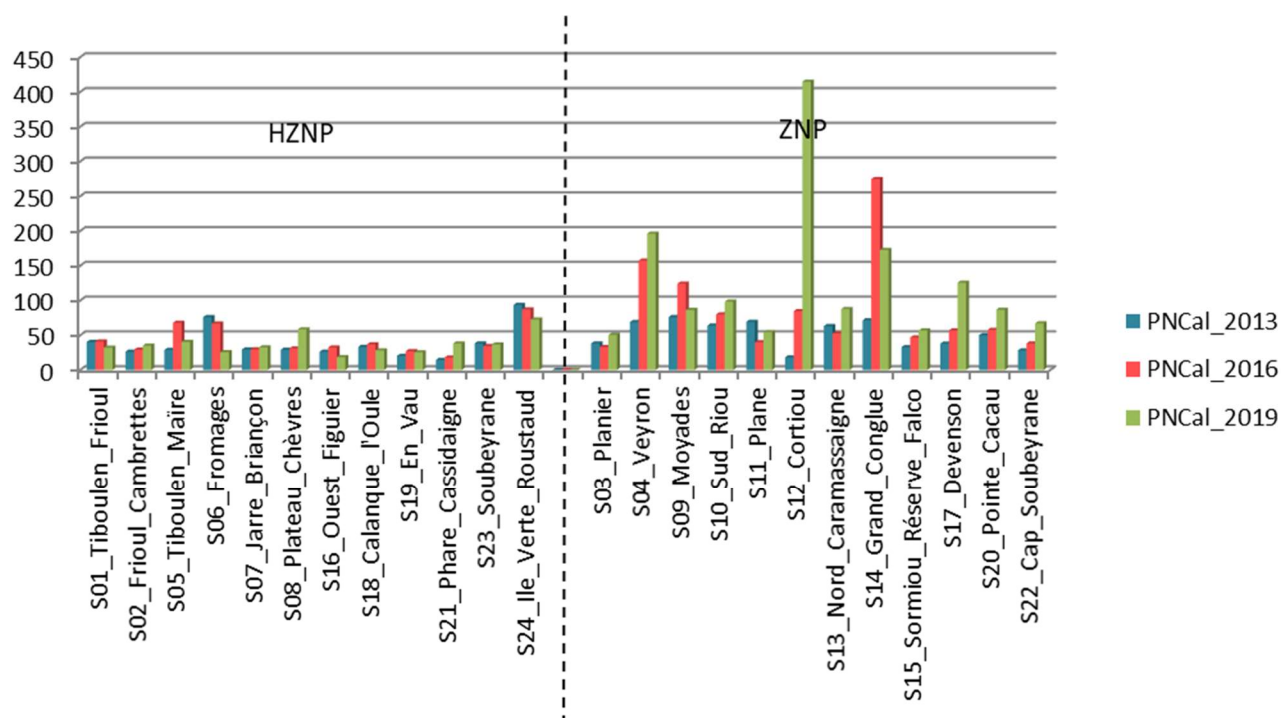


Figure 44. Biomasses cumulées (kg) par station des poissons cibles de la pêche recensés dans le PNCal à T0, T0+3 et T0+6 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Entre 2013 et 2019 la biomasse moyenne demeure assez constante (légèrement en baisse ?) hors ZNP, alors que l'écart s'est creusé entre zones de non prélèvement et en dehors pour les espèces cibles (Figure 45). Les biomasses de poissons cibles observées en ZNP en 2019 sont significativement différentes par rapport à celles de 2013 et également différentes de celles de 2019 hors ZNP ($p < 0.01$).

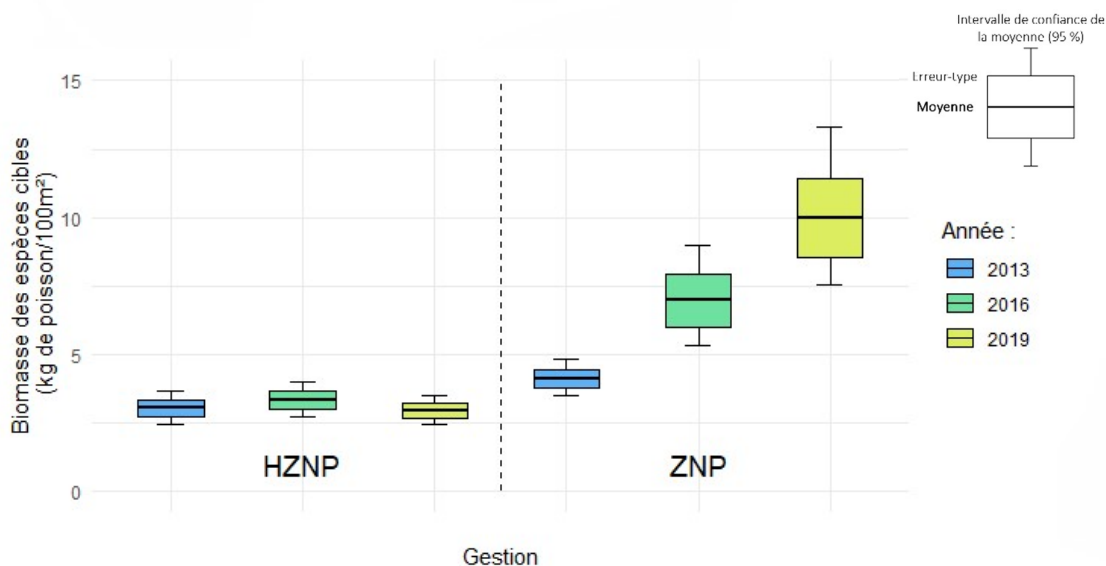


Figure 45 : Biomasses moyennes (kg/transect) selon le mode de gestion des poissons cibles de la pêche recensés dans le PNCal à T0, T0+3 et T0+6 (ZNP : zones de non prélèvement, 12 stations, 120 comptages par année ; HZNP : hors ZNP, 12 stations, 120 comptages par année).

La somme des biomasses échantillonnées aux différentes stations situées dans la ZNP et en dehors, met en évidence l'augmentation en ZNP au cours du suivi, alors que la biomasse demeure constante hors ZNP (Figure 46).

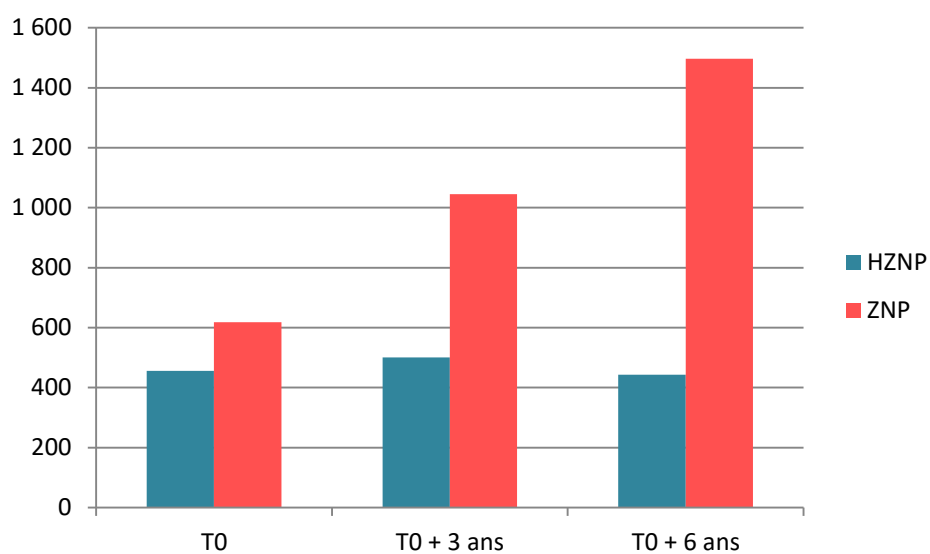


Figure 46. Biomasses cumulées (kg) selon le mode de gestion des poissons cibles de la pêche recensés dans le PNCal à T0, T0+3 et T0+6 (ZNP : zones de non-prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

4.4.6 Effets de l'habitat et de l'efficacité de la gestion sur les espèces cibles de la pêche

En 2013 et 2016, l'importance de l'habitat dans la structuration des peuplements avait été mise en évidence par l'intermédiaire d'analyses en composantes principales (ACP). Ces analyses ont été réalisées à partir des métriques décrivant l'habitat collectées à l'échelle des transects : profondeur, type d'habitat (roche, herbier, galet, sable), le nombre et la taille des blocs rocheux (petits, moyens, gros) (Bonhomme *et al.*, 2014 ; Le Diréach *et al.*, 2017). Les variables du peuplement sont fortement **corrélées à la présence de roche, de gros blocs et à la profondeur** (Figure 47).

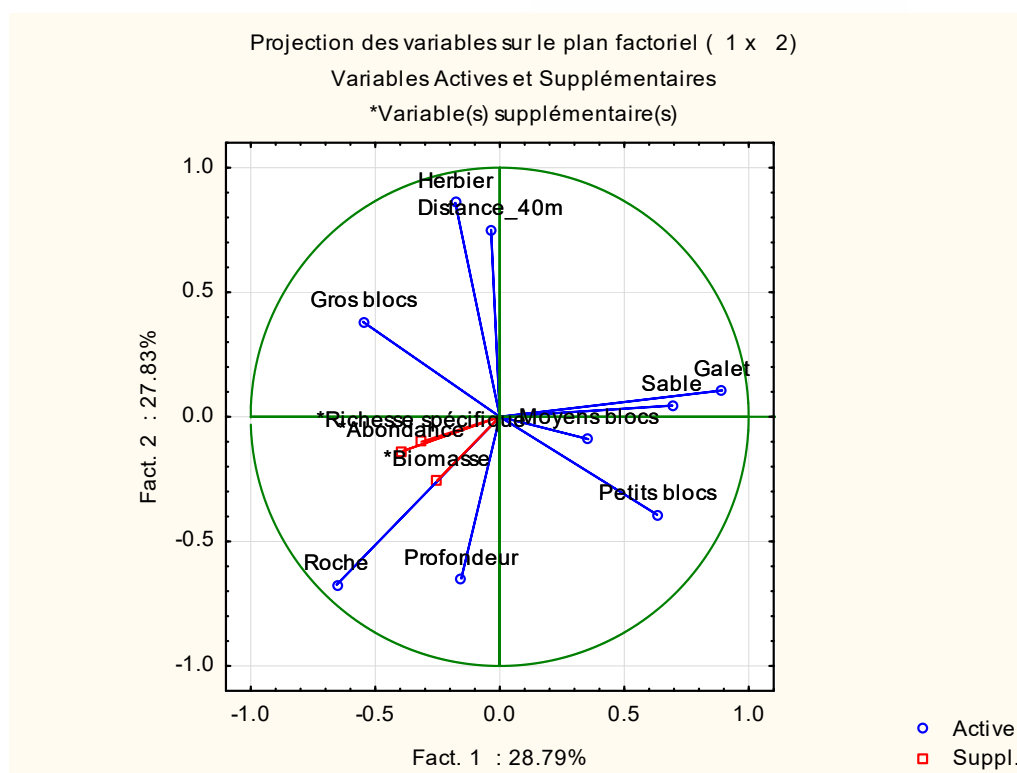


Figure 47. Projection des variables actives d'habitat et des variables supplémentaires richesse spécifique, abondance et biomasse moyenne sur le plan factoriel (1 x 2) lors du suivi réalisé en 2016 (Le Diréach *et al.*, 2017).

Cette variabilité naturelle observée doit être prise en compte afin d'étudier plus précisément l'effet des modes de gestion dans le Parc national des Calanques. En effet, visuellement, une différence entre les zones de non prélèvement (ZNP) et les zones où le prélèvement est autorisé (HZNP) est nettement observable, autant pour l'abondance (Figure 41) que pour la biomasse des espèces cibles de la pêche (Figure 45). Ces différences sont même nettement significatives en 2019 (Tableau 25, Tableau 26), mais peuvent être accentuées par un effet confondu de l'habitat, par manque d'homogénéité entre les stations.

Tableau 25. Comparaison des densités (nb individus/100 m²) calculées par modes de gestion (ZNP vs HZNP) en fonction de l'année de suivi, par GLM de loi Gamma sans tenir compte de l'habitat. Des points extrêmes ont pu être détectés et supprimés du jeu de données. (ns : non significatif; . : p<0.1; * : p<0.05; ** : p<0.01; *** : p<0.001).

Année	HZNP	ZNP	F	p-value	
2013 ^{outliers}	50.3 (35.1)	59.8 (47.3)	3.246	0.0729	.
2016 ^{outliers}	37.8 (23.8)	44.5 (30.8)	3.638	0.0577	.
2019 ^{outliers}	36.9 (22.0)	55.9 (61.3)	13.203	0.0003	***

Tableau 26. Comparaison des biomasses (kg/100m²) calculées par modes de gestion (ZNP vs HZNP) en fonction de l'année de suivi, par GLM de loi Gamma sans tenir compte de l'habitat. Des points extrêmes ont pu être détectés et supprimés du jeu de données. (ns : non significatif; . : p<0.1; * : p<0.05; ** : p<0.01; * : p<0.001).**

Année	HZNP	ZNP	F	p-value	
2013 ^{outliers}	3.0 (3.3)	4.1 (3.7)	9.288	0.0026	**
2016 ^{outliers}	3.3 (3.5)	6.7 (10.2)	16.878	<0.001	***
2019 ^{outlier}	3.0 (3.2)	10.0 (16.0)	13.203	<0.001	***

Pour tenir compte de cette variabilité naturelle, les abondances et les biomasses ont donc été modélisées en fonction des variables descriptives de l'habitat, pour chaque année de suivi. Les variables sélectionnées ne sont pas forcément les mêmes entre les années, mais les variables les plus influentes (en orange et en rouge, Tableau 27) sont principalement le nombre de petits et gros blocs, et le recouvrement en roche et en galet. (Attention ! Une variable influente ne traduit pas forcément une corrélation positive avec l'abondance ou la biomasse, mais uniquement qu'elle est importante pour modéliser la variabilité de ces paramètres. Les termes quadratiques et cubiques permettent de faire ressortir des variations non linéaires.

Tableau 27. Variables descriptives de l'habitat prise en compte dans la modélisation statistique de la densité et de la biomasse en fonction de l'année. Case blanche : variable non sélectionnée dans le modèle ; grise : sélectionnée mais non significatives ; jaune : significative avec p>0.05 ; orange : significative avec p>0.01 ; rouge : significative avec p>0.001. pB = petit bloc ; mB = moyen bloc ; gB = gros bloc ; R = roche ; HP = herbier de posidonie ; S = sable ; G = galet.

Paramètre	Année	pB	mB	gB	R	HP	S	Ga	pB ²	mB ²	gB ²	R ²	HP ²	S ²	Ga ²	pB ³	mB ³	gB ³	R ³	HP ³	S ³	Ga ³
Densité	2013																					
	2016																					
	2019																					
Biomasse	2013																					
	2016																					
	2019																					

A ce stade, les résidus issus de ces modèles correspondent à la variabilité des données d'abondance et de biomasse auxquels on a soustrait l'influence de l'habitat. Ces résidus sont analysés grâce à une ANOVA par permutation. Ces tests statistiques montrent que l'effet du mode de gestion n'est pas significatif pour l'ensemble des abondances observées depuis 2013. En effet, la variable 'mode de gestion' n'a pas d'influence sur les résidus des valeurs d'abondance issus du modèle d'habitat (p>0.09 pour 2013, 2016 et 2019 ; Tableau 28).

En revanche, un effet de la gestion est mis en évidence pour la biomasse, pour laquelle les valeurs relevées en ZNP sont significativement supérieures à celles observées hors ZNP en 2013 et 2019, lorsqu'on enlève la variabilité liée à l'habitat. Ces effets sont significatifs, mais moins marqués que si l'on ne tient pas compte de l'effet naturel de l'habitat.

Tableau 28. Résultats des ANOVA par permutation permettant de tester la relation entre les résidus des valeurs d'abondance et de la biomasse issus des modèles d'habitat, en fonction du mode de gestion.

Paramètre	Année	p-value (permutation)	
Résidus (Abondance)	2013	0.758	ns
	2016	0.099	ns
	2019	0.456	ns
Résidus (Biomasse)	2013	0.037	*
	2016	0.081	ns
	2019	0.009	**

Cette succession d'analyses permet donc de confirmer un effet de la gestion indépendamment de l'habitat et l'importance de l'habitat dans la structuration des communautés de poisson des Calanques. Cet effet de l'habitat accentue clairement l'effet réel des modes de gestion dans le Parc national des Calanques, notamment par le fait que les zones de ZNP ont été placées dans des sites dotés d'habitats remarquables, favorables à l'installation et à la croissance des poissons.

4.5 Focus sur quelques espèces cible

4.5.1 Le sar commun *Diplodus sargus*

Le sar commun *Diplodus sargus* est une espèce commune dans le parc national des Calanques, il a été observé sur les 24 stations de comptage. La biomasse de cette espèce en 2019 est significativement moins élevée qu'en 2013 et 2016 sur l'ensemble de la zone d'étude, que ce soit dans les stations HZNP, que dans les stations en ZNP (Figure 48, Tableau 29). La biomasse est, néanmoins, plus élevée sur la station S19 En Vau hors ZNP et sur les stations S04 Veyron et S10 Sud Riou en ZNP.

La biomasse moyenne est globalement plus élevée en 2019 sur les stations se situant en ZNP.

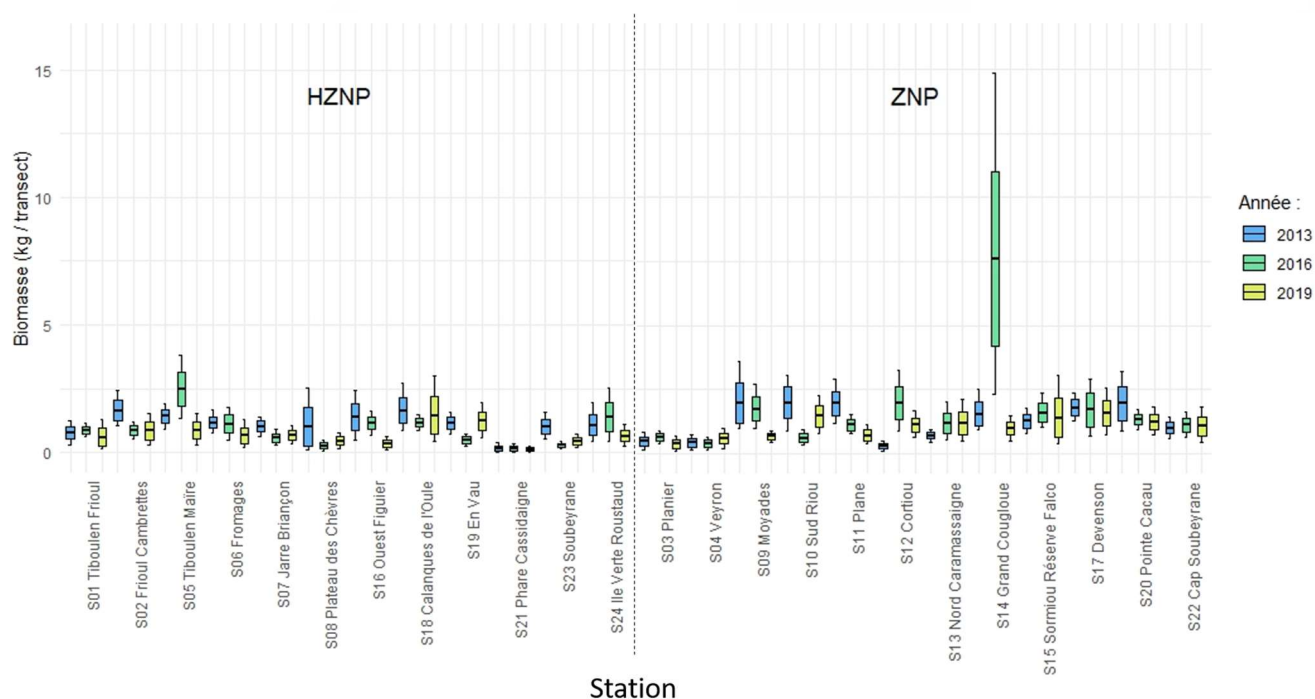


Figure 48 : Biomasse moyenne (kg/transect) de *Diplodus sargus* dans le PNCaI (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Tableau 29 : Comparaison des données de biomasse de *Diplodus sargus* en fonction des années, des stations et des modes de gestion par des tests de Kruskal-Wallis et post hoc de Mann Whitney.

Kruskal Wallis – <i>Diplodus sargus</i>	N	Chi²	P-value	
Comparaison entre années	720	16.885	<0.001	***
2013 - 2016	480		1.000	ns
2013 - 2019	480		<0.001	***
2016 - 2019	480		<0.001	***
Comparaison stations 2019	240	132.920	<0.001	***
Comparaison zones de gestion 2019	240	11.638	<0.001	***

Les sars observés en 2019 ont des tailles comprises entre 6 et 36 cm avec un maximum d'individus mesurant 24 à 26 cm (Figure 49). La distribution des classes de taille qui s'était déjà décalée vers de plus grandes tailles en 2016, s'est encore décalé en 2019, prouvant une taille moyenne plus élevée des individus de sars communs.

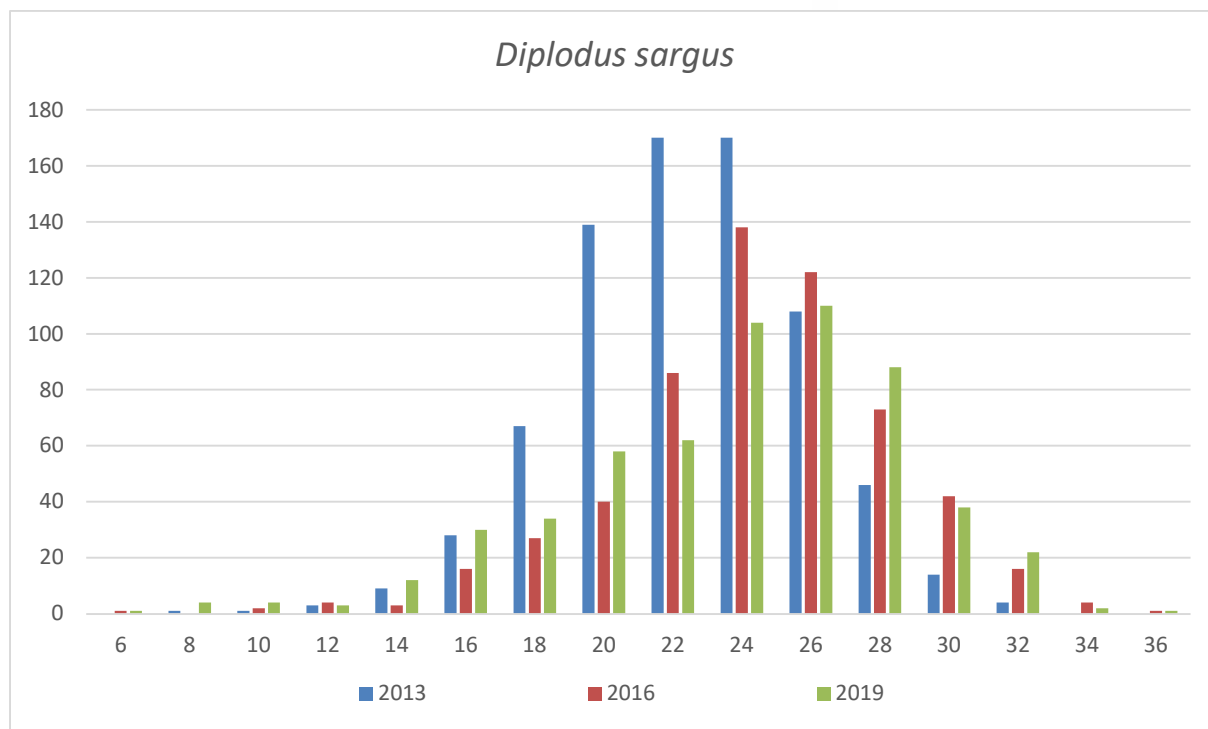


Figure 49 : Répartition des classes de tailles (en cm) de *Diplodus sargus* observés en 2013, 2016 et 2019 dans le PNCa.

4.5.2 Le sar à tête noir *Diplodus vulgaris*

La biomasse moyenne de *D. vulgaris* est significativement différente entre les 2013 et 2016, mais elle est comparable entre les années 2019 et 2013 et entre les années 2019 et 2013. Cette espèce est présente partout en quantité sur le territoire des Calanques (Figure 50). Sa biomasse a augmenté en 2019 par rapport à 2016 hors ZNP, dans les stations S01 Tiboulén du Frioul, S07 Jarre Briançon et S08 Plateau des Chèvres. En ZNP la biomasse moyenne a augmenté sur la quasi-totalité des stations, avec une très forte augmentation sur les stations S03 Planier et S17 Devenson. Elle a par contre baissé en ZNP sur les stations S04 Veyron, S09 Moyades et S13 Nord Caramassaigne.

La biomasse est significativement différente entre les stations en 2019 et elle se révèle plus élevée sur les stations en ZNP par rapport à celles hors ZNP.

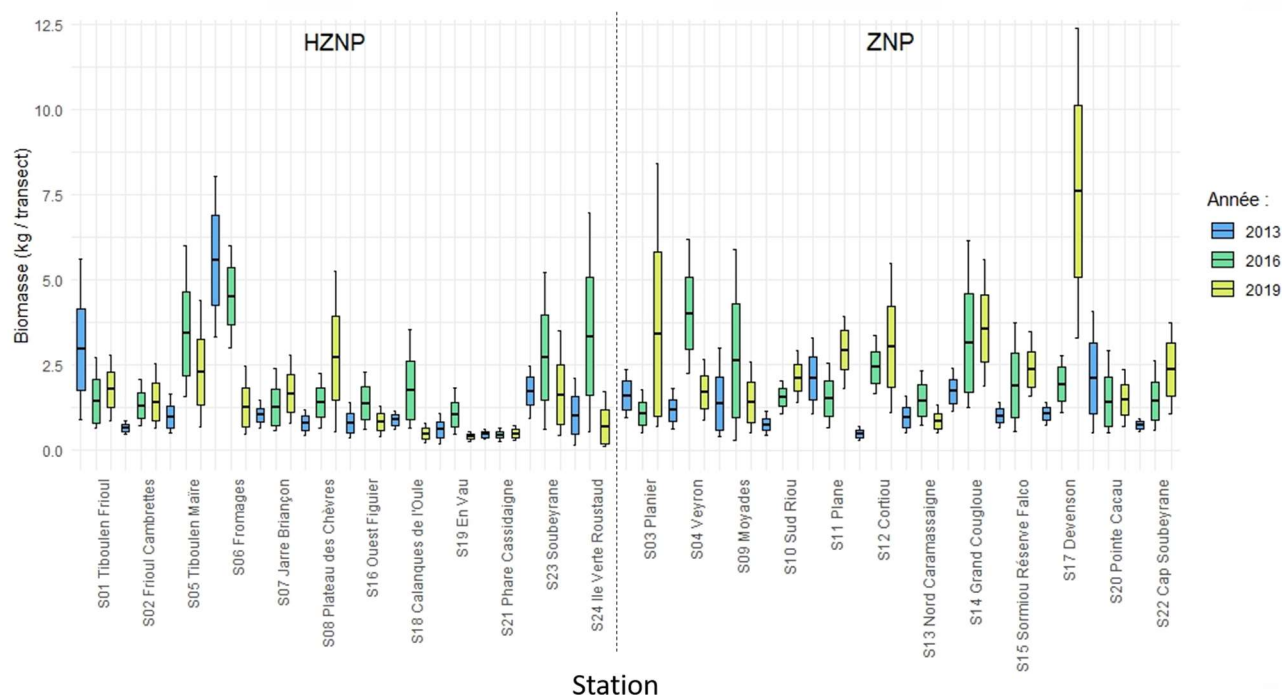


Figure 50 : Biomasse moyenne (kg/transect) de *Diplodus vulgaris* dans le PNCal (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Tableau 30 : Comparaison des données de biomasse de *Diplodus vulgaris* en fonction des années, des stations et des modes de gestion par des tests de Kruskal-Wallis et post hoc de Mann Whitney.

Kruskal Wallis – <i>Diplodus vulgaris</i>	N	Chi ²	P-value	
Comparaison entre années	720	6.361	<0.05	*
2013 - 2016	480		<0.05	*
2013 - 2019	480		0.463	ns
2016 - 2019	480		1.000	ns
Comparaison stations 2019	240	99.803	<0.01	***
Comparaison zones de gestion 2019	240	25.809	<0.001	***

La distribution de classe de taille nous montre une abondance d'individus entre 10 et 24 cm plus élevée en 2019 qu'en 2016 (Figure 51).

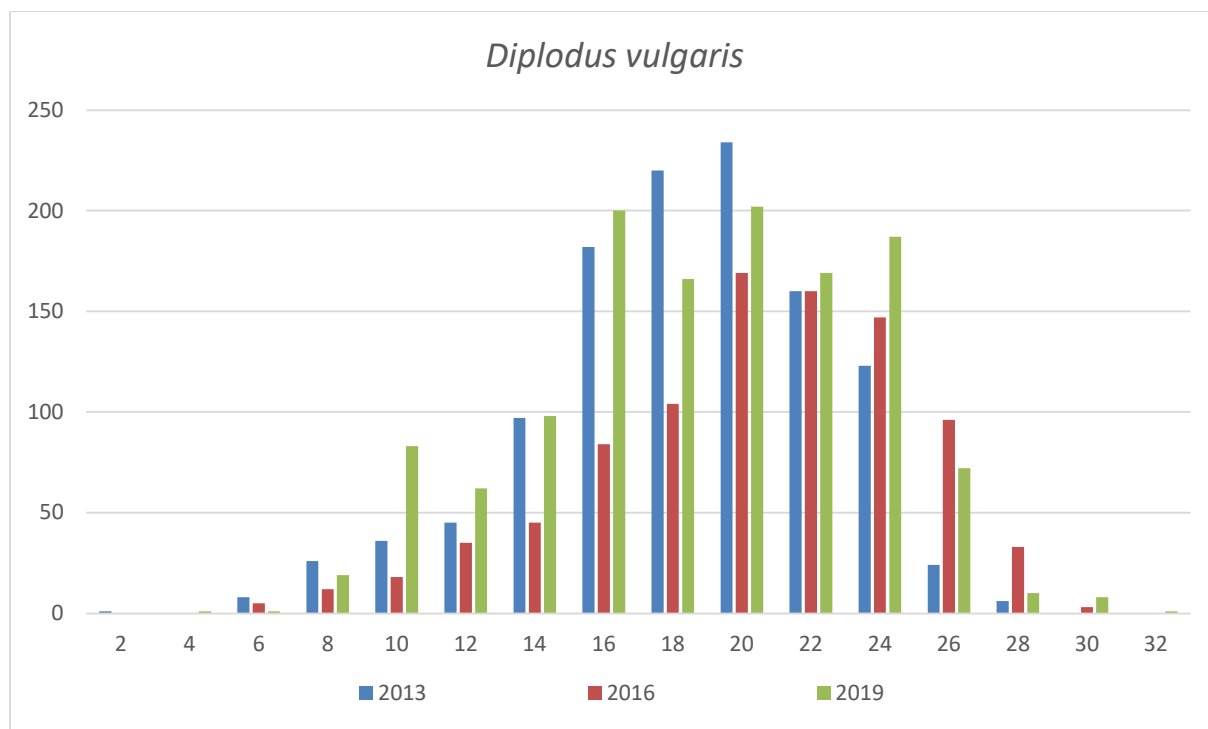


Figure 51 : Répartition des classes de tailles (en cm) de *Diplodus vulgaris* observés en 2013, 2016 et 2019 dans le PNCa.

4.5.3 Le sar à museau pointu *Diplodus puntazzo*

La biomasse du sars à museau pointu *D. puntazzo* n'a pas significativement évolué en 2019 par rapport aux années précédentes. Ponctuellement on remarque une augmentation de la biomasse en 2019 sur la station S02 Frioul Cambrette hors ZNP et sur les stations S12 Cortiou, S13 Nord Caramassaigne, S15 Sormiou Réserve Falco, S20 Pointe Cacao en ZNP (Figure 52). Cette espèce est indicatrice de l'effet réserve et nous constatons une biomasse significativement plus élevée sur les sites en ZNP par rapport aux sites hors ZNP.

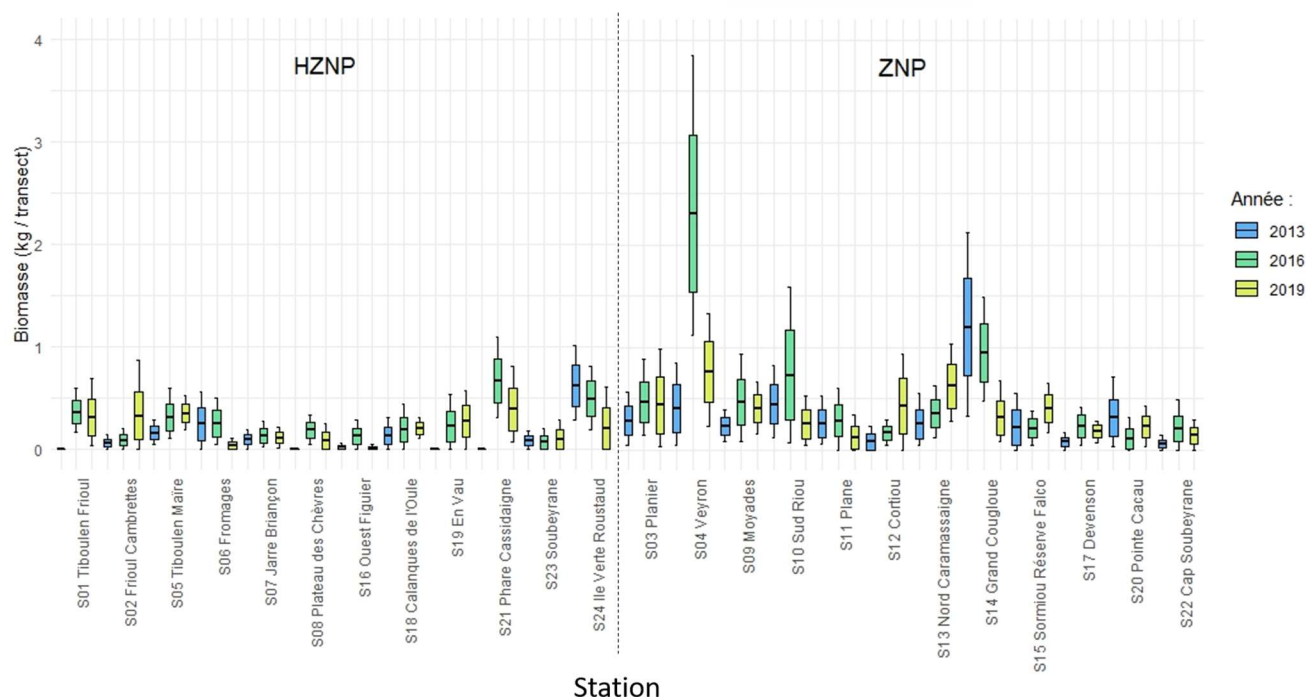


Figure 52 : Biomasse moyenne (kg/transect) de *Diplodus puntazzo* dans le PNCal (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Tableau 31 : Comparaison des données de biomasse de *Diplodus puntazzo* en fonction des années, des stations et des modes de gestion par des tests de Kruskal-Wallis et post hoc de Mann Whitney.

Kruskal Wallis – <i>Diplodus puntazzo</i>	N	Chi ²	P-value	
Comparaison entre années	720	14.817	<0.001	***
2013 - 2016	480		<0.001	***
2013 - 2019	480		0.080	ns
2016 - 2019	480		0.263	ns
Comparaison stations 2019	240	77.803	<0.001	***
Comparaison zones de gestion 2019	240	6.363	<0.05	*

Les individus les plus abondants mesurent entre 26 et 28 cm (Figure 53). Cette abondance est en augmentation constante depuis 2013. Néanmoins, on constate une diminution de l'abondance de grands individus supérieur à 30 cm en 2019 par rapport à 2016.

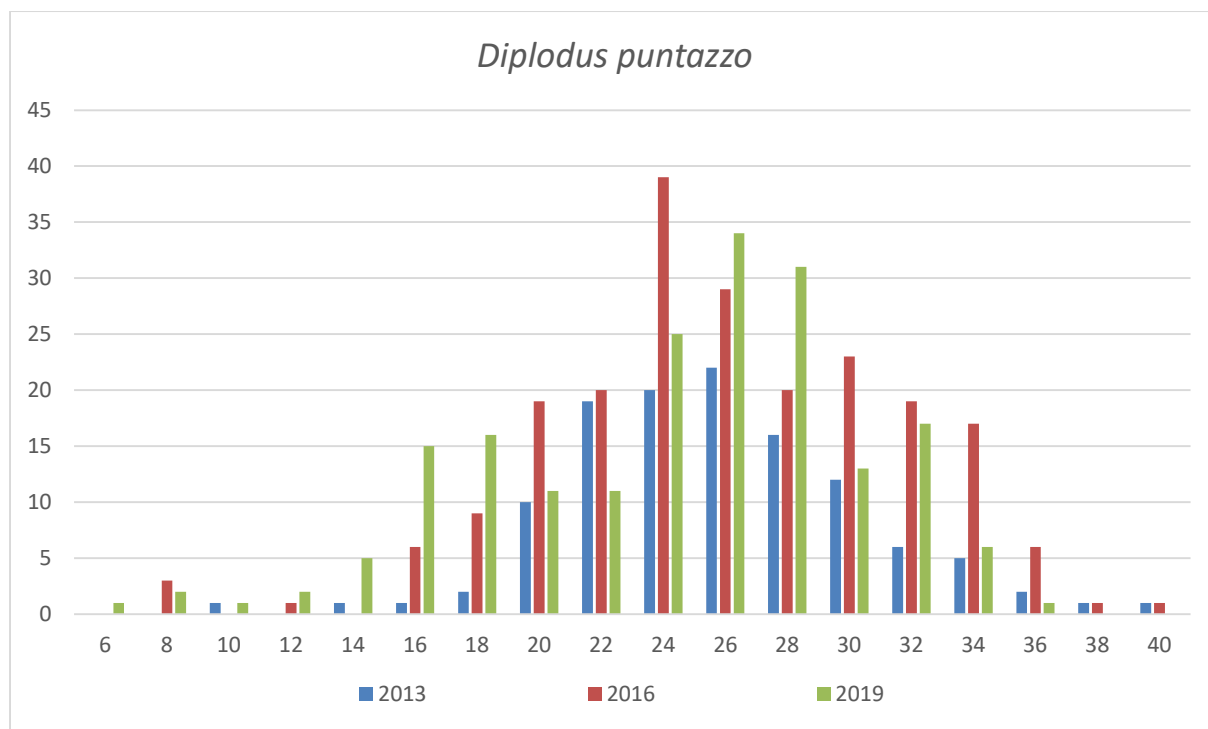


Figure 53 : Répartition des classes de tailles (en cm) de *Diplodus puntazzo* observés en 2013, 2016 et 2019 dans le PNCal.

4.5.4 Le mérou *Epinephelus marginatus*

Le mérou brun est une espèce emblématique de méditerranée, sous la protection d'un moratoire. Depuis 1993, sa pêche sous-marine est interdite et depuis 2002, il est également interdit de le pêcher à l'hameçon. La présence du mérou brun est peu homogène dans le PNCaI. Le mérou est présent sur la plupart des stations en ZNP, avec une abondance qui augmente fortement notamment sur les stations S04 Veyron, S13 Nord Caramassaigne, S14 Grand Congloue et S20 Pointe Cacaou (Figure 54). En dehors des ZNP la présence de mérous est beaucoup plus rare, néanmoins sa biomasse a augmenté sur la station S24 Ile Verte Roustaud et des individus ont été observé sur la station S21 Phare Cassidaigne en 2019 alors qu'aucun individu n'avait été répertorié pendant les suivis de 2013 et 2016.

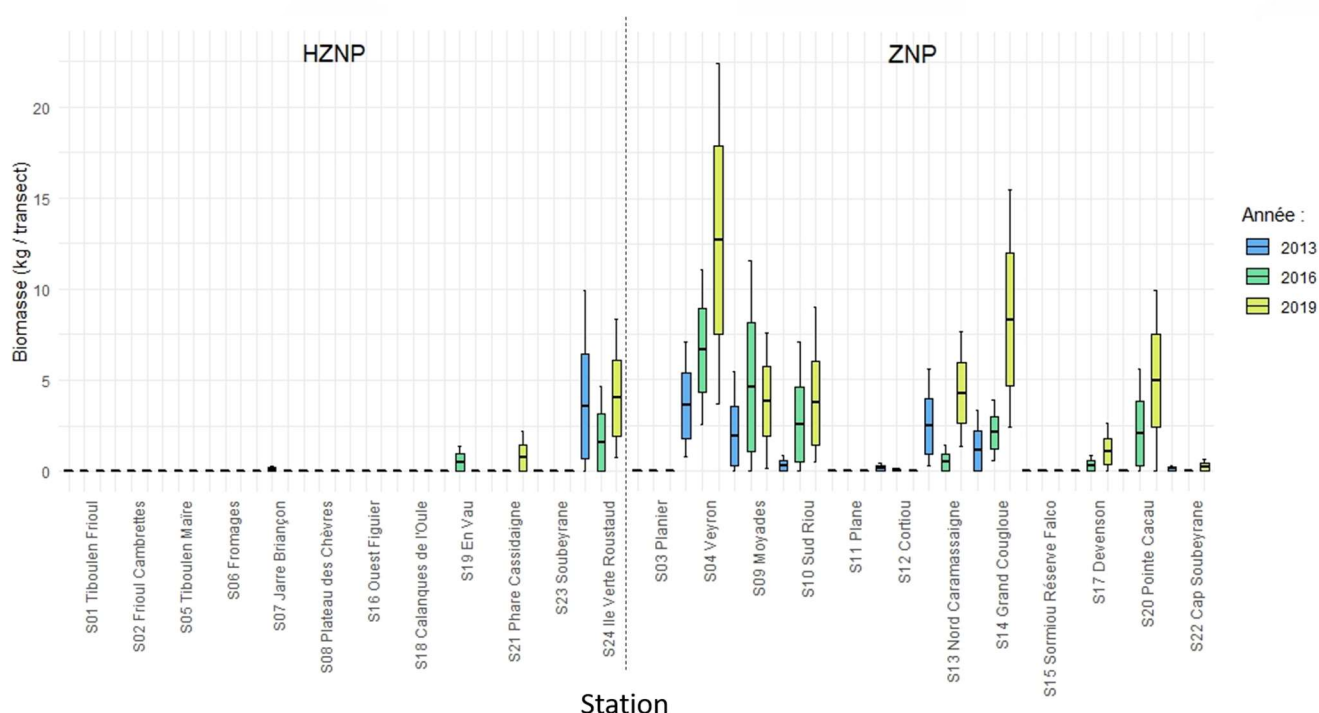


Figure 54 : Biomasse moyenne (kg/transect) de *Epinephelus marginatus* dans le PNCaI (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Tableau 32 : Comparaison des données de biomasse de *Epinephelus marginatus* en fonction des années, des stations et des modes de gestion par des tests de Kruskal-Wallis et post hoc de Mann Whitney.

Kruskal Wallis – <i>Epinephelus marginatus</i>	N	Chi ²	P-value	
Comparaison entre années	720	10.964	<0.01	**
2013 - 2016	480		0.884	ns
2013 - 2019	480		<0.01	**
2016 - 2019	480		0.097	ns
Comparaison stations 2019	240	171.2	<0.001	***
Comparaison zones de gestion 2019	240	23.082	<0.001	***

Les mérous comptabilisés en 2019 mesuraient entre 30 et 100 cm, dans les mêmes gammes de taille que les années précédentes (Figure 55). Cependant, leur abondance est plus importante dans la majorité des classes

de taille. Depuis 2016, une plus grande abondance de mérous de 50 cm, 70 cm, 80 cm, 90 cm et 95 cm a été observée. Les femelles adultes voient leur sexe s'inverser en moyenne entre 80 cm et 90 cm, et les individus atteignent la maturité sexuelle entre 40 cm et 60 cm. Les mérous comptabilisés dans le suivi de 2019 étaient donc dans la très grande majorité en âge de se reproduire.

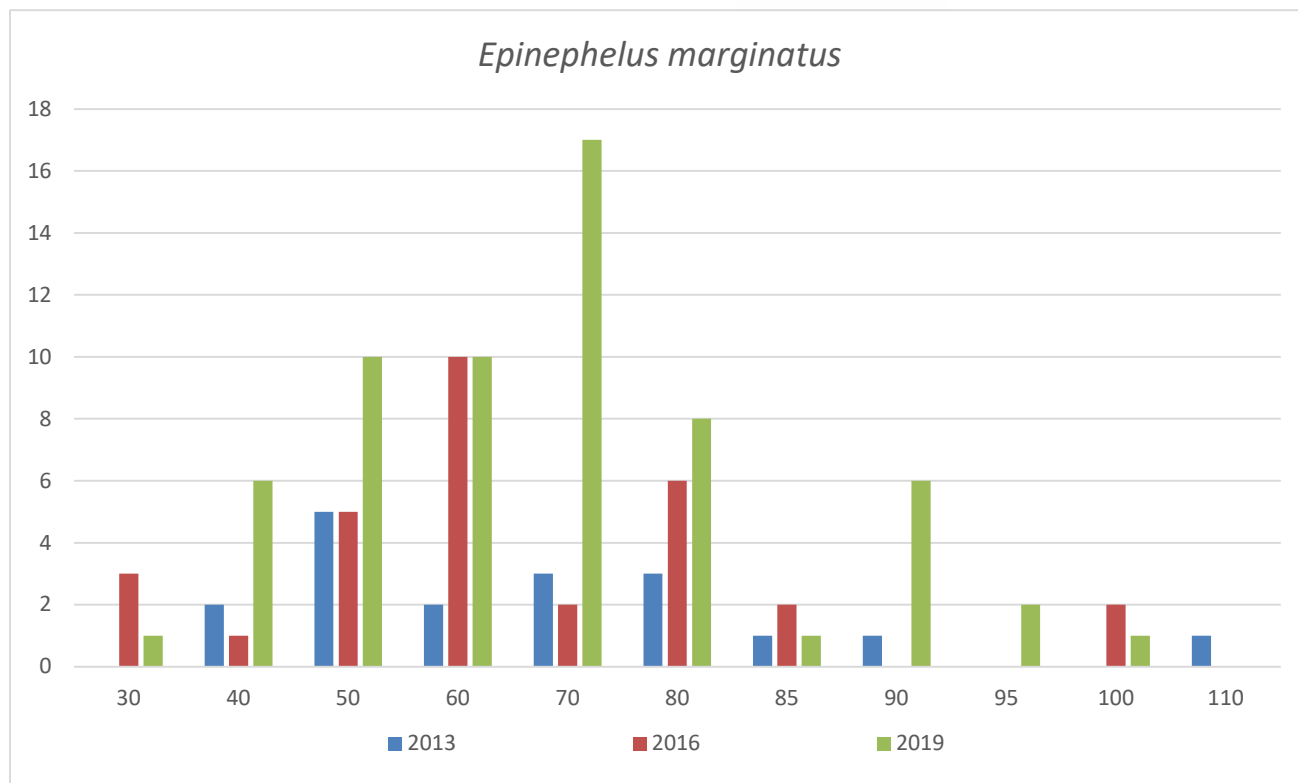


Figure 55 : Répartition des classes de tailles (en cm) de *Epinephelus marginatus* observés en 2013, 2016 et 2019 dans le PNCal.

4.5.5 La girelle *Coris julis*

La girelle *C. julis* est une espèce ubiquiste des assemblages méditerranéens. Sa biomasse en 2019 est très similaire à celle observée en 2016 sur la plupart des stations (Figure 56).

Une très forte biomasse en girelle est observée, comme en 2013 et 2016, aux stations S04 Veyron et S03 Planier en ZNP. La station S08 Plateau des Chèvres a également une biomasse en *C. julis* plus importante hors ZNP par rapport aux autres stations qui ne possèdent pas de statut de gestion particulier.

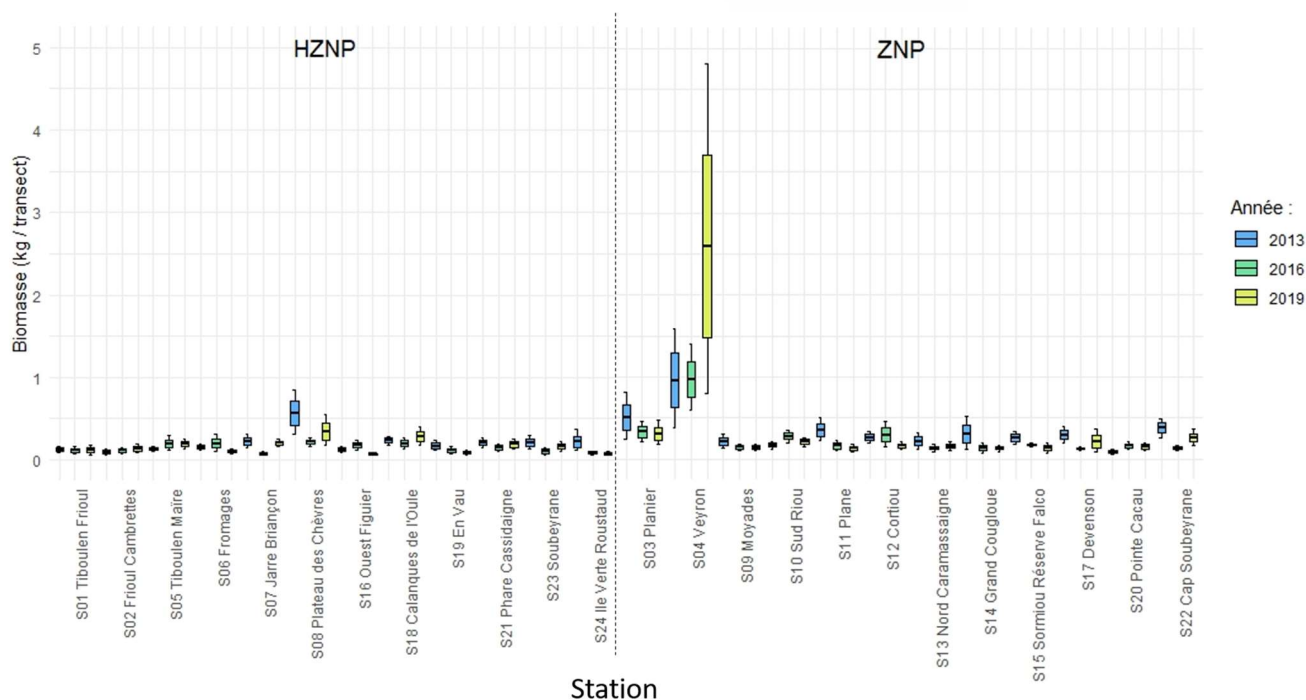


Figure 56 : Biomasse moyenne (kg/transect) de *Coris julis* dans le PNCaI (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Tableau 33 : Comparaison des données de biomasse de *Coris julis* en fonction des années, des stations et des modes de gestion par des tests de Kruskal-Wallis et post hoc de Mann Whitney.

Kruskal Wallis – <i>Coris julis</i>	N	Chi ²	P-value	
Comparaison entre années	720	13.818	<0.001	***
2013 - 2016	480		<0.05	*
2013 - 2019	480		<0.01	**
2016 - 2019	480		1.000	ns
Comparaison stations 2019	240	142.090	<0.001	***
Comparaison zones de gestion 2019	240	6.218	<0.01	**

La répartition des classes de taille des girelles fait apparaître un décalage vers une taille moyenne plus élevée en 2019 qu'en 2016 pour une même gamme de tailles échantillonnées (Figure 57Erreur ! Source du renvoi introuvable.). Les grands individus sont plus nombreux et les petits moins nombreux qu'en 2016.

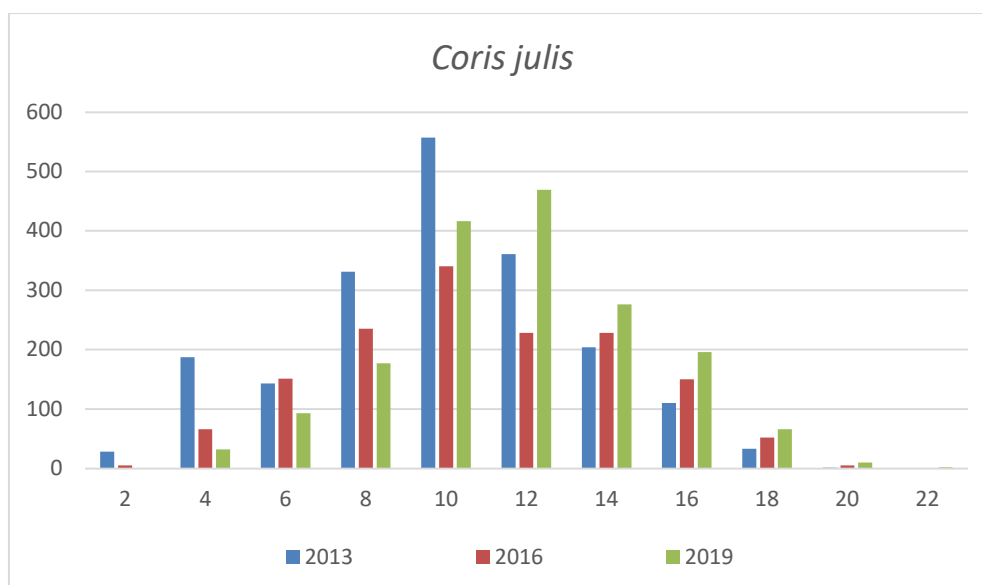


Figure 57 : Répartition des classes de tailles (en cm) de *Coris julis* observés en 2013, 2016 et 2019 dans le PNCal.

Le sexe ratio (rapport nombre de mâles/nombre de femelles) a progressé en faveur des mâles entre 2016 et 2019 dans la plupart des stations (

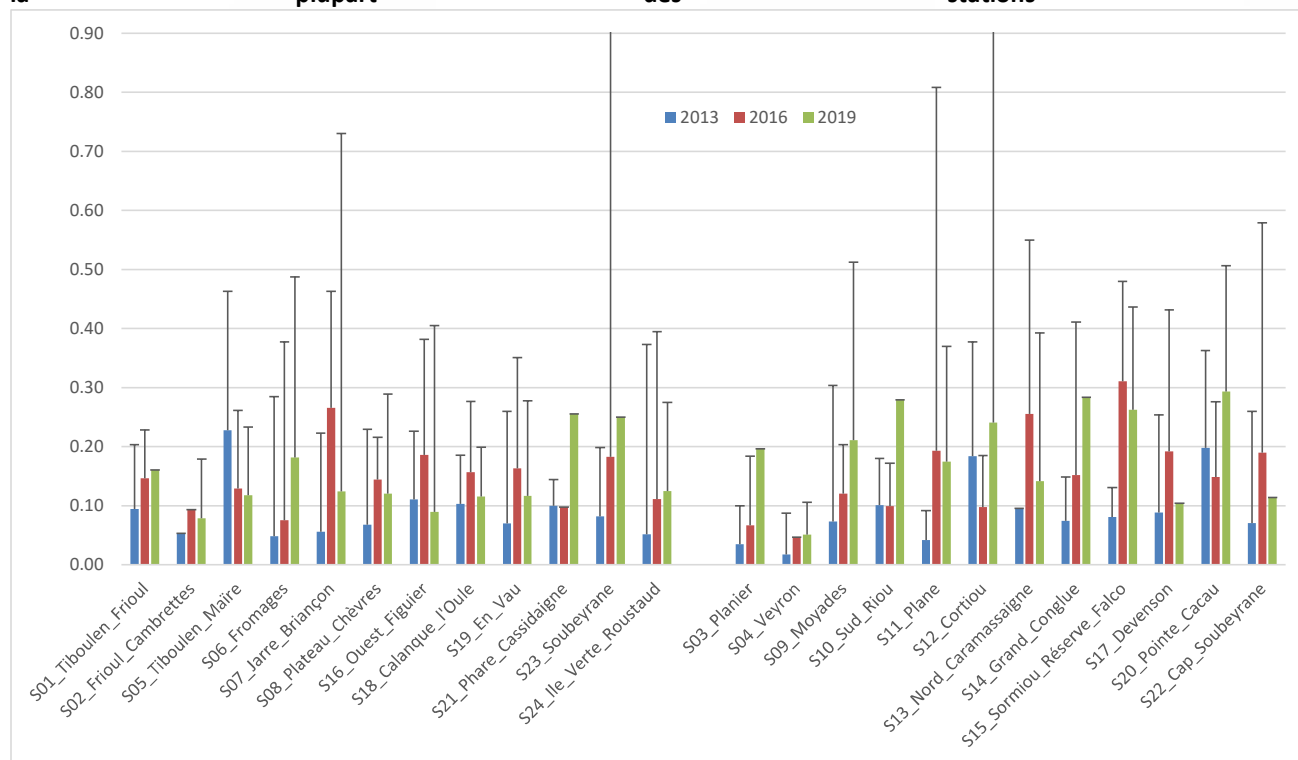


Figure 58Erreur ! Source du renvoi introuvable.) sauf à S02 Frioul Cambrettes, S05 Tiboulon Maire, S07 Jarre Briançon, S08 Plateau Chèvres, S16 Ouest Figuiér, S18 Calanque de l'Oule et S19 En Vau, hors ZNP et sauf aux stations S11 Plane, S13 Nord Caramassaigne, S15 Sormiou Réserve Falco, S17 Devenson et S22 Cap Soubeyrane. Ce rapport male/ femelle a tendance à basculer en faveur des girelles de grande taille (mâles) dans les zones moins soumises à la pêche à la ligne avec de petits hameçons et à diminuer dans les zones plus impactées par ce type de pêche

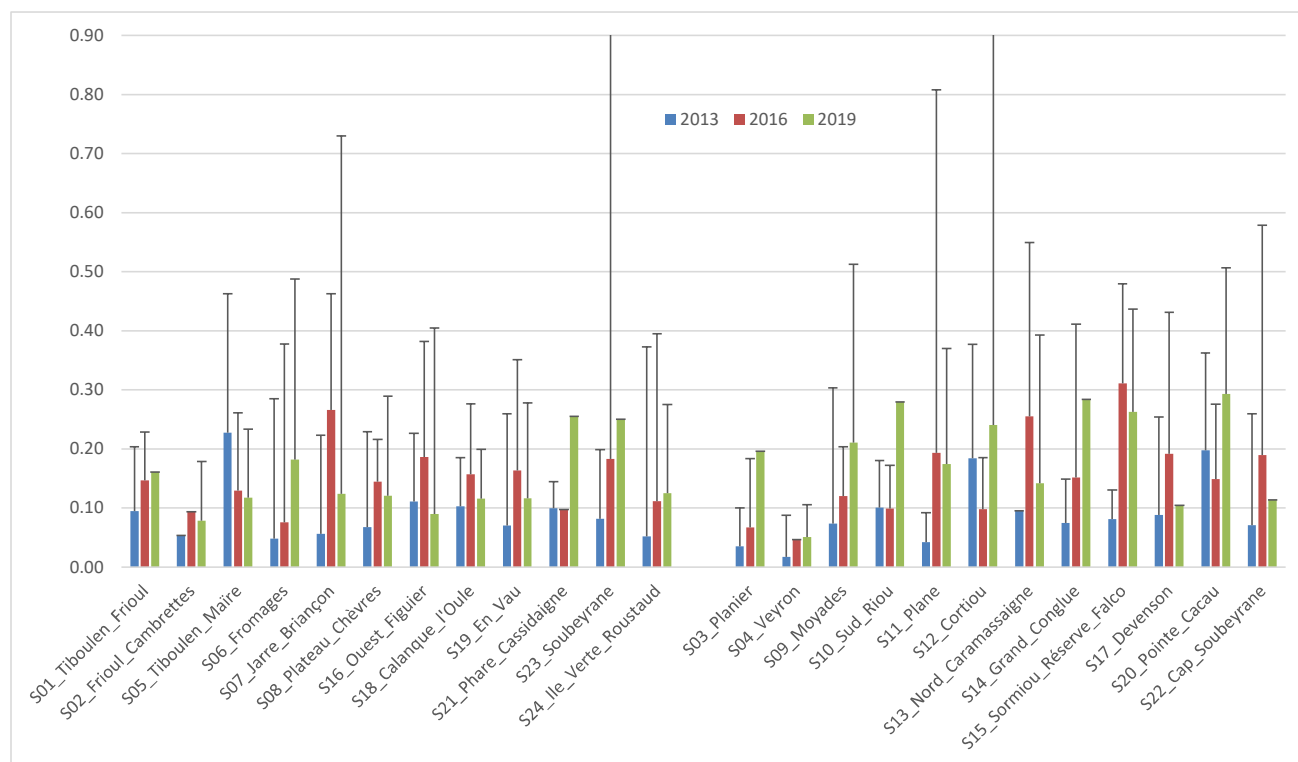


Figure 58 : Rapport mâle/femelles de girelles *Coris julis* observé en 2013, 2016 et 2019 dans le PNCal. Barres d'erreur (écart type).

4.5.6 Le serran chevrette *Serranus cabrilla*

La biomasse de serrans chevrette en 2019 est similaire à celle de 2016 dans les stations hors ZNP. Néanmoins, elle a fortement augmenté à la station S19 En Vau (Figure 59). Les valeurs de biomasse dans les stations en ZNP sont plus élevées par rapport aux stations hors ZNP. Elles sont également plus élevées par rapport à 2016 dans la majorité des stations en ZNP hormis sur S11 Plane et S22 Cap Soubeyrane. Une biomasse particulièrement élevée a été relevée sur la station S12 Cortiou.

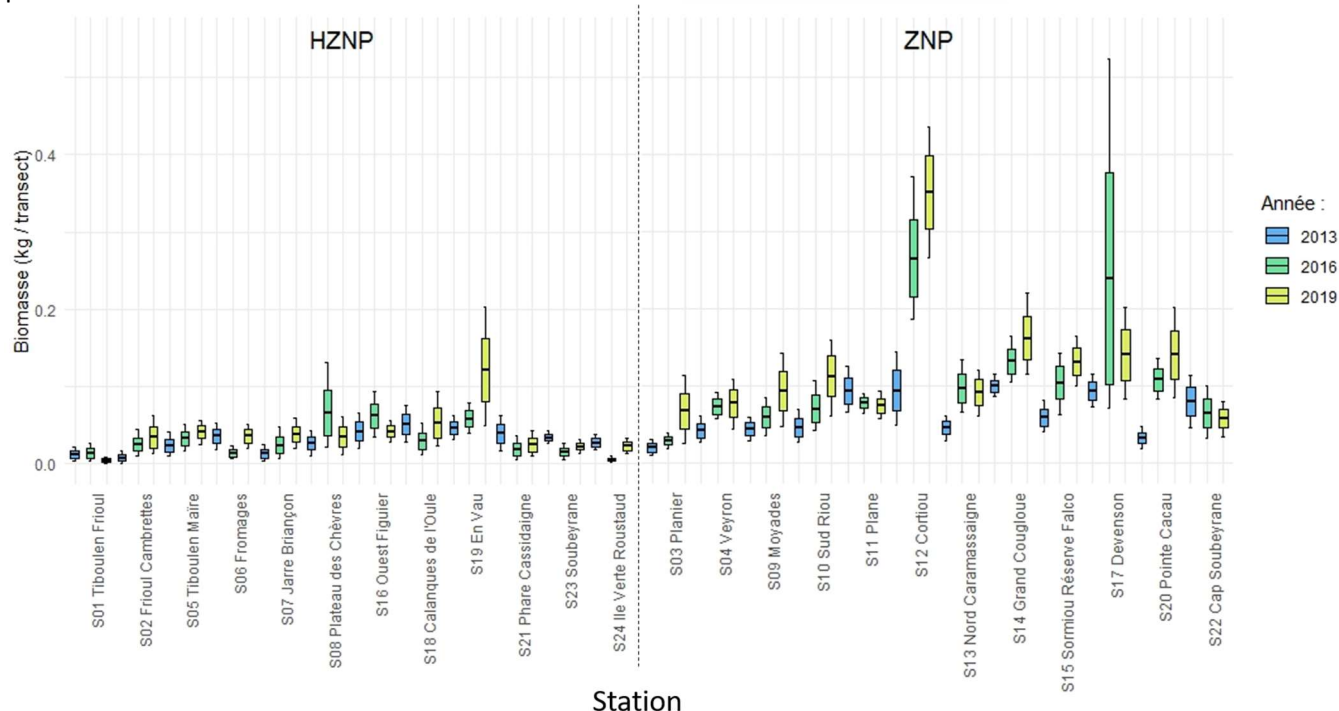


Figure 59 : Biomasse moyenne (kg/transect) de *Serranus cabrilla* dans le PNCaI (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Tableau 34 : Comparaison des données de biomasse de *Serranus cabrilla* en fonction des années, des stations et des modes de gestion par des tests de Kruskal-Wallis et post hoc de Mann Whitney

Kruskal Wallis – <i>Serranus cabrilla</i>	N	Chi ²	P-value	
Comparaison entre années	720	13.621	<0.01	**
2013 - 2016	480		0.092	ns
2013 - 2019	480		<0.001	***
2016 - 2019	480		0.385	ns
Comparaison stations 2019	240	284.94	<0.001	***
Comparaison zones de gestion 2019	240	70.373	<0.001	***

Les individus de *Serranus cabrilla* sont très ciblés par l'activité de pêche de loisir à la ligne, leur répartition de taille est donc un bon indicateur de l'efficacité de zones de non prélèvement.

Les serrans chevrette présentent 2 modes correspondant d'une part aux juvéniles de l'année (LT comprise entre 4 et 10 cm) et d'autre part aux adultes (LT supérieure ou égale à 12 cm).

Dans les ZNP une part plus importante de grands individus est observée en 2019 par rapport aux années 2013 et 2016 (Figure 60). Dans les stations hors ZNP, la taille des individus est inférieure, comprise entre 10 et 12 m, mais l'abondance reste supérieure en 2019 par rapport aux années précédentes. Très peu d'individus supérieur à 16 cm ont été vus sur ces stations.

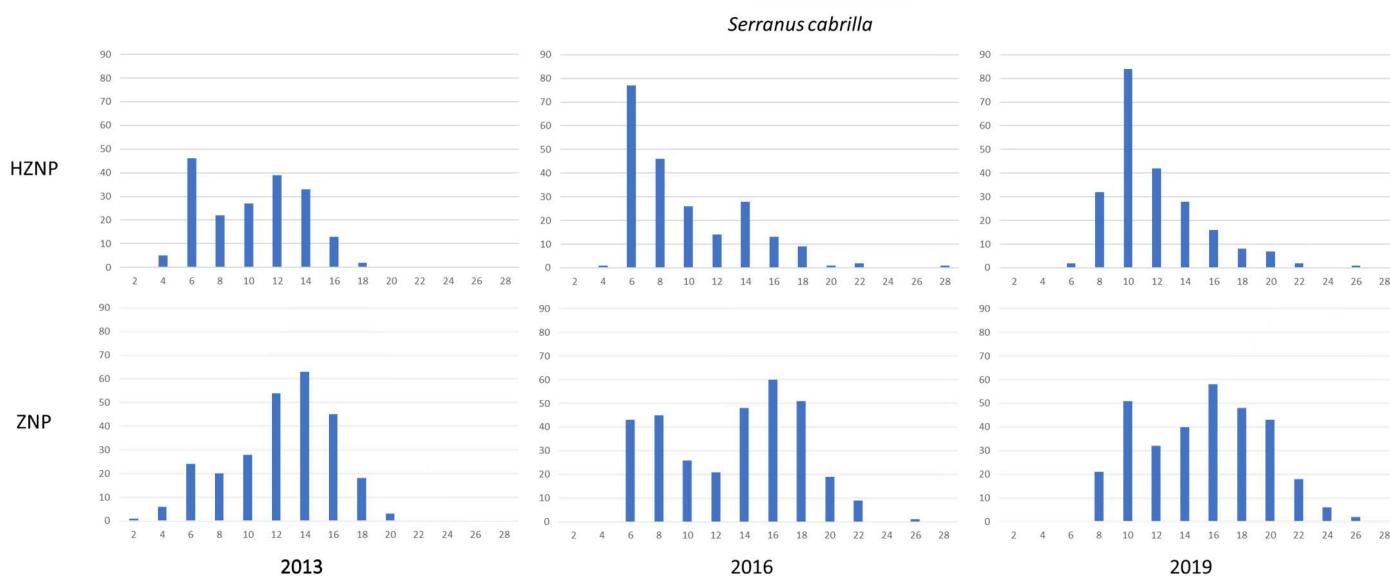


Figure 60 : Répartition des classes de tailles (en cm) de *Serranus cabrilla* observés en 2013, 2016 et 2019 dans le PNCal, dans les zones de non prélèvement (HZNP) et en dehors (HZNP).

4.5.7 Le labre merle *Labrus merula*

Le labre merle *L. merula* est en augmentation dans la majorité des stations en ZNP (Figure 61 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) sauf aux stations S10 Sud Riou, S13 Nord Caramassaigne et S17 Devenson. Cet indicateur de la pression de chasse sous-marine augmente également dans des stations hors ZNP situées en cœur de Parc comme à la station S08 Plateau des Chèvres et S19 En Vau.

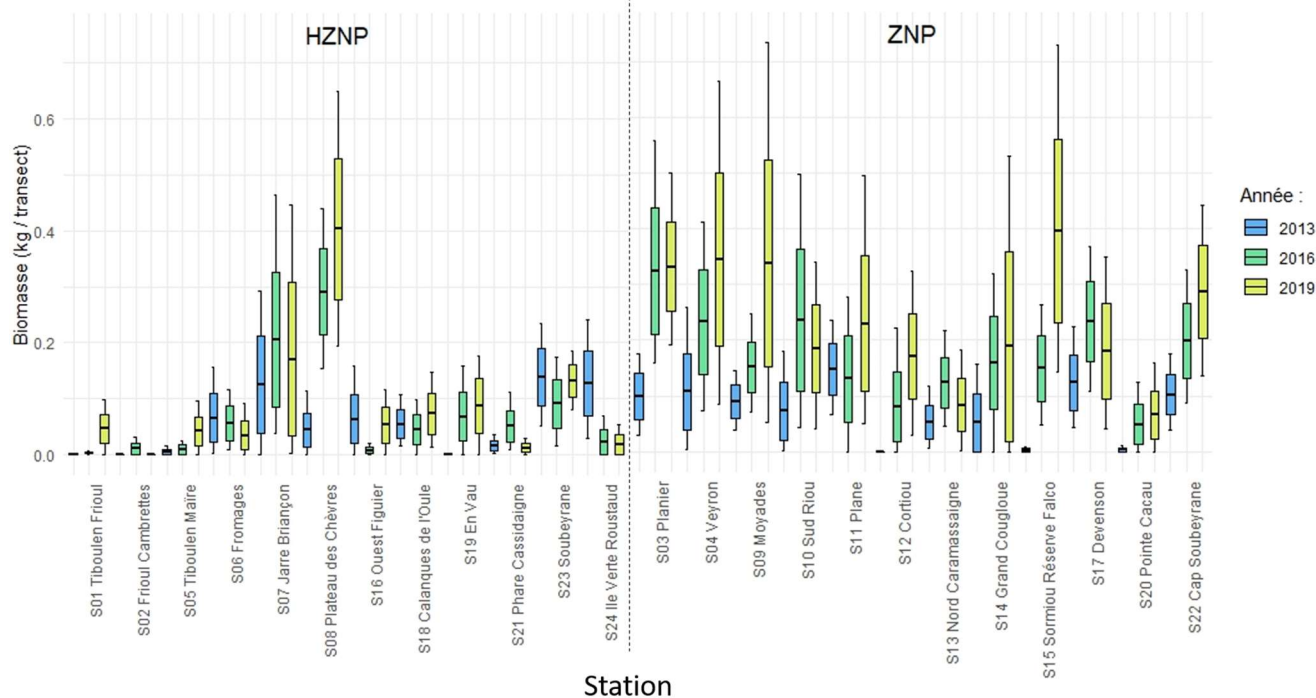


Figure 61 : Biomasse moyenne (kg/transect) de *Labrus merula* dans le PNCaI (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Tableau 35 : Comparaison des données de biomasse de *Labrus merula* en fonction des années, des stations et des modes de gestion par des tests de Kruskal-Wallis et post hoc de Mann Whitney

Kruskal Wallis – <i>Labrus merula</i>	N	Chi ²	P-value	
Comparaison entre années	720	11.172	<0.05	*
2013 - 2016	480		<0.05	*
2013 - 2019	480		<0.01	**
2016 - 2019	480		1.000	ns
Comparaison stations 2019	240	123.940	<0.001	***
Comparaison zones de gestion 2019	240	12.097	<0.001	***

La répartition de classe de taille du labre merle va de 6 cm à 46 cm (Figure 62). En 2019, l'abondance est similaire pour la plupart des classes de taille par rapport à 2016 exceptée pour les très grands individus. Des individus compris entre 40 cm et 46 cm ont été observés en 2019 alors qu'ils n'avaient jamais été observé auparavant.

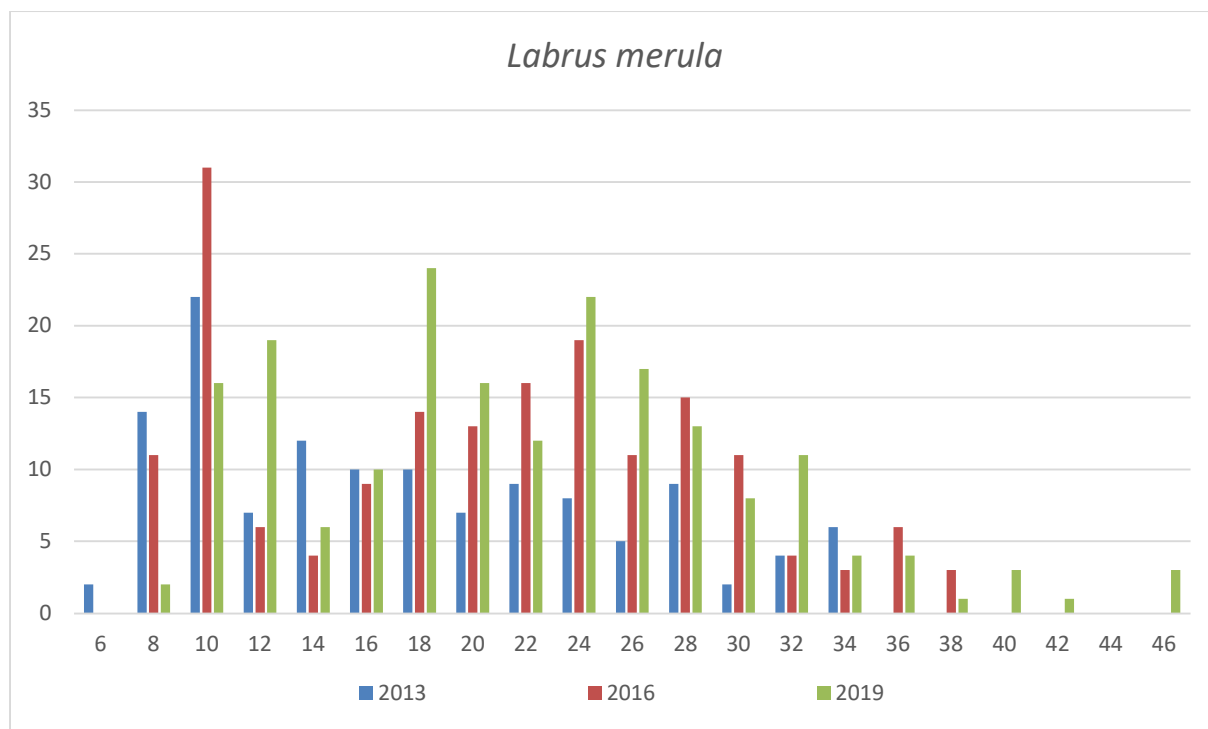


Figure 62 : Répartition des classes de tailles (en cm) de *Labrus merula* observée en 2013, 2016 et 2019 dans le PNCaI.

4.5.8 Le labre vert *Labrus viridis*

Le labre vert *Labrus viridis* est une espèce cible de la chasse sous-marine comme le labre merle. Les biomasses de cette espèce sont plus élevées dans les ZNP qu'en-dehors, bien que l'espèce ne soit pas très abondante en général (Figure 63 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). En 2019, des biomasses plus élevées qu'en 2016 ont été relevées aux stations S07 Jarre Briançon, S18 Calanque de l'Oule, S23 Soubeyrane hors ZNP et aux stations S03 Planier, S13 Nord Caramassaigne, S15 Sormiou Réserve Falco et S22 Cap Soubeyrane. Aucune différence significative entre les valeurs de biomasse en fonction des modes de gestion et entre les différentes années n'est à relever statistiquement. (Tableau 36)

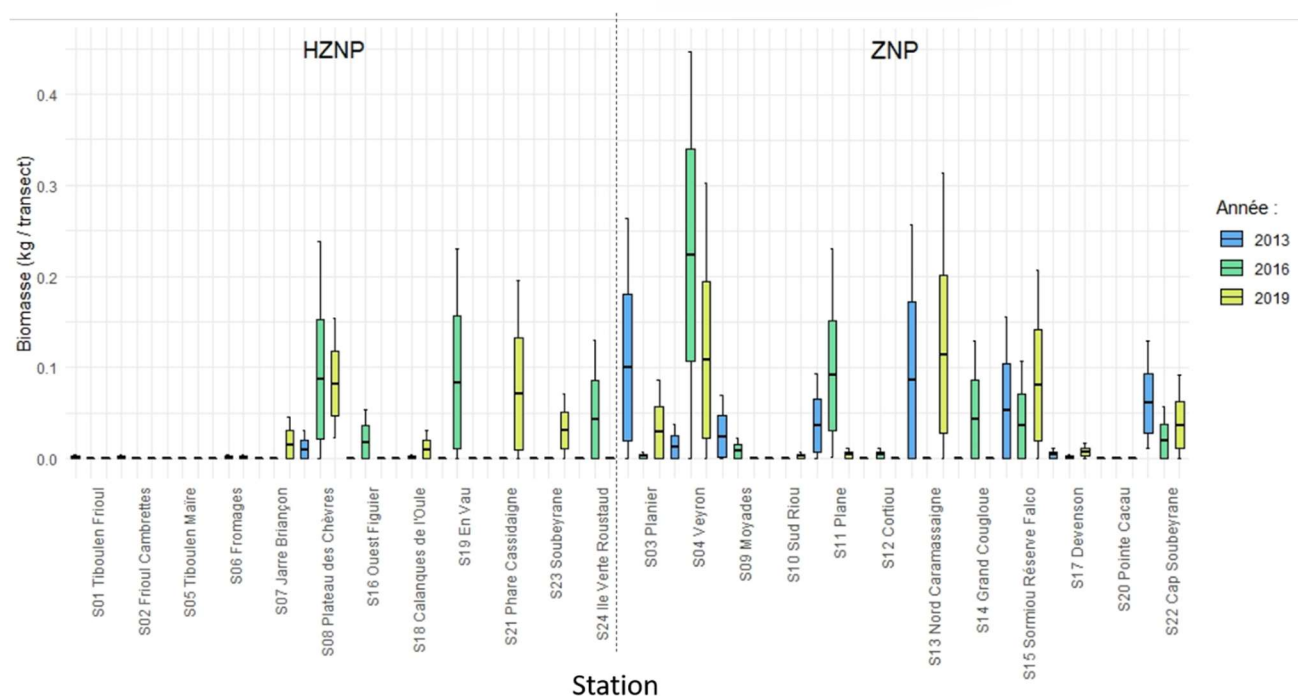


Figure 63 : Biomasse moyenne (kg/transect) de *Labrus viridis* dans le PNCaI (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Tableau 36 : Comparaison des données de biomasse de *Labrus viridis* en fonction des années, des stations et des modes de gestion par des tests de Kruskal-Wallis et post hoc de Mann Whitney

Kruskal Wallis – <i>Labrus viridis</i>	N	Chi ²	P-value	
Comparaison entre années	720	2.779	0.249	ns
2013 - 2016	480		1.000	ns
2013 - 2019	480		0.380	ns
2016 - 2019	480		0.630	ns
Comparaison stations 2019	240	60.228	<0.001	***
Comparaison zones de gestion 2019	240	0.070	0.791	ns

Les individus de labre vert recensés en 2019 mesuraient entre 10 et 40 cm (Figure 64), avec une abondance plus importante compris entre 10 et 12 cm, cependant le faible nombre de labres verts observés ne permet pas de définir une véritable répartition des classes de taille (ni de mettre en évidence des différences significatives de biomasses entre années).

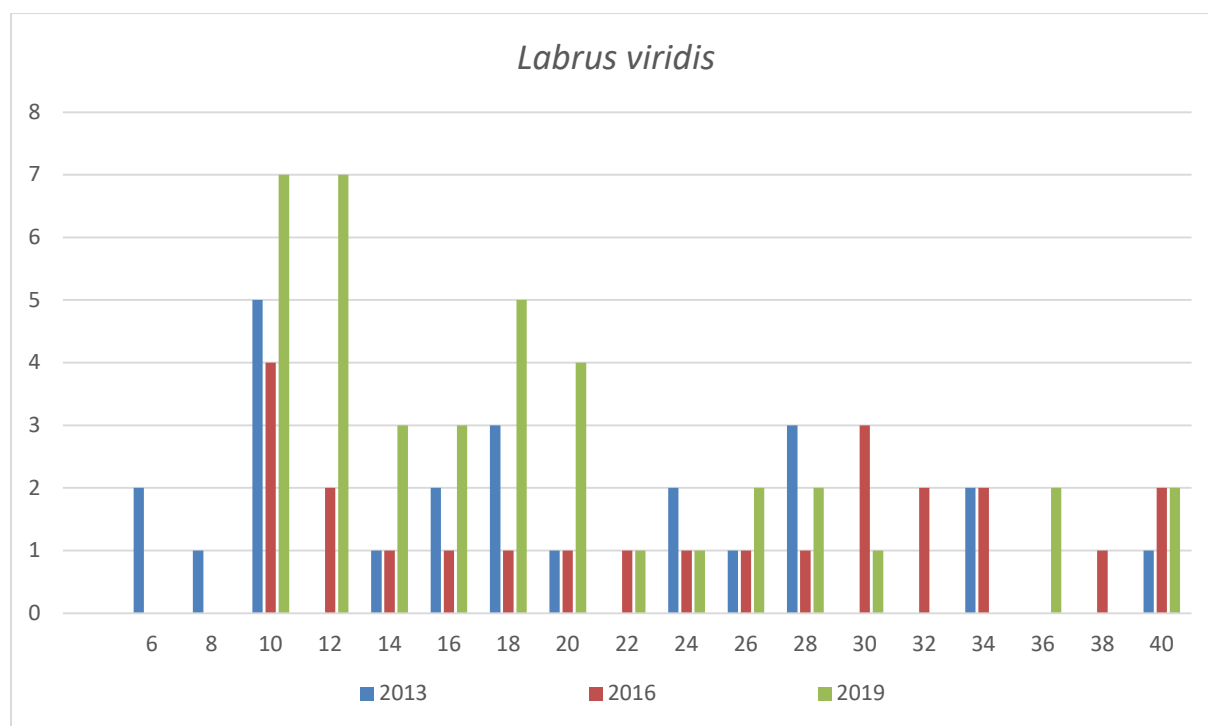


Figure 64 : Répartition des classes de tailles (en cm) de *Labrus viridis* observée en 2013, 2016 et 2019 dans le PNCaI.

4.5.9 Le crénilabre *Symphodus mediterraneus*

Ce crénilabre rentre dans la composition de la soupe de roche et peut être capturé au filet (trémil à petite maille) au même titre que *S. tinca*, pour les plus grands individus. Cette espèce qui était abondante en 2016 a été bien moins fréquente en 2019. Les valeurs de biomasse ont diminué à toutes les stations que ce soit en ZNP que hors ZNP, à l'exception de la station S12 Cortiou où l'abondance est plus élevée qu'en 2016 (Figure 65).

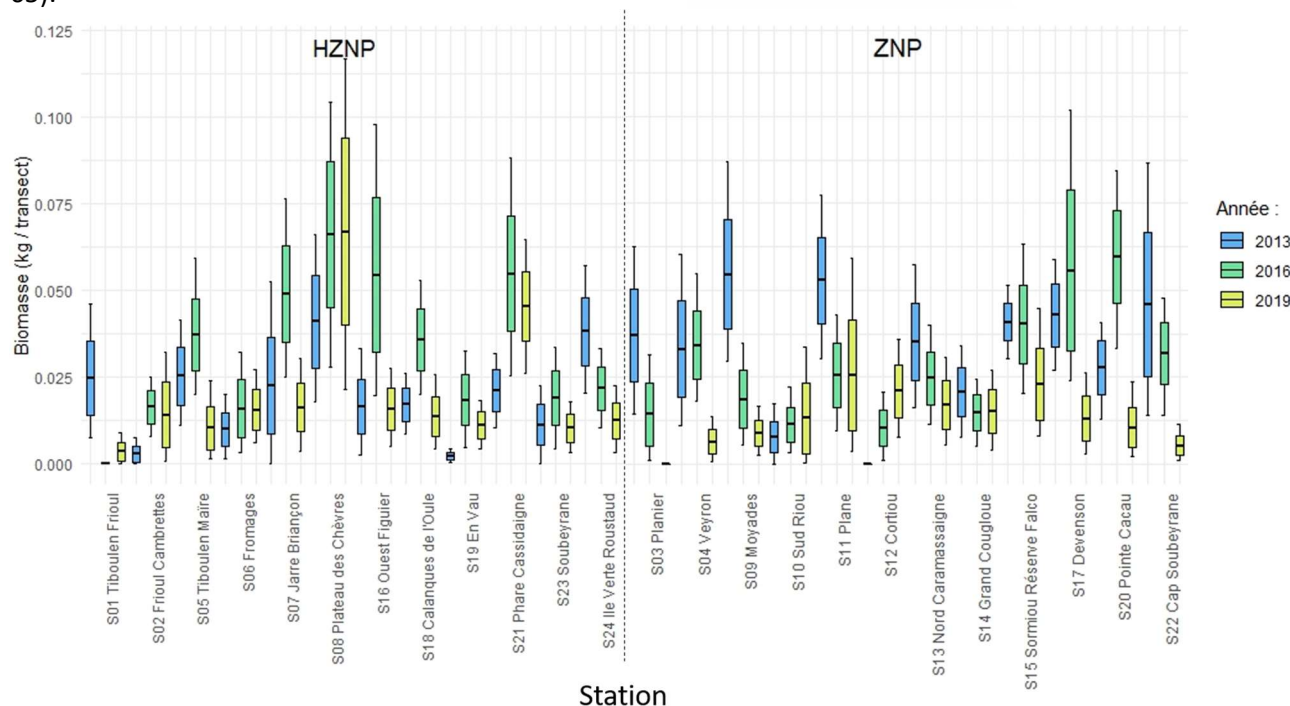


Figure 65 : Biomasse moyenne (kg/transect) de *Symphodus mediterraneus* dans le PNCaI (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Tableau 37 : Comparaison des données de biomasse de *Symphodus mediterraneus* en fonction des années, des stations et des modes de gestion par des tests de Kruskal-Wallis et post hoc de Mann Whitney

Kruskal Wallis – <i>Symphodus mediterraneus</i>	N	Chi ²	P-value	
Comparaison entre années	720	23.046	<0.001	***
2013 - 2016	480		0.484	ns
2013 - 2019	480		<0.01	**
2016 - 2019	480		<0.001	***
Comparaison stations 2019	240	79.507	<0.001	***
Comparaison zones de gestion 2019	240	2.171	0.141	ns

La répartition des classes de tailles nous montre que les petits individus, entre 4 et 6 cm, ont été plus abondants en 2019 par rapport à 2016 (Figure 66). Les individus de plus de 8 cm ont été moins abondants qu'en 2016, on observe donc un décalage vers des classes de tailles inférieures pour ce crénilabre.

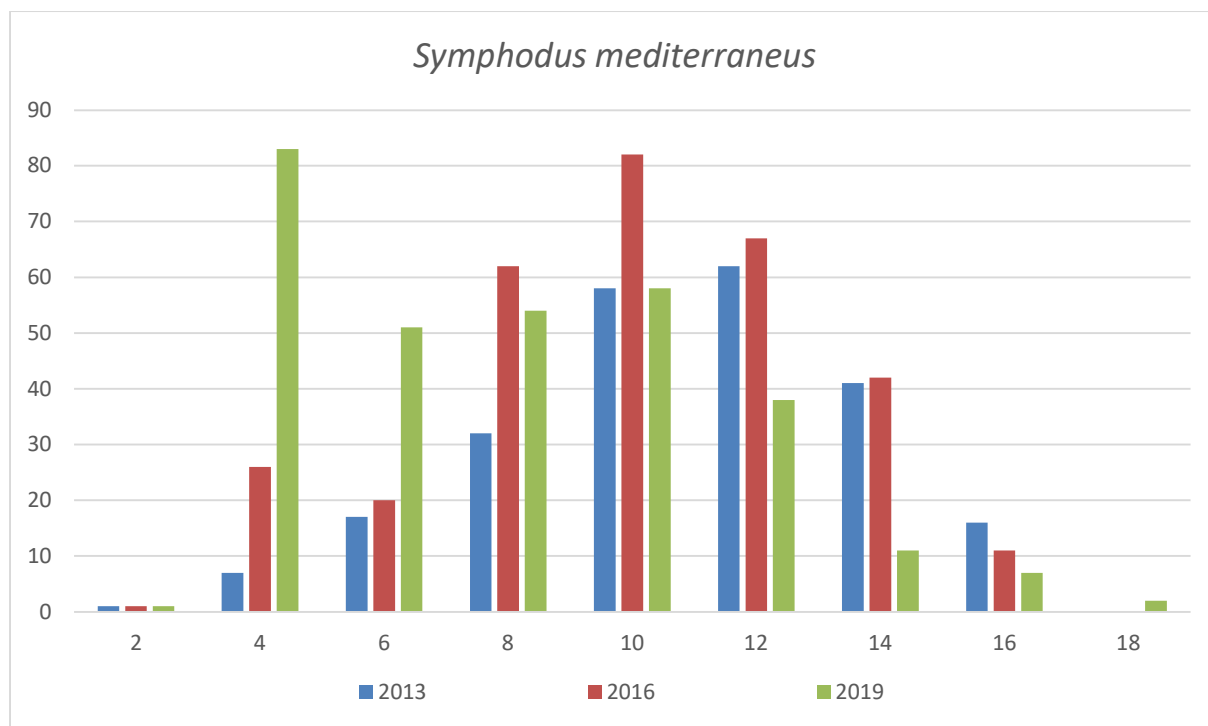


Figure 66 : Répartition des classes de tailles (en cm) de *Symphodus mediterraneus* observée en 2013, 2016 et 2019 dans le PNCaI.

4.5.10 Le crénilabre tanche *Symphodus tinca*

La biomasse du crénilabre *S. tinca* a augmenté en 2019 à de nombreuses stations, notamment aux stations en ZNP par rapport aux valeurs de biomasse de 2016 (Figure 67).

La biomasse de cette espèce a fortement augmenté en 2019 à la station S08 Plateau des Chèvres, hors ZNP. Aucune différence significative n'est à noter concernant les valeurs de biomasse des sites en ZNP par rapport aux sites hors ZNP.

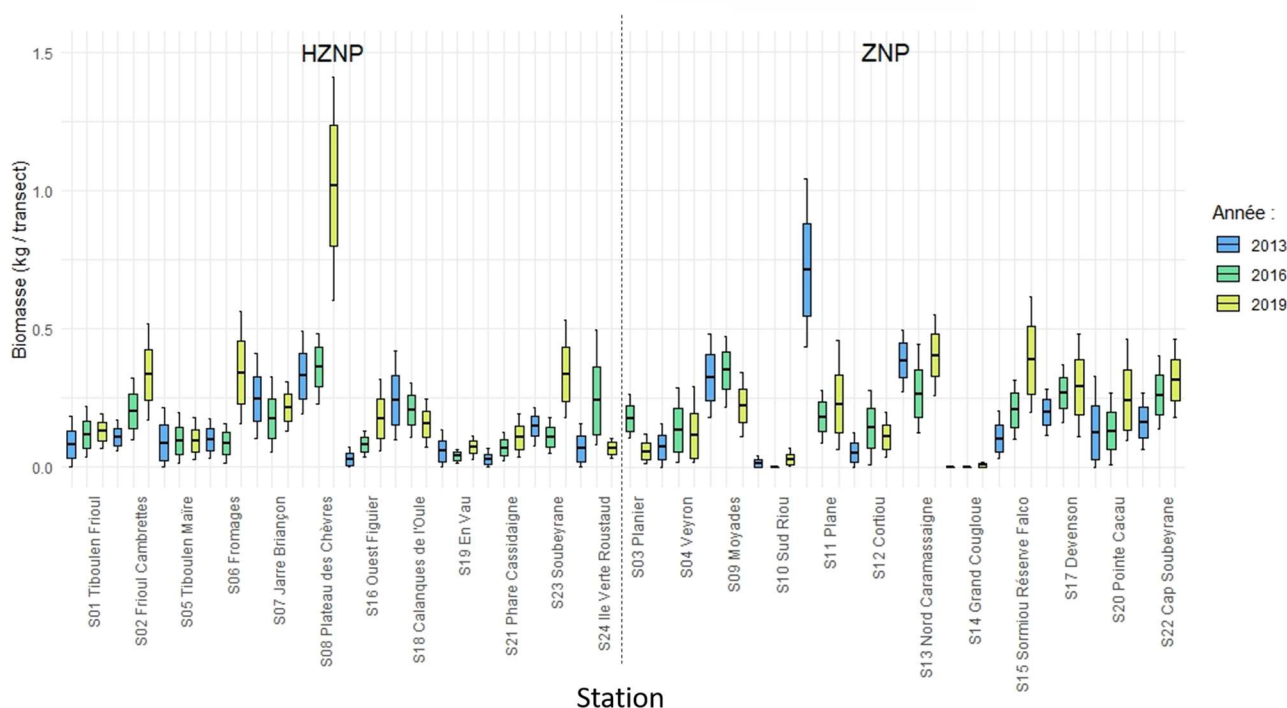


Figure 67 : Biomasse moyenne (kg/transect) de *Symphodus tinca* dans le PNCaI (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Tableau 38 : Comparaison des données de biomasse de *Symphodus tinca* en fonction des années, des stations et des modes de gestion par des tests de Kruskal-Wallis et post hoc de Mann Whitney

Kruskal Wallis – <i>Symphodus tinca</i>	N	Chi ²	P-value	
Comparaison entre années	720	11.379	<0.01	**
2013 - 2016	480		0.198	ns
2013 - 2019	480		<0.01	**
2016 - 2019	480		0.289	ns
Comparaison stations 2019	240	197.290	<0.001	***
Comparaison zones de gestion 2019	240	2.577	0.108	ns

La distribution des classes de taille en 2019 suit la tendance de la répartition de 2016 mais avec une abondance plus importante pour la majorité des classes de taille. On constate deux classes de taille avec des abondances très élevées : d'une part les petits individus compris entre 6 et 8 cm, et d'autre part, les individus avec une taille de 16 à 18 cm.

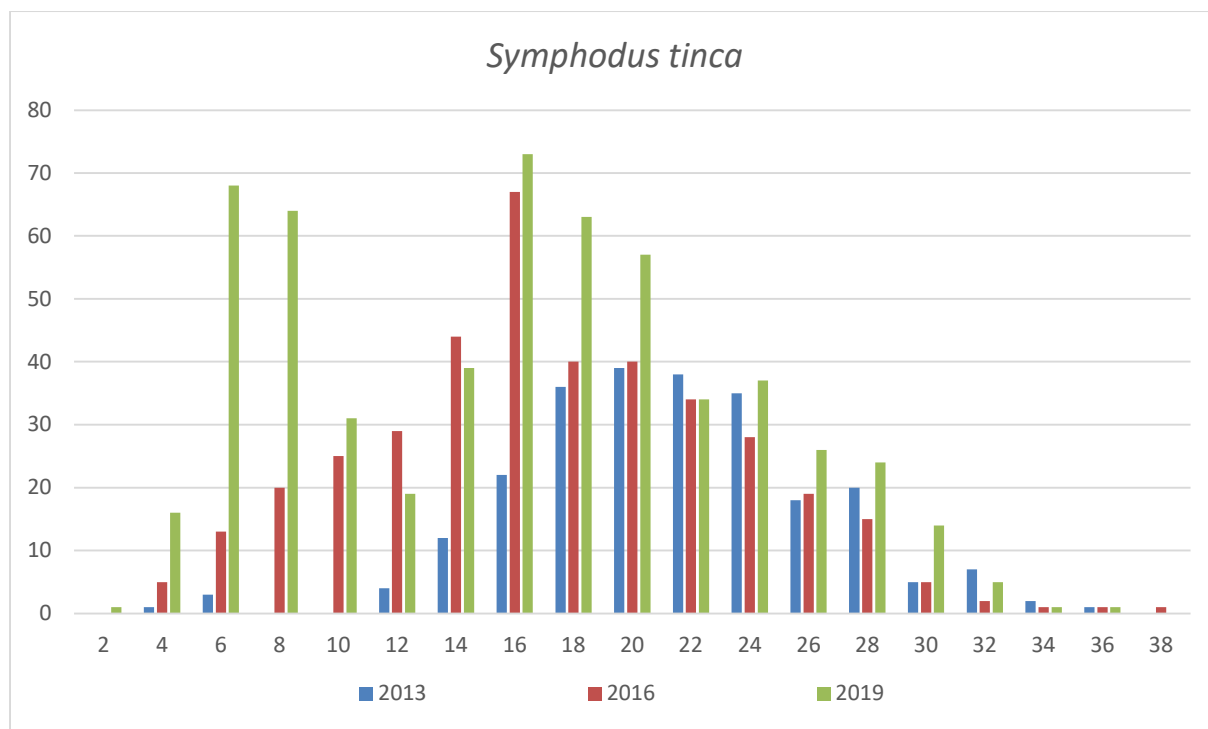


Figure 68 : Répartition des classes de tailles (en cm) de *Symphodus tinca* observée en 2013, 2016 et 2019 dans le PNCa.

4.5.11 Le rouget de roche *Mullus surmuletus*

Les valeurs de biomasses n'ont pas évolué positivement dans la majorité des stations en 2019 (Figure 69). Hors ZNP, les biomasses sont très faibles et sur la plupart des stations inférieures à celles relevées en 2016. En ZNP, les valeurs de biomasses sont supérieures, néanmoins, elles n'augmentent que sur peu de stations par rapport à 2016. Seules les stations S10 Riou, S14 Grand Congloue, S17 Devenson, S22 Cap Soubeyrane ont des valeurs de biomasses plus élevées. En ZNP, la station S12 Cortiou présente une très forte augmentation de la biomasse en rouget de roche en 2019 par rapport à toutes les autres stations.

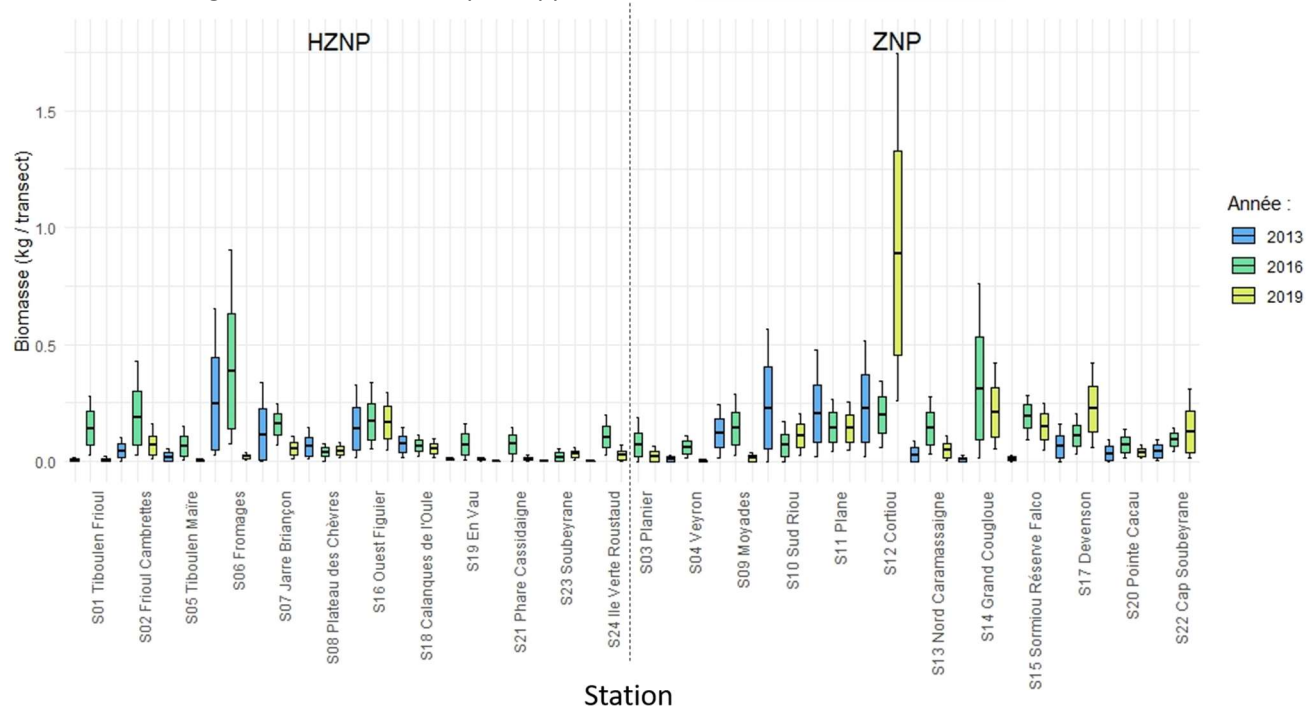


Figure 69 : Biomasse moyenne (kg/transect) de *Mullus surmuletus* dans le PNCal (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Tableau 39 : Comparaison des données de biomasse de *Mullus surmuletus* en fonction des années, des stations et des modes de gestion par des tests de Kruskal-Wallis et post hoc de Mann Whitney

Kruskal Wallis – <i>Mullus surmuletus</i>	N	Chi ²	P-value	
Comparaison entre années	720	23.168	<0.001	***
2013 - 2016	480		<0.001	***
2013 - 2019	480		<0.05	*
2016 - 2019	480		<0.05	*
Comparaison stations 2019	240	65.232	<0.001	***
Comparaison zones de gestion 2019	240	2.498	0.114	ns

La distribution des classes de taille du rouget s'est décalée en 2019 vers de plus petites tailles (Figure 70). L'abondance maximale correspond désormais à des individus dont la taille est comprise entre 10 et 12 cm. Cette espèce atteint sa maturité sexuelle à deux ans, aux alentours de 11 cm, ce qui pourrait signifier que l'abondance maximale est néanmoins constituée d'individus sexuellement matures.

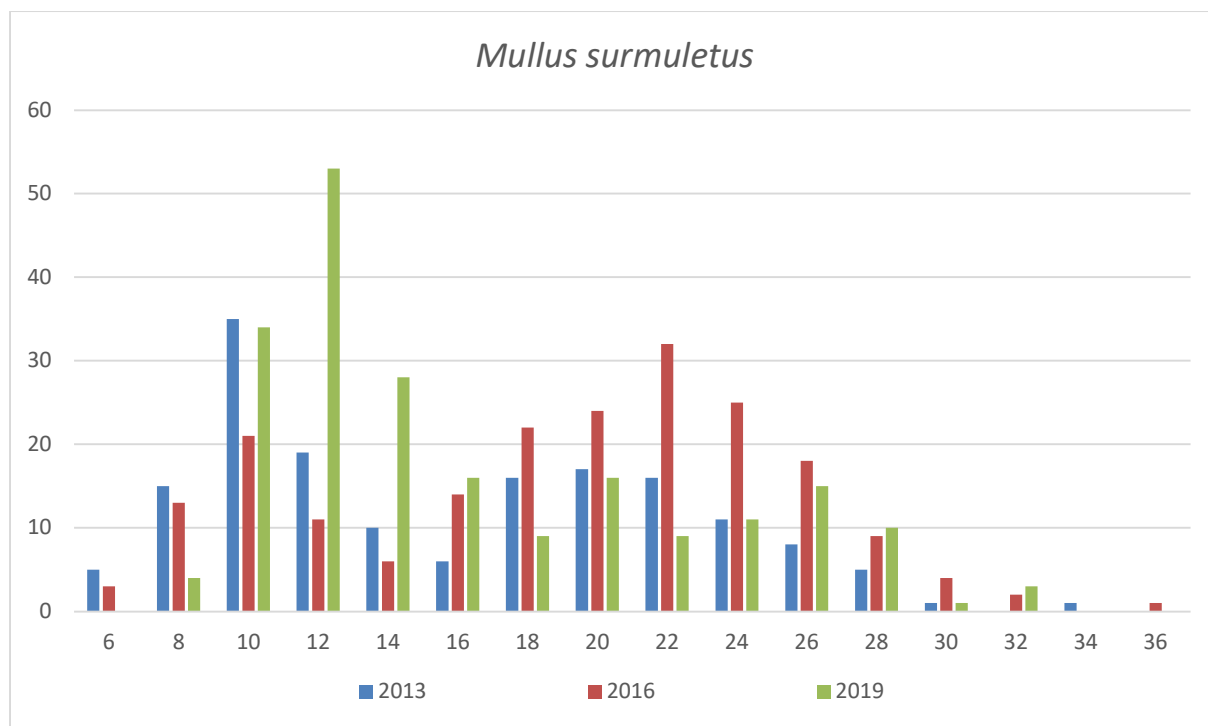


Figure 70 : Répartition des classes de tailles (en cm) de *Mullus surmuletus* observée en 2013, 2016 et 2019 dans le PNCa.

4.5.12 Le corb *Sciaena umbra*

Le corb est une espèce protégée par un moratoire depuis 2013 qui interdit sa chasse sous-marine et sa pêche sur le littoral français de la Méditerranée. Aucun individu n'avait été observé lors des comptages de 2013 et de 2016. En 2019, un total de 30 corbs ont été recensés sur l'ensemble de la mission sur une station hors ZNP S08 Plateau des Chèvres et sur trois stations en ZNP, S09 Moyades, S15 Sormiou Réserve Falco et S22 Cap Soubeyrane (Figure 71). La valeur de biomasse relevée à Moyades est la plus importante. Les résultats du suivi de 2021 permettront de constater si ces observations étaient ponctuelles ou si des populations de corbs sont désormais bien installées dans le PNCa.

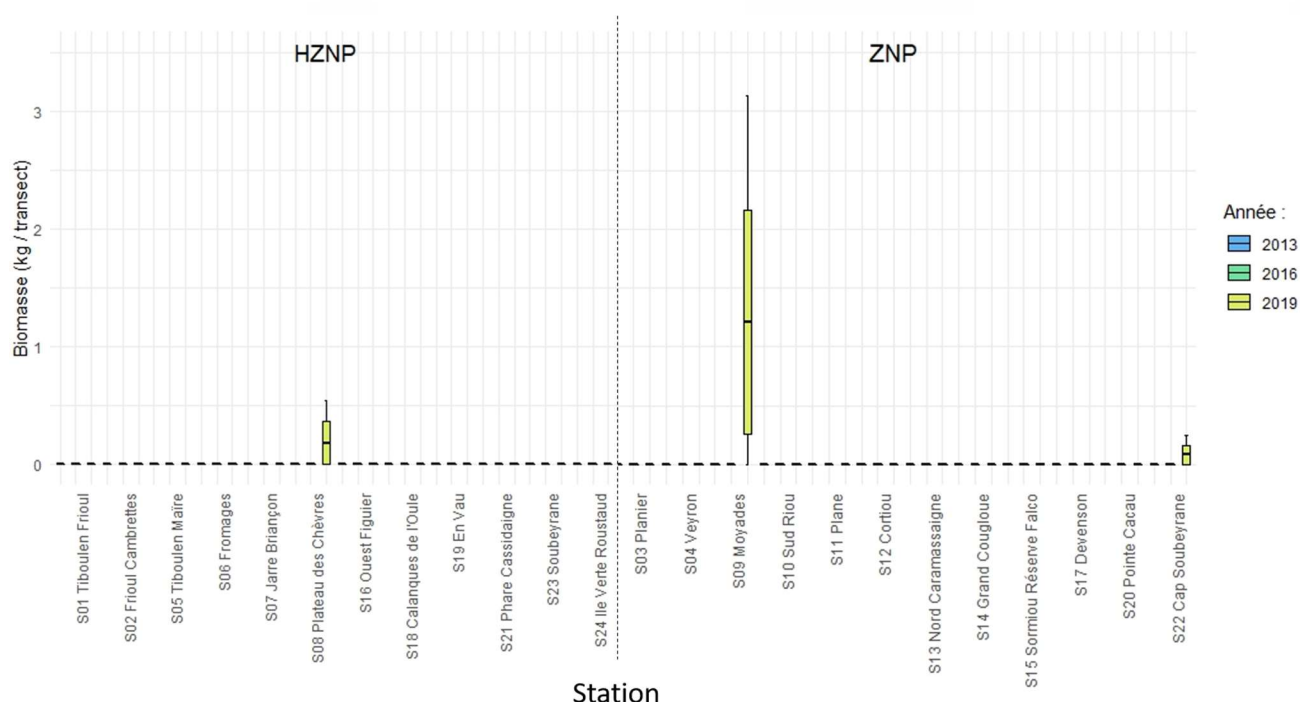


Figure 71 : Biomasse moyenne (kg/transect) de *Sciaena umbra* dans le PNCa (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

La taille des individus observés était comprise entre 15 cm et 55 cm, avec une abondance maximale d'individus de 30 cm. La maturité sexuelle des corbs arrive entre 3 et 4 ans (Ragonese *et al.*, 2002) avec des tailles comprises entre 25 cm et 30 cm (Grau *et al.*, 2009).

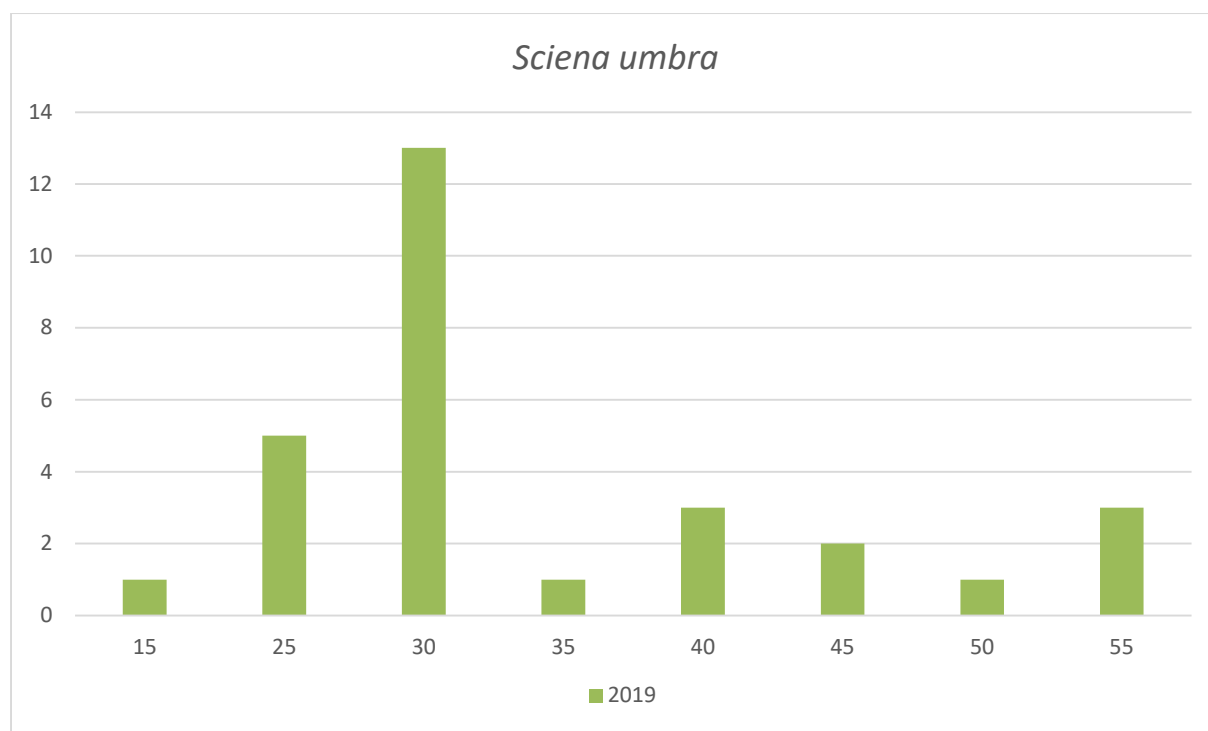


Figure 72 : Répartition des classes de tailles (en cm) de *Sciaenops ocellatus* observés en 2019 dans le PNCal.

4.5.13 Le barracuda *Sphyraena viridensis*

En 2016, 67 barracudas avaient été observés sur 8 stations, 2 en ZNP et 6 HZNP. En 2019, seulement 5 individus entre 55 cm et 70 cm ont été recensés, un sur la station S01 Tiboulén du Frioul (HZNP), un sur la station S13 Nord Caramassaigne (ZNP) et trois sur la station S17 Devenson (Figure 73, Figure 74).

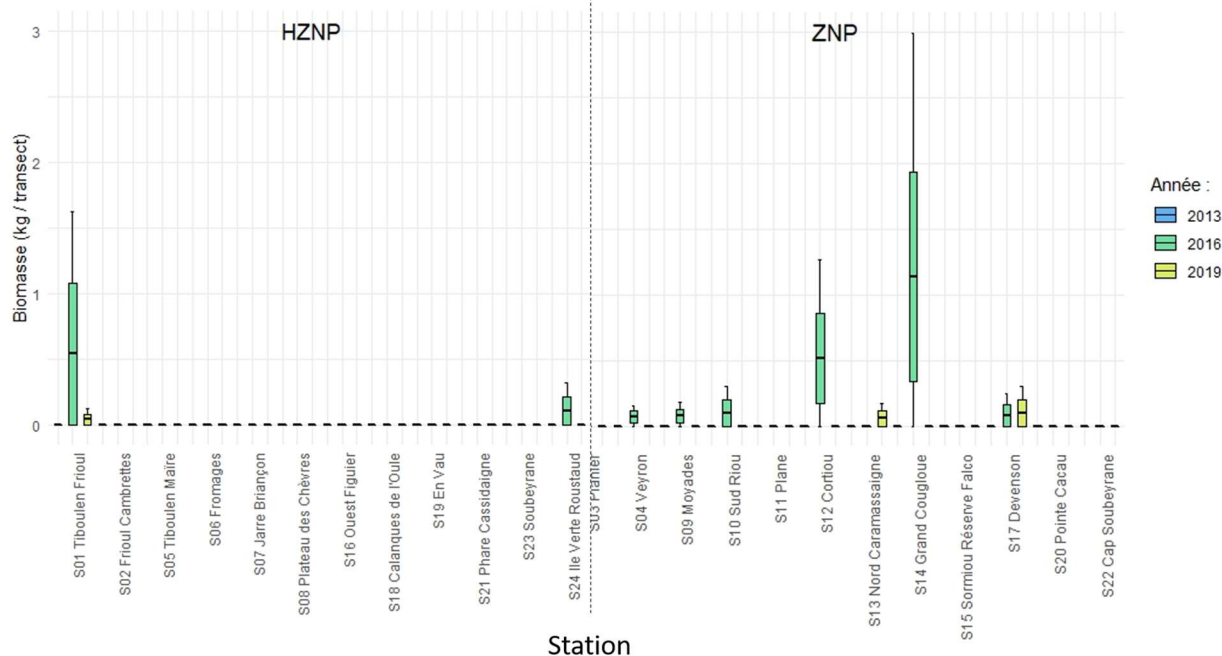


Figure 73 : Biomasse moyenne (kg/transect) de *Sphyraena viridensis* dans le PNCal (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

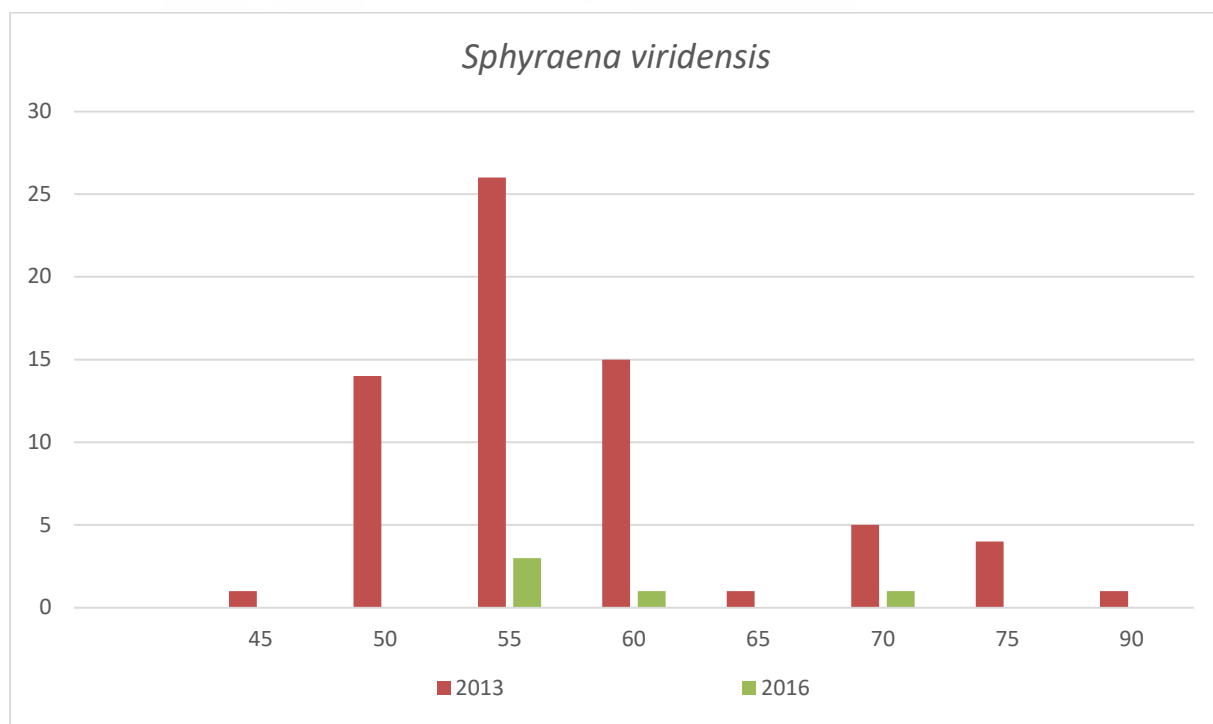


Figure 74 : Répartition des classes de tailles (en cm) de *Sphyraena viridensis* observées en 2016 et 2019 dans le PNCal.

4.6 Evolution du peuplement d'espèces cibles depuis 2008

Après avoir analysé le peuplement de poissons global, le peuplement sans planctonophages et le peuplement d'espèces cibles par zones de gestion et par station, l'évolution du peuplement d'espèces cibles est présentée dans 4 stations HZNP et 4 stations en ZNP suivies depuis 2008. Pour ces stations, les espèces cibles de différentes activités de pêche et qui sont importantes en biomasse dans les assemblages de poissons des Calanques ont été regroupées afin de mieux visualiser l'effet de la protection et de possible effets de report d'effort de pêche hors ZNP. D'une manière générale la représentation des biomasses moyennes de ces espèces recensées dans les transects métrés fait apparaître une assez forte variabilité selon les stations. Il est intéressant, pour s'affranchir de la variabilité spatiale, de regrouper ainsi les stations dans les ZNP et hors ZNP pour mieux mettre en évidence la tendance.

4.6.1 Densité

La densité moyenne des espèces cibles était plus élevée en 2008, par rapport aux comptages réalisés dans le cadre du suivi des ZNP, dans toutes les stations échantillonnées, sauf à S09-Moyades et S14-Grand Conglue en 2013 et 2016 (Figure 75). La densité moyenne d'espèces cibles n'est pas vraiment en progression dans ces 4 stations en ZNP : elle se maintient depuis 2013 à Sud Riou, Nord-Caramassaigne et Grand Conglue, et elle diminue à Moyades. Rappelons que la diminution du nombre moyen de poissons observé à Moyades et à Nord Caramassaigne est probablement un artefact lié à l'échantillonnage (observations exceptionnelles en 2016). Hors ZNP, les densités d'espèces cibles ont diminué nettement depuis 2008 à S07-Jarre-Briançon, S16-Ouest Figuiier et S18-Calanque de l'Oule, mais pas à Tiboulen de Maire.

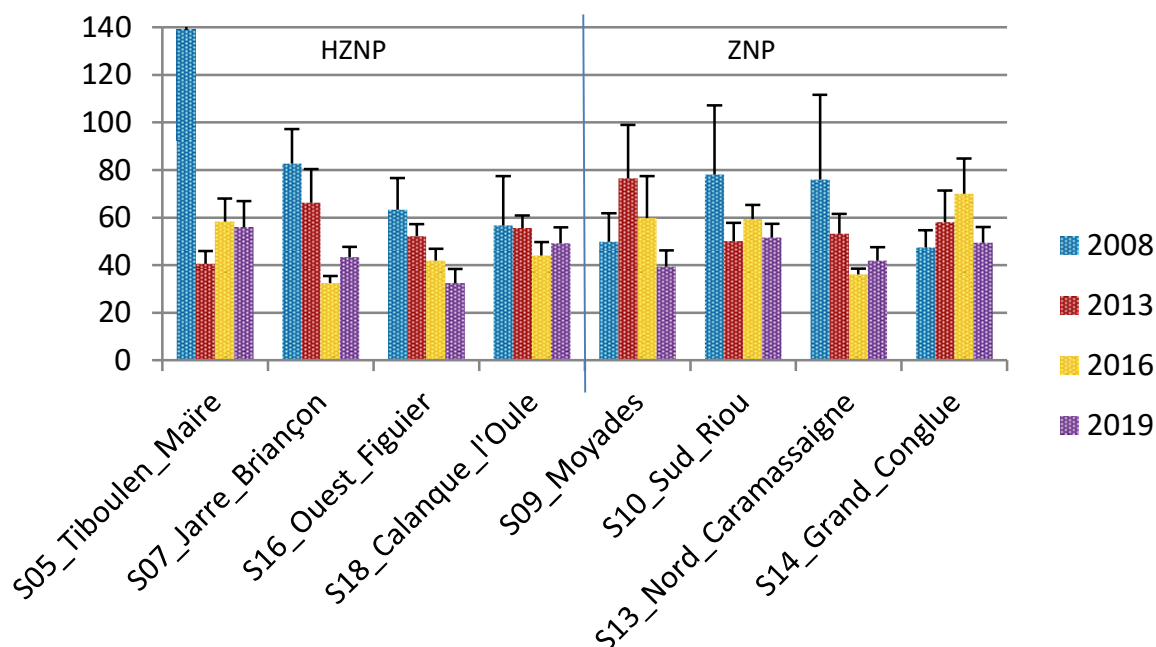


Figure 75. Comparaison de la densité moyenne des espèces cibles par transect (TRA) en 2008, 2013, 2016 et 2019 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Cette mise en perspective des résultats obtenus sur 4 stations suivies dans chaque type de zone de gestion depuis 2008 nous montre plusieurs choses :

- les effectifs étaient élevés en 2008 et, à première vue, il y a peu de différences observées dans les densités de poissons observées dans les ZNP et à l'extérieur ;
- il est important d'avoir mis en place un suivi sur un grand nombre de stations pour pouvoir mieux suivre l'évolution des ZNP et s'affranchir de particularités de certaines stations. En effet, l'analyse précédente sur les 24 stations fait bien ressortir une différence entre ZNP et HZNP ; qui est moins évidente ici, avec ces 8 stations ;
- de plus, seuls 4 réplicats par stations ont été réalisés en 2008, réduisant la prise en compte d'une variabilité spatiale ;
- les 4 stations suivies HZNP présentent une diminution des effectifs moyens de poissons observés par comptage, ce qui n'est pas le cas dans les ZNP. Les stations Tiboulou de Maire et Calanque de l'Oule semblent moins impactées que les autres stations.

4.6.2 Biomasse

4.6.2.1 Toutes espèces cibles

Il semble que le comptage à S05-Tiboulén de Maire en 2008 ait atteint des scores particulièrement élevés en densité comme en biomasse (observations exceptionnelles), toutefois le comptage de référence de 2008 est plus élevé à toutes les stations sauf à S18-Calanque de l'Oule et S09-Moyades. Entre 2008 et 2013, les espèces cibles ont fortement baissé dans la plupart des stations.

Les biomasses moyennes de poissons cibles observées en 2019 dans les 4 stations de ZNP suivies depuis 2008 sont globalement plus élevées qu'en 2008 à toutes les autres stations et moins élevées qu'en 2013 à Moyades et Grand Conglue) (Figure 76). La biomasse des espèces cibles progresse doucement dans les stations de ZNP (variation d'échantillonnage à Moyades et Grand Conglue en 2016 mise à part). Elles sont maintenant nettement plus élevées qu'hors ZNP. La station Grand Conglue est en train de rattraper le score de 2008. Hors des ZNP, la biomasse de poissons cibles se maintient mieux à S07-Jarre-Briançon et à S18-Calanque de l'Oule. La différence entre les stations protégées et non protégées est marquée.

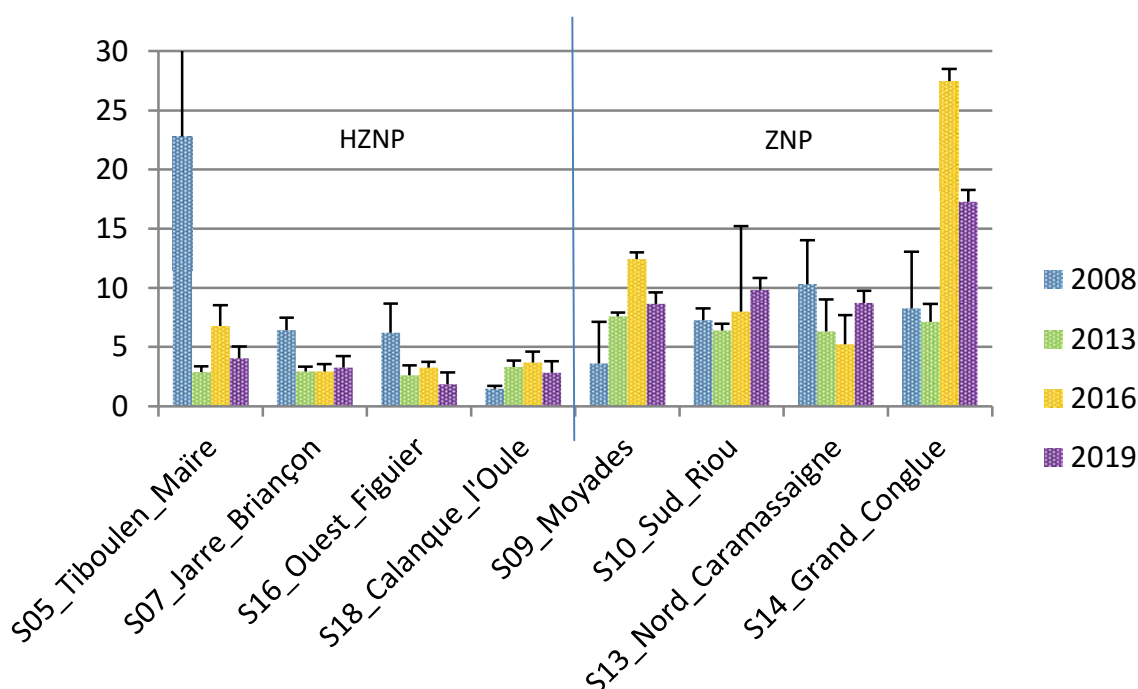


Figure 76. Comparaison de la biomasse moyenne des espèces cibles par transect (TRA) en 2008, 2013, 2016 et 2019 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Le suivi de l'évolution des densités et des biomasses moyennes des espèces cibles dans les 8 stations visitées depuis 2008 apporte un point de référence plus ancien pour mieux comprendre l'évolution dans le nouveau suivi portant sur 24 stations à l'échelle du PNCal.

Les espèces cibles principales de différentes pratiques de pêche ont été regroupées afin de mieux faire ressortir l'impact des différentes pratiques sur les peuplements dans les zones non protégées.

4.6.2.2 Cibles de la chasse sous-marine

La comparaison entre 2008 et les 3 années du suivi des ZNP de la biomasse moyenne d'espèces cibles de la chasse sous-marine montre un effet net de la mise en protection déjà visible en 2013 (18 mois après la mise en place des ZNP). La forte augmentation de la biomasse moyenne des cibles de la chasse, qui se confirme en 2016 dans les ZNP (Figure 77), est évidemment liée au très bon score de la station S14-Grand Conglue et à la progression des stations S10- Sud Riou et S13-Nord Caramassaigne, alors que la baisse à la station Moyades serait plutôt liée aux conditions particulières qui ont pénalisé les comptages lors de la première campagne. La biomasse d'espèces cibles de la chasse à Moyades reste cependant élevée par rapport aux stations hors ZNP. La biomasse des espèces cibles progresse dans les stations de ZNP et a tendance à diminuer hors ZNP, sauf à la station S18-Calanque de l'Oule.

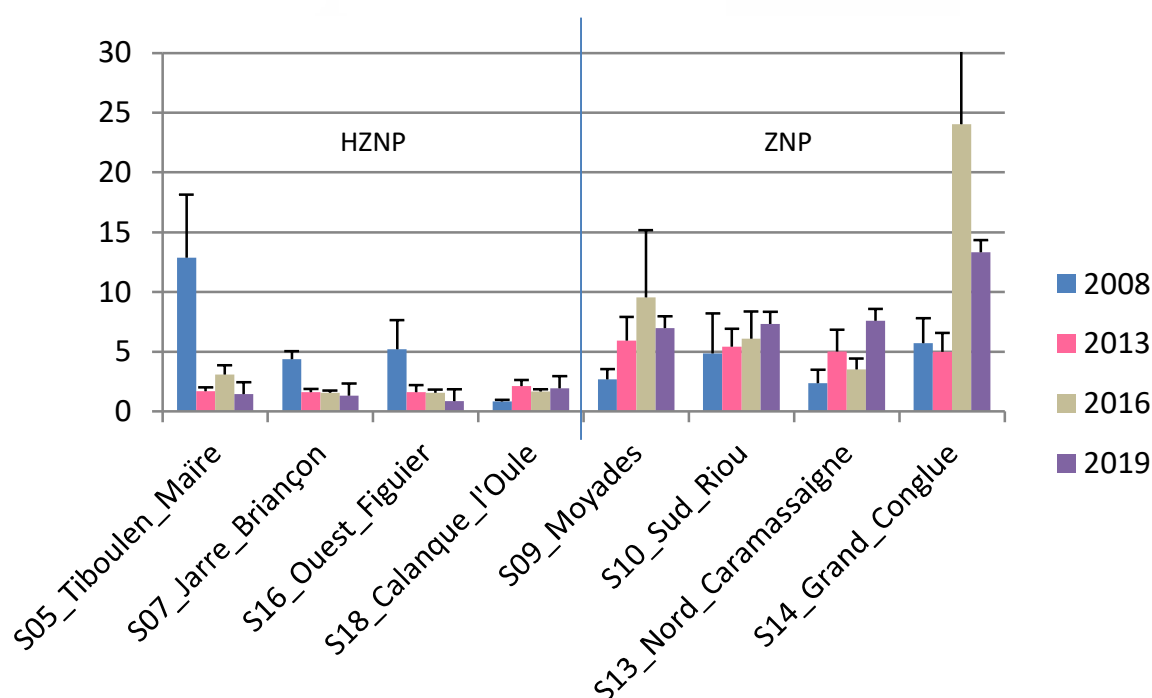


Figure 77. Comparaison de la biomasse moyenne (kg) des espèces cibles de la chasse par transect (TRA) en 2008, 2013, 2016 et 2019 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

La biomasse moyenne de cibles de la chasse sous-marine calculée sur l'ensemble des stations de chaque zone de gestion permet de dégager plus nettement les tendances évolutives : la chute rapide des biomasses entre 2008 et 2013 dans les stations situées hors ZNP, au moment de la création du Parc, traduit un impact possiblement plus fort des prélèvements par pêche dans ces stations. La biomasse moyenne continue à diminuer hors ZNP en 2019. Inversement, l'augmentation à la même période de la biomasse des espèces cibles de la pêche sous-marine dans les ZNP se poursuit en 2016 et reste élevée en 2019, malgré une légère diminution entre les deux dernières périodes de suivi. L'écart entre les biomasses moyennes observées dans les ZNP et en dehors est de plus en plus marqué au cours du temps (Figure 78).

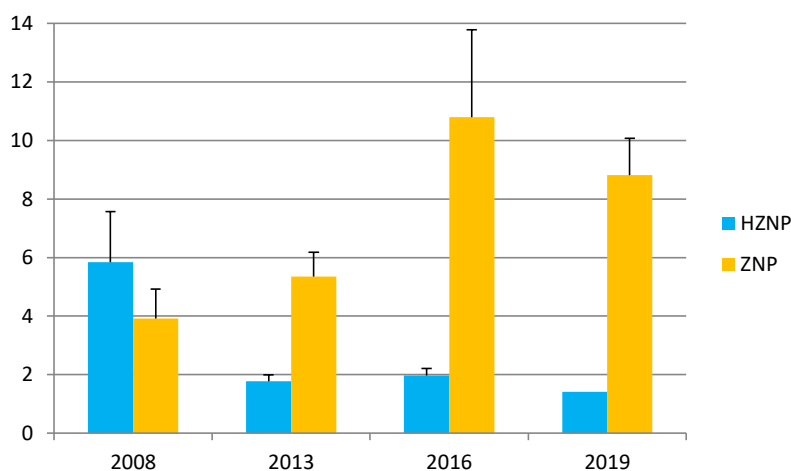


Figure 78. Comparaison de la biomasse moyenne (kg par transect) des espèces cibles de la chasse (TRA) en 2008, 2013, 2016 et 2019 dans les zones de non prélèvement (4 stations ZNP) et en dehors (4 stations HZNP).

4.6.2.3 Cibles de la pêche à la ligne

Les biomasses moyennes d'espèces cibles de la pêche à la ligne n'ont dépassé le niveau qu'elles atteignaient en 2008 que dans les stations Calanque de l'Oule et celles situées en ZNP (Figure 79). A la station S13-Nord Caramassaigne la biomasse des cibles de la ligne a quasiment rejoint celle observée en 2008. A la station Sud Riou elle continue sa progression, alors que cette biomasse moyenne reste élevée à S09-Moyades et S14-Grand Conglue. Depuis la mise en place des ZNP en 2013, la biomasse d'espèces cibles a plutôt diminué à S16-Ouest Figuiet et S18-Calanque de L'oule et se maintient à S05-Tiboulén de Maire et S07-Jarre-Briançon.

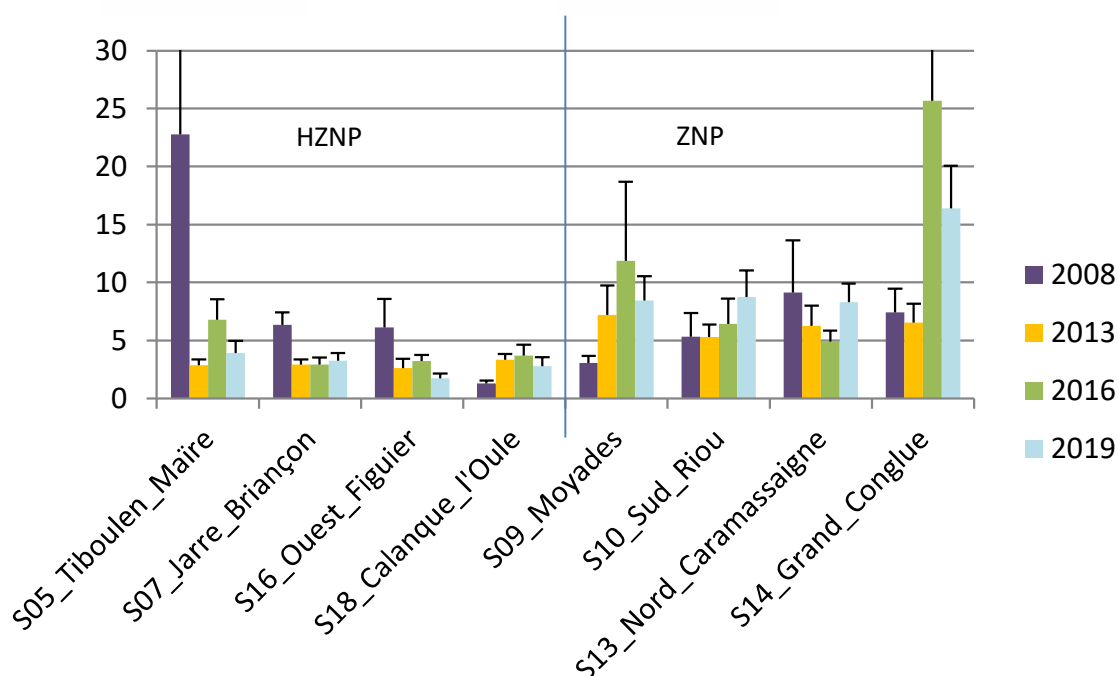


Figure 79. Comparaison de la biomasse moyenne (kg) des espèces cibles de la pêche à la ligne en g par transect (TRA) en 2008, 2013, 2016 et 2019 dans les zones de non prélèvement (ZNP) et en dehors (HZNP).

Entre 2008 et 2013, la diminution de la biomasse est plus marquée dans les stations qui vont se trouver par la suite hors ZNP que dans celles des ZNP, qui demeurent au même niveau (Figure 80). Ces stations étaient déjà sous pression de pêche et se trouvent fortement impactées par un ajout d'effort. La biomasse moyenne des espèces cibles de la ligne hors ZNP reste assez constante et faible depuis 2013, alors qu'elle demeure élevée dans les ZNP. La diminution de biomasse constatée entre 2016 et 2019 aussi bien dans les ZNP qu'en-dehors doit être assez générale à la zone d'étude.

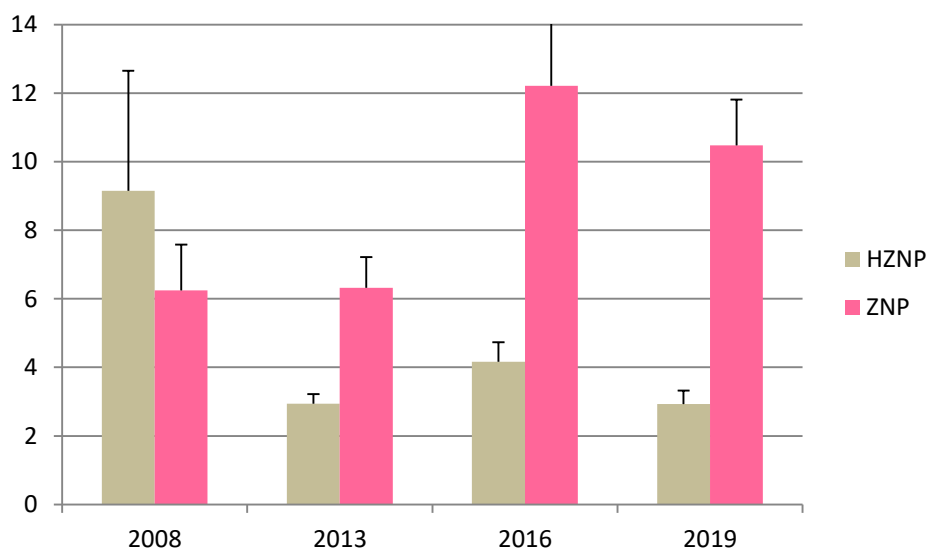


Figure 80. Comparaison de la biomasse moyenne (kg) des espèces cibles de la pêche à la ligne par transect (TRA) en 2008, 2013, 2016 et 2019 dans les ZNP (4 stations en ZNP) et en dehors (4 stations HZNP).

4.6.2.4 Cibles de la pêche professionnelle au filet

Les espèces cibles de la pêche professionnelle au filet présentent des biomasses moyennes plus faibles dans les stations hors ZNP que dans les stations des ZNP (Figure 81). Les scores obtenus sont supérieurs presque partout en 2008, sauf à S18-Calanque de l'Oule. A Sud Riou et Nord Caramassaigne, la biomasse moyenne continue à progresser depuis le début du suivi des ZNP.

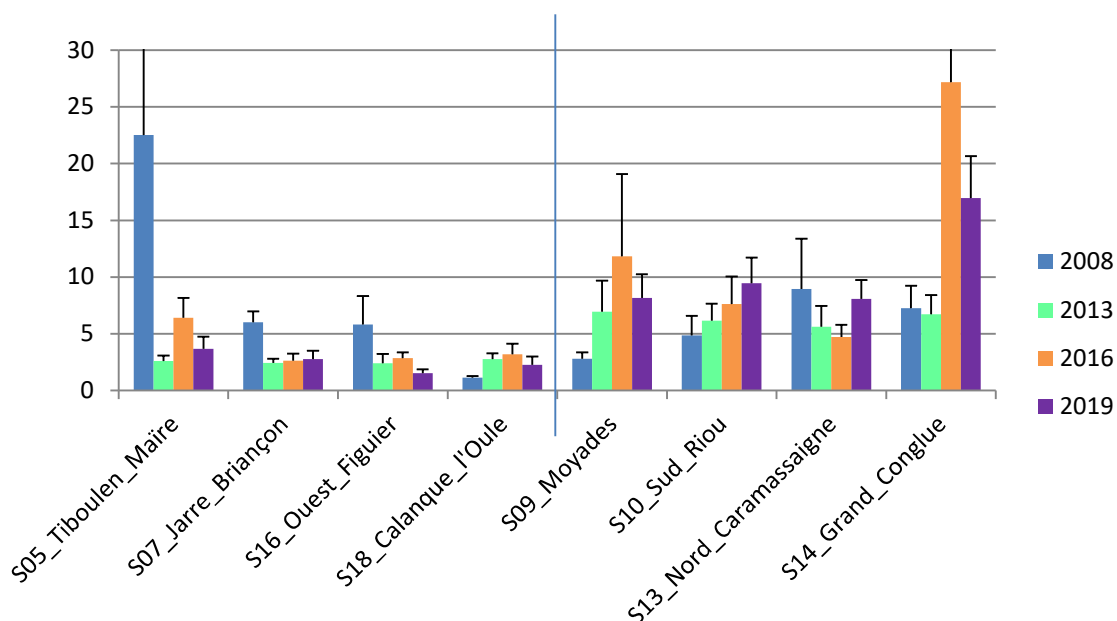


Figure 81. Comparaison de la biomasse moyenne des espèces cibles de la pêche au filet par transect (TRA) en 2008, 2013 et 2016 dans les zones de non prélèvement (ZNP) et en dehors (HZNP).

Les espèces cibles des filets ont vu leur biomasse moyenne diminuer fortement entre 2008 et 2013 hors ZNP. Elle se maintient depuis un peu au-dessus de 2 kg/125 m². Dans les ZNP, il a fallu attendre 2016 pour voir augmenter véritablement la biomasse moyenne des cibles du filet. (Figure 82).

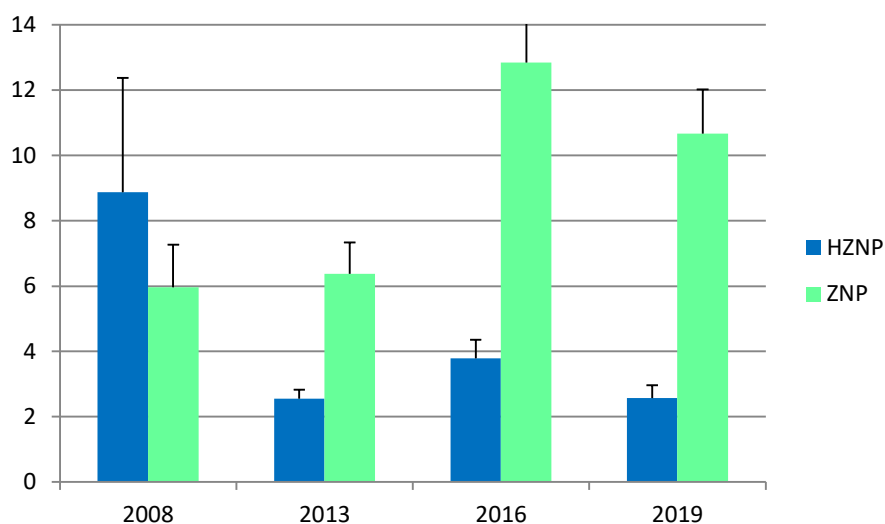


Figure 82. Comparaison de la biomasse moyenne (kg/125 m²) des espèces cibles de la pêche au filet par transect (TRA) en 2008, 2013, 2016 et 2019 dans les ZNP (4 stations) et en dehors (HZNP, 4 stations).

Ce que nous enseignent ces 3 approches par agrégation d'espèces cibles est que les évolutions sont assez similaires pour les 3 types d'espèces cibles et que la tendance peut être donnée par l'agrégation de l'ensemble des espèces cibles de la pêche, telle qu'elle a déjà été présentée dans le rapport intermédiaire. La tendance est difficile à visualiser en observant les évolutions par station, alors que l'agrégation des stations par type de gestion fait bien ressortir la différence entre ZNP et hors ZNP. Il demeure important cependant de suivre les évolutions particulières des stations.

4.7 Analyse fonctionnelle du peuplement

4.7.1 Evolution de la structure trophique 2013-2019 entre 5 et 25 m

La composition trophique d'un assemblage de poissons renseigne sur son état car il est le reflet de l'équilibre existant entre les différents compartiments de la chaîne alimentaire. Plus les compartiments élevés dans la chaîne trophique sont représentés (espèces recherchées par les pêcheurs) moins la pression de pêche est forte et plus le peuplement a de chances de fonctionner de façon optimale (alimentation, prédation, reproduction).

A l'échelle de la zone d'étude, la biomasse échantillonnée a fortement augmenté.

Le peuplement de poissons échantillonné en 2013 était caractérisé par une forte proportion d'herbivores et de mesocarnivores et une faible représentation des espèces piscivores, qui sont les prédateurs en bout de chaîne alimentaire (Figure 83). En 2013, 18 mois après la création du Parc, la proportion de piscivores avait déjà doublé par rapport à celle de 2008 (4 stations suivies) ; en 2016, puis en 2019, dans le suivi des ZNP, cette proportion a encore fortement augmenté. La composition trophique du peuplement de 2019 est bien équilibrée entre herbivores et mesocarnivores et zooplanctonophages diurnes, dont la proportion a fortement diminué depuis le début du suivi.

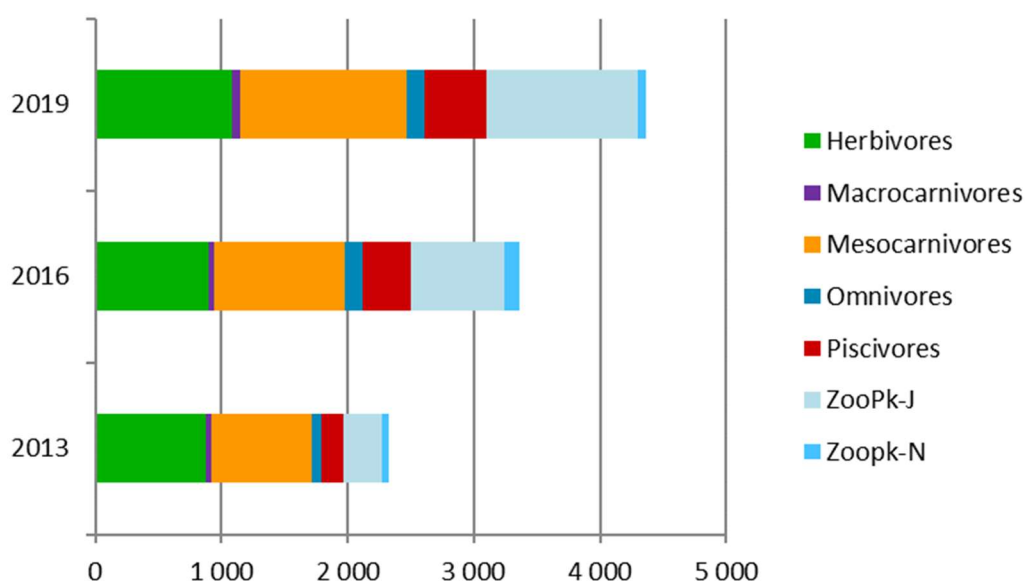


Figure 83. Composition trophique du peuplement de poissons échantillonné visuellement dans les 24 stations (12 en ZNP et 12 hors ZNP) dans le parc national des Calanques depuis le début du suivi des ZNP à partir de la biomasse cumulée des échantillonnages.

4.7.2 Structure trophique du peuplement de poissons entre 5 et 25 m

Les Figure 84, 85 et 86 représentent la proportion en biomasse des différents groupes trophiques à chaque station à partir des données de comptages réalisés entre 5 et 25 m et ceux effectués entre 0 et 5 m en PMT.

La taille des camemberts représente la biomasse moyenne par transect pour chaque station. Cette représentation cartographique de l'ensemble de la zone d'étude fait apparaître une différence entre les valeurs des stations littorales, à savoir, les îles du Frioul et les calanques de Marseille à la Ciotat, qui sont soumises à une plus forte pression de pêche (hors ZNP) et les stations plus éloignées et moins accessibles telles que les îles de l'archipel de Riou et les sites du Planier et du Veyron. Ces stations profitent également d'habitats remarquables, souvent tournés vers le large et plus proches de zones profondes. Les biomasses moyennes sont supérieures dans la majorité des sites en 2019 par rapport à 2016, qu'il s'agisse des stations du littoral ou bien des stations des îles. En 2019, la différence entre les valeurs de biomasse des îles et celles du littoral est toujours présente mais moins marquée. En effet, la biomasse des stations situées sur la côte a doublé entre 2016 et 2019, réduisant la différence avec la biomasse des stations sur les îles. La population de poissons qui était plus concentrée sur les îles, en 2016, semble s'être répartie dans l'ensemble du Parc en 2019 en colonisant les stations côtières.

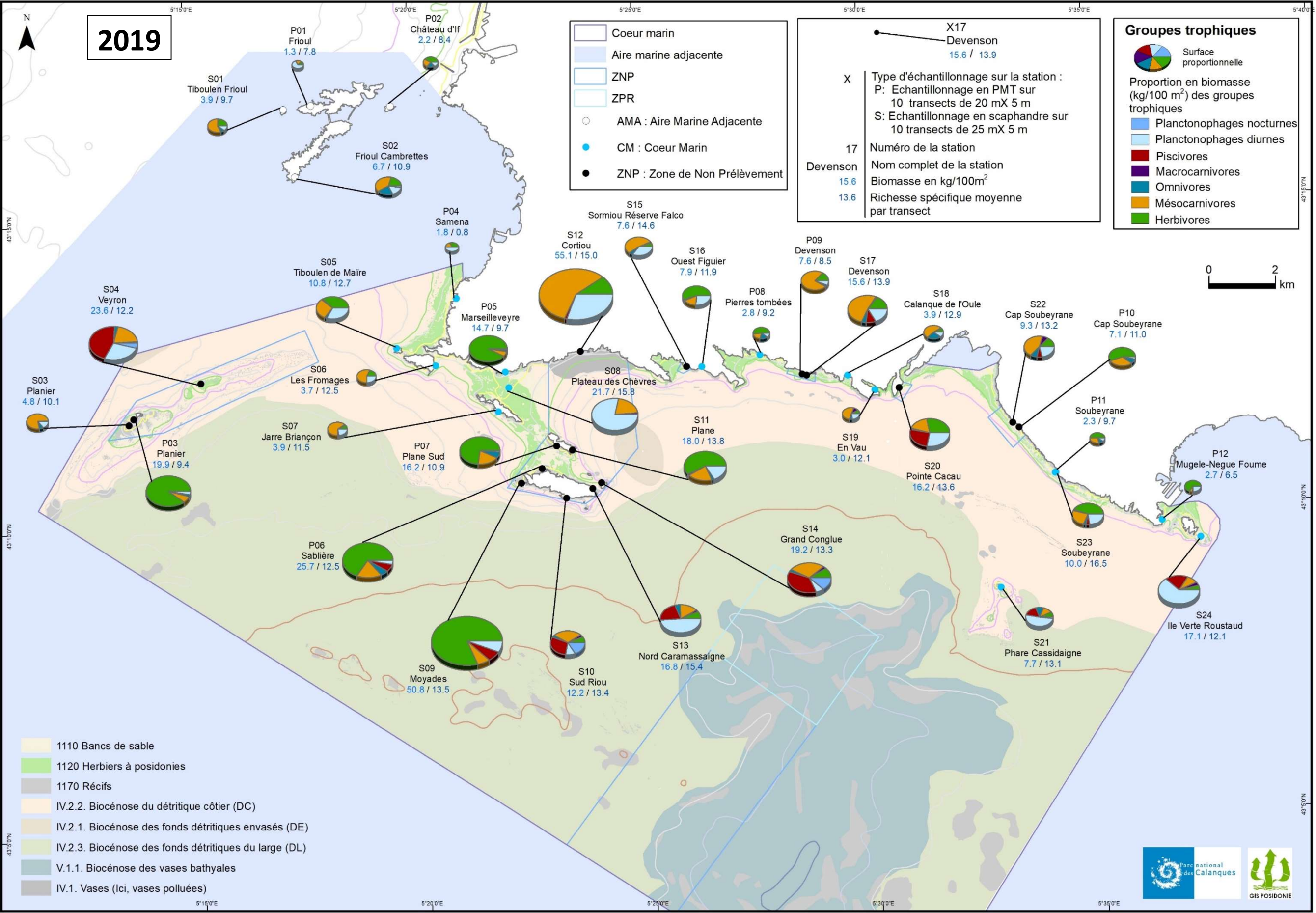
La proportion de piscivores et de macrocarnivores dans les sites des îles est plus importante, ce qui témoigne d'un peuplement de poisson plus équilibré et moins impacté par la pêche car ces espèces sont particulièrement ciblées. Certains sites présentent un bon équilibre entre les classes trophiques. C'est le cas pour la station S14 Grand Conglue qui se situe dans une zone interdite, mais également pour les stations S04 Veyron, S10 Riou Sud, S13 Nord Caramassaigne et S20 Pointe Cacau. De telles proportions correspondent à ce que l'on peut observer dans des zones protégées depuis longtemps.

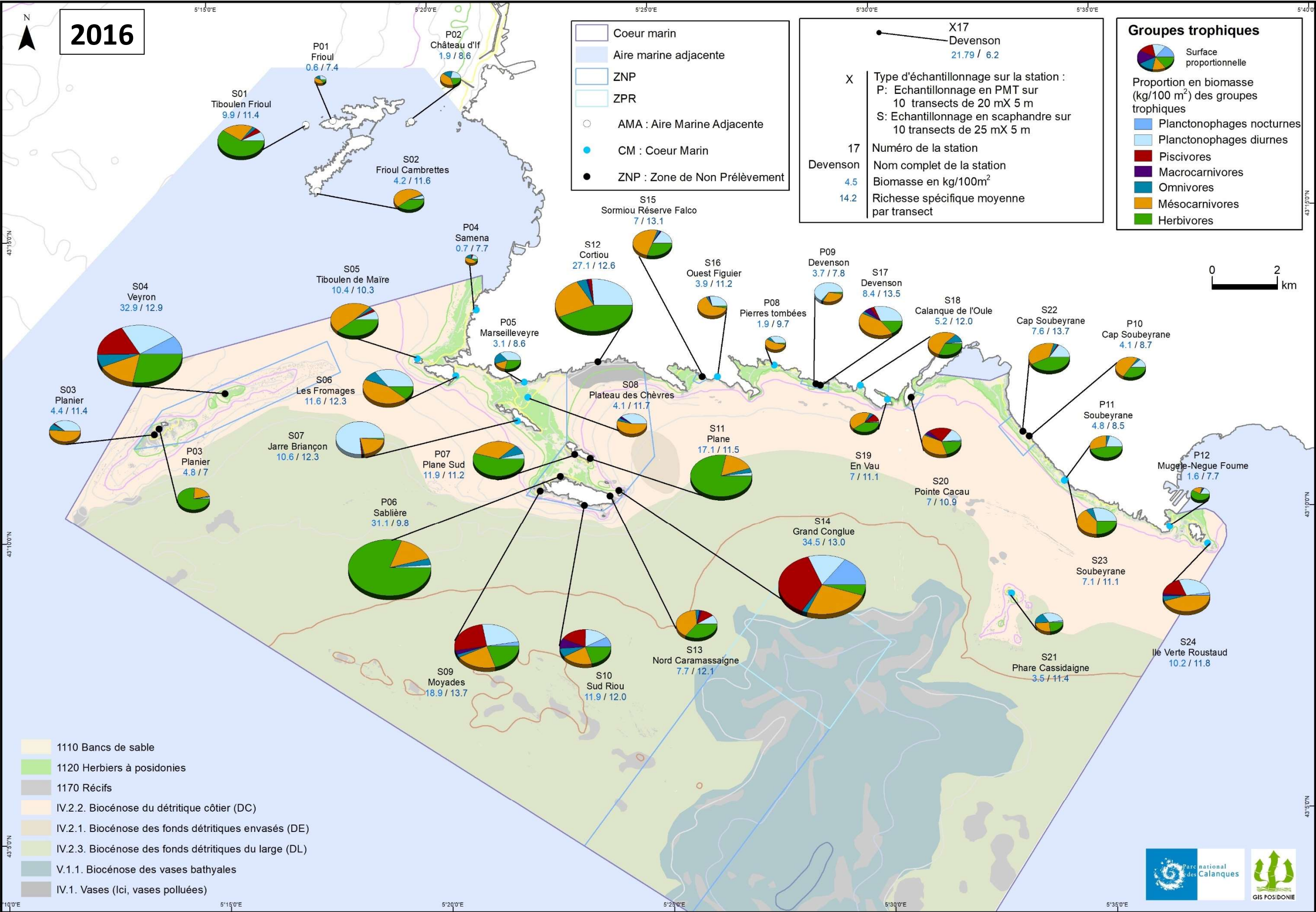
Les stations du littoral des calanques de Marseille à la Ciotat présentent, comme en 2016, une forte proportion de poissons mésocarnivores. On constate également une forte proportion d'herbivores dans la plupart des stations proches du grand herbier du plateau des Chèvres.

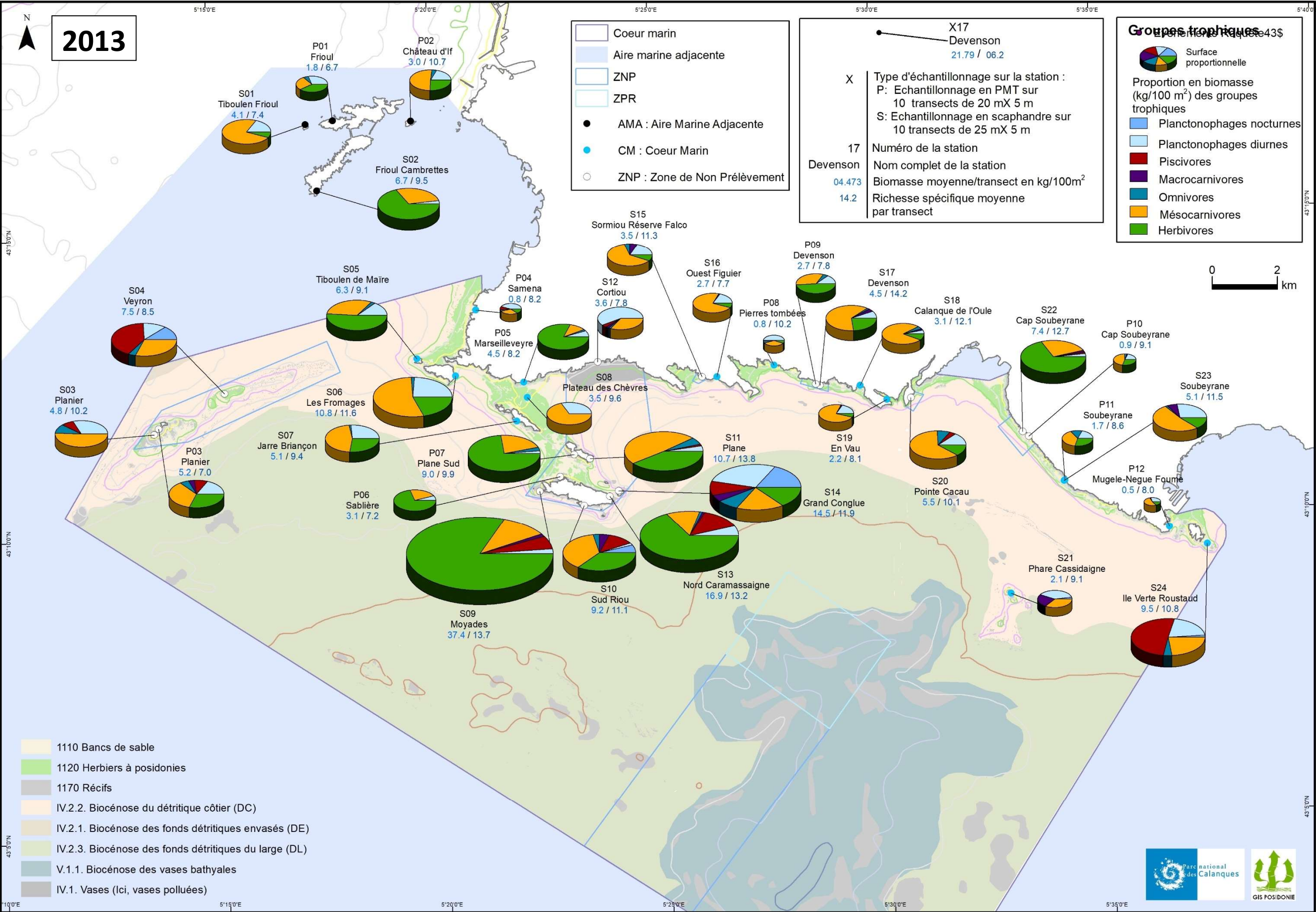
L'augmentation générale de poissons plactonophages dans le Parc, en 2019, a permis de soutenir la présence et l'abondance de poissons de plus haut niveau trophique tels que les piscivores. Ce rééquilibrage des différentes catégories trophiques est signe d'un écosystème en bonne santé, avec une pression de pêche moins importante et avec des mesures de gestions efficace. Cette représentation du peuplement de poissons par catégories trophiques illustre donc indirectement la pression de pêche sur les poissons du PNCal, et en même temps l'impact des mesures de gestion sur le peuplement de poissons.

Les cartes réalisées à partir des données des suivis de 2013 et 2016 sont également reportées à la suite de la nouvelle carte effectuée à partir des données de 2019 pour comparaison.

Figure 84, Figure 85 et Figure 86 : Peuplement de poissons des Calanques en 2019 (première carte), 2016 (seconde carte) et en 2013 (troisième carte) : représentation de la biomasse moyenne/transect (taille des camemberts) et de la proportion des groupes trophiques à chaque station (couleurs des portions) échantillonnée par comptages visuels par transect linéaire entre 5 et 20 m (TRA) et par comptage au temps en palmes masque tuba entre 0 et 5 m(PMT).







4.7.3 Evolution des carnivores et des prédateurs ichtyophages entre 5 et 25 m

L'analyse de l'évolution des différentes catégories trophiques montre une progression très nette des biomasses de mesocarnivores et de piscivores dans la zone d'étude (Figure 87). Par comparaison, la biomasse de macrocarnivores, elle, a peu augmenté depuis la mise en place du Parc. L'augmentation de la biomasse de grands prédateurs, que sont les piscivores, situés en bout de chaîne trophique est un des indicateurs les plus démonstratifs de l'effet réserve.

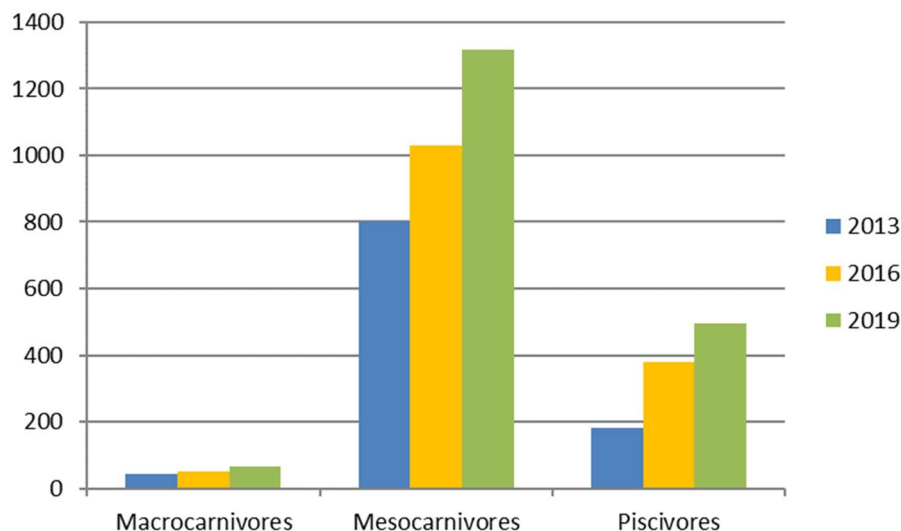


Figure 87. Evolution des biomasses cumulées (kg) de mesocarnivores, macrocarnivores et de piscivores depuis le début du suivi du PNCa.

La biomasse moyenne de piscivores HZNP était de 0.4 kg/100 m² en 2013 et est évaluée à 0.45 kg/100 m² en 2019, elle est constante. Dans les ZNP cette biomasse est passée de 0.8/100 m² en 2013 à 2.9 kg/100 m² en 2019. En dehors des ZNP la biomasse de piscivores est la même qu'au début du suivi alors que dans les ZNP, et malgré l'écart qui existait déjà entre les deux types de zones, la biomasse moyenne de piscivores a été multipliée par 3.5 (Figure 88).

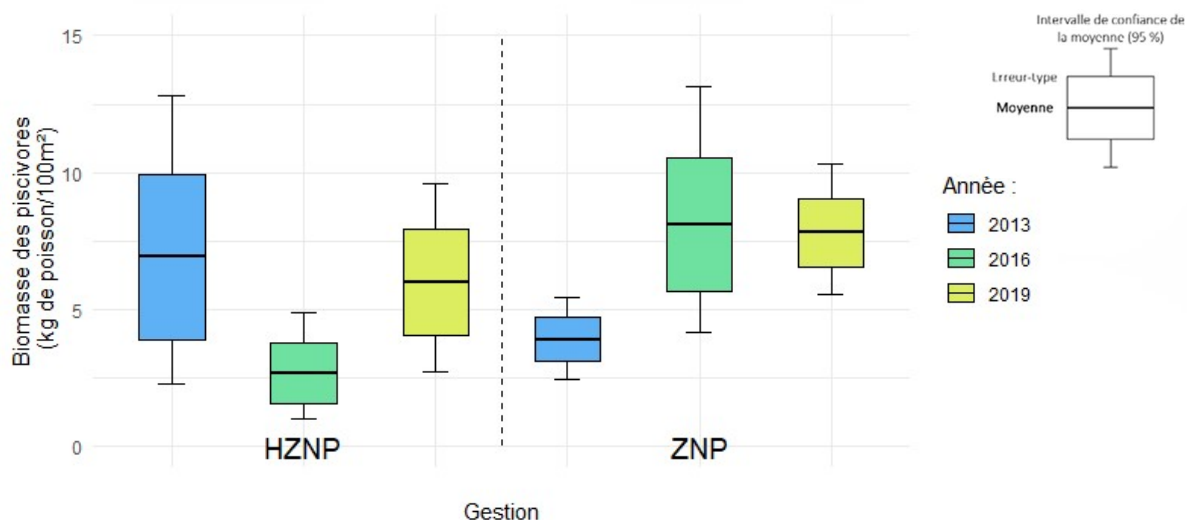


Figure 88 : Evolution de la biomasse moyenne de piscivores en kg/transect entre 2013 et 2019 selon les modes de gestion dans les comptages du PNCa.

4.7.4 Structure trophique du peuplement entre 0 et 5 m

La structure trophique du peuplement de poissons des petits fonds a évolué entre le suivi de 2016 et 2019 (Figure 89). La structure trophique dans les ZNP en 2019 voit une part plus importante de piscivores par rapport à 2016. HZNP on constate une part plus importante des herbivores en 2019 par rapport à 2016, avec une diminution de la part de mésocarnivores et de planctonophages.

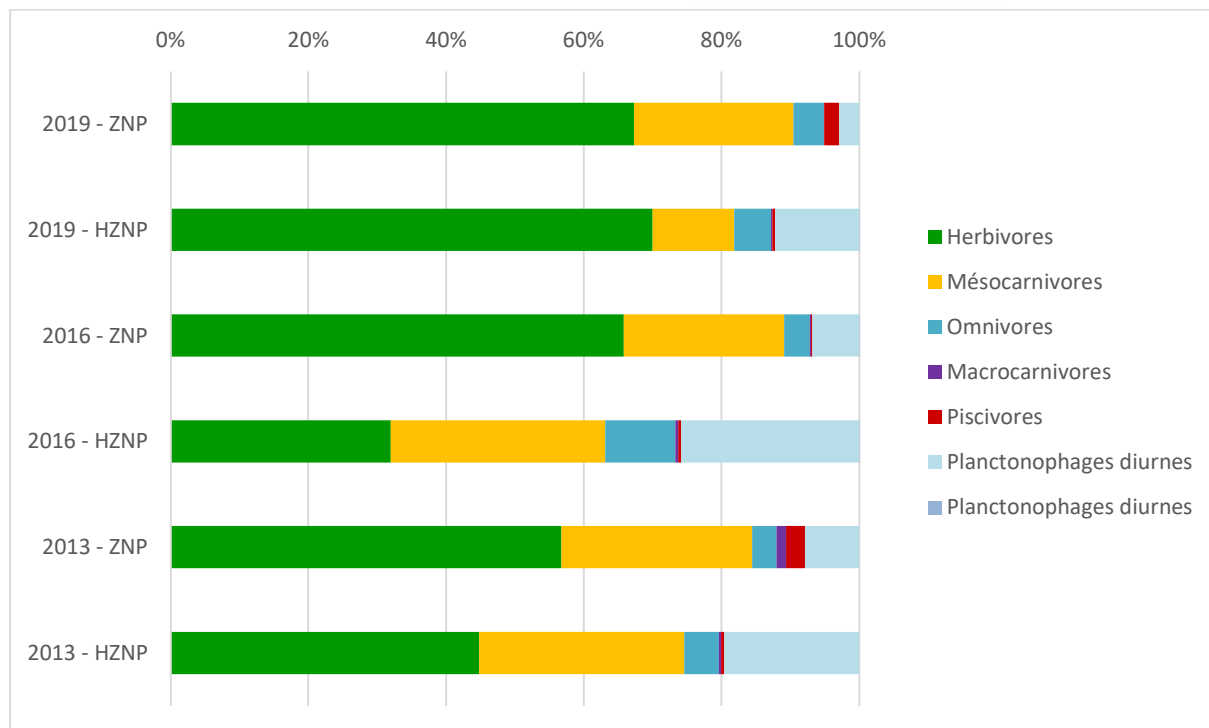


Figure 89 : Proportions de biomasse des différents groupes trophiques dans les comptages au temps d'espèces cibles réalisés dans les petits fonds du PNCaI (0-5 m).

4.7.5 Evolution de la structure spatiale et comportementale du peuplement de poissons entre 5 et 25 m

La structure spatiale et comportementale du peuplement de poissons a été évaluée à partir des proportions de la biomasse globale occupées par les différentes catégories définies par Harmelin (1987). Entre 2013 et 2019, la structure spatiale et comportementale du peuplement de poissons des Calanques a évolué en faveur des catégories 1 et 2 : les espèces de pleine eau, grégaires, très mobiles, à activité diurne, les planctonophages *Spicara* spp., *Boops boops*, *Oblada melanura*, mais aussi les mugilidés, *Dicentrarchus labrax*, *Seriola dumerili* (catégorie 1) et les poissons sédentaires vivant en banc dans toute la colonne d'eau, *Chromis chromis* et *Anthias anthias* (catégorie 2) (Figure 90). Entre 2016 et 2019 la catégorie 1 a continué à progresser, ainsi que la catégorie 6 des espèces necto-benthiques à très forte sédentarité notamment les scorpaenidés et *Phycis phycis*.

Le peuplement des Calanques est très largement dominé par les 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., *Spondyllosoma cantharus*, *Sparus aurata*, *Sarpa salpa*, *Dentex dentex*, et *Epinephelus marginatus*.

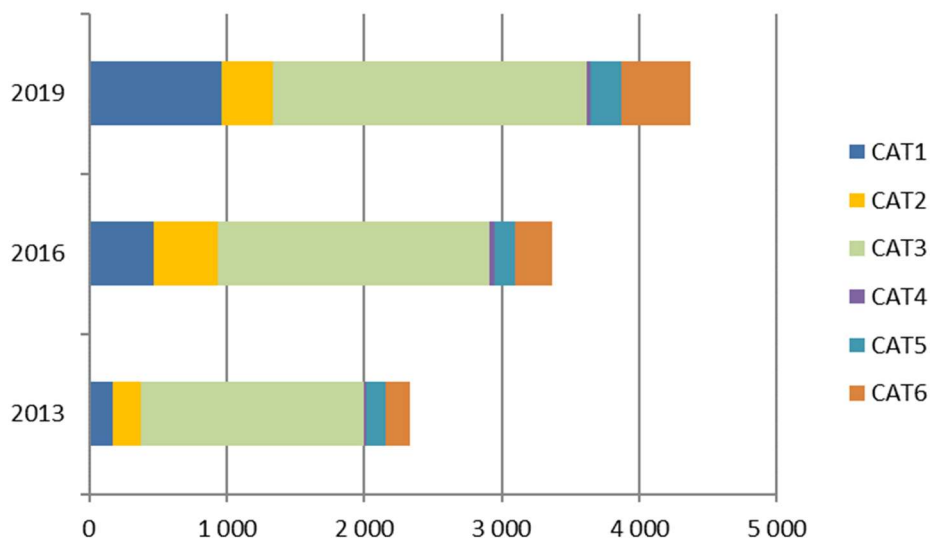


Figure 90. Evolution de la structure spatiale et comportementale du peuplement de poissons des Calanques à partir des catégories proposées par Harmelin (1987). Proportions calculées à partir du cumul des biomasses des poissons recensés (kg).

4.8 Chiffres et résultats clef du suivi des poissons – TRA – UVC transects

Echantillonnage :

- **24 stations** (12 ZNP/12 HZNP) entre 5 et 25 m
- 10 comptages par stations sur transects de 25 m x 5 m = **125 m² entre 5 et 25 m** profondeur, soit **240 répliqués** (120 ZNP/120 HZNP)
- 5 parcours de 25 m x 5 m, soit 125 m² réalisés à 2 dates rapprochées au sein des 12 stations échantillonnées, soit **120 répliqués** entre 0 et 5 m de profondeur.
- Toutes espèces diurnes prises en compte, à l'exception des petites espèces benthiques (gobidés, blennidés, tripterygiidés) et cryptiques sous échantillonnées.

Richesse spécifique :

- **Nombre total de taxons** (espèces, genres, famille) recensés par transects linéaires : **53** (contre 53 en 2013 et 51 en 2016), dont **44 hors HZNP** et **52 dans les ZNP** ;
- La richesse spécifique **Rs totale** varie de **21 à 36 espèces vues par station**, soit **13 à 22 espèces relevées au maximum par transect** à chaque station, contre 21 à 31 espèces par stations (Rs totale maximal/transect = 20) en 2016 et 10 à 18 espèces selon les stations (Rs totale maximale/transect = 24) en 2013 ;
- **Rs moy** = **9.7** au minimum et **16.4** au maximum selon les stations en 2019 (contre 10.3 au minimum et 13.7 au maximum selon les stations en 2016) ;
- **Rs ZNP** = **13.5 ± 3.4 en 2019** contre 12.5 ± 2.8 en 2016 et 11.3 ± 3.0 en 2013 ; **Rs Hors ZNP** = **12.6 ± 3.3** en 2019 contre 11.5 ± 2.7 en 2016 et 9.4 ± 3.2 en 2013 ; Rs ZNP > Rs Hors ZNP*** ;
- **Rs îles**=**12.4 ± 3.2** et **Rs côte** = **14.0 ± 3.4 en 2019** contre Rs îles=12.0 ± 2.8 et Rs côte = 12.1 ± 2.8 en 2016 ; Rs îles=Rs côte en 2013.

Fréquences d'observations :

- Espèces présentes à toutes les stations : *Chromis chromis*, *Coris julis*, *Diplodus puntazzo*, *Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *Mullus surmuletus*, *Serranus cabrilla*, *Symphodus doderleini*, *Symphodus melanocercus*, *S. ocellatus*, *S. tinca* ;
- Espèces présentes seulement dans 1 ou 2 stations : *Conger conger*, *Ctenolabrus rupestris*, *Dicentrarchus labrax*, *Sardinella aurita*, *Scorpaena maderensis*, *Seriola dumerili*, *Trachurus sp.*
- En 2019, **30 corbs** (*Sciaena umbra*) ont été recensés alors qu'aucun individu avait été observé en 2016 ;
- Seul **5 barracudas** (*Sphyraena viridensis*) ont été observés en 2019, alors que 67 individus ont été recensés en 2016, dont 50 en ZNP ;
- **Le mérou brun** (*Epinephelus marginatus*) est plus présent dans les comptages de 2019 avec un total de **61 individus**, dont 55 en ZNP contre 31 individus et 18 en 2013 (dont 16 en ZNP).

Abondances :

- **Abondance d'espèces planctonophages > espèces non planctonophages** dans la zone d'étude ;
- **Hors espèces planctonophages**, abondances **dominées par les labridés** ;
- **Sparidés > labridés** dans les **sites moins impactés par la pêche** ;

- **Différence d'abondance des poissons significative entre stations, entre zones de gestion** (ZNP/HZNP et entre années) ;
- Abondances poissons **ZNP > Hors ZNP ***** en 2019.
- Par ordre décroissant d'importance dans la composition des abondances hors planctonophages : ***Coris julis* > *Diplodus vulgaris* > *Sarpa salpa* > *Symphodus tinca* > *S. ocellatus*** contre *Coris julis* > *Diplodus vulgaris* > *Sarpa salpa* > *D. sargus* > *Serranus cabrilla* (ordre en 2016 et 2013)
- **Abondance poissons îles > abondance côte**

Biomasses :

- **Biomasse d'espèces planctonophages < biomasse espèces non planctonophages** dans zone d'étude
- Hors espèces planctonophages, **biomasses largement dominées par les sparidés**
- **Différence de biomasse des poissons significative entre stations, entre années, entre modes de gestion**
- **Biomasses ZNP > Hors ZNP*****
- Par ordre décroissant d'importance dans la composition des biomasses : ***Sarpa salpa* > *D. vulgaris* > *Epinephelus marginatus* > *Sparus aurata* > *Diplodus sargus*** en 2019 contre *Sarpa salpa* > *D. vulgaris* > *D. sargus* > *Epinephelus marginatus* > *C. julis* en 2016
- **Biomasses îles > biomasses côte**

Espèces cibles :

- Rs moyenne par station = 1 à 6
- **Biomasse moyenne des espèces cibles = 6.5 ± 12.0 kg/100m² en 2019** contre 5.1 ± 8.0 kg/100m² en 2016 et 3.6 ± 3.5 kg/100 m² ; **7.3 ± 16.8 kg/100 m² à la côte** et **5.8 ± 6.9 kg/100 m² dans les îles** ; **3.0 ± 3.2 kg/100 m² HZNP** et **10.0 ± 16.0 kg/100 m² ZNP** ;
- Taille ***E. marginatus*** : [30-100 cm], **60 à 70 cm** en majorité ;
- Taille ***S. umbra*** : [15-55 cm], **25 à 30 cm** en majorité ;
- Taille moyenne ***D. sargus*, *Serranus cabrilla* et *Coris julis* 2019 > 2016**, sexe ratio en faveur des mâles en 2019/2016

Evolution 2008-2019 :

- **Densité espèces cibles 2019 > 2016** Jarre Briançon et Calanque de l'Oule HZNP et Nord Caramassaigne en ZNP (3 stations/8).
- **ZNP : Biomasse espèces cibles 2019 < 2016 (3 stations/4)**
- **HZNP : Biomasse espèces cibles 2019 > 2016 (2 stations/4)**

Evolution structure trophique :

- **Proportion des différents groupes trophiques est comparable à celle de 2016 mais avec une abondance plus élevée.**

4.9 Chiffres et résultats clef du suivi des poissons – PMT – UVC temps

Echantillonnage :

- **12 stations** (5 ZNP/7 HZNP) entre 0 et 5 m
- 10 comptages par stations au temps (parcours aléatoire de 3 minutes) entre 0 et 5 m de profondeur, **soit 120 réplicats** (50 ZNP/70 HZNP)

Richesse spécifique :

- **Nombre total de taxons** (espèces, genres) recensées par comptages de 3 min : **35** (au lieu de 36 en 2016 et 2013) ;
- **Rs moyenne** varie de **7.8 à 12.5** espèces selon les stations ;
- **Rs totale** varie de **18 à 23** espèces selon les stations ;
- 4 taxons non vues dans TRA : *Belone belone*, *Pagellus sp.* et *Symphodus melops* ;
- Espèces les plus fréquentes : *Coris julis*, *Diplodus Sargus* et *Diplodus vulgaris*

Abondances :

- **Abondance dominée par des espèces planctonophages**
- **Hors espèces planctonophages, abondances dominées par les sparidés**
- **Sparidés > labridés dans ZNP**, c'est l'inverse hors ZNP ; dans les petits fonds rapport sparidé/labridé AMA < HZNP < ZNP
- Par ordre décroissant d'importance dans la composition des abondances **en ZNP** :
- *Atherina sp.* > *Sarpa salpa* > *Oblada melanura* > *Chromis chromis* > *Diplodus vulgaris*
- Par ordre décroissant d'importance dans la composition des abondances en ZNP :
Chromis chromis > *Atherina sp.* > *Oblada melanura* > *Sarpa salpa* > Mugilidae

Biomasses :

- **Biomasse d'espèces planctonophages < espèces non planctonophages**
- Par ordre décroissant d'importance dans la composition des biomasses :
Sarpa salpa > *Diplodus vulgaris* > *D. sargus* > *D. puntazzo* > *Chromis chromis* > *Dicentrarchus labrax*

Espèces cibles :

- **16 espèces cibles** vues dans les comptages en zone superficielle
- Rs des cibles par station (et non par comptage) = **7 à 12 espèces en 2019** (6 à 12 espèces en 2016 et 2013)
- Biomasse moyenne des espèces cibles en 2013=88 ± 165 g/comptage
- Biomasse moyenne des espèces cibles en 2016=142 ± 268 g/comptage
- Biomasse moyenne des espèces cibles en **2019=207 ± 525 g/comptage**
- Biomasse moyenne des espèces cibles **ZNP=244 ± 761 g/comptage**
- Biomasse moyenne des espèces cibles **HZNP=48 ± 34 g/comptage**

4.10 Chiffres et résultats clef du suivi des poissons cibles – TPS – UVC temps

Echantillonnage :

- **24 stations** (12 ZNP/12 HZNP)
- 20 parcours de 3 min réalisés au sein des 24 stations échantillonnées, soit **480 réplicats**.
- Une liste de **24 espèces cibles**

Richesse spécifique :

- La richesse spécifique totale varie en 2019 de **11 à 20 selon les stations (diversité maximale = 27)** contre 9 à 16 espèces en 2016 (diversité totale maximale = 24) et 10 à 18 espèces en 2013 (diversité totale maximale = 24).

Fréquences d'observations :

- Les grands individus les plus fréquemment rencontrés appartiennent aux espèces : *Symphodus tinca*, *Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *D. puntazzo* et *Serranus cabrilla* ;
- Les 'grands' individus d'*E. marginatus* sont observés dans **14 stations sur 24**, 10 en ZNP et 4 HZNP. Hors ZNP, ces individus ont été observés aux stations S07 Jarre Briançon, S08 Plateau des Chèvres, S21 Phare Cassidaigne et S24 Ile Verte Roustaud ;
- A T+6 ans après la mise en place du zonage, les fréquences d'observations de 'grands' individus de *S. cabrilla*, *Labrus merula*, *Mullus surmuletus* et *doplodus puntazzo* sont supérieures dans les stations ZNP par rapport aux stations hors ZNP.
- Contrairement à 2016, en 2019 des 'grands' individus de *Conger conger* et *Sciaena umbra* ont été rencontré dans 4 stations échantillonnées ;
- Les espèces de la catégorie 'petit-moyen' qui sont présentes sur au moins 50% des parcours sont *Coris julis*, *Diplodus vulgaris*, *D. sargus*, *Symphodus tinca*, *S. mediterraneus* et *Serranus cabrilla*.
- Des individus de la catégorie 'petit-moyen' de *Seriola dumerili*, *Labrus mixtus* et *Sciaena umbra* ont été observé dans plusieurs stations en 2019 alors qu'aucun n'avait été vu en 2016. ;
- Les proportions de 'grands' individus d'espèces cibles sont plus élevées dans les stations des ZNP.

5 ELEMENTS DE SYNTHESE ET MISE EN PERSPECTIVE DES DONNEES DU SUIVI A T0+6 ANS

Les acquisitions de données par comptage visuel du peuplement de poissons du Parc national des calanques ont été conduites par le GIS Posidonie lors de 2 périodes distinctes, conformément au plan d'échantillonnage. Les deux campagnes de terrain ont été réalisées entre la fin du mois septembre et la fin du mois d'octobre 2019. Patrick Bonhomme du Parc national a pu se joindre à l'équipe de terrain lors de plusieurs journées d'investigations, pour aider à récolter les données nécessaires au suivi et échanger sur les observations. L'échantillonnage a été réalisé avec des conditions météorologiques moins stables qu'en 2016 et en 2013, cependant la thermocline est restée basse et l'eau chaude jusqu'à la fin des comptages, ce qui nous assure des données de qualité, homogènes et représentatives de la saison pour la réalisation de cette évaluation 6 ans après l'état zéro. Les stations sont rigoureusement les mêmes que celles de l'état initial et que celles du suivi à T0+3. Quelques stations sont suivies depuis 2008, bien avant la création du Parc et apportent un peu plus de recul encore pour observer les évolutions temporelles. Les conditions sont donc réunies pour réaliser une bonne comparaison de l'état du peuplement avec les années antérieures.

Les comptages de référence métrés et des espèces cibles par parcours de 3 minutes ont été réalisés sur 24 stations réparties sur l'ensemble du territoire du Parc national des Calanques permettant des évaluations quantitatives du peuplement. Des comptages au temps ont été conduits sur 12 stations littorales (0-5 m de profondeur) en plongée libre. Ce suivi complémentaire dans les petits fonds a vocation à être pris en charge par le personnel du Parc au moins avec le même pas de temps et, pourquoi pas, avec un pas de temps plus resserré (tous les ans, par exemple). Le croisement des 3 approches méthodologiques fournit un jeu de données particulièrement complet et intéressant pour comprendre les modifications qui s'opèrent sur le peuplement de poissons des Calanques depuis plus de 6 ans.

La méthodologie conduit à un nombre important de répliqués (840 au total), ce qui permet d'avoir une bonne représentativité du peuplement à la saison la plus favorable aux inventaires. Toutes les données de comptage : par transect (TRA-240 répliqués), au temps des espèces cibles (TPS-480 répliqués) et de toutes espèces près du bord (PMT-120 répliqués) ont été saisies dans la base de données du GIS Posidonie. Les données ont été validées et sauvegardées et ont été transférées au Parc et intégrées dans l'outil POPCORn développé pour le Parc national des Calanques (Guillas *et al.*, 2016). Quand la base POPCORn sera opérationnelle au PNCal, la saisie pourra se faire directement.

La question principale à laquelle doit répondre ce suivi est celle de l'efficacité de la gestion spatiale mise en place, sous la forme de plusieurs zones de non-prélèvement de plus ou moins grande surface, réparties sur le territoire du PNCal. L'analyse des données de ce suivi a pour objectif de faire ressortir les différences de peuplement observées selon le mode de gestion : ZNP/HZNP, selon les stations elles-mêmes, éventuellement selon leur localisation (sur les îles/à la côte). C'est bien évidemment aussi un effet des prélèvements par toutes les formes de pêche qui est observé dans les stations hors ZNP. L'interprétation des données doit donc tenir compte également de l'évolution des stations situées dans l'aire maritime adjacente et hors ZNP dans lesquelles l'effort de pêche a pu se reporter. Avec cette troisième campagne de comptages, le PNCal inscrit ce suivi des peuplements de poisson dans la durée et les résultats font apparaître une évolution dans le temps de la qualité du peuplement de poissons. Près de 8 ans après la création du PNCal et de gestion dans la zone, la réglementation est mieux connue des usagers et les méthodes de gestion et de surveillance maintenant bien établies. Le peuplement observé lors de nos plongées est donc le résultat de ce qui a été mis en œuvre et nous le comparons aux observations faites lors de l'état zéro ou état de référence réalisé en 2013, quelques

18 mois après la création du Parc national et quelques mois seulement après la mise en place d'équipes de surveillance (Bonhomme *et al.*, 2015).

Importance de l'habitat dans la structuration du peuplement

En 2016 comme en 2013, l'analyse multivariée faisait ressortir un groupe principal de stations aux caractéristiques assez homogènes et quelques stations aux caractéristiques particulières telles que le Plateau des Chèvres (herbier, dalles horizontales peu profondes), ou la Pointe Cacao (galets, graviers et petits blocs). Le groupe de stations situées en ZNP est caractérisé par une plus forte rugosité et complexité comme les stations situées près de Riou, au Veyron, à l'Île Verte (profondeur, gros blocs et dalles). Les habitats remarquables des stations Moyades, Grand Congloue, Nord Caramassagne, Veyron situés dans les îles, dans des sites un peu plus profonds ou bien sur un rivage plus accore et présentant des degrés de complexité importants, favorisent les espèces de roche, dont la plupart sont des cibles de la pêche et accentuent l'écart entre ZNP et hors ZNP (cf. rapport état zéro, Bonhomme *et al.*, 2015). La zone d'étude dispose d'un fort potentiel grâce à ces stations qui sont principalement situées dans les ZNP. Le second atout est l'importance de la surface mise en protection intégrale dont on sait l'influence favorable qu'elle a sur la densité et la biomasse des espèces cibles (Claudet *et al.*, 2008).

L'analyse de l'habitat réalisée dans les précédents rapports (Bonhomme *et al.*, 2015, Le Diréach *et al.*, 2017) a fait ressortir qu'en dépit du soin apporté au choix des stations de roche entre 5 et 25 m pour qu'elles soient le plus comparables possible, des différences de complexité, de rugosité et de caractéristiques géomorphologiques, telles que la proximité de sites profonds, la situation des stations à la côte et dans les îles, sont mises en évidence. Ces paramètres de l'habitat, qui structurent les peuplements, peuvent influencer les comparaisons entre stations et notre interprétation de l'efficacité de la protection sur les peuplements. Il est apparu notamment que la structure de l'habitat des stations des ZNP situées dans les îles favorise le peuplement de poissons.

Les variables descriptives de l'habitat collectées lors des 2 précédentes campagnes (nombre de petits, moyens et gros blocs, et % de recouvrement par la roche, le sable, l'herbier et les galets) rendent compte de la rugosité, de la complexité et de la profondeur à l'échelle des transects du suivi. A chaque retour, les mêmes demi-stations sont prospectées de part et d'autre du point GPS central de localisation de la station. Nous avons utilisé des modèles linéaires généralisés (GLM) pour examiner l'évolution de l'abondance et de la biomasse des poissons cibles dans le PNCal en fonction de l'augmentation de la complexité et de la rugosité de l'habitat sur le jeu de données. L'écart entre les valeurs d'abondance et de biomasse obtenues et le modèle basé sur les variables d'habitat, appelé résidu, nous a permis de mettre en évidence la part de variabilité non expliquée par l'habitat. Notre hypothèse est que cette variabilité, qui peut se traduire par une augmentation d'abondance ou de biomasse observée dans les ZNP est due à la gestion mise en place, autrement dit à 'l'effet réserve'.

Ainsi, lorsqu'on enlève la variabilité liée à l'habitat, les tests statistiques réalisés ne montrent pas d'effet de la protection sur l'abondance des poissons. En revanche, l'effet est significativement démontré sur la biomasse de poissons dès 2013 et en 2019. Les valeurs de biomasse relevées en ZNP sont significativement supérieures à celles observées hors ZNP.

Cette succession d'analyses pratiquée lors de ce retour permet donc de confirmer 'l'effet réserve' ou effet de la protection dans les ZNP, indépendamment de l'effet habitat, qui structure fortement les communautés de poissons en général. Dans les Calanques, la différence entre ZNP et hors ZNP est donc accentuée par le positionnement de certaines stations de ZNP dans des habitats remarquables et particulièrement favorables à l'ichtyofaune. Ce que nous observons dans certaines stations très poissonneuses est un cumul des deux effets.

Evolution du peuplement de poissons entre 5 et 25 m de profondeur

- Evolution de la liste et des occurrences des espèces

La liste des espèces comprend plus de 50 taxons. Le cortège d'espèces observées sur fond rocheux des Calanques est caractéristique des fonds côtiers méditerranéens et comprend des espèces permanentes : *Chromis chromis*, *Coris julis*, *Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *Serranus cabrilla*, *Symphodus mediterraneus*, *S. melanocercus*, *S. tinca*. Des occurrences plus élevées d'*Apogon imberbis*, de *Labrus merula* et de *Mullus surmuletus* sont constatées depuis 2016. *Epinephelus costae* n'a pas été revu en 2019. Alors qu'un seul congre a été vu durant le comptage de 2019 comme en 2016, l'occurrence des murènes dans les comptages est passée de 3% HZNP et 8% en ZNP à respectivement 10 et 11%. De même, l'occurrence moyenne de *Serranus scriba* est passée en 3 ans de 12% HZNP et 9% dans ZNP respectivement à 30% et 17%. La rascasse de Madère *Scorpaena maderensis* a été observée pour la première fois depuis le début du suivi. Cette tendance est observée dans d'autres suivis en Méditerranée nord-occidentale. Ces dernières espèces semblent être favorisées par le réchauffement climatique mais aussi par la pression de pêche. Ce type de suivi au long terme permet de mettre en évidence des changements de composition du peuplement liés aussi au changement des conditions environnementales. Ainsi, la présence d'anchois *Engraulis encrasicolus*, de sardines *Sardina pilchardus* et de sardinelles *Sardinella aurita* et des occurrences un peu plus élevées des *Spicara* spp., confirment l'abondance des espèces planctonophages. Leur proportion est en augmentation depuis le début du suivi : l'abondance des espèces planctonophages a été multipliée par 2 en 2016 et par 3 en 2019 (notamment les castagnoles, les oblades et les *Spicara* spp). Ces espèces sont un maillon important de la chaîne alimentaire car elles nourrissent les prédateurs ichtyophages. Le travail de Ourgaud *et al.* (2015) et les suivis pluriannuels réalisés dans la région marseillaise (suivis de la réserve de Couronne ou des récifs du Prado) avaient montré une nette diminution des planctonophages entre 2009 et 2015 (Le Diréach *et al.*, 2014, Astruch *et al.*, 2016). Un constat similaire est fait par les pêcheurs professionnels.

- Evolution de la richesse spécifique

La richesse spécifique continue à progresser aussi bien en ZNP qu'hors ZNP, sur la côte comme sur les îles. Cette augmentation, qui était un des premiers signes entre 2013 et 2016 d'un effet positif de la gestion mise en place, est importante : la Rs spécifique moyenne par station est passée de 10.6 en 2013 à 13.1 en 2019 pour l'ensemble des stations des Calanques prospectées. Dans les ZNP, la Rs moyenne par station est passée de 11.3 à 13.5, et hors ZNP, elle a augmenté de 9.4 à 12.6 espèces. La Rs moyenne par station n'était pas différente entre la côte et les îles en 2013 et en 2016, mais en 2019, elle est de 14 à la côte et de 12.4 dans les îles et présente une forte augmentation par rapport à 2013.

La composition du peuplement continue à évoluer en faveur d'une plus grande diversité d'espèces dans la plupart des stations du PNCal sauf dans 7 stations où la Rs a diminué dans les comptages : les 2 stations Tiboulou de Frioul et Frioul-Cambrette, à Jarre-Briançon hors ZNP et à Planier, au Veyron, à Moyades et Cap Soubeyrane en ZNP.

La composition du peuplement continue à évoluer en faveur d'une diminution de la fréquence des labridés (sauf les grands labres), une tendance à l'augmentation de celle des sparidés en général et surtout des mugilidés, des mullidés et des serranidés, pour les principales familles.

Les effectifs du mérou ont doublé en 3 ans, son occurrence a augmenté à plusieurs stations et de jeunes individus ont été observés. L'occurrence du mérou brun (TRA) est de 27% en ZNP et 4% hors ZNP. A titre de comparaison, l'occurrence des mérous bruns observée autour de Port-Cros en 2014 était de 22% (Astruch *et al.*, 2015). Les résultats de la campagne 2019 confirment la faible occurrence

du mérou *Epinephelus marginatus* et du corb *Sciaena umbra* en dehors des ZNP malgré des habitats disponibles pour ces deux espèces. Cela fait partie des résultats majeurs du suivi et traduit la réalité d'un prélèvement de ces espèces, en dehors des ZNP, sur le vaste territoire des Calanques, comme presque partout sur la côte malgré les moratoires mis en place depuis 1993 et 2013 respectivement pour le mérou brun et le corb. Ces deux espèces sont des indicateurs de protection et répondront à n'en pas douter si les mentalités évoluent et si les fréquences de surveillance et de contrôles augmentent. Des contrôles accrus au moment du lever et du coucher du soleil (la nuit ?) doivent être encouragés, quand la fréquentation sur le plan d'eau diminue et que les activités illégales peuvent se développer. Rappelons, par ailleurs, que la faible abondance des mérous à faible profondeur est également un indicateur de pression de pêche. A moins de 25 m de profondeur, les individus de grande taille demeurent rares en zone non protégée mais devraient augmenter en zone protégée au fil du temps, comme on peut le voir à Moyades dans les Calanques ou à la Gabinière à Port-Cros, par exemple.

- Evolution des abondances

L'abondance moyenne des poissons toutes espèces comprises est en augmentation dans l'ensemble de la zone d'étude, elle a été globalement multipliée par 2.1 depuis 2013 dans le PNCal, par 2.3 dans les ZNP et par 1.9 en dehors. Sur la côte, la densité moyenne de poissons a été multipliée par 2.6 entre 2013 et 2019 et sur les îles par 1.9. Ces différences sont statistiquement significatives.

Les effectifs des comptages cumulés par station font apparaître une augmentation de la densité des poissons dans 20 stations sur 24 en 2019 par rapport à 2013. Hors ZNP, quelques stations ont étonné par la diminution de l'abondance des poissons en 2019 : Fromages et Jarre Briançon, alors que les stations Tiboulou de Maire, Plateau des chèvres, phare de Cassidaigne et île Verte voient leurs effectifs augmenter. Hors ZNP, presque toutes les stations voient leurs effectifs cumulés augmenter, sauf Veyron et Grand Conglue (effet de baisse relatif dû à des observations exceptionnelles en 2016). Les stations des ZNP présentent, pour la plupart, des densités de poissons plus élevées que celles situées en dehors des ZNP, ce qui plaide en faveur d'un résultat lié à la protection. C'est plus net en 2019 qu'en 2013 et en 2016. Il faut souligner, en effet, que les effectifs augmentent non seulement dans les ZNP mais aussi en dehors, ce qui est un excellent résultat pour le peuplement de poissons.

L'évolution des **effectifs cumulés** de T0 à T0+6 pour l'ensemble des stations montre une augmentation constante et importante du nombre de poissons aussi bien dans les ZNP qu'en dehors. Toutefois l'augmentation globale des poissons dans la zone d'étude est principalement due à celle de l'abondance des planctonophages. En effet, l'examen de la composition du peuplement de poisson observé révèle que ce sont surtout les **espèces planctonophages** dont la proportion a augmenté depuis 2013, alors que le nombre des non planctonophages est resté plus ou moins constant. L'abondance de planctonophages a augmenté régulièrement et de façon importante aussi bien dans les ZNP qu'en dehors. Ce poisson 'fourrage' joue un rôle fonctionnel majeur puisqu'il supporte pour partie la chaîne alimentaire.

En 2016, le résultat des comptages par transect faisait apparaître une diminution globale préoccupante des effectifs cumulés en **poissons non planctonophages** dans la quasi-totalité des stations (22/24), qu'elles soient situées en ZNP ou en dehors, par rapport à 2013. En 2019, la tendance s'inverse et une augmentation de ces effectifs est observée un peu partout dans le PNCal (19 stations/24), ce qui pourrait être interprété comme un autre signe d'efficacité de la gestion. Lorsque les espèces planctonophages sont soustraites du total des poissons, il apparaît, que les effectifs sont restés constants ou ont augmenté dans la quasi-totalité des stations, qu'elles soient dans les ZNP ou en dehors. L'augmentation des abondances globales de poissons est donc à mettre au bénéfice principal des espèces planctonophages dont nous avons dit l'importance pour la chaîne trophique, mais pas seulement. En ZNP, 2 stations continuent à se distinguer : le Veyron et Cortiou qui confirment leur

tendance marquée à la hausse depuis le début du suivi. La Rs elle, a plutôt diminué dans les comptages à ces 2 stations et reste en-dessous des richesses moyennes de stations 'de référence' telles que Moyades et Sud Riou. Le Veyron est une station au potentiel exceptionnel eu égard à la qualité de ses habitats, des facteurs environnementaux et de sa localisation au large, pour le poisson benthique et démersal. Les pics de densité et de biomasse sont dus, au Veyron, à la présence en abondance de beaucoup de sars (*D. puntazzo* notamment) et de labridés (en particulier *Coris julis*). A Cortiou, le peuplement de poisson semble bénéficier à la fois de l'effet de la protection et de l'abondance en nutriments sous influence du rejet de la station d'épuration, qui, malgré les efforts consentis depuis des années à l'amélioration de la qualité du rejet, constitue toujours une source importante de matière organique. Cette année encore, des sparidés : sars, dorades (abondance exceptionnelle), canthares et saupes, des rougets et des oblades, des pagres, des mostelles et des chapons y ont été vus en abondance.

Hors ZNP, seules les stations Fromages et Ile Verte Roustaud voient encore leurs effectifs de poissons (hors planctonophages) diminuer en 2019 et méritent attention. Toutes les autres stations se maintiennent ou sont en légère augmentation par rapport à 2016, ce qui est positif. En dehors de ces 2 stations, il y a peu de variations interannuelles des effectifs cumulés hors ZNP. Dans les ZNP, c'est également le cas à Planier, à Sud Riou, et au Grand Congloue, qui ont des effectifs hors planctonophages assez constants depuis le début du suivi. Les effectifs cumulés hors planctonophages, en 2019, dans les ZNP, ne sont nettement plus élevés qu'à certaines stations comme Veyron, Moyades, Plane, Cortiou, Devenson, Pointe Cacaou. Après plus de 6 ans de gestion, l'abondance des poissons non planctonophages se maintient dans les stations hors ZNP. Seules 2 stations présentent une évolution nettement à la baisse.

L'augmentation de l'abondance des planctonophages entre 2013 et 2019, a donc tendance à masquer dans l'analyse du peuplement global les effectifs des autres espèces, dont les cibles de la pêche. La tendance à la diminution de la densité réduite observée entre 2013 et 2016 aussi bien hors ZNP que dans les ZNP s'est inversée entre 2016 et 2019 dans les deux types de zones de gestion. Les variations entre les campagnes sont plus modérées hors ZNP et plus marquées dans les ZNP. Quoi qu'il en soit, la densité réduite de poissons demeure nettement plus élevée dans les ZNP, depuis le début du suivi.

Les principales espèces qui composent le cortège du peuplement des Calanques en 2019 sont les mêmes qu'en 2013 : la girelle (*Coris julis*), le sar (*Diplodus vulgaris*) et les saupes (*Sarpa salpa*), ainsi que le crénilabre tanche (*Symphodus tinca*), *Symphodus ocellatus*, la dorade *Sparus aurata* et le chinchard *Trachurus spp.*. Le serran chèvre (*Serranus cabrilla*), et le rouget (*Mullus surmuletus*) viennent plus loin dans le classement des espèces les plus abondantes.

- Evolution des biomasses

Les biomasses moyennes de poissons (toutes espèces prises en compte) ont significativement augmenté dans le site d'étude et atteignent 14.6 kg/100 m² en 2019 contre 7.8 kg en 2013 (X 2). L'augmentation de la biomasse moyenne touche aussi bien les stations en ZNP (X 2) qu'en dehors, mais dans une moindre mesure (X 1.6). Pour se rendre compte : la biomasse moyenne de poissons est de 20.8 kg/100 m² dans les ZNP et de 8.4 kg/100 m² en dehors. Ces valeurs importantes sont largement supérieures à celles observées sur les fonds rocheux autour de Port-Cros (Astruch *et al.*, 2015) où la biomasse moyenne est en moyenne de 6.6 kg par 100 m². Au sein du site de la Gabinière Ouest, site de référence où toute forme de pêche est interdite, la biomasse atteint 17.8 kg par 100 m², soit 2 kg de moins que la moyenne observée dans les ZNP du PNCal.

La biomasse de poissons à la côte a été multipliée par 3.7 en 6 ans (15 kg/100 m² contre 4.1), et par 1.4 dans les îles (14.2/100 m² contre 10.4). La biomasse de poisson semble mieux répartie entre les

îles et la côte, qui présentent une valeur moyenne de biomasse équivalente aujourd'hui alors que l'écart se creuse entre ZNP et HZNP.

Quelques stations présentent des fortes augmentations de la biomasse cumulée en 2019 : Moyades et Cortiou en particulier, alors que la biomasse de poissons observée a été relativement moins importante en 2019 qu'en 2016 au Veyron et au Grand Conglue (observations exceptionnelles en 2016). Cette baisse semble plutôt liée à l'échantillonnage et les valeurs de biomasse restent élevées dans ces stations. La biomasse progresse fortement au Devenson et à la Pointe Cacao, elle se maintient dans toutes les autres stations. Le niveau de la biomasse cumulée observée est nettement plus élevé dans les stations en ZNP. Les stations de Plateau des chèvres, Cassidaigne, Soubeyrane et Ile Verte-Roustaud (HZNP) présentent des biomasses qui rivalisent avec celles des ZNP. Il est intéressant de remarquer que la biomasse observée de jour à Planier est constante depuis le début du suivi et n'est guère différente de celle observée dans beaucoup de stations non protégées. Cette station ne progresse pas depuis le début du suivi. Nous y avons trouvé le comportement du poisson très fuyant lors des investigations, comme dans les zones chassées. Les ZNP de Nord Caramassaigne et de Cap Soubeyrane progressent peu. La réserve Falco a doublé en biomasse lors du suivi de 2016 et se maintient à ce niveau en 2019.

Six ans après l'état initial, les **biomasses cumulées** ont augmenté en dehors des ZNP. Elles ont davantage augmenté dans les ZNP qu'en dehors, mais elles progressent également hors des ZNP depuis le début du suivi, malgré la pression de pêche qui s'y exerce, ce qui est un résultat important à souligner.

L'analyse des **biomasses cumulées d'espèces non planctonophages (biomasses réduites)** hors ZNP révèle une tendance à l'augmentation par rapport à 2013 pour les stations Frioul-Cambrettes, Plateau des Chèvres, Ouest Figuier, Phare Cassidaigne et Soubeyrane. Les stations Tiboulon du Frioul, Tiboulon de Maire, Fromages, calanque de l'Oule et En-Vau sont en diminution, contrairement à la cinétique observée durant la première période du suivi. Dans les ZNP, Moyades, Cortiou, Devenson et Pointe Cacao sont en progression de biomasse observée. Veyron, Plane et Grand Conglue connaissent une baisse de biomasse par rapport à 2016 mais celle-ci reste élevée. La biomasse cumulée a peu évolué dans les autres stations de ZNP.

Les espèces qui composent la majorité de la biomasse réduite observée par comptages visuels sont les saupes *Sarpa salpa*, les sars *Diplodus spp*, le mérou brun *Epinephelus marginatus*, les daurades *Sparus aurata*, les girelles *Coris julis* et les mugilidés. La biomasse des espèces cibles a été analysée en détail afin de mieux comprendre ce qui fait varier les biomasses globales et d'espèces cibles dans le suivi (voir plus loin dans cette discussion). La biomasse des phycidés (mostelles) a été multipliée par 11.7 en 6 ans, celle des mugilidés par 4.8 ; la biomasse des serranidés a été multipliée par 3.2, celle des sparidés par 1.4 et celle des labridés par 1.3. Sur des espèces peu mobiles comme la mostelle les résultats sont particulièrement évidents ; l'effet est plus dilué pour les autres espèces plus mobiles.

Six ans après l'état initial, les biomasses cumulées réduites ont à peine augmenté en dehors des ZNP. Elles ont fortement augmenté dans les ZNP, mais hors des ZNP elles se maintiennent légèrement au-dessus de l'état initial depuis le début du suivi, en raison de la pression de pêche qui s'y exerce.

Ainsi, la biomasse réduite a globalement plutôt progressé en 6 ans dans le PNCa, ce qui est bon signe. La relative stabilité constatée en dehors des zones protégées rassure sur l'absence d'un effet négatif à l'extérieur des ZNP. Cet équilibre doit être maintenu dans les années à venir. On pourrait même espérer que progresse la biomasse hors ZNP. Les stations Tiboulon de Maire, Tiboulon du Frioul, mais aussi de la Calanque de l'Oule et En-Vau, que l'on espérait voir se placer à un niveau intermédiaire de zones 'tampon' à proximité de ZNP ou par leur éloignement de la côte et la valeur de leurs habitats (Tiboulon du Frioul) ne présentent pas une évolution favorable pour le moment. Toutefois, Tiboulon

de Maire, Soubeyrane et Ile Verte présentent des valeurs élevées de biomasse réduite en 2019. Ce sont peut-être ces stations qui vont former un groupe intermédiaire prometteur.

- Evolution des catégories trophiques

La composition trophique d'un assemblage de poissons renseigne sur son état car il est le reflet de l'équilibre existant entre les différents compartiments de la chaîne alimentaire. La structure trophique du peuplement de poissons des Calanques évolue vers un meilleur équilibre entre les catégories : la biomasse de piscivores augmente, celle des omnivores se maintient, celle des mesocarnivores augmente, celle des herbivores augmente un peu, alors que celle des planctonophages est plus importante qu'en 2016. L'évolution des proportions des différentes catégories trophiques sur les 8 stations suivies depuis 2008 montre que le changement a eu lieu entre 2013 et 2016. C'est une indication de plus en faveur des mesures de protection qui ont été prises.

La carte des estimations de la biomasse restituées par station et par catégorie trophique synthétise de façon très visuelle les résultats du suivi en faisant ressortir un écart moins prononcé entre les stations des îles et celles situées à la côte qu'en 2016. La proportion de piscivores et de macrocarnivores dans les sites des îles demeure plus importante, ce qui témoigne d'un peuplement de poisson plus équilibré et moins impacté par la pêche car ces espèces sont particulièrement ciblées. Certains sites présentent de très bons équilibres entre les classes trophiques. C'est le cas pour la station S14 Grand Conglue qui se situe dans une zone interdite, mais également pour les stations S04 Veyron, S10 Riou Sud, S13 Nord Caramassaigne et S20 Pointe Cacau. De telles proportions correspondent à ce que l'on peut observer dans des zones protégées depuis longtemps. Les stations du littoral des calanques de Marseille à la Ciotat présentent, comme en 2016, une forte proportion de poissons mésocarnivores. On constate également une forte proportion d'herbivores sur la plupart des stations proches du grand herbier du plateau des Chèvres.

Evolution des espèces cibles de la pêche

Un effort particulier est consacré dans ce suivi à l'analyse des espèces cibles de la pêche (24 espèces prises en compte) avec les résultats des comptages par transects (TRA) et des parcours au temps (TPS). Mettre en évidence les différences de cette variable entre les groupes de station en ZNP et hors ZNP revient à analyser l'impact de la pêche, toutes formes de pêches confondues sur le peuplement de poissons.

Les comptages sur transects permettent de quantifier la **densité moyenne d'espèces cibles** dans les différentes zones et à l'échelle du Parc. Cette densité a diminué globalement entre 2013 et 2019 dans la zone d'étude et principalement hors ZNP. Dans les ZNP, la densité des espèces cibles se maintient. Alors que l'estimation de densité de cibles à la côte est la même qu'en 2013, celle-ci a plutôt diminué dans les îles. Hors ZNP les stations Frioul Cambrette, Tiboulén de Maire, Plateau des chèvres, Calanque de l'Oule et Cassidaigne phare sont en progression. Dans les ZNP, le Veyron continue à se distinguer nettement des autres stations par des effectifs exceptionnels. Cortiou, Devenson et Cap Soubeyrane continuent à progresser également. En dehors de ces stations, les valeurs des effectifs cumulés ne sont guère plus élevées dans les ZNP par rapport à l'extérieur.

La densité des espèces cibles a augmenté entre 2016 et 2019 dans les ZNP, alors qu'elle n'a pas évolué depuis 2016 hors ZNP. L'écart observé entre 2019 et 2016 dans les ZNP est le résultat de la protection mise en place. Etant donné que les poissons se déplacent et ne restent pas cantonnés dans les ZNP, il est probable que tout ce qui est exporté est porté au bénéfice des pêcheurs. Les prélèvements n'ont pas augmenté hors ZNP entre 2016 et 2019.

L'examen des biomasses moyennes d'espèces cibles issues des comptages nous permet de préciser que la biomasse moyenne d'espèces cibles a été multipliée par 1.8 entre 2013 et 2019 dans l'ensemble de la zone d'étude et qu'elle est constante en dehors des ZNP. La biomasse moyenne de cibles est 2.4 fois plus élevée dans les ZNP qu'en 2013 et le facteur d'augmentation est deux fois plus élevé sur la côte que dans les îles. Les stations des ZNP les plus 'poissonneuses' demeurent celles mises en avant au moment de l'état initial et dont le potentiel ne devrait pas cesser d'augmenter : le Grand Conglue en tête, le Veyron. Le Devenson a donné de meilleurs résultats sur les cibles que Moyades, en 2019, mais les conditions de comptage à Moyades ont été perturbées en 2019 par un courant très fort lors du suivi. Ce sont les stations de prédilection de l'espèce emblématique *Epinephelus marginatus*, le mérou brun. La station Cortiou obtient un score exceptionnel en 2019 avec 33 kg/100 m², en raison d'une abondance exceptionnelle et ponctuelle de centaines de daurades royales lors de la première campagne. La biomasse d'espèces cibles est plus importante dans les ZNP que hors ZNP à toutes les stations sauf Planier, Plane et Sormiou, qui obtiennent des valeurs inférieures à deux sites hors ZNP : Plateau des Chèvres et Ile Verte.

La diminution de biomasse observée entre 2016 et 2019 à Moyades et au Grand Conglue est, peut-être due à un artefact lié aux conditions particulières d'échantillonnage ; ces stations restent néanmoins dans le groupe des stations dont la biomasse d'espèces cibles est la plus élevée avec le Veyron et le Devenson. La biomasse de cibles n'est pas très élevée à Planier, à Plane et à Sormiou. Une attention particulière devra être portée à la surveillance de ces stations. Toutefois Sormiou est une ZNP de petite taille dont la biomasse progresse régulièrement depuis le début du suivi. L'efficacité de la protection est démontrée par la progression de la biomasse moyenne lors des observations dans les ZNP au regard de leur maintien strictement au même niveau hors ZNP. La pente de la progression est élevée dans les ZNP. La biomasse de poissons qui intègre à la fois le nombre de poissons et leur taille est un indicateur plus discriminant que l'abondance, ce qui a été chaque fois vérifié dans les AMP Méditerranéennes (Harmelin-Vivien *et al.*, 2008).

Le nombre moyen d'espèces cibles dans les parcours minutés continue à augmenter et les valeurs moyennes sont plus élevées dans les ZNP qu'en dehors. Une seconde métrique vient corroborer l'amélioration du peuplement en lien avec la protection : l'occurrence des 'grands' individus dans les parcours au temps réalisés en 2019 est plus élevée dans les stations des ZNP que dans celles situées en dehors et a augmenté par rapport à 2013 pour *Coris julis*, *D. puntazzo*, *Muraena helena*, *Phycis phycis*, *Serranus cabrilla*, *Serranus scriba*, *Symphodus tinca*, *Epinephelus marginatus* et *Labrus merula*. La fréquence de certaines espèces cibles a particulièrement augmenté depuis le début du suivi : *Serranus cabrilla*, *Serranus scriba* et *Symphodus tinca*.

Diplodus sargus, *Diplodus vulgaris*, *Mullus surmuletus* et *Symphodus mediterraneus* sont les espèces caractérisées par des diminutions importantes d'occurrence dans plusieurs stations, aussi bien en ZNP qu'en dehors. Ces diminutions sont parfois élevées comme aux stations Tiboulou du Frioul et Tiboulou de Maire (HZNP) pour *Diplodus sargus* avec -50 %. *Symphodus mediterraneus* voit son occurrence diminuer dans 9 des 12 sites en ZNP, diminution allant de -5 % à Cortiou jusqu'à -40 % à Cap Soubeyrane.

La fréquence du mérou brun *Epinephelus marginatus* augmente enfin dans les comptages en 2019 : en ZNP davantage d'individus ont été observés aux stations Moyades (+35 %), Grand Conglue (+30 %), Devenson (+25 %) Hors ZNP, son occurrence a également augmenté aux stations Phare de Cassidaigne (+20 %) et Ile Verte Roustaud (+15 %). Le mérou est présent sur la plupart des stations en ZNP, avec une abondance qui augmente fortement notamment au Veyron, à Nord Caramassaigne, au Grand Conglue et à la Pointe Cacao. En dehors des ZNP la présence de mérous est beaucoup plus rare, néanmoins sa biomasse a augmenté à l'île Verte et des individus ont été observés au phare de Cassidaigne en 2019 alors qu'aucun individu n'avait été répertorié pendant les suivis de 2013 et 2016. Aussi, l'occurrence de mérous bruns *Epinephelus marginatus* de petite-moyenne taille observés lors

des comptages au temps (TPS) en ZNP est passée de 9% en 2013 à 13% en 2016 et 18% en 2019. La population de mérours bruns présente dans le PNCal est de mieux en mieux installée et pérenne, en particulier en ZNP ; elle abrite des individus de tailles variées, dont la plupart sont matures (femelle 40-80 cm environ) et mâles (>80 cm).

Même si la présence du corb *Sciaena umbra* était connue dans les Calanques, les premiers corbs n'ont été vus dans le cadre du suivi du PNCal qu'en 2019, hors ZNP, au Plateau des Chèvres et en ZNP, à Moyades surtout, dans la réserve de Sormiou et à Cap Soubeyrane. L'observation de corbs dans les calanques est maintenant de plus en plus fréquente et relatée par les plongeurs amateurs (Cottalorda *et al.*, 2019) en particulier dans les calanques (cf. des espèces qui comptent). Lors des prochains suivis (T0+9 ans en 2022), il est probable d'observer une augmentation des effectifs de corbs en ZNP mais également hors ZNP, sous réserve du maintien du moratoire et du respect de la réglementation en cœur de Parc et ZNP.

Une des espèces qui a le plus profité de la protection est *Labrus merula*, sa biomasse moyenne observée a fortement augmenté dans la majorité des stations en ZNP.

La biomasse de *Diplodus sargus* en 2019 est significativement moins élevée qu'en 2013 et en 2016 sur l'ensemble de la zone d'étude, que ce soit dans les stations hors ZNP ou dans les stations en ZNP. La biomasse est, néanmoins, plus élevée à la station d'En Vau hors ZNP et aux stations Veyron et Sud Riou en ZNP. La distribution des classes de taille du sar commun montre une augmentation depuis le début du suivi.

La biomasse de *Diplodus vulgaris* est significativement différente entre les stations en 2019 et elle se révèle plus élevée aux stations en ZNP par rapport à celles hors ZNP. Cette espèce est présente partout en quantité dans les Calanques. Sa biomasse a augmenté en 2019 par rapport à 2016 hors ZNP, à Tiboulou du Frioul, Jarre Briançon et au Plateau des Chèvres. En ZNP, la biomasse moyenne a augmenté sur la quasi-totalité des stations, avec une très forte augmentation à Planier et au Devenson. Elle a par contre baissé en ZNP au Veyron, à Moyades et Nord Caramassaigne.

La présence du sar à museau pointu *Diplodus puntazzo* est indicatrice de l'effet réserve et nous constatons une biomasse significativement plus élevée sur les sites en ZNP par rapport aux sites hors ZNP.

Alors que les occurrences de 'grands' individus chez *D. sargus* et *D. vulgaris* en font des espèces permanentes sur le territoire des calanques, ce sont les autres espèces dont la présence de grands individus est plus occasionnelle qui confèrent à certaines stations un statut de protection plus évident. C'est le cas par exemple de *Sphyræna viridensis* à Nord Caramassaigne et au Devenson en 2019, du corb *Sciaena umbra* à Moyade et dans la réserve de Sormiou, des rougets *Mullus* spp. abondants à Cortiou, et dans une moindre mesure à Riou Sud, au Grand Conglue, au Devenson, à Cap Soubeyrane ; de *Symphodus tinca* au Plateau des chèvres, de *S. mediterraneus* à Cortiou ; de *Labrus viridis* à Jarre Briançon, Calanque de l'Oule, Soubeyrane hors ZNP et aux stations Planier, Nord Caramassaigne, Sormiou et Cap Soubeyrane ; enfin, de *Serranus cabrilla* à Cortiou et de *Coris julis* au Veyron et à Planier.

Evolution du peuplement superficiel

L'évolution attendue dans les petits fonds protégés des ZNP est une augmentation de la fréquence d'espèces qui, ailleurs, dans les zones pêchées, se réfugient en profondeur et donc une modification progressive de la composition spécifique et de la taille des espèces cibles de la pêche (Bell, 1983). Le nombre de taxons (35) est plutôt en diminution par rapport à 2013 (41). Une nette différence est observée entre la RS au sein des stations hors ZNP (HZNP) et en ZNP (8.5 vs 10.5 espèces par comptage en moyenne), qui progresse depuis 2013. Les espèces dominant le peuplement superficiel sont les mêmes, *Diplodus vulgaris*, *Thalassoma pavo*, les muges (mugilidae), l'athérine (*Atherina sp.*) et *Symphodus ocellatus* ou encore le loup *Dicentrarchus labrax* sont fréquemment observés.

- Evolution des abondances

L'analyse des comptages fait ressortir une forte diminution globale de la densité moyenne de poissons dans les petits fonds de la zone d'étude de 2013 à 2016 et une progression entre 2016 et 2019. Hors ZNP la diminution est marquée entre 2013 et 2016, alors que la densité ne cesse d'augmenter dans les ZNP depuis 2013. Ce meilleur score des ZNP est dû principalement à des densités moyennes encore élevées en 2019 à la stations Sablière, et plus élevées à Planier qu'au début du suivi. Les stations de l'AMA : Château d'If et Samena présentent des densités plutôt plus élevées que celles des autres stations hors ZNP. Ces observations ne doivent pas être sur-interprétées en raison des fortes variations observées généralement dans les peuplements superficiels où les conditions abiotiques sont changeantes. Le cortège d'espèces hors planctonophages est le même qu'en 2013. Les assemblages de poissons sont dominés, en abondance, par des espèces planctonophages, *Atherina sp.* en ZNP et *Chromis chromis* HZNP. En ZNP, la première espèce en densité après *Atherina sp.* est la saupe *Sarpa salpa*. Quelques traits font ressortir l'efficacité de la protection des petits fonds : en ZNP, l'abondance du sar à tête noire *Diplodus vulgaris* est environ 4 fois plus grande qu'hors ZNP, le loup *Dicentrarchus labrax*, peu abondant, est néanmoins 8 fois plus présent qu'hors ZNP. La girelle paon *Thalassoma pavo*, omniprésente dans le PNCa, est environ deux fois plus abondante en ZNP.

- Evolution des biomasses

La biomasse moyenne dans les petits fonds a été multipliée par 3 à l'échelle du site d'étude depuis le début du suivi. Elle a doublé hors ZNP, et elle a été multipliée par 3.6 dans les ZNP, ce qui montre également un 'effet réserve' à faible profondeur. En 2019, les stations Planier, Sablière et Plane Sud obtiennent encore des moyennes bien plus élevées que celles des stations hors ZNP. Qu'il s'agisse des stations en ZNP ou hors ZNP, l'espèce la plus abondante en biomasse, et de loin, est la saupe *Sarpa salpa*, avec une biomasse près de 4 fois plus grande en ZNP. Cette espèce contribue majoritairement à la biomasse dans les petits fonds, dans les zones non pêchées ; elle peut rapidement augmenter de façon très significative. C'est en partie à cause d'elle que les sparidés dominent largement en biomasse dans la zone superficielle. Plusieurs auteurs soulignent l'augmentation des herbivores dans certaines aires marines protégées (Guidetti et Sala, 2007 ; Prado *et al.*, 2008), dont certains mettent en évidence un impact qui peut être négatif sur la communauté végétale, en particulier les fuciales du genre *Cystoseira* (Thibaut *et al.*, 2015).

Les sars et le loup ont aussi une biomasse bien plus importante en ZNP qu'hors ZNP, parfois plus de 10 fois supérieure (e.g. *Diplodus vulgaris*, *Dicentrarchus labrax*). C'est ce qui explique pourquoi la biomasse des stations hors ZNP est nettement moins élevée que celle des ZNP.

- Evolution de la structure trophique

Dans les petits fonds, la structure trophique a évolué en faveur des herbivores en ZNP, alors qu'elle est plus équilibrée hors ZNP. La proportion de piscivores est équivalente à celle de 2013.

Tendances évolutives du peuplement de poissons des Calanques (2008/2013/2016/2019)

Les 8 stations suivies depuis 2008 constituent une série à long terme d'intérêt pour mieux analyser l'évolution des caractéristiques du peuplement. Ce retour en 2019, met un terme à l'hypothèse d'une progression de l'abondance des espèces cibles aux 4 stations situées en ZNP car la densité moyenne a tendance à diminuer à toutes les stations. Il en est de même hors ZNP. Nous avons vu dans les résultats du suivi qu'il y a peu de différence du point de vue de l'abondance des espèces cibles entre ZNP et hors ZNP. L'abondance des espèces cibles est globalement décroissante en ZNP en 2019, à l'exception de Nord Caramassaigne, et Jarre et Calanque de l'Oule hors ZNP. C'est la biomasse des cibles qui est discriminante, qui a plutôt tendance à augmenter à Nord Caramassaigne et au Grand Congloue en ZNP et à Ouest Figuière et Calanque de l'Oule, hors ZNP. L'année 2019 est marquée par une baisse de la biomasse moyenne des cibles dans la plupart des stations sauf dans ces stations.

Sur la base des inventaires réalisés en 2008 (Astruch *et al.*, 2009), force est de constater que dans la période qui a précédé la création du Parc (entre 2008 et 2013), la biomasse d'espèces cibles aurait fortement chuté. Cette forte diminution qui se traduit sur le groupe des espèces cibles peut être liée à une augmentation des prélèvements, qu'il s'agisse de la pêche professionnelle ou de la pêche de loisirs. Les valeurs moyennes les plus basses ont été relevées en 2013 (état initial) aussi bien dans les ZNP qu'en dehors, et en 2008 à Sud Riou et à Nord Caramassaigne. En 2019, les biomasses d'espèces cibles ont augmenté par rapport à ces valeurs de référence dans les ZNP, mais pas hors ZNP, aussi bien pour les cibles de la chasse sous-marine, celles de la pêche à la ligne et celles de la pêche au filet.

Evolution du peuplement autour de l'archipel de Riou (1999-2016)

Parmi les données anciennes disponibles sur la région des Calanques, 2 des 4 stations suivies par Harmelin *et al.* (1996, 1999) aux alentours de Riou en vue de proposer des mesures de gestion peuvent être comparées aux stations Moyades et Nord Caramassaigne du comptage par transects linéaires. (Toutefois, pour examiner les richesses spécifiques, il faut tenir compte du fait que la longueur des transects d'Harmelin était de 250 m). Pour le suivi de 1999, seules les données d'été ont été prises en compte.

Tableau 40. Comparaison de la richesse spécifique et de la densité entre les comptages réalisés l'été 1999 (Harmelin *et al.*, 1999), ceux de 2008 (Astruch *et al.*, 2009) au niveau des stations de Moyades, Nord Caramassaigne et les comptages (TRA) de 2013, 2016 et 2019.

	Station	1999	2008	2013	2016	2019
Richesse spécifique (nb espèces par station)	Moyades	23	23	17	17	20
	Nord Caramassaigne	21	16	18	16	19
Densité (effectifs/100 m²)	Moyades	256	120	297	577	619
	Nord Caramassaigne	133	421	176	123	544

Les valeurs de richesse spécifique en 2019 se rapprochent encore davantage de celles de 1999. L'apparente diminution constatée entre la période avant la création du Parc (1999 à 2008) et après (2013 et 2016) a cessé. Il semble qu'un nouvel équilibre s'installe pour ces 2 stations situées en ZNP. Concernant les valeurs de densité totale, les valeurs semblent fluctuer, avec des valeurs bien plus élevées que celles du suivi de 1999 à Moyades, comme à Nord Caramassaigne, ce qui peut s'expliquer en partie par le retour des planctonophages en abondance.

Plus que les différences méthodologiques entre l'étude de 1999 et les évaluations récentes (nombre, longueur et largeur des transects différents), des variations dues à l'échantillonnage (présence du grand banc de saupes à Moyades en 2016) ou aux cycles environnementaux à longue période, influant sur les peuplements planctoniques et la chaîne trophique sont responsables de telles variations quantitatives. La présence d'espèces emblématiques (mérrou brun, corb) en 2008, absentes en 1999, est confirmée en 2019 par la plus forte occurrence du mérrou par rapport à toutes les autres stations de l'état initial et l'observation du corb. Il ressort de ces comparaisons une forte variabilité et un changement positif du peuplement ichtyologique aux alentours de Riou entre 2008 et 2013, qui ne peut que se confirmer avec l'application au fil du temps de mesures de gestion.

Cohérence des évaluations pour la région marseillaise : Calanques (PNCal 2013-2016) et Cap Couronne (PMCB 1995-2013)

La réserve de Cap Couronne a été mise en place en 1997 à la demande des pêcheurs professionnels et se trouve maintenant au sein du Parc Marin de la Côte Bleue (PMCB). Depuis 1995, un suivi porte sur le peuplement de poissons de 3 stations situées dans la réserve intégrale et 2 en dehors. Cette série longue de comptages est une référence régionale et pour la Méditerranée en raison de la surveillance renforcée qui est appliquée à cette réserve intégrale et de la rigueur du protocole de suivi, reproduit à l'identique tous les 3 ans (Le Diréach *et al.*, 2015). Ce jeu de données a contribué à mettre en évidence l'effet de la protection sur le peuplement de poissons côtiers et avec d'autres AMP de Méditerranée à mieux comprendre cet 'effet réserve' en fonction de la durée de protection, de la surface protégée et du régime de protection (Claudet *et al.*, 2006, 2008, 2011 ; Harmelin-Vivien *et al.*, 2008).

Bien que les habitats rocheux de la Côte Bleue soient moins complexes et caractérisés par une plus forte proportion d'herbier de posidonie que ceux des Calanques, il est intéressant de situer le résultat des comptages réalisés dans le PNCal, par rapport à cette série de référence constituée de l'autre côté de la baie de Marseille (Tableau 41). Outre les différences d'habitat entre les sites, la comparaison doit tenir compte du fait que le nombre de stations échantillonnées est très supérieur dans les Calanques, que la pression de pêche n'a pas cessé d'augmenter depuis 1995 sur nos côtes, et que la répartition de l'effort de pêche a pu changer, enfin que la surveillance n'est effective dans le PNCal que depuis la fin de l'année 2014 et que les ZNP des Calanques ne bénéficient pas de récifs anti-chalut, comme la Côte Bleue, pour les ZNP situées le plus au large. Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** reprend une sélection de descripteurs des peuplements de poissons suivis dans la réserve de Cap Couronne depuis 1995.

La **richesse spécifique** dans ce tableau correspond, pour les Calanques, au maximum d'espèces de poissons observées entre les stations de ZNP ou hors ZNP. Les critères définissant les taxons sont voisins mais ne sont pas rigoureusement les mêmes que dans la liste de la Côte Bleue. Les valeurs sont donc données à titre indicatif mais ne sont pas tout à fait comparables.

La **densité moyenne** des poissons hors ZNP est beaucoup plus faible que dans la ZNP en 2016 comme en 2013 dans les Calanques. De même la différence entre réserve et hors réserve est marquée sur la Côte Bleue. En revanche, alors que les évaluations de 2016 sont nettement en augmentation par rapport à 2013 dans les Calanques, les indicateurs de suivi sont plutôt en diminution sur la Côte Bleue. La densité moyenne de poissons et de poissons cibles en 2016 est supérieure aux évaluations faites sur la Côte Bleue en 2010 et 2013 que ce soit en réserve ou hors réserve.

La **biomasse moyenne** globale et la biomasse moyenne d'espèces cibles dans les Calanques en 2016 sont supérieures aux estimations données pour la Côte Bleue en 2010 et en 2013 dans les réserves comme hors réserve. Comme pour les densités l'évolution dans le temps est plutôt à la décroissance sur la Côte Bleue et à l'accroissement dans les Calanques.

La comparaison des évaluations du peuplement de poissons faites dans les ZNP de très grande dimension avec des habitats parfois remarquables par rapport à la réserve de Couronne qui est bien plus petite avec des habitats plus ordinaires et représentatifs des fonds côtiers classiques, n'ont de sens pour le moment que pour évaluer des ordres de grandeur pour deux sites proches de la région Marseillaise. Les chiffres sont cohérents et en 2016 tous les indicateurs obtiennent des scores plus élevés dans les Calanques. Les valeurs absolues obtenues pour les espèces cibles dans les Calanques sont nettement supérieures, ce qui correspond aussi au caractère exceptionnel de leurs habitats rocheux par rapport aux habitats de roche et d'herbier de la Côte Bleue. Il conviendra de voir à l'avenir comment évoluent les différentes ZNP au regard de leur localisation, de leur habitat et de leur surface respective en comparaison des réserves de la Côte Bleue.

Tableau 41. Comparaison des évaluations de densité et de biomasse réalisées dans la région marseillaise. Rs : richesse spécifique.

SUIVIS DES POISSONS DANS LA REGION MARSEILLAISE					Descripteurs	Rs (nb taxons max)		Densité (nb/100 m²)		Biomasse (kg/ 100 m²)		Densité espèces cibles (nb/100 m²)		Biomasse (kg espèces cibles/100 m²)	
					Zone	Réserve	Hors Réserve	Réserve	Hors Réserve	Réserve	Hors réserve	Réserve	Hors Réserve	Réserve	Hors Réserve
Parc Marin de la Côte Bleue Réserve de Cap Couronne	2 stations hors réserve	3 stations réserve intégrale	profondeur 15-25 m	12 transects 20m x 4m/station	1995	31	27	207 ± 189	137 ± 87	1.2 ± 1.4	0.5 ± 0.3	32 ± 19	29 ± 8	0.5 ± 0.8	0.3 ± 0.09
					1998	35	31	155 ± 108	130 ± 139	2.8 ± 2.8	1.3 ± 1.5	38 ± 21	26 ± 9	1.9 ± 2.4	0.4 ± 0.4
					2001	33	27	324 ± 644	223 ± 197	5.4 ± 8.6	5.0 ± 10.0	54 ± 25	29 ± 13	3.1 ± 6.6	0.7 ± 1.3
					2004	36	29	400 ± 439	181 ± 235	11.1 ± 12.8	4.5 ± 10.1	47 ± 21	38 ± 15	2.7 ± 3.8	0.5 ± 0.4
					2007	43	29	395 ± 758	182 ± 164	20.6 ± 28.7	9.3 ± 26.0	50 ± 18	36 ± 14	4.3 ± 4.9	0.9 ± 0.6
					2010	35	29	274 ± 292	116 ± 77	10.2 ± 12.7	2.8 ± 3.3	52 ± 25	37 ± 12	4.8 ± 10.7	0.6 ± 0.4
					2013	32	21	184 ± 167	101 ± 91	8.2 ± 10.8	1.8 ± 2.2	51 ± 30	25 ± 10	4.2 ± 8.9	0.3 ± 0.1
					2016	35	23	490 ± 1082	180 ± 188	12.6 ± 17.4	3.8 ± 4.7	35 ± 13	20 ± 7	2.3 ± 4.3	0.3 ± 0.2
Archipel Riou et Calanques	12 stations Hors réserve		profondeur 8-22 m	4 transects 25m x 5m/station	2008		18.5		248 ± 289		13.2 ± 21.5		59 ± 50		5.2 ± 9.3
PNCaI (TRA)	12 stations Hors-ZNP	12 stations ZNP	profondeur 5-25 m	10 transects 25m x 5m par station	2013 (TRA)	18	18	210 ± 201	145 ± 134	10.5 ± 20.3	5.1 ± 5.3	66 ± 67	50 ± 35	4.1 ± 3.7	3.0 ± 3.3
					2016 (TRA)	20	18	348 ± 557	198 ± 279	15.4 ± 21.9	7.0 ± 8.1	57 ± 85	38 ± 24	6.9 ± 10.5	3.3 ± 3.5
					2019 (TRA)	22	21	494 ± 458	269 ± 271	20.7 ± 41.8	8.4 ± 10.4	68 ± 147	37 ± 22	9.9 ± 15.9	2.9 ± 3.2
PNCaI (PMT)	7 stations Hors-ZNP	5 stations ZNP	profondeur 0-5 m	10 transects 25m x 5m par station	2013 (PMT)	20	20	73 ± 40	176 ± 179	3.4 ± 4.1	1.5 ± 3.1	x	x	x	x

La baie de Marseille et les Calanques : un fort potentiel pour la faune ichtyique

Depuis le programme BIOMEX, de nombreuses évaluations du peuplement ichthyologique côtier ont été réalisées dans plusieurs réserves de Méditerranée afin de mettre en évidence l'effet réserve et l'exportation de biomasse en démontrant l'existence de gradients de densité et de biomasse entre l'intérieur et l'extérieur des aires protégées (Harmelin *et al.*, 2008 ; autres ref BIOMEX ?). Ces AMP sont localisées le long du littoral provençal et présentent des conditions du milieu globalement similaires. Le même protocole de comptage visuel par transect de 25 m x 5 m sur roche a été appliqué avec des stations situées de part et d'autre des limites des réserves. Une mise en perspective des différentes métriques des peuplements, richesse spécifique, abondance et biomasse réduites moyennes, peut être effectuée (Tableau 42).

Lors de l'état initial de l'évaluation du peuplement de poissons dans les Calanques en 2013, les valeurs de richesse spécifique et les estimations d'abondance et de biomasse réduites étaient déjà comprises dans les intervalles définis par les évaluations du programme BIOMEX. Les Calanques révélaient déjà un caractère poissonneux exceptionnel et les ZNP un potentiel intéressant. En 2019, 7 ans après la création du parc, l'intervalle proposé à partir des évaluations BIOMEX est dépassé aussi bien pour les ZNP qu'hors ZNP, probablement par un effet de l'habitat qui s'additionne à l'effet réserve.

La même comparaison avec les données BIOMEX avait été réalisée en 2014 dans les eaux autour de l'île de Port-Cros (Astruch *et al.*, 2015). Géré depuis plus de 50 ans, Port-Cros n'abrite pas de ZNP de taille comparable à celles des Calanques ou de la Côte Bleue. Le régime de gestion se rapprochant le plus d'une ZNP est celui des Sites Réservés à la Plongée (SRP) où toutes les formes de pêche sont interdites. Dans le reste du périmètre autour de l'île, la pêche de loisir et la chasse sous-marine sont interdites, alors que la pêche professionnelle est encadrée par une charte. Les valeurs de richesse spécifique et d'abondance réduite des SRP se situent en dessous de l'intervalle donné dans BIOMEX, alors que les valeurs de biomasse réduite se situent dans cet intervalle. En considérant l'ensemble de la zone d'étude, Port-Cros se situe au même 'niveau' qu'une réserve intégrale mais avec des performances modérées par rapport à d'autres AMP de Méditerranée Nord-occidentale. Pour autant ces résultats restent cohérents et il n'est pas étonnant de ne pas observer à Port-Cros les mêmes performances que dans les AMP disposant de véritables zones de réserve intégrale ou de 'no take areas', même plus de 50 ans après la création du Parc.

Tableau 42. Comparaison des valeurs de la richesse spécifique moyenne (nombre d'espèces), de l'abondance (nombre d'individus) et de la biomasse (en kg) réduites moyennes par transect de 125 m² obtenues dans le cadre de l'état initial du PNCal en 2013 (T0), 3 ans après en 2016 (T0+3), 6 ans après en 2019 (T0+6), de l'évaluation à Port-Cros en 2014 (Astruch *et al.*, 2015) et références issues du programme BIOMEX (Harmelin-Vivien *et al.*, 2008) ; ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP ; ect=écart-type ; * = Site Réservé à la Plongée ⇔ ZNP.

TRA/125m ² Poissons hors planctonophages	Gestion	Rs moy	Rs ect	Abondance réduite moy (nb)	Abondance réduite ect	Biomasse réduite moy (kg)	Biomasse réduite ect (kg)	Nb
T0 PNCal 2013	HZNP	9.4	3.2	72	49	5.1	5.7	120
	ZNP	11.3	3.0	103	106	11.3	25.1	120
	Total	10.6	3.4	87	84	8.2	18.4	240
T0 +3 PNCal 2016	HZNP	11.5	2.7	58	34	6.4	8.3	120
	ZNP	12.5	2.8	89	120	14.5	22.1	120
	Total	12.0	2.8	73	90	10.4	17.2	240
T0+6 PNCal 2019	HZNP	12.6	3.3	63	41	5.9	7.5	120
	ZNP	13.5	3.4	120	216	19.9	50.3	120
	Total	13.1	3.3	92	158	12.9	36.6	240

Port-Cros 2014	SRP*	10.5	44.3	7.1	40
	Total	9.9	50.9	5.7	120
BIOMEX (2003-2004)	HZNP	9.8 à 13.9	31.5 à 98.3	2.4 à 5.3	108
	ZNP	11.2 à 14.1	61.1 à 113.6	9.4 à 28.2	54

Conséquences et éléments de réflexion pour la gestion

L'analyse de données met en évidence des changements du peuplement de poissons par rapport à 2013 : globalement une plus grande proportion d'espèces planctonophages induit une augmentation des abondances globales de poissons. Ces espèces mises à part, la diminution de l'abondance réduite des poissons (sans planctonophages) entre 2013 et 2016 est à mettre en perspective avec les résultats observés dans la région sur d'autres séries de données (Astruch et al., 2015, 2016 ; Le Diréach et al., 2014, 2017 ; Bănară et al., 2019). Les suivis des poissons réalisés sur la Côte Bleue et sur les récifs du Prado confirment, en effet, la diminution des abondances réduites et la reprise des espèces planctonophages après plusieurs années de baisse, sauf au sein des AMP où les poissons cibles augmentent. En 2019, dans le PNCal l'abondance réduite se maintient au même niveau qu'en 2016.

La biomasse réduite comme celle des poissons cibles de la pêche, se maintient au même niveau à l'extérieur des ZNP depuis le début du suivi. En revanche, les biomasses réduites comme les biomasses de cibles ont fortement et régulièrement augmenté dans les ZNP depuis le début du suivi. La comparaison avec l'extérieur des ZNP est une preuve de 'l'effet réserve' et donc de l'efficacité de la gestion. Pour quelques espèces cibles, comme *Diplodus sargus*, *Coris julis*, *Serranus cabrilla*, *Labrus merula* et *L. viridis*, l'examen de la répartition des classes de tailles montre bien l'augmentation de la taille des individus recensés. Les suivis au temps montrent également une augmentation de la proportion de grands individus pour la plupart des espèces cibles (pour *Coris julis*, *D. puntazzo*, *Muraena helena*, *Phycis phycis*, *Serranus cabrilla*, *Serranus scriba*, *Symphodus tinca*, *Epinephelus marginatus* et *Labrus merula*).

L'analyse du jeu de données acquis en plongée libre (fonds superficiels) entre 0 et 5 m montre que le peuplement superficiel (0-5 m) a également changé depuis le début du suivi : la richesse spécifique augmente dans les ZNP ; la densité de poissons a fortement diminué entre 2013 et 2016 et augmente depuis 2016 hors ZNP, alors qu'elle a fortement progressé dans les ZNP. La biomasse moyenne et la biomasse moyenne réduite sont en forte progression dans les petits fonds des ZNP et également entre 2016 et 2019 hors ZNP, ce qui est un excellent résultat.

La carte présentant la composition trophique du peuplement à chaque station suivie en 2019 et la comparaison des 3 cartes réalisées depuis le début du suivi nous permettent de visualiser l'évolution du peuplement avec, en 2019, un changement des stations situées près de la côte, qui redeviennent plus poissonneuses.

L'analyse de la structure trophique du peuplement entre 5 et 25 m permet de visualiser les variations quantitatives des catégories au fil du suivi comme un bon intégrateur de l'évolution du peuplement. Depuis 2013, le peuplement de poissons échantillonné a évolué vers un meilleur équilibre entre les catégories trophiques et une augmentation des carnivores et surtout des piscivores. Ces prédateurs de haut niveau témoignent d'un rééquilibrage de la chaîne trophique : s'ils progressent c'est que les différents maillons de la chaîne alimentaire sont en place et que le peuplement retrouve un fonctionnement plus équilibré. Ce phénomène est lié à une diminution, par endroits, des prélèvements sur la ressource.

Ce que nous enseignent les approches plus fonctionnelles de l'analyse du peuplement (guildes trophiques, catégories d'occupations spatiales) c'est que la mise en protection de surfaces importantes au sein de la zone d'étude a eu un impact sur sa composition trophique. Globalement, c'est-à-dire toutes stations confondues, entre 5 et 25 m, la protection a favorisé les carnivores dont les consommateurs de poissons en bout de chaîne ou prédateurs de haut niveau au détriment des autres catégories trophiques (herbivores, omnivores etc.). Parallèlement, la proportion de planctonophages ou 'poisson fourrage' a plutôt augmenté dans le milieu, ce qui est une conjecture favorable indépendante des mesures de gestion. L'analyse des classes trophiques au niveau superficiel (0-5 m de profondeur) confirme cette progression des planctonophages et la forte progression des herbivores dans les stations de ZNP. Alors que l'on aurait pu s'attendre à une progression des piscivores dans les petits fonds des ZNP, leur proportion a diminué entre 2013 et 2016. Il faudra donc davantage de temps pour que reviennent plus près de la surface des espèces qui pendant longtemps ont été chassées ou prélevées dans les premiers mètres de stations maintenant mises en protection (ZNP).

Comme en 2013 et 2016, les comptages de 2019 font ressortir la différence entre le peuplement de poissons du Grand Congloue et celui d'autres stations du Parc. Cette station en raison du chantier archéologique exceptionnel qu'elle abrite, bénéficie d'une protection ancienne et d'une localisation éloignée des ports côtiers. Son environnement remarquable en fait une station de référence qui pourrait rester 'à part' à l'avenir (un peu comme l'îlot de la Gabinière à Port-Cros), bien que l'on puisse espérer que d'autres stations s'en rapprochent au fil du temps par la qualité de leur peuplement. Il semble que ce soit le cas pour Nord Caramassaigne, dont le peuplement d'espèces cible progresse et Moyade, en ZNP, où la fréquence de rencontre de mérous et de corbs a vraiment augmenté.

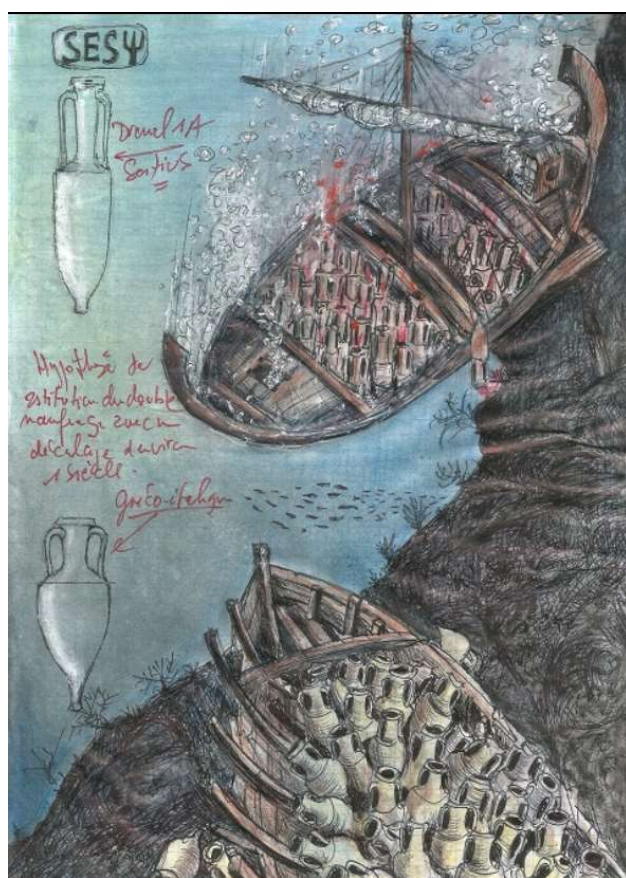


Figure 91. Les deux épaves découvertes au Grand Congloue (source DRASSM)

Le Veyron demeure également une station particulière par son habitat remarquable, son éloignement de la côte et la population de mérous qu'elle abrite.

Les stations Plane et Cortiou dont l'environnement est assez proche, situées au centre du cœur de Parc et en ZNP, méritent une attention particulière. Pour la seconde fois, de nombreux poissons ont été observés à Cortiou, qui présente une des biomasses ainsi qu'une des richesses spécifiques les plus élevées. Le suivi 2019 confirme un changement important pour ces stations avec une évolution très positive des occurrences de sars, de girelles, de serrans et de rougets.

La biomasse aux stations Sud Riou et Plane en ZNP ne progresse pas et la biomasse des espèces cibles y progresse plus lentement qu'aux autres stations. Parmi les stations d'intérêt : Ouest Figuier et Calanque de l'Oule, Phare Cassidaigne, Soubeyrane et Ile Verte, hors ZNP, présentent une évolution positive de la biomasse depuis l'état zéro ; pour certaines, elles pourraient bénéficier de la surveillance des ZNP adjacentes. La station Fromages semble impactée par la pêche, les biomasses réduites et d'espèces cibles y ont diminué. Tiboulén de Frioul et Tiboulén de Maire semblent se détacher du lot des autres stations peut-être en raison de leur configuration en îlot, mais probablement aussi en raison de la forte fréquentation des pêcheurs professionnels et de loisirs.

L'évolution des espèces cibles de la pêche est tracée depuis 2008 par le suivi de 4 stations hors ZNP et 4 stations dans les ZNP selon les mêmes méthodes. Les 4 variables : richesse spécifique, occurrence de 'grands' individus, abondance et biomasse d'espèces cibles envoient des informations congruentes au sujet de la pression de pêche. La biomasse de poissons cibles a diminué dans 3 stations hors ZNP et se maintient dans la calanque de l'Oule. La biomasse d'espèces cibles a plus que doublé à Moyades et au Grand Conglue depuis 2008. La biomasse des espèces cibles est nettement plus élevée dans les ZNP qu'hors ZNP. La diversité d'espèces, l'occurrence des 'grands' individus d'espèces cibles confirment la récupération des cibles de la pêche dans ces différents sites. Le patron temporel suivi par les abondances des espèces cibles est plus fluctuant dans les ZNP et accuse une nette tendance à la baisse hors ZNP. La biomasse à la station Sud Riou est assez stable. Dans les interprétations qui peuvent être faites de l'évolution des chiffres il ne faut pas oublier les fluctuations des peuplements dues à la dynamique des populations en lien avec les facteurs abiotiques (succès de la reproduction, recrutement, mortalités) qui expliquent par exemple les fluctuations d'abondance selon les années. Toutefois la pression due aux prélèvements a généralement un impact dominant par rapport aux variations naturelles et bien mis en évidence en agrégeant les espèces prélevées.

6 CONCLUSION

L'analyse détaillée des données met en évidence des changements importants du peuplement de poissons depuis la mise en place du suivi des ZNP en 2013. Ces changements sont dus :

- (i) d'une part à l'évolution des peuplements ichtyiques dans l'environnement marseillais en lien avec les conditions environnementales : augmentation de l'abondance des planctonophages depuis une dizaine d'années et donc augmentation du nombre global de poissons, présence d'espèces thermophiles favorisées par le réchauffement climatique : barracudas par exemple, augmentation d'espèces bénéficiant d'un moratoire sur la pêche à la ligne et la pêche sous-marine : mérous, corbs ;
- (ii) et d'autre part aux changements liés à la création des ZNP, à une surveillance globale de la zone d'étude et à la mise en place d'une gestion et de concertations avec les usagers, qui se traduisent par une augmentation globale de la biomasse de poissons observée dans les ZNP, mais aussi hors ZNP et par un maintien de l'abondance et de la biomasse des espèces cibles de la pêche.

Ce troisième retour dans les 24 stations inscrit ce suivi dans la durée et permet de pouvoir parler avec plus d'éléments objectifs de l'évolution du peuplement de poissons dans les Calanques. L'analyse détaillée des données issues des 3 méthodes utilisées dans 2 tranches de profondeur met en évidence des changements importants du peuplement de poissons depuis 2013. L'examen des espèces cibles de la pêche, montre que leur biomasse est en nette augmentation dans les ZNP et stable en dehors, ce qui est une preuve de 'l'effet réserve' et donc d'une certaine efficacité de la gestion mise récemment en place. Globalement une plus grande proportion d'espèces planctonophages induit une augmentation des abondances globales de poissons. Cet effet masquait une diminution générale de l'abondance des autres espèces de poissons entre 2013 et 2016, qui est à interpréter à l'échelle régionale à l'aide d'autres séries de données. L'augmentation des biomasses réduites (sans les planctonophages) est confirmée en 2019 mais n'est constatée qu'à l'intérieur des ZNP. Beaucoup d'espèces étant mobiles, il est probable qu'une partie de ces individus sort des ZNP et bénéficie à la pêche. Les biomasses réduites comme les biomasses d'espèces cibles n'augmentent pas de façon significative en dehors des ZNP, ce qui signifie que la biomasse exportée à partir des ZNP est probablement entièrement pêchée. Nous ne sommes pas en mesure de quantifier cette exportation, mais d'interroger les pêcheurs quant à leur perception de l'évolution de leurs captures. Leur degré de satisfaction peut être un argument supplémentaire en faveur d'un effet positif des ZNP sur le peuplement alentour. Il est important de souligner que ces biomasses ne diminuent pas non plus à l'extérieur des ZNP.

L'étude des espèces cibles de la pêche montre que leur abondance est relativement constante, mais que leur biomasse a été multipliée par 2.5 en ZNP alors qu'elle reste stable hors ZNP. Ce résultat montre l'efficacité des mesures de gestion mises en place. Ces résultats reflètent également un impact de la pêche qui serait relativement constant depuis le début du suivi sur les sites hors ZNP. L'analyse détaillée pour quelques espèces cibles fait ressortir tout le potentiel des ZNP avec une augmentation notoire de leur nombre et de leur taille, telles que *Labrus merula* (cible de la chasse), *Serranus cabrilla* (cible de la pêche à la ligne) et la présence du mérou *Epinephelus marginatus* et du corb *Sciaena umbra*. Toutefois, on doit regretter de ne pas trouver partout, y compris dans les petits fonds, en plus grande densité, les mérous et les corbs qui subissent encore sur la côte une pression de pêche réelle malgré le moratoire. Comme partout ailleurs sur la côte, leur absence ou leur rareté dans les stations hors ZNP en est la preuve. En dehors de ces espèces emblématiques, la comparaison du résultat des recensements de 2019 avec ceux de 2013 et 2016 fait indéniablement ressortir l'augmentation en biomasse des prédateurs de haut niveau : les espèces piscivores ou macrocarnivores, qui est un signe indiscutable de la mise en protection (Guidetti, 2014).

En 6 ans, les stations Veyron, Moyades, Sud Riou, Nord Caramassaigne ont rejoint la station Grand Conglue dans le groupe des stations 'phare' du Parc en raison de la qualité de leur peuplement. L'île Verte compte également parmi les stations à fort potentiel, bien que située en dehors des ZNP. L'un des principaux résultats du suivi 2019, outre le retour des corbs, est la montée en puissance de la station de Cortiou, dont le peuplement est en train de changer totalement, devenant une des stations les plus riches du Parc.

Comme à chaque étape de ce suivi, les résultats des pêches scientifiques standardisées (PSS) vont venir compléter les résultats des comptages de poissons à T0+6 par des données sur d'autres espèces mal évaluées en plongée, au comportement cryptique ou à l'activité nocturne, qui sont plus familières aux captures des pêcheurs et d'intérêt commercial. Les prélèvements réalisés ainsi en zone plus profonde (jusqu'à 35 m pour les fonds de roche et d'herbier et entre 200 et 400 m pour les canyons) peuvent également permettre d'enrichir l'inventaire des poissons de la zone des Calanques. Par ailleurs, ce complément de données apporté par les pêches expérimentales permet de commencer à appréhender l'impact de la pêche dans les différentes parties du Parc et d'amorcer le suivi de l'évolution des captures par unité d'effort selon les stations et les modes de gestion.

Pour conclure, le peuplement de poissons du Parc national des calanques observé et suivi de façon méthodique depuis 2013 s'avère être parmi les plus remarquables de Méditerranée Nord-Occidentale. La qualité de l'habitat et la création de grandes zones de non-prélèvement expliquent ce constat dont l'évolution est toujours dynamique. A l'avenir, le gestionnaire doit maintenir et améliorer la surveillance du cœur de Parc et des ZNP tout en maintenant une veille sur l'évolution des conditions environnementales, le changement global ainsi que les usages au sein de son territoire.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Astruch P., Le Diréach L., Fourt M., Bonhomme D., Bonhomme P., Harmelin J.-G., 2009. *Etude des peuplements de poissons dans le site Natura 2000 des Calanques et de l'Archipel de Riou (Rapport final)*. Contrat GIP calanques – GIS Posidonie. GIS Posidonie publ. : 1-119.
- Astruch P., Rouanet E., Le Diréach L., Bonhomme P., Bonhomme D., Goujard A., Ruitton S., Harmelin J.G., 2015. *Evaluation quantitative du peuplement de poissons dans les eaux de Port-Cros. Année 2014*. Partenariat Parc national de Port-Cros & GIS Posidonie publ., Fr. : 1-128.
- Astruch P., Rouanet E., Le Diréach L., Goujard A., 2016. *Suivi du peuplement de poissons des récifs artificiels de la baie du Prado (2008-2015)*. Partenariat Ville de Marseille – GIS Posidonie, Marseille publ., 1-83 + annexes.
- Banaru D., Diaz F., Verley P., Campbell R., Navarro J., Yohia C., Oliveros-Ramos R., Mellon-Duval C., Y.J Shin, 2019. Implementation of an end-to-end model of the Gulf of Lions ecosystem (NW Mediterranean Sea). I. Parameterization, calibration and evaluation. *Ecological Modelling* 401 : 1–19.
- Bauchot et Pras, 1980. *Guide des poissons marins d'Europe*. Delachaux et Niestlé Eds., Lausanne-Paris, 427 pp.
- Bayle-Sempere J., Ramos-Espla A., 1993. Some population parameters as bioindicators to assess the “reserve effect” on the fish assemblage. In : *Qualité du milieu marin – Indicateurs biologiques et physico-chimiques*. Ed : C.F. Boudouresque, M. avon et C. Pergent-Martini : 189-214. GIS Posidonie publ., fr.
- Bell J. D. 1983. Effects of depth and marine reserve fishing restrictions on the structure of a rocky fish assemblage in the north-western Mediterranean Sea. *Journal of Applied Ecology* 20:357–369.
- Bell J.D., Harmelin-Vivien M.L., 1983. Fish fauna of French Mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. 2. Feeding habits *Téthys*, 11:1-14.
- Belloni B., 2016. Réseaux trophiques des substrats durs naturels et artificiels méditerranéens (RESUNA). Rapport Master2 Aix Marseille Université/MIO, 43 p.
- Belloni B., Le Diréach L., Astruch P., Schohn T., Rouanet E., 2019. Suivi de l'ichtyofaune du Parc national des Calanques à T0+6 – Année 2019. Rapport intermédiaire. Marché public GIS Posidonie/Parc national des Calanques. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr.: 40 p.
- BIOMEX, 2006. Assessment of biomass export from marine protected areas and its impacts on fisheries in the Western Mediterranean Sea. 5th EC Program 'Quality of life & management of living ressources'. QLRT-2001-0891/Final Report, 500 pp. assessment of biomass export from marine protected areas and its impacts on fisheries in the western Mediterranean Sea. 5th FW EC Program “Quality of Life & Management of Living Ressources”. Key action: Sustainable Fisheries and Aquaculture. Final Report.
- Bonhomme 2014. Suivi de l'effort de pêche professionnelle dans les eaux du Parc national de Port-Cros. Année 2013. 57 p., par P. Bonhomme, L. Le Diréach, CF. Boudouresque, 2014. Partenariat Parc national de Port-Cros & GIS Posidonie publ., Fr.
- Bonhomme P., Berman L., Le Diréach L., Bianchimani O., Rouanet E., Bonhomme D., Astruch P., Goujard A., Basthard-Bogain S., Ruitton S., Kokel N., 2015. Réalisation de l'état zéro des zones de non-prélèvement du Parc national des Calanques - Année 2013-2014. Contrat GIS Posidonie/Parc national des Calanques. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 1-319.
- Bonnard M., 2009. La pêche récréative dans le Parc Marin de la Côte Bleue : évaluation et enquêtes sur l'influence des aires marines protégées. Rapport de Master Recherche Université de la Méditerranée – Centre d'Océanologie-GIS Posidonie-Parc Marin de la Côte Bleue, 1-39.
- Bouchereau J.L., Tomasini J.A., Russ C., Jouvenel J.Y., 1992a. Etudes qualitatives et quantitatives de l'ichtyofaune de l'infralittoral des îles Lavezzi entre 0 et un mètre de profondeur. *Travaux Scientifiques du Parc Régional et des Réserve Naturelles de Corse*, Vol. 39 : 13-28.
- Bouchereau J.L., Tomasini J.A., Russ C., Jouvenel J.Y., 1992b. Evaluation quantitatives de quelques espèces de Labridés, Serranides et Sparides des îles Lavezzi et comparaisons saisonnières. *Travaux Scientifiques du Parc Régional et des Réserve Naturelles de Corse*, 39 : 29-57.

- Cadiou G., Boudouresque C.F., Bonhomme P., Le Diréach L., 2009. The management of artisanal fishing within the Marine Protected area of the Port-Cros National Park (northwest Mediterranean Sea): a success story? *ICES Journal of Marine Science*, 66 (1) : 41-49.
- Chavoin O., Boudouresque C.F., 2004. An attempt to quantify spear fishing catches in a French Riviera Mediterranean area. *Sci. Rep. Port-Cros natl Park*, 20 : 161-171.
- Claudet J., Garcia-Charton, Lenfant P., 2011. Combined Effects of Levels of Protection and Environmental Variables at Different Spatial Resolutions on Fish Assemblages in a Marine Protected Area. *Conservation Biology*, 25(1): 105–114.
- Claudet J., Osenberg C.W., Benedetti-Cecchi L., Domenici P., Garcia-Charton J.-A., Perez-Ruzafa A., Badalamenti F., Bayle-Sempere J., Brito A., Bulleri F., Culioli J.-M., Dimech M., Falcon J., Guala I., Milazzo M., Sanchez-Meca J., Somerfield P.J., Stobart B., Vandeperre F., Valle C., Planes S., 2008. Marine reserves: size and age do matter. *Ecology letters*, 11:481-489.
- Claudet J., Pelletier D., Jouvenel J.-Y., Bachet F., Galzin R., 2006. Assessing the effects of marine protected area (MPA) on a reef fish assemblage in a northwestern Mediterranean marine reserve: Identifying community-based indicators. *Biological conservation*. *Biological Conservation*, 130: 349–369.
- Clément A.-L., Cabaret J., Charbonnel E., 2014. *Compte-rendu 2014 11^{ème} campagne d'inventaire des populations de mérus et de corbs dans les Calanques et les îles marseillaise et 2^{ème} opération « Des espèces qui comptent ! » dans le Parc national des Calanques*, 15 p.
- Daniel B., de Maisonneuve L., Bachet F., 1999. Application d'un test de présence absence d'espèces cibles de poissons sensibles à certaines formes de pressions anthropiques – Programme d'évaluation de l'impact des mesures de protection de l'espace littoral. Rapport Parc Régional Marin de la Côte Bleue et de l'Agence de L'Agence de l'eau RMC, Fr. : 1-48.
- Daniel B., Bachet F., de Maisonneuve L., Harmelin J.G., 2002. Note d'étape sur la méthodologie d'un « indice poisson » testé sur la Côte Bleue. 5p.
- Dubreuil *et al.*, 2008
- Dufour V., Jouvenel, J.Y., Galzin R., 1995. Study of a Mediterranean reef fish assemblage. Comparisons of population distributions between depths in protected and unprotected areas over one decade. *Aquatic Living Resources*, 81:17-25.
- Francour P., 1994. Pluriannual analysis of the reserve effect on ichthyofauna in the Scandola natural reserve (Corsica, Northwestern Mediterranean). *Oceanologica Acta*, 17: 309-317.
- Garcia-Rubies A., Zabala M., 1990. Effects of total fishing prohibition on the rocky fish assemblages of Medes Islands marine reserve (NW Mediterranean). *Scientia Marina*, 54(4):317-328.
- Guidetti P., Sala E., 2007. Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Mar Ecol Progr Ser* 335: 43–56.
- Guillas T., Bonhomme D., Goujard A., Libes M., 2016. *Réalisation de l'état zéro des zones de non prélèvement du Parc national des Calanques. Manuel utilisateur de la base de données en ligne*. Contrat GIS Posidonie/Parc national des Calanques. GIS Posidonie publ., Marseille. 29 p.
- Harmelin J.G., 1987. Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rocheuse protégée en Méditerranée (Parc national de Port-Cros, France). *PSZNI Marine Ecology*, 8(3) :263-284.
- Harmelin J.G., 1990. Icthyofaune des fonds rocheux de Méditerranée structure du peuplement du coralligène de l'île de Port-Cros (parc national, France). *Mésogée*, 50 :23-30.
- Harmelin J.G., Garcia F., 1995. Mediterranean marine reserves : fish indices as test of protection efficiency. *PSZNI Marine Ecology*, 16:233-250.
- Harmelin J.G., Sartoretto S., Francour P., 1996. *Patrimoine biologique de l'archipel de Riou : première évaluation*. Contrat ville de Marseille. Direction de l'environnement et des Déchets / Centre d'Océanologie de Marseille, COM publ., Marseille : 1-86.

- Harmelin-Vivien M.L., 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.L., Harmelin J.G., Chauvet C., Duval C., Galzin R., Lejeune P., Barnabe G., Blanc F., Chevalier R., Duclerc J., Lassere G., 1985. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons : méthodes et problèmes. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 40 : 467-539.
- Harmelin-Vivien M., Le Diréach L., Bayle-Sempere J., Charbonnel E., García-Charton J.A., Ody D., ... & Valle C., 2008. Gradients of abundance and biomass across reserve boundaries in six Mediterranean marine protected areas: Evidence of fish spillover?. *Biological conservation*, 141(7), 1829-1839.
- Jouvenel J.Y., 1997. *Ichtyofaune de la côte rocheuse des Albères (Méditerranée N.O., France)*. Thèse Doctorat EPHE, Université Perpignan, 280 p.
- Le Diréach L., Astruch P., Bonhomme D., Bonhomme P., Rouanet E., 2014. *Opération Récifs Prado : suivi scientifique, biologique et technique dans la zone d'immersion (suivi obligatoire). Rapport final 2009-2014. Résultats*. GIS Posidonie – Ville de Marseille, Fr. 1-474.
- Le Diréach L., Charbonnel E., Bachet F., Bonhomme D., Monin M., 2015. *Suivi des peuplements de poissons de la Réserve Marine du Cap Couronne (Parc Marin de la Côte Bleue) – Bilan 1995-2013*. GIS Posidonie – Parc Marin de la Côte Bleue, Fr. 1-186.
- Le Diréach L., Charbonnel E., Bachet F., 2017. *Suivi de l'ichtyofaune des fonds rocheux de la réserve de Couronne (Parc Marin de la Côte Bleue) - Années 1995-2016*. Convention de partenariat GIS Posidonie/Parc Marin de la Côte Bleue. GIS Posidonie publ. 72 p.
- Le Diréach L., Goujard A., Rouanet E., Bonhomme P., 2017 *Réalisation de pêches standardisées dans le Parc national des Calanques (suivi de l'ichtyofaune à T0+3 ans - 2017). Rapport final*. Marché public GIS Posidonie/Parc national des Calanques. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr., 112 p.
- Le Diréach L., Ourgaud M., Bonhomme P., Goujard A., 2015. *Suivi de l'effort de pêche professionnelle dans la réserve naturelle de Scandola (Corse) - Données 2013*. Contrat Parc naturel Régional de Corse & GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 54 p. + annexes.
- Lelong P., S. Couvray, T. Miard, D. Rebillard, D. Kirchhofer, J.L. Bonnefont, 2017 - *Étude et suivi biologique d'une petite calanque marseillaise : la calanque de Podestat – Rapport annuel 2016*. Contrat EDF – Institut océanographique Paul Ricard. 20 pp.
- Leleu K., 2012. *Suivi et évaluation de la pêche professionnelle au sein d'une Aire Marine Protégée protocoles d'enquêtes, et indicateurs de pression et d'impact. Application au Parc Marin de la Côte Bleue*. Thèse de Doctorat, spécialité Océanographie, Aix Marseille Université, Marseille, France, 1-298.
- Millet B., Pinazo C., Banaru D., Pages R., Guiart P., Paireaud I., 2018. Unexpected spatial impact of treatment plant discharges induced by episodic hydrodynamic events: Modelling Lagrangian transport of fine particles by Northern Current intrusions in the bays of Marseille (France). *Plos One*, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195257> April 25, 2018.
- Ody D., Harmelin J.G., 1994. Influence de l'architecture et de la localisation de récifs artificiels sur leurs peuplements de poissons en Méditerranée. *Cybium*, 18(1) : 57-70.
- Ourgaud M., 2015. *Influence des apports anthropiques sur les flux de carbone et de contaminants dans les réseaux trophiques de 'poissons' de l'écosystème à Posidonia oceanica*. Thèse de doctorat, spécialité océanographie, Aix Marseille Université, Marseille, France, 347 pp.
- Ourgaud M., Harmelin-Vivien M., Ruitton S., Boudouresque C.F., Bustamante P., Churlaud C., Wafo E., 2013. Which contamination of the seagrass *Posidonia oceanica* along the Provence coast (France, NW Mediterranean Sea)?
- Ourgaud M., Ruitton S., Bell J.D., Letourneur Y., Harmelin J.G., Harmelin-Vivien M.L., 2015. Response of seagrass fish assemblage to improved wastewater treatment. *Marine Pollution Bulletin*, 90: 25-32.
- Ourgaud M., Ruitton S., Harmelin-Vivien M., 2014. Teneur en éléments traces des téléostéens des herbiers de posidonies. *Communication colloque JILO* (Journées Internationales de Limnologie et d'Océanographie).

- Ourgaud M., Ruitton S., Lebreton B., Guillou G., Bustamante P., Churlaud C., Bourgogne H. & Harmelin-Vivien M., 2014. Teneurs en éléments traces chez l'espèce macrocarnivore *Scorpaena porcus* dans les herbiers de posidonie (côte provençale française). *Communication colloque RIF15*.
- Pesarin F., Salmaso L., 2010. *Permutation Tests for Complex Data: Theory, Applications and Software*. John Wiley & Sons, Ltd. 448 p.
- Prado P., Farina S., Tomas F., Romero J., Alcoverro T., 2008. Marine protection and meadow size alter fish herbivory in seagrass ecosystems. *Marine ecology Progress Series*, 371:11-21.
- Ragonese S., Camilleri M., Gancitano S., Rizzo P., Bono G., Fiorentino F. 2002. – Evaluating age at sexual maturity in *Sciaena umbra* Linnaeus, 1758 (Osteichthyes, Sciaenidae) on the basis of otolith microstructure. *Biol. Mar. Medit.*, 9 : 789-791.
- Renones O., Moranta J., Coll J., Morales-Nin B., Oliver P., 1995. Littoral fish communities of Cabrera national park (Balearic Islands): qualitative data. *Rapp. Comm., Int. Explor. Mer Medit.*, 34:255.

8 ANNEXES

Annexe 1 : Densités d'abondance et de biomasse de poissons par station (moyenne de 10 transects UVC-TRA de 125 m²) à T0, T0+3 et T0+6 dans le Parc national des Calanques.

Peuplement total	2013				2016				2019			
	Abondance (nb/125 m ²)		Biomasse (g/125 m ²)		Abondance (nb/125 m ²)		Biomasse (g/125 m ²)		Abondance (nb/125 m ²)		Biomasse (g/125 m ²)	
	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT
S01_Tiboulou_Frioul	206	164	5178	4606	137	61	12 359	16 914	215	220	4816	5026
S02_Frioul_Cambrettes	120	75	8343	7470	112	99	5 289	3 940	222	171	8417	7773
S03_Planier	339	277	6027	2475	399	228	5 504	1 793	481	431	5980	7314
S04_Veyron	345	294	9322	6987	1 284	1 865	41 116	46 259	1146	1287	29498	25181
S05_Tiboulou_Maire	156	166	7892	9498	212	147	13 022	14 223	430	287	13509	8257
S06_Fromages	327	281	13500	9319	266	287	14 514	9 425	226	112	4600	4177
S07_Jarre_Briançon	164	166	6334	5170	568	610	13 229	15 140	131	103	4828	3547
S08_Plateau_Chèvres	181	119	4346	4320	141	70	5 123	3 336	567	415	27133	17915
S09_Moyades	372	344	46734	66091	721	889	23 663	40 143	774	481	63535	158381
S10_Sud_Riou	138	55	11469	7993	315	171	14 835	9 451	458	223	15302	9238
S11_Plane	221	120	13375	10808	129	82	21 424	31 987	556	704	22486	31580
S12_Cortiou	197	162	4486	4045	456	207	33 888	26 215	780	435	68832	59589
S13_Nord_Caramassaigne	220	145	21069	42247	154	141	9 568	13 192	680	449	20959	14724
S14_Grand_Conglue	594	405	18088	15800	758	671	43 098	42 641	573	451	24058	13886
S15_Sormiou_Réserve_Falco	185	78	4398	2431	183	74	8 755	4 844	280	173	9489	5937
S16_Ouest_Figuier	97	64	3392	3589	176	88	4 833	1 600	261	111	9914	13195
S17_Devenson	121	40	5591	2414	250	208	10 471	6 795	446	337	19508	13885
S18_Calanque_l'Oule	99	79	3855	1893	70	23	6 502	7 310	170	115	4856	5087
S19_En_Vau	67	28	2642	1874	56	21	4 759	4 411	140	100	3783	2031
S20_Pointe_Cacau	140	116	6901	5739	244	113	8 777	5 724	901	373	20301	12788
S21_Phare_Cassidaigne	175	134	2575	2261	309	175	4 322	2 884	531	309	9653	9096
S22_Cap_Soubeyrane	282	288	9241	9333	322	298	9 526	7 950	331	276	11598	7027
S23_Soubeyrane	232	140	6299	1645	356	595	8 841	6 890	363	238	12551	14605
S24_Ile_Verte_Roustaud	344	217	11904	9756	565	586	12 698	13 232	777	690	21406	24143
Total	222	217	9707	18792	341	557	14 005	21 237	477	490	18209	38789
HZNP	181	167	6 355	6 591	247	348	8 791	10 070	336	339	10456	13027
ZNP	263	251	13 058	25 361	434	696	19 219	27 378	617	573	25962	52258
côte	160	142	5 115	4 546	225	256	10 148	12 527	424	364	18796	27541
îles	266	249	12 986	23 801	423	686	16 760	25 404	514	562	17789	45237

Annexe 2 : Densités d'abondance et de biomasse de poissons par station (moyenne de 10 transects UVC-TRA de 100 m²) à T0, T0+3 et T0+6 dans le Parc national des Calanques.

Peuplement total	2013				2016				2019			
	Abondance (nb/100 m ²)		Biomasse (g/100 m ²)		Abondance (nb/100 m ²)		Biomasse (g/100 m ²)		Abondance (nb/100 m ²)		Biomasse (g/100 m ²)	
	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT
S01_Tiboulou_Frioul	165	132	4 142	3 685	109	49	9 887	13 531	172	176	3 853	4 021
S02_Frioul_Cambrette	96	60	6 675	5 976	89	79	4 231	3 152	178	137	6 734	6 219
S03_Planier	272	222	4 822	1 980	319	183	4 403	1 434	385	345	4 784	5 852
S04_Veyron	276	235	7 458	5 589	1 027	1 492	32 893	37 007	917	1 029	23 599	20 145
S05_Tiboulou_Maire	125	133	6 314	7 598	169	118	10 418	11 379	344	229	10 807	6 606
S06_Fromages	261	225	10 800	7 455	212	229	11 611	7 540	181	90	3 680	3 342
S07_Jarre_Briançon	131	133	5 067	4 136	454	488	10 583	12 112	104	82	3 863	2 837
S08_Plateau_Chèvres	145	95	3 477	3 456	113	56	4 099	2 668	454	332	21 706	14 332
S09_Moyades	297	275	37 387	52 873	577	711	18 930	32 114	619	385	50 828	126 705
S10_Sud_Riou	111	44	9 175	6 394	252	137	11 868	7 561	366	179	12 242	7 391
S11_Plane	177	96	10 700	8 646	103	65	17 139	25 590	444	563	17 989	25 264
S12_Cortiou	158	129	3 589	3 236	365	166	27 110	20 972	624	348	55 066	47 671
S13_Nord_Caramassai	176	116	16 855	33 798	123	112	7 654	10 554	544	359	16 767	11 779
S14_Grand_Conglue	475	324	14 471	12 640	606	537	34 478	34 113	458	361	19 246	11 109
S15_Sormiou_Réserve	148	62	3 518	1 944	147	59	7 004	3 876	224	139	7 591	4 749
S16_Ouest_Figuier	77	52	2 714	2 871	140	71	3 867	1 280	209	89	7 931	10 556
S17_Devenson	97	32	4 473	1 931	200	166	8 377	5 436	357	270	15 606	11 108
S18_Calanque_l'Oule	79	64	3 084	1 514	56	19	5 202	5 848	136	92	3 885	4 069
S19_En_Vau	53	22	2 114	1 499	45	17	3 807	3 529	112	80	3 027	1 625
S20_Pointe_Cacau	112	93	5 521	4 591	195	90	7 022	4 579	721	299	16 241	10 230
S21_Phare_Cassidaigr	140	107	2 060	1 808	247	140	3 458	2 307	424	247	7 722	7 277
S22_Cap_Soubeyrane	226	231	7 392	7 467	257	239	7 621	6 360	265	221	9 278	5 622
S23_Soubeyrane	186	112	5 040	1 316	285	476	7 073	5 512	290	190	10 040	11 684
S24_Ile_Verte_Rousta	276	174	9 523	7 805	452	469	10 158	10 586	622	552	17 125	19 315
Total	177	174	7 765	15 034	273	446	11 204	16 989	381	392	14 567	31 031
HZNP	145	134	5 084	5 272	198	279	7 033	8 056	269	271	8 364	10 422
ZNP	210	201	10 447	20 289	348	557	15 375	21 903	494	458	20 770	41 806
côte	128	113	4 092	3 636	180	205	8 118	10 022	339	291	15 037	22 033
îles	213	199	10 389	19 041	339	549	13 408	20 323	411	449	14 231	36 190

Annexe 3 : Densités d'abondance et de biomasse réduites (hors espèces planctonophages) par station (moyenne de 10 transects UVC-TRA de 125 m²) à T0, T0+3 et T0+6 dans le Parc national des Calanques

Peuplement	2 013				2 016				2 019			
	Abondance (nb/125 m ²)		Biomasse (g/125 m ²)		Abondance (nb/125 m ²)		Biomasse (g/125 m ²)		Abondance (nb/125 m ²)		Biomasse (g/125 m ²)	
	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT
sans planctonophages												
S01_Tiboulouen_Frioul	68	49	4 322	4 195	50	36	11 397	16 722	50	46	4 283	4 688
S02_Frioul_Cambrettes	64	37	8 064	7 449	56	31	5 033	3 964	76	34	6 912	7 517
S03_Planier	114	68	4 099	1 683	78	44	3 361	1 447	79	64	5 124	7 451
S04_Veyron	209	209	6 944	5 703	320	318	27 385	41 334	382	605	19 855	17 107
S05_Tiboulouen_Maire	53	25	6 922	8 188	71	43	12 119	14 510	76	30	9 131	7 446
S06_Fromages	131	78	10 250	7 051	107	52	9 360	5 619	58	35	3 483	3 656
S07_Jarre_Briançon	73	54	4 682	3 933	37	11	3 162	1 832	48	15	3 715	3 000
S08_Plateau_Chèvres	87	66	2 931	3 398	50	15	3 124	1 725	90	51	6 069	5 134
S09_Moyades	192	194	45 613	66 392	75	76	17 059	28 772	149	311	59 726	158 799
S10_Sud_Riou	66	26	10 719	7 714	69	25	11 178	8 739	63	33	11 090	7 500
S11_Plane	141	87	12 937	10 768	81	87	21 009	32 183	103	91	18 796	30 208
S12_Cortiou	47	17	1 902	1 149	94	55	25 033	24 713	176	134	48 387	53 923
S13_Nord_Caramassaigne	87	116	19 975	42 231	45	19	8 704	12 392	57	33	10 722	7 079
S14_Grand_Conglue	65	50	9 601	8 245	76	53	29 515	29 840	58	27	19 644	13 083
S15_Sormiou_Réserve_Falco	83	20	3 591	1 978	57	17	7 385	4 318	57	37	6 208	4 691
S16_Ouest_Figuier	54	18	2 814	3 053	45	16	3 406	1 520	52	41	7 283	12 489
S17_Devenson	83	30	5 177	2 441	58	26	7 181	5 789	107	58	16 268	11 687
S18_Calanque_l'Oule	62	18	3 676	1 796	63	22	6 366	7 365	67	38	4 344	4 807
S19_En_Vau	57	33	2 174	1 152	50	21	4 677	4 399	46	10	2 925	1 664
S20_Pointe_Cacau	46	26	6 094	5 625	53	24	7 505	5 708	127	111	14 660	10 746
S21_Phare_Cassidaigne	43	20	1 466	1 590	45	17	2 823	2 167	75	51	4 571	7 365
S22_Cap_Soubeyrane	105	55	9 030	9 355	66	26	8 092	7 957	79	36	9 170	7 077
S23_Soubeyrane	73	35	4 570	2 002	60	36	6 264	6 588	86	61	9 683	14 323
S24_Ile_Verte_Roustaud	99	64	9 389	9 386	58	40	8 729	10 357	37	26	8 200	7 967
Total	87	84	8 206	18 413	73	90	10 411	17 152	92	158	12 927	36 579
côte	70	39	4 196	4 327	59	30	7 903	10 759	89	75	12 500	22 186
îles	100	104	11 070	23 447	83	114	12 202	20 387	94	197	13 232	44 158
HZNP	72	49	5 105	5 685	58	34	6 371	8 287	63	41	5 883	7 548
ZNP	103	106	11 307	25 083	89	120	14 451	22 119	120	216	19 971	50 302

Annexe 4 : Densités d'abondance et de biomasse réduites (hors espèces planctonophages) par station (moyenne de 10 transects UVC-TRA de 100 m²) à T0, T0+3 et T0+6 dans le Parc national des Calanques

Peuplement	2013				2016				2019			
	Abondance (nb/100 m ²)		Biomasse (g/100 m ²)		Abondance (nb/100 m ²)		Biomasse (g/100 m ²)		Abondance (nb/100 m ²)		Biomasse (g/100 m ²)	
	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT
sans planctonophages												
S01_Tiboulouen_Frioul	54	39	3 457	3 356	40	29	9 117	13 377	40	37	3 426	3 751
S02_Frioul_Cambrette	51	30	6 451	5 959	45	25	4 026	3 171	61	27	5 530	6 014
S03_Planier	91	54	3 280	1 346	63	35	2 689	1 157	63	51	4 099	5 961
S04_Veyron	167	167	5 555	4 562	256	254	21 908	33 067	306	484	15 884	13 686
S05_Tiboulouen_Maire	42	20	5 537	6 550	57	35	9 695	11 608	61	24	7 305	5 957
S06_Fromages	105	63	8 200	5 641	86	41	7 488	4 495	46	28	2 786	2 924
S07_Jarre_Briançon	59	43	3 746	3 147	30	9	2 529	1 466	38	12	2 972	2 400
S08_Plateau_Chèvres	69	53	2 345	2 718	40	12	2 499	1 380	72	41	4 855	4 107
S09_Moyades	153	155	36 490	53 114	60	61	13 647	23 018	119	249	47 781	127 039
S10_Sud_Riou	52	20	8 575	6 171	55	20	8 942	6 991	51	26	8 872	6 000
S11_Plane	113	70	10 349	8 614	64	69	16 807	25 746	82	73	15 037	24 167
S12_Cortiou	38	13	1 522	919	75	44	20 026	19 771	140	107	38 710	43 139
S13_Nord_Caramassai	69	93	15 980	33 784	36	16	6 963	9 913	46	27	8 578	5 663
S14_Grand_Conglue	52	40	7 681	6 596	61	43	23 612	23 872	46	21	15 715	10 467
S15_Sormiou_Réserve	67	16	2 873	1 583	45	13	5 908	3 454	45	30	4 967	3 753
S16_Ouest_Figuier	43	14	2 251	2 443	36	12	2 725	1 216	42	33	5 827	9 991
S17_Devenson	66	24	4 142	1 953	46	21	5 745	4 631	85	47	13 014	9 350
S18_Calanque_l'Oule	50	15	2 941	1 437	51	17	5 093	5 892	54	30	3 475	3 845
S19_En_Vau	45	27	1 739	921	40	17	3 742	3 520	37	8	2 340	1 331
S20_Pointe_Cacau	36	21	4 875	4 500	42	19	6 004	4 566	102	89	11 728	8 597
S21_Phare_Cassidaigr	35	16	1 173	1 272	36	14	2 259	1 733	60	41	3 657	5 892
S22_Cap_Soubeyrane	84	44	7 224	7 484	53	21	6 474	6 366	63	28	7 336	5 662
S23_Soubeyrane	59	28	3 656	1 602	48	29	5 011	5 270	68	49	7 747	11 459
S24_Ile_Verte_Rousta	79	51	7 511	7 509	46	32	6 983	8 286	30	21	6 560	6 373
Total	70	67	6 565	14 730	59	72	8 329	13 721	73	126	10 342	29 264
côte	56	31	3 357	3 462	48	24	6 323	8 607	71	60	10 000	17 749
îles	80	83	8 856	18 758	67	91	9 762	16 310	75	157	10 586	35 326
HZNP	58	40	4 084	4 548	46	27	5 097	6 630	51	33	4 707	6 038
ZNP	82	85	9 046	20 067	71	96	11 560	17 695	96	173	15 977	40 242

Annexe 5 : Densités d'abondance et de biomasse des espèces cibles de la pêche par station (moyenne de 10 transects UVC-TRA de 125 m²) à T0, T0+3 et T0+6 dans le Parc national des Calanques.

Espèces cibles	2013				2016				2019			
	Abondance (nb/125 m ²)		Biomasse (g/125 m ²)		Abondance (nb/125 m ²)		Biomasse (g/125 m ²)		Abondance (nb/125 m ²)		Biomasse (g/125 m ²)	
	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT
S01_Tiboulen_Frioul	66	48	4 023	4 016	33	16	4 092	3 740	37	23	3 215	3 119
S02_Frioul_Cambrettes	37	22	2 624	1 218	46	29	2 918	1 359	61	24	3 503	2 225
S03_Planier	109	66	3 815	1 236	72	44	3 300	1 440	63	59	5 037	7 457
S04_Veyron	208	209	6 894	5 732	291	283	15 732	10 445	360	566	19 617	17 200
S05_Tiboulen_Maire	41	17	2 873	1 604	58	31	6 780	5 575	56	35	4 037	3 409
S06_Fromages	108	60	7 607	4 725	93	52	6 685	2 964	41	25	2 564	2 823
S07_Jarre_Briançon	66	44	2 944	1 313	33	9	2 963	1 899	43	14	3 261	2 169
S08_Plateau_Chèvres	85	64	2 908	3 394	47	14	3 079	1 708	74	47	5 843	5 086
S09_Moyades	77	71	7 607	8 642	60	56	12 410	22 884	39	21	8 646	6 481
S10_Sud_Riou	50	24	6 395	4 674	60	18	7 994	7 705	52	19	9 830	6 985
S11_Plane	124	85	6 917	2 922	34	15	3 994	1 862	53	14	5 441	2 117
S12_Cortiou	46	17	1 805	1 124	58	22	8 451	4 591	132	129	41 470	56 565
S13_Nord_Caramassaigne	53	26	6 310	5 776	36	8	5 252	3 338	42	18	8 749	5 307
S14_Grand_Conglue	58	42	7 147	5 582	70	47	27 460	29 586	49	21	17 268	11 651
S15_Sormiou_Réserve_Falco	78	18	3 278	1 766	42	16	4 672	3 304	49	30	5 689	3 471
S16_Ouest_Figuier	52	17	2 621	2 579	42	16	3 237	1 661	33	19	1 841	1 339
S17_Devenson	70	27	3 779	1 387	51	25	5 682	4 037	88	61	12 559	9 713
S18_Calanque_l'Oule	56	17	3 324	1 634	44	18	3 698	2 940	49	21	2 805	2 481
S19_En_Vau	55	34	2 037	1 153	37	16	2 702	2 398	34	10	2 544	1 903
S20_Pointe_Cacau	38	22	5 006	4 939	41	13	5 774	5 814	34	11	8 673	7 684
S21_Phare_Cassidaigne	40	20	1 439	1 572	35	17	1 786	835	52	29	3 803	5 239
S22_Cap_Soubeyrane	79	39	2 817	1 017	44	20	3 813	1 843	61	26	6 714	4 170
S23_Soubeyrane	56	20	3 806	1 902	44	26	3 425	4 076	44	20	3 676	3 563
S24_Ile_Verte_Roustaud	93	64	9 353	9 378	54	39	8 703	10 355	29	23	7 253	8 241
Total général	73	68	4 472	4 434	59	79	6 442	10 008	66	133	8 085	15 025
HZNP	63	44	3 797	4 139	47	30	4 172	4 405	46	27	3 695	4 003
ZNP	83	84	5 148	4 629	71	107	8 711	13 091	85	184	12 474	19 963
côte	62	33	3 138	2 453	45	19	4 453	3 730	60	57	9 181	20 942
îles	81	83	5 425	5 227	70	101	7 862	12 548	70	167	7 302	8 621

Annexe 6 : Densités d'abondance et de biomasse des espèces cibles de la pêche par station (moyenne de 10 transects UVC-TRA de 100 m²) à T0, T0+3 et T0+6 dans le Parc national des Calanques.

Espèces cibles	2013				2016				2019			
	Abondance (nb/100 m ²)		Biomasse (g/100 m ²)		Abondance (nb/100 m ²)		Biomasse (g/100 m ²)		Abondance (nb/100 m ²)		Biomasse (g/100 m ²)	
	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT
S01_Tiboulen_Frioul	53	38	3 219	3 213	27	13	3 274	2 992	30	18	2 572	2 495
S02_Frioul_Cambrette	30	17	2 100	974	37	23	2 334	1 087	49	19	2 802	1 780
S03_Planier	88	53	3 052	989	57	35	2 640	1 152	50	47	4 030	5 966
S04_Veyron	166	167	5 515	4 586	233	227	12 585	8 356	288	453	15 693	13 760
S05_Tiboulen_Maire	32	14	2 298	1 284	47	25	5 424	4 460	45	28	3 229	2 727
S06_Fromages	86	48	6 086	3 780	75	41	5 348	2 371	33	20	2 051	2 259
S07_Jarre_Briançon	53	36	2 355	1 050	26	7	2 371	1 519	35	11	2 609	1 735
S08_Plateau_Chèvres	68	51	2 327	2 715	37	11	2 463	1 366	59	37	4 674	4 069
S09_Moyades	61	57	6 085	6 913	48	45	9 928	18 307	32	17	6 917	5 185
S10_Sud_Riou	40	19	5 116	3 739	48	15	6 395	6 164	41	15	7 864	5 588
S11_Plane	99	68	5 533	2 338	27	12	3 196	1 489	42	12	4 352	1 694
S12_Cortiou	37	14	1 444	899	46	17	6 761	3 673	106	103	33 176	45 252
S13_Nord_Caramassaigne	43	21	5 048	4 621	29	6	4 202	2 670	33	14	6 999	4 245
S14_Grand_Conglue	46	33	5 718	4 465	56	38	21 968	23 669	40	17	13 814	9 321
S15_Sormiou_Réserve	63	15	2 622	1 413	34	13	3 738	2 643	39	24	4 551	2 776
S16_Ouest_Figuier	42	13	2 097	2 063	34	13	2 590	1 328	26	15	1 473	1 071
S17_Devenson	56	22	3 024	1 110	40	20	4 546	3 229	71	49	10 047	7 771
S18_Calanque_l'Oule	44	14	2 659	1 307	35	15	2 958	2 352	39	17	2 244	1 984
S19_En_Vau	44	27	1 630	922	30	13	2 162	1 918	27	8	2 035	1 522
S20_Pointe_Cacau	30	18	4 005	3 951	33	10	4 619	4 651	27	8	6 939	6 148
S21_Phare_Cassidaigne	32	16	1 151	1 257	28	14	1 429	668	42	23	3 042	4 191
S22_Cap_Soubeyrane	63	31	2 254	814	35	16	3 051	1 475	49	21	5 371	3 336
S23_Soubeyrane	45	16	3 045	1 521	35	21	2 740	3 261	35	16	2 941	2 850
S24_Ile_Verte_Roustaud	74	51	7 482	7 502	43	31	6 963	8 284	23	19	5 802	6 592
Total général	58	54	3 578	3 547	47	63	5 153	8 007	53	106	6 468	12 020
HZNP	50	35	3 037	3 311	38	24	3 338	3 524	37	22	2 956	3 203
ZNP	66	67	4 118	3 703	57	85	6 969	10 473	68	147	9 980	15 971
côte	49	26	2 511	1 963	36	15	3 563	2 984	48	45	7 345	16 754
îles	65	67	4 340	4 181	56	81	6 290	10 038	56	134	5 841	6 897

