

Suivi de l'ichtyofaune du Parc national des Calanques à T0+3 ans (2016)

Rapport final



**Suivi de l'ichtyofaune
du Parc national des Calanques
à T0+3 ans
(2016)**

**Marché public n°16 006 PNCa « Réalisation de comptages visuels de l'ichtyofaune du PNCa »,
offre de base, avec un plongeur du Parc national des Calanques.**

PARC NATIONAL DES CALANQUES

Bâtiment A
141, avenue du Prado
13008 Marseille
Tél : 04.20.10.50.00 ; www.calanques.parcnational.fr

et

GIS POSIDONIE

Groupement d'Intérêt Scientifique pour l'environnement marin
MIO - Campus de Luminy – Case 901
163, avenue de Luminy
13288 Marseille Cedex 09
Secrétariat & administration :
Tél. (33)4.86.09.05.73/78 - Fax. (33)4.86.09.06.43

<http://mio.pytheas.univ-amu.fr/gisposidonie>

Responsable scientifique du partenariat

Professeur Charles-François BOUDOURESQUE,
MIO – Institut Méditerranéen d'Océanographie
Tel : (33)4.86.09.05.74 – Courriel : charles.boudouresque@mio.osupytheas.fr

Participants aux acquisitions de données sur le terrain

Patrick Astruch, Adrien Goujard, Laurence Le Diréach, Elodie Rouanet (GIS Posidonie)
Patrick Bonhomme (Parc national des Calanques)

Maintenance base de données

Adrien Goujard

Dossier : 1607

Citation du document

LE DIREACH L., ROUANET E., ASTRUCH P., GOUJARD A., BONHOMME P., 2017. Suivi de l'ichtyofaune du Parc national des Calanques à T0+3 - Année 2016. Rapport final. Marché public GIS Posidonie/Parc national des Calanques. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 175 p.

SOMMAIRE

1	CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	7
2	STRATEGIE ET METHODES D'ECHANTILLONNAGE	9
2.1	Stratégie d'échantillonnage	9
2.1.1	Choix des stations	10
2.1.2	Choix des approches pour l'échantillonnage	15
2.1.3	Calibration et participation des agents du Parc	15
2.2	Méthodologie	16
2.2.1	Comptages 'de référence' sur transects métrés (5-25 m de profondeur) - TRA	16
2.2.2	Comptage au temps des espèces ciblées par la pêche (5-25 m de profondeur) - TPS	17
2.2.3	Comptage au temps en plongée libre dans les petits fonds (0-5 m de profondeur) - PMT	20
2.3	Déroulement des campagnes de terrain	21
2.3.1	Dates et participants	21
2.3.2	Logistique et autorisations	22
2.3.3	Conditions météorologiques	23
2.3.4	Position des stations	24
2.3.5	Environnement des stations de comptage	26
2.4	Sauvegarde des données en base de données	32
2.5	Analyse des données	32
2.5.1	Prise en compte des espèces planctonophages	32
2.5.2	Prise en compte des espèces cibles de différents modes de pêche	33
2.5.3	Structure trophique du peuplement	34
2.5.4	Structure spatiale et comportementale du peuplement	35
2.5.5	Analyse statistique des données	36
3	SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 2013-2016	38
4	RESULTATS	61
4.1	Importance de l'habitat dans la structuration du peuplement	61
4.2	Peuplement de poissons téléostéens entre 5 et 25 m de profondeur	64
4.2.1	Liste et occurrence des espèces	64
4.2.2	Richesse spécifique	67
4.2.3	Composition du peuplement par familles	69
4.2.4	Densité	70
4.2.5	Biomasse	72
4.2.6	Classement des stations entre 5 et 25 m d'après leur peuplement total	74
4.3	Peuplement de poissons hors planctonophages	76
4.3.1	Densités réduites	78
4.3.2	Biomasses réduites	80

4.4 Peuplement de poissons téléostéens superficiel (0-5 m de profondeur)	84
4.4.1 Liste et occurrence des espèces	84
4.4.2 Densités	86
4.4.3 Biomasse	88
4.5 Espèces de poissons cibles de la pêche	92
4.5.1 Nombre d'espèces cibles par station entre 5 et 25 m de profondeur (TPS)	92
4.5.2 Occurrence des espèces cibles par station entre 5 et 25 m de profondeur (TPS)	93
4.5.3 Evolution de l'occurrence des espèces cibles (TPS)	97
4.5.4 Densité des espèces cibles (TRA)	100
4.5.5 Biomasse des espèces cibles (TRA)	101
4.5.6 Le sar commun <i>Diplodus sargus</i>	104
4.5.7 Le sar à tête noir <i>Diplodus vulgaris</i>	106
4.5.8 Le sar à museau pointu <i>Diplodus puntazzo</i>	108
4.5.9 Le mérou <i>Epinephelus marginatus</i>	109
4.5.10 La girelle <i>Coris julis</i>	111
4.5.11 Le serran chevrette <i>Serranus cabrilla</i>	114
4.5.12 Le labre merle <i>Labrus merula</i>	116
4.5.13 Le labre vert <i>Labrus viridis</i>	117
4.5.14 Les crenilabres <i>Symphodus mediterraneus</i>	118
4.5.15 Le crénilabre tanche <i>Symphodus tinca</i>	119
4.5.16 Le rouget de roche <i>Mullus surmuletus</i>	121
4.5.1 Le barracuda <i>Sphyræna viridensis</i>	122
4.6 Evolution du peuplement d'espèces cibles depuis 2008	123
4.6.1 Richesse spécifique	123
4.6.2 Occurrences	124
4.6.3 Densité	126
4.6.4 Biomasse	127
4.6.4.1 Toutes espèces cibles	127
4.6.4.2 Cibles de la chasse sous-marine	128
4.6.4.3 Cibles de la pêche à la ligne	129
4.6.4.4 Cibles de la pêche professionnelle au filet	130
4.7 Analyse fonctionnelle du peuplement	131
4.7.1 Evolution de la structure trophique 2008-2016	131
4.7.2 Structure trophique du peuplement de poissons entre 5 et 25 m	131
4.7.3 Evolution des carnivores et des prédateurs ichtyophages entre 5 et 25 m	135
4.7.4 Structure trophique du peuplement entre 0 et 5 m	136
4.7.1 Evolution de la structure spatiale et comportementale du peuplement de poissons entre 5 et 25 m	137
4.8 Chiffres et résultats clefs du suivi des poissons – TRA – UVC transects	139
4.9 Chiffres et résultats clefs du suivi des poissons - PMT – UVC temps	141
4.10 Chiffres et résultats clefs du suivi des poissons cibles –TPS – UVC temps	142
5 ELEMENTS DE SYNTHÈSE ET MISE EN PERSPECTIVE DES DONNÉES DU SUIVI A T0+3 ANS	144
6 CONCLUSION	159
7 BIBLIOGRAPHIE	160
8 ANNEXES	162

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

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

- sept Zones de Non-Prélèvement (ZNP),
- une Zone de Protection Renforcée (ZPR), qui correspond à l'espace maritime du cœur situé sur le site du canyon de Cassidaigne.

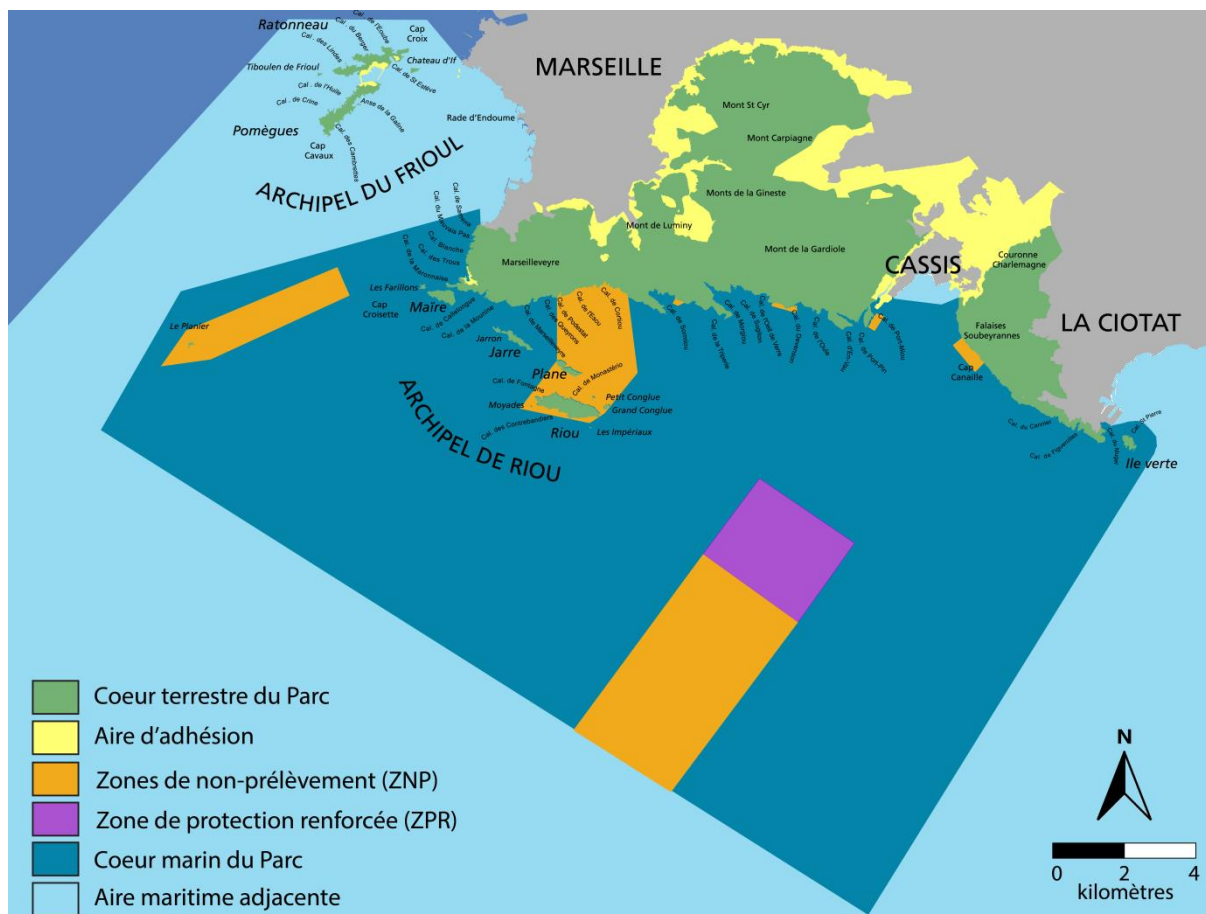


Figure 1 : Carte du Parc national des Calanques. Le cœur marin du Parc regroupe sept zones de non-prélèvement (ZNP) et une zone de protection renforcée (ZPR).

La pêche maritime professionnelle et la pêche maritime de loisir sont interdites dans les ZNP (à l'exception des prélèvements effectués dans le cadre de suivis scientifiques) et dans la ZPR (sauf pour les pêcheurs professionnels mentionnés à l'article 30 du Décret, dans les conditions et limites définies par cet article) (Art. 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 propres 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 la 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 décalage de 18 mois), 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 du peuplement de poissons, (ii) le suivi par pêches scientifiques standardisées (PSS) et (iii) le suivi du corail rouge (Bonhomme *et al.*, 2015).

Au regard des obligations réglementaires du Conseil d'Administration précédemment citées, il est primordial que les instances du Parc puissent suivre l'évolution du peuplement de poissons des ZNP. Pour ce faire, il est prévu 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 du peuplement trois ans après l'état zéro en testant l'efficacité des ZNP en termes de conservation du peuplement de poisson. A plus long terme, les effets d'éventuels reports de pression de pêche doivent pouvoir être détectés également par les protocoles mis en place. Le cas échéant, le zonage et les mesures de gestion en cœur de parc pourraient ainsi 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 2016 pour la réalisation de ce suivi du peuplement de poissons trois ans après la réalisation de l'état zéro (2013). 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 des abondances et de la biomasse).

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, 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) ;
- l'analyse comparative avec les données issues des études sur le peuplement de poissons réalisées dans le périmètre du Parc en 2013 (Bonhomme *et al.*, 2015) et en 2008 (Astruch *et al.*, 2009) ;
- la production de données géoréférencées et de cartes ;
- l'intégration des données dans la base de données POPCORN créée lors de l'Etat Zéro des ZNP (Guillas *et al.*, 2016).

2 STRATEGIE ET METHODES D'ECHANTILLONNAGE

La stratégie d'échantillonnage, l'organisation des missions et le planning des travaux ont été validés par le comité technique, lors de la réunion de démarrage de l'étude le 28 juillet 2016 au Parc.

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 2016 sont les mêmes que ceux adoptés pour l'état zéro. Les résultats issus de la nouvelle acquisition de données sont donc parfaitement comparables à ceux de l'état initial. Le protocole (emplacement des stations et méthodes de suivi) mis en place au moment de l'état initial a fait l'objet d'un travail de réflexion important mené en concertation puis approuvé par le Parc en 2013. L'analyse des premières données à T0 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 du peuplement 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, aire marine 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, afin de pouvoir adapter, le cas échéant, le zonage actuel ou d'autres mesures de gestion.

2.1.1 Choix des stations

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

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 marine adjacente comprise. Parmi ces stations, 12 sont localisées dans les ZNP (Tableau 2).

Dans 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	Tiboulén 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. Le peuplement de poissons de l'archipel du Frioul a été étudié 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	Tiboulén de Maître*	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 Cacao
S20	Pointe Cacao	ZNP Pointe Cacao	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 Soubeyrane	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 Soubeyrane
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

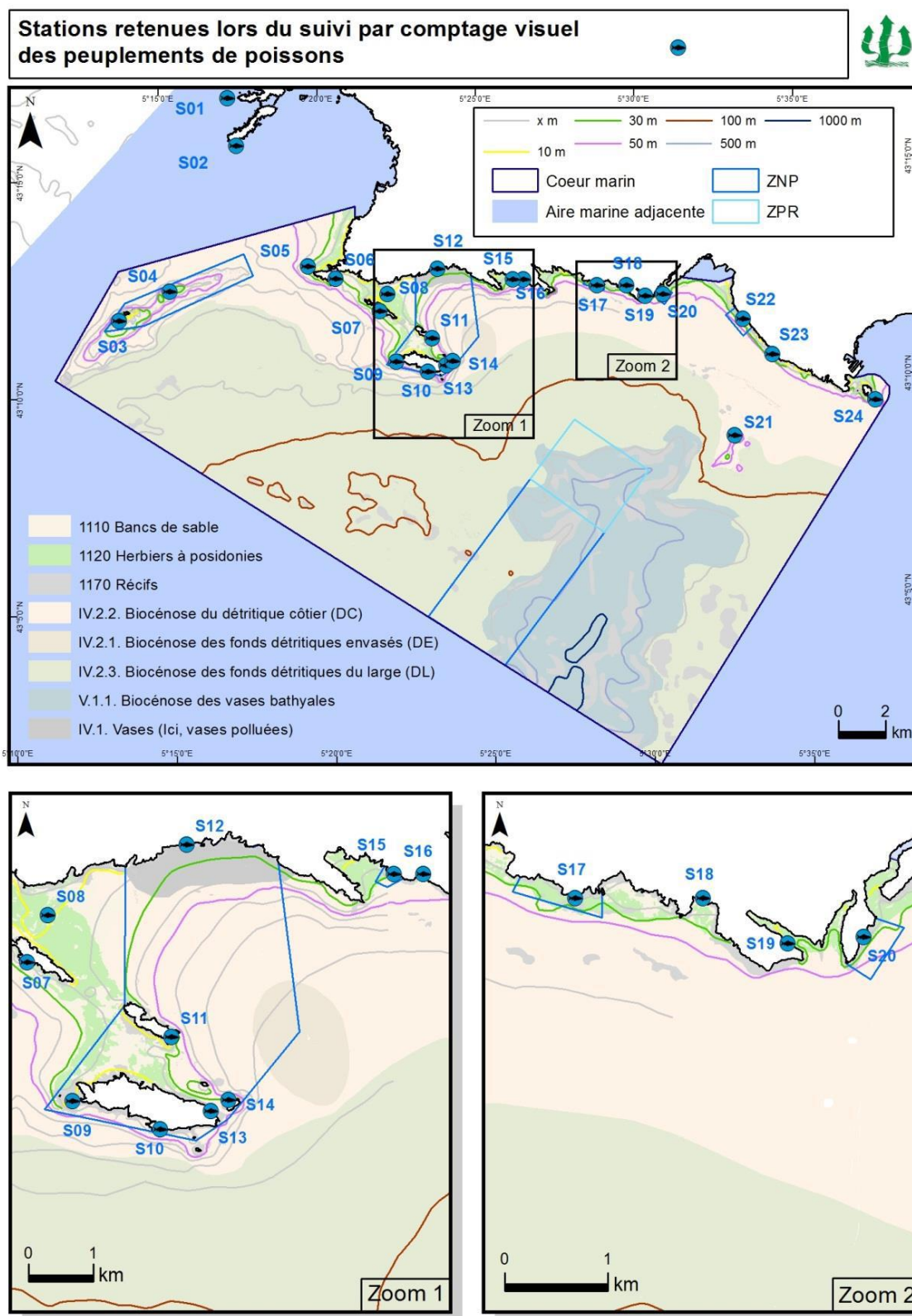


Figure 2. Localisation des 24 stations de roche, entre 5 et 25 m, échantillonnées par comptages visuels en scaphandre autonome dans le cadre du suivi du peuplement de poissons du PNCal (comptage total sur transect métré et espèces cibles au temps).

- **Stations de roche 0-5 m**

Un nombre plus restreint de stations a été proposé (12 stations) pour le suivi de l'ensemble des espèces sur les petits fonds (0-5 m) en plongée libre (PMT). Ce protocole implique moins de logistique et est donc plus facile à mettre en œuvre par le Parc à fréquence élevée (annuelle, saisonnière) selon la disponibilité des agents. Le choix des stations a tenu compte des différents régimes de gestion (Tableau 3).

Tableau 3. Liste des 12 stations entre 0 et 5 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-Eyglaudes	AMA	0-5	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	Marseilleveyre				Station intéressante dans le contexte de report de l'effort de pêche au plateau des Chèvres
PMT06	Sablière	ZNP Riou-Podestat-Pointe du			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

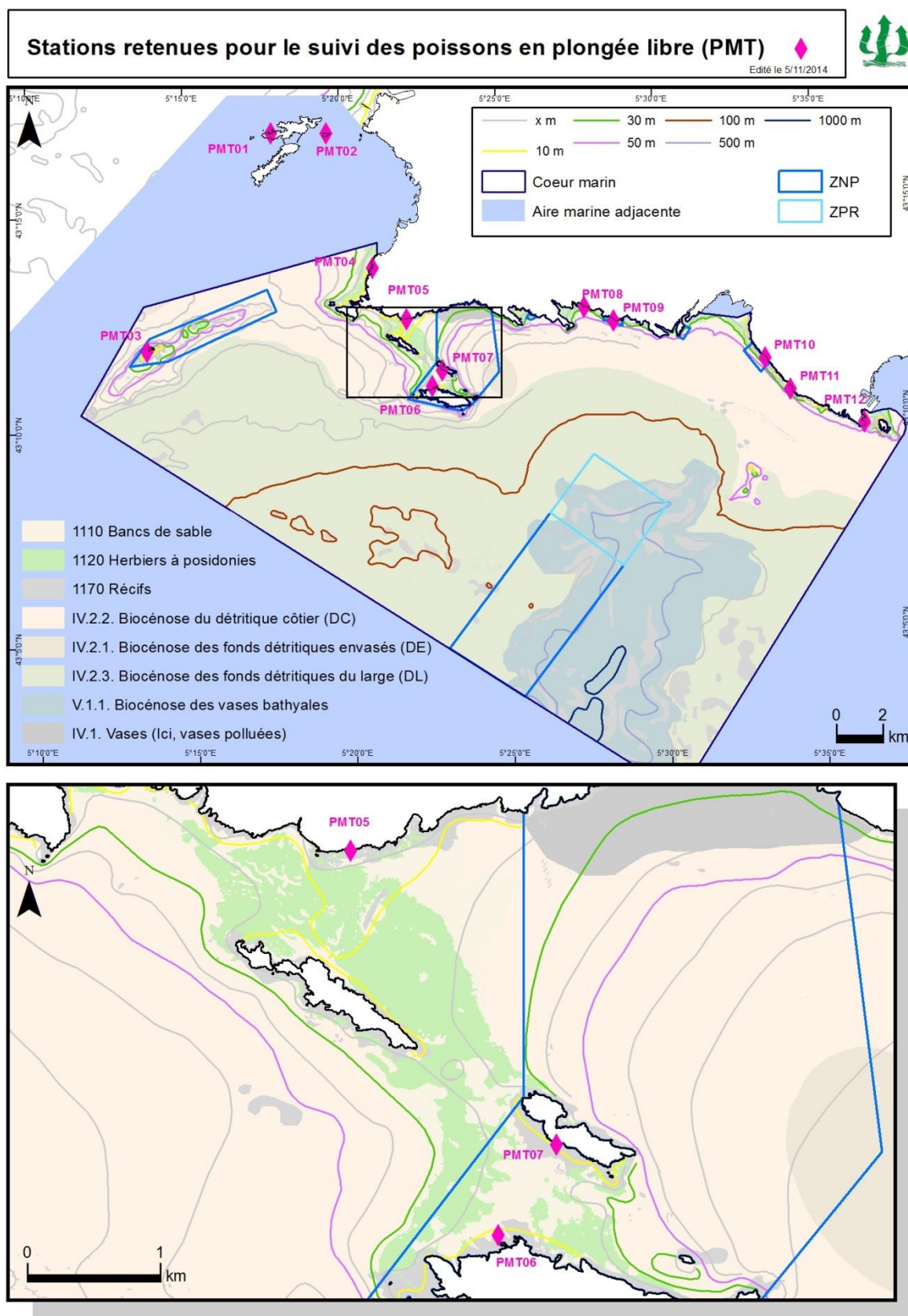


Figure 3. Localisation des 12 stations échantillonnées par comptages visuels en plongée libre (PMT) pour le suivi du peuplement de poissons du PNCal entre 0 et 5 m de profondeur.

2.1.2 Choix des approches pour l'échantillonnage

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

Trois types de comptages ont été effectués :

- 1- **comptage 'de référence' (TRA)** : des comptages sur transects métrés (à l'aide d'un décamètre) entre 5 et 25 m, de toutes les espèces vues en plongée (n = 24 stations) ;
- 2- **des comptages d'espèces cibles de la pêche (TPS)**, entre 5 et 25 m, réalisés au temps (n = 24 stations, les mêmes que pour TRA) ;
- 3- **des comptages en plongée libre (PMT)** dans les petits fonds entre 0 et 5 m de toutes les espèces vues en plongée (n = 12 stations).

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 (TPS), 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 individus d'un côté et les grands de l'autre, avec une limite de taille précisée ;

- pour le comptage dans les petits fonds (PMT), 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, mais toutes les espèces doivent être recensées et leur taille évaluée à 2 cm près. L'effet réserve est perceptible dans les petits fonds, aussi bien qu'entre 5 et 25 m, pour un certain nombre d'espèces. Ce comptage est également réalisé au temps (3 minutes).

Ainsi le Parc peut mettre en œuvre en routine, à tout moment, ces deux méthodes entre deux évaluations par le comptage 'de référence'.

L'approche vidéo n'a pas été retenue 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 élevé. 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 requises pour mener à bien ce suivi.

2.1.3 Calibration et participation des agents du Parc

Dans la rédaction de la réponse à la consultation lancée par le PNCaI, il était demandé d'intégrer un ou plusieurs agents du Parc aux opérations de comptage. Le devis retenu a porté finalement sur la participation d'un agent à l'ensemble des journées d'acquisition. Plusieurs agents ayant manifesté leur intérêt pour cet acquisition de données, une demi-journée de calibrage a été proposée par le GIS Posidonie. Cette journée n'était pas une journée de formation, mais une journée destinée à évaluer le niveau de pratique des compteurs de poissons et la faisabilité de l'intégration de plusieurs agents

au cours de la mission, par roulement : un agent à bord accompagnant 3 compteurs du GIS Posidonie.

Au final 7 agents du Parc se sont présentés à cette demi-journée de calibration. Après une explication de la méthode de comptage visuel et d'évaluation de la taille et du nombre de poissons, une série de comptages tests a été réalisée sur une station par plusieurs binômes GIS-Parc. Par ailleurs, un calibrage des estimations de taille a été fait en comparant les évaluations faites de la taille du même poisson par les deux compteurs. Les agents qui voulaient seulement prendre connaissance des méthodes utilisées sans s'investir véritablement dans l'échantillonnage prévu ont pu tester la méthode en se mettant à l'arrière d'une palanquée de 2 compteurs, pourvus d'une fiche de comptage identique. A l'issue de cette série de tests il s'est avéré qu'un seul agent pouvait identifier l'ensemble des espèces et estimer les tailles de façon homogène avec l'équipe scientifique et 3 autres agents pouvaient participer aux estimations des espèces cibles du peuplement de poissons. Cette demi-journée de calibration a également été bénéfique à l'ensemble du groupe pour faire connaissance, échanger à propos des méthodes de suivi et homogénéiser les estimations de taille de l'ensemble des compteurs en début de mission.

2.2 Méthodologie

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

Les comptages visuels sur transects ont été réalisés selon la méthode utilisée en 2013 par Bonhomme *et al.* (2015). Le peuplement de poissons 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 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 environnementales seraient particulières (orage, coup de Mistral), les 10 répliquats 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), à la même saison, pour évaluer le peuplement (Figure 4). Le sens de l'échantillonnage est inversé à la seconde série d'acquisitions (date 2) par rapport à la première, afin de ne pas parcourir les mêmes surfaces (meilleure appréhension de la station).

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 (Annexe 1).

A la fin de chaque comptage, l'observateur parcourt le transect en sens inverse (Figure 4) afin de caractériser l'habitat par segments de 5 m x 5 m pour appréhender :

- la nature du substrat (pourcentage de recouvrement de 4 catégories de substrat : roche, herbier, sable, et gravier, le total = 100%) ;
- le nombre et la taille des blocs rocheux rencontrés estimée par 3 catégories ('petit' <1 m, 'moyen' de 1 à 2 m et 'gros' >2 m de diamètre).

La caractérisation de l'habitat selon cette méthode est primordiale dans un tel suivi, en particulier au sein du PNCaI, car les paramètres de l'habitat structurent significativement le peuplement et peuvent masquer certains résultats liés aux mesures de gestion. Grâce aux 10 réplicats effectués, l'habitat de chaque station peut être caractérisé par la nature des substrats dominants et la complexité des blocs de roche.

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

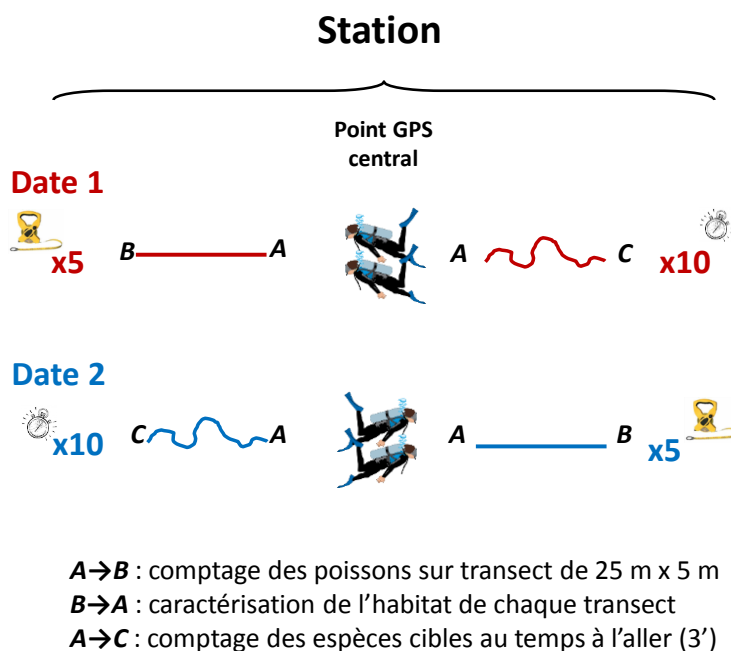


Figure 4. Schéma de la stratégie d'échantillonnage adoptée pour les comptages de poissons sur transect (référence) et les comptages d'espèces cibles au temps.

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 réplicats :	240 comptages

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

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) a été appliqué.

A chaque station, 20 parcours aléatoires de 3 minutes ($46 \text{ m} \pm 9 \text{ m}$) 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 (Figure 5). 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.

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 a vocation à être utilisée par le Parc à l'avenir, car ces espèces cibles peuvent être extraites du comptage de référence fait par les scientifiques. En attendant, et afin de mettre en place 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

Site(nom et code) : *S18-1'Quai*
 Transect : *Compteur: Lave*
 Date : *6/9/13*

Espèces	Prof. 10			Prof. 12			Prof. 14			Prof. 17		
	Habitat:	lim	grand	Habitat:	lim	grand	Habitat:	lim	grand	Habitat:	lim	grand
<i>Seriola dumerilii</i>		50			50			50			50	
<i>Coris julis</i> (girelle)	<i>X</i>	18		<i>X</i>	18		<i>X</i>	18		<i>X</i>	18	
<i>Symphodus tinca</i>	<i>X</i>	20		<i>X</i>	20		<i>X</i>	20		<i>X</i>	20	
<i>S. mediterraneus</i>		12			12			12			12	
<i>Diplodus sargus</i>		23	<i>X</i>		23	<i>X</i>		23	<i>X</i>		23	<i>X</i>
<i>D. vulgaris</i>	<i>X</i>	20	<i>X</i>		20		<i>X</i>	20		<i>X</i>	20	
<i>D. puntazzo</i>		25			25			25			25	
<i>D. cervinus</i>		25			25			25			25	
<i>Spondylosoma cantharus</i>		30			30			30			30	
<i>Denitex dentex</i> (denti)		40			40			40			40	
<i>Sparus aurata</i> (Daur. Royale)		35			35			35			35	
<i>Dicentrarchus labrax</i> (loup)		40			40			40			40	
<i>Serranus cabrilla</i> (chevrette)	<i>X</i>	14		<i>X</i>	14		<i>X</i>	14		<i>X</i>	14	
<i>Serranus scriba</i>		15			15			15			15	
<i>Mullus surmuletus</i> (rouget)	<i>X</i>	18		<i>X</i>	18		<i>X</i>	18		<i>X</i>	18	
<i>Scorpaena scrofa</i>		30			30			30			30	
<i>Muraena helena</i>		80			80			80			80	
<i>Conger conger</i>		80			80			80			80	
<i>Phycis phycis</i> (mostelle)		35			35			35			35	
<i>Labrus merula</i> (30 cm)												
<i>Labrus viridis</i> (30 cm)												
<i>Labrus mixtus</i> (24 cm)												
<i>Sciaenops ocellatus</i> (corb) (35 cm)												
<i>E. marginatus</i> (mérou) (60 cm)												

Figure 5. Fiche de comptage des espèces cibles au temps (3 minutes) utilisée dans le PNCal.

Pour chacune des 24 stations d'échantillonnage choisies, deux campagnes ont été menées à la fin de l'été aux dates 1 et 2. Lors de chacune d'elles, ont été réalisés (Figure 6) :

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

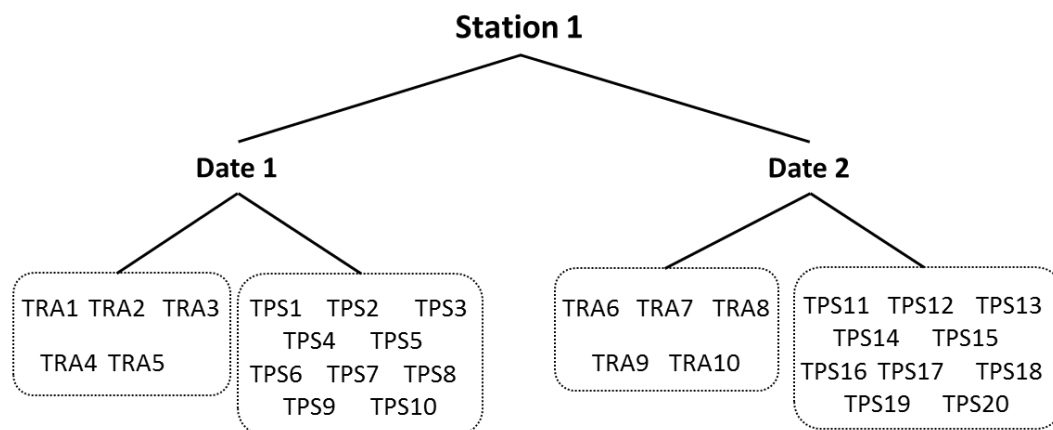


Figure 6. Stratégie d'échantillonnage du suivi des peuplements de poissons ; TRA = transect pour le comptage visuel exhaustif selon le protocole BIOMEX (BIOMEX, 2006) ; TPS = comptage au temps pour les espèces cibles selon le protocole de Daniel *et al.* (2002).

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

Un suivi des petits fonds a été également réalisé en plongée libre (PMT). Cette zone bathymétrique superficielle (0-5 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.

Le suivi réalisé se veut simple en termes de logistique, afin qu'il puisse être reconduit, en routine, par des agents du Parc maîtrisant les identifications et les évaluations de taille des poissons côtiers. La méthodologie est la même que pour les comptages entre 5 et 25 m, toutes les espèces et l'habitat sont pris en compte et la fiche de comptage est la même.

Pour ces comptages réalisés près 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) faits lors de la première campagne de comptages (date 1). 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 réplcats :	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 29 août et le 3 septembre 2016 (1^{ère} campagne) et entre le 26 septembre et le 5 octobre 2016 (2^{ème} campagne) (Tableau 4).

La demi-journée de calibration s'est déroulée le 29 août 2016.

Le suivi en plongée libre sur les 12 stations les plus superficielles (entre 0 et 5 m de profondeur) a été réalisé lors de la 1^{ère} campagne.

Dans la proposition du GIS Posidonie, 12 journées de terrain étaient prévues pour 4 plongeurs correspondant à 2 campagnes de 6 jours à 3 scientifiques et 1 agent du Parc afin de réaliser l'ensemble des comptages. Au final, faute de disponibilité, le Parc n'a pas été en mesure de fournir un agent pendant 3 jours. Patrick Bonhomme (chargé de mission pêche) a participé à 9 jours de comptages sur les 12 jours prévus. En fonction de leur disponibilité, trois agents du Parc national ont pu se joindre à l'équipe de terrain lors des investigations afin de se familiariser avec les protocoles : Claude Lefèvre, Matthieu Imbert et Jean-Patrick Durand.

Tableau 4. Dates de sortie et stations échantillonnées lors des comptages de référence, d'espèces cibles et en PMT. Initiales des observateurs : AG : Adrien Goujard, CL : Claude Lefèvre, ER : Elodie Rouanet, JPD : Jean-Patrick Durand, LLD : Laurence Le Diréach, MI : Mathieu Imbert, PA : Patrick Astruch, PB : Patrick Bonhomme.

Campagne 1				Campagne 2			
Date	Station		Observateurs	Date	Station		Observateurs
29/08/2016	S22	Cap Soubeyrane	ER + AG (CL)	26/09/2016	S08	Plateau des Chèvres	PA + AG
	S23	Soubeyrane	AG + ER		S12	Cortiou	PA + PB
	S24	Ile Verte - Roustaud	PA + LLD		S18	Calanque de l'Oule*	PA + AG
	PMT10	Cap Soubeyrane	PB + LLD		S19	En Vau	AG + PB
	PMT11	Soubeyrane	PB + PA		S20	Pointe Cacau	PA + PB
	PMT12	Mugel-Negue Foume	PB	27/09/2016	S05	Tiboulén de Maire*	PB + AG
30/08/2016	S06	Les fromages	LLD + PA (CL)		S06	Les fromages	PB + AG
	S07	Jarre Briançon*	AG + ER		S11	Plane	PA + LLD
	S09	Moyades*	LLD + PA (CL)		S14	Grand Conglue*	PA + LLD
	S13	Nord Caramassaigne*	AG + ER	28/09/2016	S13	Nord Caramassaigne*	PA + PB
	PMT06	Sablière	LLD + PA (CL)		S15	Sormiou-Réserve Falco	AG + ER
31/08/2016	S01	Tiboulén Frioul	ER + AG (JPD)		S16	Ouest Figuier*	PA + PB
	S02	Frioul-Cambrettes	LLD + PA		S17	Devenson	AG + ER
	S03	Planier	LLD + PA	29/09/2016	S01	Tiboulén Frioul	PA + AG
	S04	Veyron	ER + AG (JPD)		S02	Frioul-Cambrettes	PA + AG
	S05	Tiboulén de Maire*	LLD + AG		S03	Planier	AG + ER
	PMT01	Frioul 1	PA + LLD		S04	Veyron	ER + PA
	PMT03	Planier	AG + ER	04/10/2016	S07	Jarre Briançon*	AG + PB
01/09/2016	S18	Calanque de l'Oule*	AG + ER (MI)		S09	Moyades*	AG + ER
	S19	En Vau	PA + PB		S10	Sud Riou*	ER + PB
	S20	Pointe Cacau	AG + ER (MI)	05/10/2016	S21	Phare Cassidaigne	AG + LLD
	S21	Phare Cassidaigne	PA + PB		S22	Cap Soubeyrane	ER + PB
02/09/2016	S08	Plateau des Chèvres	LLD + PB		S23	Soubeyrane	AG + LLD
	S10	Sud Riou*	PA + AG		S24	Ile Verte - Roustaud	ER + PB
	S11	Plane	LLD + ER				
	S12	Cortiou	PA + AG				
	S14	Grand Conglue*	ER + PB				
	PMT05	Marseilleveyre	AG + ER				
	PMT07	Plane Sud	PA + PB				
03/09/2016	S15	Sormiou-Réserve	LLD + PB				
	S16	Ouest Figuier*	AG + ER				
	S17	Devenson	LLD + PB				
	PMT02	Château If	LLD + PB				
	PMT03	Planier	AG + ER				
	PMT04	Samena	AG + ER				
	PMT08	Pierres tombées	AG + ER				
	PMT09	Devenson	ER				

2.3.2 Logistique et autorisations

Les acquisitions de données ont été réalisées en utilisant l'embarcation semi-rigide (Oversea 18 pieds munie d'un moteur Yamaha 115 cv) du GIS Posidonie pour toutes les stations sauf le 29/08/2016 où le Parc a mis à disposition une embarcation semi-rigide et un pilote au départ du port de La Ciotat.

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

Tableau 6. Conditions météorologiques entre les deux campagnes et lors de la seconde partie de la campagne d'échantillonnage des poissons du Parc national des Calanques.

GFS 27 km	Vitesse du vent (noeuds)								Direction du vent								Température (°C)								Pluie (mm/3h)								Couverture nuageuse (%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
06.09.2016	18	12	9	3	9	10	6	1	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	23	21	21	26	28	27	25	23																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

2.3.4 Position des stations

La position centrale des stations a été relevée au moyen d'un GPS pour les comptages de référence et d'espèces cibles (Tableau 7) et pour les comptages PMT (Tableau 8). Les coordonnées centrales des stations sont les mêmes que celles de l'état initial.

Tableau 7. 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 pour les espèces cibles entre 5 et 25 m de profondeur.

N°	Nom station (* = stations 2008)	Gestion	Profondeur (m)	Cap comptage total	Coordonnées GPS station (WGS84)	
S01	Tiboulou 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	Tiboulou 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	sud	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 Figuière*	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 8. 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 entre 0 et 5 m de profondeur.

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

2.3.5 Environnement des stations de comptage

Une courte description appuyée par deux photographies rappelle dans le Tableau 9 les grandes caractéristiques de l'habitat à chaque station, ainsi que les profondeurs minimale et maximale, décrites en 2013. Le statut de réglementation est également indiqué.

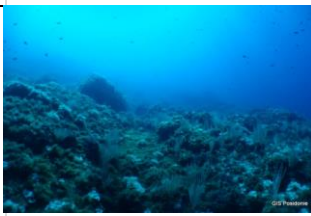
Tableau 9. Description des habitats au niveau des 24 stations échantillonnées lors des comptages de référence et d'espèces cibles de 2013.

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 Maïre	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 Maïre, 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 communauté algale, 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 et habitat pour les comptages de référence ; poissons pour les comptages au temps en PMT, espèces cibles par classe de taille pour le comptage d'espèces cibles au temps) a été faite dans la base de données locale 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 comportant un total de 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.

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

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. 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 10. 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 ; Bouchereau *et al.*, 1992a et 1992b ; Francour, 1994 ; Jouvenel, 1997) croisés avec les évaluations de captures de la pêche artisanale professionnelle (Cadiou *et al.*, 2009, Bonhomme *et al.*, 2011 ; Le Diréach *et al.*, 2011) 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 11). 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), ainsi que le corb et le mérout (qui pourtant bénéficient d'un moratoire).

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 rendent vulnérables à la pêche récréative et en font d'excellents indicateurs de la pression de ce type de pêche exercée sur un site.

Tableau 11. 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 dans le présent travail.

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>Spondyliosoma 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>	Séριοle	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 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 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.

2.5.4 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.

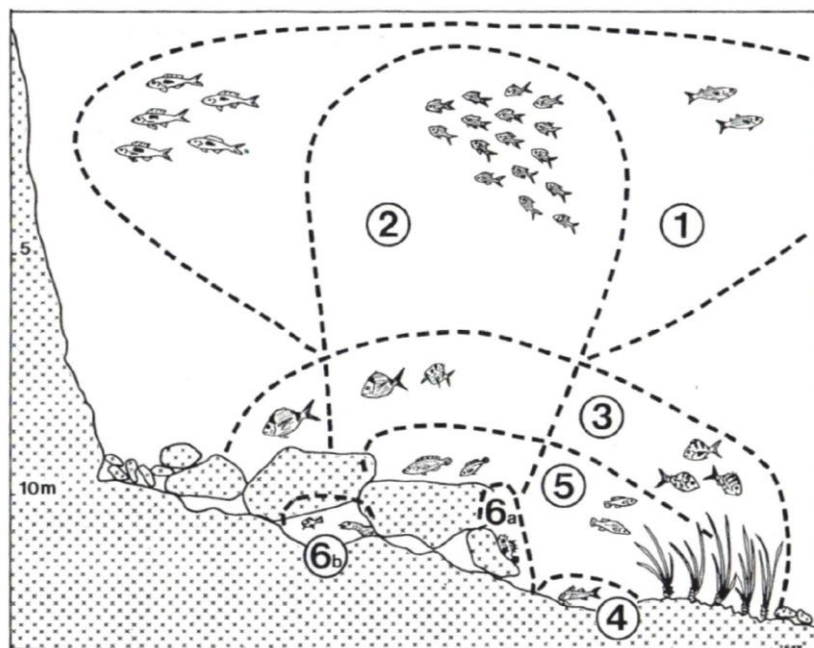


Figure 7. Organisation spatiale de l'ichtyofaune sur les fonds rocheux infralittoraux méditerranéens (Harmelin, 1987).

2.5.5 Analyse statistique des données

L'analyse des résultats commence par un examen des stations en fonction des caractéristiques de leur habitat et la profondeur qui structurent les peuplements de poissons (paragraphe 4.1). Afin de comparer les stations en fonction de la structure de l'habitat, une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée à partir des variables descriptives de l'habitat par segments de 5 m x 5 m : % de recouvrement par type (sable, roche, herbier, galets), nombre et taille (petit, moyen, gros) des blocs de roche. Cet exercice tend à faire ressortir les stations qui pourraient se distinguer malgré toutes les précautions prises pour échantillonner des habitats rocheux homogènes.

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 4.2). Les données sont restituées par station pour le gestionnaire mais aussi agrégées par type de gestion et par année pour comparer les résultats de 2016 à T0+3 à ceux de 2013 à T0 et dégager la tendance évolutive.

Une série d'analyses statistiques a été réalisée avec les logiciels STATISTICA et PRIMER6. Des ANOVA, ANOVA de Kruskal-Wallis et des PERMANOVA ont été appliquées à l'ensemble des données descriptives des comptages de poissons afin de caractériser les différences significatives entre les stations, les années et les modes de gestion. Des tests *a posteriori* ont également été appliqués afin de comparer les données deux à deux.

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.

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% ($p < 0.05$).

A la fin de ce paragraphe les similarités entre stations sont recherchées en fonction de la biomasse des différentes espèces et une classification est réalisée.

Les évaluations de densité et de biomasse réduites (sans espèces planctonophages) sont données dans le paragraphe 4.3, 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 4.4 : 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 4.5 : 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.

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 et 2016, 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.

Dans les paragraphes 4.8, 4.9 et 4.10 sont récapitulés les principales évaluations quantitatives du suivi.

3 SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE 2013-2016

L'analyse bibliographique présentée ci-après porte sur les principaux travaux réalisés sur les peuplements de poissons, au niveau de sites du Parc national des Calanques ou situés à proximité en particulier dans la baie de Marseille. Les travaux sélectionnés portent sur les poissons de la région marseillaise, qu'il s'agisse de résultats de suivis ou bien de travaux scientifiques reposant sur ce compartiment.

Cette analyse vient compléter celle réalisée en 2015, dans le cadre de l'état initial (Bonhomme *et al.*, 2015).

Pour mémoire, la liste des travaux antérieurs ayant fait l'objet de résumés dans le rapport de 2015 est la suivante :

Etude des peuplements de poissons dans le site Natura 2000 des Calanques et de l'Archipel de Riou.

Astruch P., Le Diréach L., Fourt M., Bonhomme D., Bonhomme P., Harmelin J. G., 2009

Structure du peuplement de poissons de l'herbier de posidonies du plateau des chèvres avant et après la mise en service de la station d'épuration de Marseille.

Harmelin-Vivien M., Harmelin J.G., Letourneur Y., 2000 ;

Ourgaud M., Ruitton S., Bell J.D., Letourneur Y., Harmelin J.G., Harmelin-Vivien M.L., 2015.

Environmental and benthic habitat factors structuring the spatial distribution of a summer infralittoral fish assemblage in the north-western Mediterranean Sea.

Letourneur Y., Ruitton S., Sartoretto S., 2003

Connaissances sur les peuplements de poissons de la Baie de La Ciotat.

Bernard G., Denis J., Cadiou G., Emery E., Bonhomme P., Clabaut P., Ganteaume A., Kantin R., 2003 ;

Bernard G., Denis J., Cadiou G., Emery E., Andral B., Bonhomme P., Tomasino C., Clabaut P., 2004 ;

Compte rendu de la 8^{ème} campagne d'inventaire des populations de mérus et de corbs dans les îles marseillaises.

Charbonnel E., 2011

Opération Récifs PRADO, suivi scientifique biologique et technique dans la zone d'immersion.

Rouanet E., Astruch P., Le Diréach L., Bonhomme D., Bonhomme P., 2012

Le rapport de l'état initial (Bonhomme *et al.*, 2015) servant de référence aux comparaisons de résultats faites dans le présent rapport et aux discussions et conclusions finales, ne fait pas l'objet d'un résumé dans ce chapitre.

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.

Les herbiers à *Posidonia oceanica* sont exposés à des pressions d'origine naturelle et anthropique. Les effluents urbains sont un problème récurrent majeur dû à l'augmentation constante de la population le long du littoral, qui induit un enrichissement des eaux côtières en nutriments, en matière organique particulaire et en contaminants. La contamination par des contaminants d'origine organique (PCBs) et inorganique (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb and Zn) a été étudiée sur des feuilles adultes et des rhizomes de *Posidonia oceanica* provenant de 4 sites des côtes provençales (France, Méditerranée) soumis à différents niveaux de pression humaine : près de Marseille (3 sites) et d'Hyères (site de référence). Des valeurs plus élevées ont été enregistrées à Marseille en raison de la proximité des centres urbains, portuaires et industriels, mais seulement pour les éléments traces. Davantage de contaminants étaient accumulés dans les feuilles adultes que dans les rhizomes. Ainsi, les feuilles de *P. oceanica* peuvent être utilisées en tant que traceurs de contamination spatiale et en tant qu'outil d'évaluation de la qualité de l'eau par évaluation du niveau de contamination dans les réseaux trophiques.

Mots-clés : éléments trace, PCBs, *Posidonia oceanica*, Méditerranée

Teneur en éléments traces des téléostéens des herbiers de posidonies.

Ourgaud M., Ruitton S., Harmelin-Vivien M., 2014.

Comme beaucoup de zones de transition, les aires marines côtières revêtent une importance cruciale dans le fonctionnement des écosystèmes marins. L'impact des grandes agglomérations sur ce milieu est l'un des grands problèmes environnementaux actuels. Comprendre le fonctionnement et le statut de tels écosystèmes côtiers s'avère complexe, particulièrement en baie de Marseille, deuxième agglomération française où les influences anthropiques s'ajoutent aux influences naturelles.

L'herbier à *Posidonia oceanica* constitue l'un des écosystèmes côtiers les plus remarquables et bénéficie d'un statut de protection. Les apports anthropiques, peuvent influencer les peuplements de téléostéens associés de plusieurs façons (1) structure du peuplement, (2) organisation trophique, (3) niveau de contamination des espèces. Ces modifications peuvent avoir des conséquences sur les pêcheries côtières, artisanales et récréatives, ainsi que sur la santé humaine.

Pour répondre à cette problématique, deux approches méthodologiques sont utilisées. D'une part, l'utilisation simultanée des ratios isotopiques du carbone (C) et de l'azote (N) constitue un indicateur du niveau trophique ($\delta^{15}\text{N}$) et de l'origine de la matière organique ($\delta^{13}\text{C}$). D'autre part, le dosage des éléments traces dans les chairs de téléostéens permet d'estimer l'importance des sources de carbone d'origine continentale, le transfert possible et la bioaccumulation de contaminants jusqu'aux espèces exploitées.

Les résultats préliminaires montrent une organisation du réseau trophique similaire dans les sites étudiés malgré diverses influences anthropiques. Les signatures isotopiques indiquent au moins deux niveaux trophiques différents, depuis les zooplanctonophages jusqu'aux macrocarnivores.

Des variations spatiales significatives dans les teneurs en contaminants sont observées entre les sites marseillais où les espèces affichent le même patron de contamination et le site témoin de la rade d'Hyères. Les téléostéens présentent de fortes concentrations en zinc, arsenic et chrome, et de plus faibles concentrations en mercure, cadmium et plomb dans les quatre sites. Les espèces ayant un $\delta^{15}\text{N}$ élevé possèdent généralement des taux de contamination plus importants. C'est par exemple le cas de *Coris julis*, de *Diplodus vulgaris* ou de *Scorpaena porcus*. *Spicara smaris* avec un $\delta^{15}\text{N}$ très faible détient étonnamment des taux de contamination importants, montrant que le $\delta^{15}\text{N}$ n'est pas toujours un bon proxy du taux de contamination des espèces. Il est probable que ce zooplanctonophage se nourrisse aussi de la matière particulaire qui possède de fortes concentrations en contaminants dues au phénomène d'adsorption sur les particules.

Comprendre les relations existant entre le climat, les apports, les ressources exploitables et les activités anthropiques est un enjeu majeur, tant sur le plan de la connaissance scientifique que de la gestion économique, voire sociétale, du milieu côtier. Le couplage des analyses des isotopes stables et des contaminants, constitue l'un des aspects innovants de ce projet et permet de caractériser la bioaccumulation dans les réseaux trophiques de cet écosystème emblématique.

Mots-clés : éléments trace, contamination, carbone, azote, *Posidonia oceanica*, téléostéens, Méditerranée

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.

La structure de l'assemblage de poissons d'un herbier proche du rejet d'eaux usées de Cortiou a été comparée avant et après l'amélioration du traitement des eaux usées (mise en place d'un traitement biologique en 2008, qui retient plus de 90% de la matière organique dissoute et particulaire). Pour déterminer si les réponses de l'assemblage de poissons sont dues au changement de la qualité de l'eau ou à d'autres facteurs, des comparaisons ont été faites avec la structure d'un assemblage de poissons d'un site proche non soumis à l'effluent : la Côte Bleue.

La richesse spécifique totale, la densité et la biomasse des poissons diminuent dans les deux sites sur une période de 30 ans. Une augmentation du niveau trophique moyen près de la zone de rejet suite à l'amélioration de la qualité du rejet indique que le traitement des eaux usées a eu un autre effet important. Ce résultat est cohérent avec la réduction des réseaux trophiques supportant les poissons pélagiques et benthiques, qui accompagne de façon caractéristique la diminution des apports de nutriments. Bien que l'amélioration de la qualité du traitement des eaux de rejet explique une bonne partie du changement dans la structure des assemblages de poissons du Plateau des chèvres, les résultats suggèrent aussi des changements dus à la pêche et au climat, dans les deux sites.

Cette étude montre que les assemblages de poissons d'herbier peuvent être utilisés comme des indicateurs de l'amélioration du traitement des eaux usées et plus généralement, du changement des conditions environnementales. L'abondance des poissons zooplanctonophages associés à l'herbier sous influence du rejet de Cortiou dans les années 1980 reflète le fait que les rejets d'eaux usées renforcent les réseaux trophiques planctoniques. L'augmentation des effectifs des poissons benthiques (Bothidae, Mullidae, Gobiidae) près des zones de rejet est liée aux densités élevées dans ces zones des vers polychètes et d'autres espèces du macrobenthos.

De 1980 à 2012, la richesse spécifique, la densité et la biomasse de l'assemblage de poissons ont diminué, surtout l'été (période de recrutement, d'alimentation et de croissance pour les poissons), alors que le niveau trophique moyen a augmenté. La même tendance était observée sur la Côte Bleue. Parallèlement à la diminution des rejets de nutriments et de matière organique à Cortiou, une diminution des zooplanctonophages et des mesocarnivores de catégorie 1 et une augmentation des macrocarnivores était observée. Le niveau trophique atteint par l'assemblage de poissons du Plateau des chèvres en 2012 est comparable à celui d'aires marines protégées méditerranéennes dont celui de la Côte Bleue. Cela signifie que l'amélioration du traitement des eaux (niveau tertiaire) permet à l'écosystème de revenir à un état plus stable.

La diminution générale de la densité et de la biomasse des poissons du Plateau des chèvres comme sur la Côte Bleue sont supposées liées à la pression de pêche élevée car la plupart des espèces de l'herbier sont ciblées par les pêcheries locales. La diminution significative de la longueur de *Coris julis*, *Symphodus rostratus*, *Symphodus tinca* et *Scorpaena porcus*, qui sont des espèces ciblées par les pêches artisanales et de loisirs confirme l'impact de la pêche sur les habitats rocheux et d'herbier des zones non protégées. En comparaison, les aires marines protégées présentent des densités et des biomasses en poissons plus faibles.

L'augmentation de la température de la mer Méditerranée mise en évidence dans la littérature des dernières décennies explique l'augmentation de la proportion relative d'espèces d'eau chaude comme *Symphodus ocellatus* et *Serranus scriba*.

Mots-clés : niveau trophique, téléostéens, *Posidonia oceanica*, Méditerranée

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

L'herbier à *Posidonia oceanica* représente l'un des écosystèmes côtiers méditerranéens les plus remarquables, et bénéficie d'un statut de protection. Par sa complexité structurale, il offre une grande diversité d'habitats et abrite une biodiversité importante. L'influence des grandes agglomérations est l'un des grands problèmes environnementaux actuels. Comprendre le fonctionnement et le statut de tels écosystèmes côtiers s'avère complexe, particulièrement en baie de Marseille, 2^{ème} agglomération française, où les influences anthropiques s'ajoutent aux naturelles. Les apports anthropiques peuvent influencer le peuplement de téléostéens à plusieurs niveaux : la structure du peuplement, l'organisation trophique et le niveau de contamination des espèces. Ces modifications peuvent avoir des conséquences sur les pêcheries côtières, artisanales et récréatives, ainsi que sur la santé humaine. Afin d'appréhender les types d'apports de matière organique et de contaminants dans la région marseillaise et leur répercussion sur le réseau trophique des herbiers, 4 sites ont été échantillonnés. Le Plateau de Chèvres soumis aux rejets en mer des eaux usées de la conurbation de Marseille par l'émissaire de Cortiou; la rade Sud de Marseille, soumise sporadiquement aux apports de l'Huveaune (petit fleuve), proche de l'agglomération et de son port, et la Côte-Bleue, plus éloignée de Marseille, mais sous l'influence sporadique du Rhône et des activités portuaires. La rade d'Hyères, écartée de l'influence de grandes agglomérations a été choisie comme site témoin. Les échantillonnages de téléostéens ont été réalisés sur des herbiers denses entre -12 m et -20 m au moyen d'un petit chalut à perche expérimental et avec des pêcheurs professionnels, de jour et de nuit, en hiver et en été. Le couplage des études des **isotopes stables** (C & N), permet de caractériser la bioaccumulation dans les réseaux trophiques et de renseigner sur la teneur en **éléments traces** (Ets) chez la rascasse brune *S. porcus*, une espèce largement exploitée localement.

D'une part, le couplage de l'étude des contenus stomacaux et des isotopes stables (C & N) chez *S. porcus* a permis de souligner l'influence du développement ontogénique sur la composition du régime alimentaire des individus ainsi que sur leur niveau trophique. *S. porcus* se nourrit essentiellement de crustacés (amphipodes, crevettes, crabes, galathées) et de téléostéens. Les résultats montrent un changement progressif de l'alimentation au cours de la croissance des individus, positivement corrélé à une augmentation de leur niveau trophique. L'étude des signatures isotopiques révèle des changements ontogéniques et des valeurs en $\delta^{15}\text{N}$ similaires dans les 4 sites. Le $\delta^{13}\text{C}$ indique des différences significatives entre sites, principalement dues aux influences respectives des sources de matière organique d'origines marine et terrestre. Les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ plus faibles mesurées dans les rascasses du Plateau des Chèvres et de la rade Sud de Marseille montrent l'influence plus terrestre des apports de matière. Ces 2 sites sont soumis de façon régulière à des apports d'origines terrestre et anthropique par l'émissaire de Cortiou et l'Huveaune.

D'autre part, l'analyse des ETs a permis de définir un patron général de contamination de l'espèce commun aux 3 sites marseillais, qui diffère sensiblement de celui des individus du site d'Hyères. Les teneurs moyennes en Cr et Hg sont plus élevées chez les individus de Marseille que chez ceux prélevés dans la station témoin. Seule la concentration en Hg s'est révélée positivement corrélée à l'augmentation de la taille et du $\delta^{15}\text{N}$ des individus. Comprendre les relations entre les apports, les ressources et les activités anthropiques en milieu côtier est un enjeu majeur, sur le plan scientifique, économique et sociétal. L'étude de contamination en ETs chez *S. porcus* a permis de mettre en évidence la complexité des réponses observées.

Mots clés : *Eléments traces, régime alimentaire, réseau trophique, Scorpaena porcus, herbiers à Posidonia oceanica*

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.

Les écosystèmes marins côtiers dont les herbiers à *Posidonia oceanica* subissent de nombreuses perturbations d'origines naturelles et anthropiques. Dans le contexte socio-économique actuel, caractérisé par d'intenses activités d'urbanisation et d'industrialisation, mieux comprendre le fonctionnement et le transfert des contaminants dans ces écosystèmes est primordial. L'étude du transfert de la matière organique (MO) et des contaminants aux interfaces air-terre-océan, constitue par conséquent un enjeu crucial.

Ce travail s'inscrit dans cette démarche, avec pour principaux objectifs : (1) caractériser l'ichtyofaune des herbiers de posidonie et comprendre les relations trophiques, (2) établir les niveaux et la variabilité spatiale de la contamination en **éléments traces** (ETs) et **polluants organiques persistants** (POPs) dans les compartiments de l'écosystème et (3) identifier les sources et les processus influençant les niveaux de contamination le long du réseau trophique. Différents compartiments de l'écosystème à *Posidonia oceanica* (sédiment, posidonie, crustacés et poissons) ont été étudiés dans quatre sites soumis à des influences anthropiques différentes : trois situés dans la région de Marseille et un à Hyères. Ces quatre sites ont permis de prendre en compte la variabilité spatiale. La variabilité temporelle a été prise en compte dans un des sites marseillais (le Plateau des Chèvres) dont le peuplement de poissons est suivi depuis les années 1980s.

La caractérisation du peuplement de poissons et des relations trophiques entre les poissons et les autres compartiments de l'écosystème est nécessaire pour comprendre les niveaux de contamination en ETs et POPs. Les ETs sont présents partout et se bioaccumulent différemment selon l'élément, le compartiment et l'espèce considérés. Chez les poissons, le phénomène de bioaccumulation des ETs est difficile à mettre en évidence, excepté pour le mercure (Hg), mais l'influence du régime alimentaire, de la taille et des besoins physiologiques et métaboliques est manifeste.

La grande stabilité, la liposolubilité et la rémanence des POPs leur confèrent des propriétés de bioconcentration et de bioamplification importantes. Une augmentation significative de la somme des 32 PCBs analysés, et en particulier du CB153, a été détectée depuis les compartiments sédiment, puis posidonie et jusqu'aux poissons. Les concentrations de contaminants mesurées chez les poissons montrent une influence urbaine, portuaire et industrielle plus forte dans les sites marseillais qu'à Hyères où l'influence agricole est plus manifeste. Les concentrations en ETs et POPs mesurées, ainsi que la détection de pesticides toxiques interdits, attestent de la nécessité de considérer cette pollution avec attention.

Ces observations renforcent l'intérêt de mener un suivi à long terme sur les contaminants d'origines diverses et leurs cheminements au sein des réseaux trophiques côtiers puis jusqu'à l'Homme.

Mots clés éléments traces, PCBs, pesticides, isotopes stables, herbier à *Posidonia oceanica*, ichtyofaune

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.

Les tendances après 5 années de suivi

Les résultats escomptés du déploiement de récifs artificiels dans la baie du Prado étaient : (1) l'augmentation progressive de la richesse spécifique due à la colonisation du récif par les espèces présentes dans le milieu ; (2) l'augmentation d'abondance des individus, en particulier les espèces cibles de la pêche (moins nette que l'augmentation de biomasse) ; (3) le retour à une structure démographique équilibrée avec une fréquence plus élevée de grands individus, c'est à dire de bons géniteurs ; (4) par conséquent, l'augmentation de la biomasse liée à l'arrivée d'espèces nobles, à l'augmentation du nombre d'individus et aussi de leur taille. A l'issue de 5 années de suivi, on peut dire que les points 1, 2 et 4 sont vérifiés, en particulier pour les espèces cibles. Le point 3 ne s'observe pas unanimement sur toutes les espèces cibles.

La **richesse spécifique** a augmenté rapidement et continue d'augmenter ; les espèces cibles de la pêche sont bien représentées. La richesse spécifique totale importante, tous types de récifs confondus, est due à la diversité des habitats proposés et démontre l'intérêt d'avoir immergé des structures de différentes architectures. Des espèces nouvelles sont observées années après années, mais elles ont ensuite des occurrences plus importantes (apogon, barbier, etc.). Sur les enrochements artificiels (ENR), la colonisation est plutôt saisonnière selon un schéma différent de celui des récifs en béton.

Globalement, la **densité** des poissons a tendance à diminuer depuis 5 ans sur les modules en bétons et il en est de même sur les ENR, avec les densités les plus faibles observées en 2011. La variabilité des densités a fortement diminué par rapport aux premières saisons de comptage. L'agrégation des espèces cibles de la pêche dans le traitement des données permet de constater leur augmentation saisonnière en particulier l'été et l'automne. Sur les récifs Panier acier (ACI) et Filières (FIL), l'abondance de ces espèces n'a cessé de diminuer depuis le début du suivi, alors que sur les Amas de cube (AMA), les Chicanes (CHI) et les Fakir (FAK), elle a plutôt tendance à se maintenir. De façon concomitante, l'analyse de la taille moyenne des poissons recensés sur les différents types de récifs confirme que sur les récifs de petite taille AMA ou CHI, les poissons ne résident pas, mais sont observés de façon transitoire, alors que sur les grands récifs de type ACI ou FAK la taille moyenne d'un poisson recensé augmente. Donc la densité diminue, y compris pour les espèces cibles prises toutes ensembles (traitées individuellement, certaines espèces sont en augmentation), mais la biomasse augmente.

Contrairement aux abondances ou densités, les **biomasses** globales se maintiennent depuis le début du suivi et les biomasses d'espèces non planctonophages sont en augmentation sur les modules en béton. C'est un résultat encourageant. Sur les ENR, la biomasse globale a plutôt diminué par rapport à 2009 (sauf campagne d'automne 2010) et la biomasse d'espèces non planctonophages présente de fortes fluctuations saisonnières. Elle aurait tendance à augmenter doucement. La biomasse des espèces cibles augmente donc sur tous les types de récifs sauf les CHI et la densité sur tous les récifs sauf ACI, AMA et FAK où elle diminue.

L'analyse des différentes **espèces cibles** montre une évolution très différente en fonction de leur catégorie d'occupation spatiale et de leur mobilité. La densité et la biomasse d'espèces cibles benthiques (rascasses, chapon, mostelle, congre) ont nettement augmenté 6 années après l'immersion des récifs. Pour le rouget de roche, l'augmentation de la densité est moins évidente, par contre la biomasse et la taille moyenne ont très sensiblement augmenté. Ces résultats confortent l'efficacité de la concession.

Cependant, les **espèces démersales plus mobiles** n'ont pas montré une évolution aussi tranchée de leurs populations : la densité et la biomasse de sparidés n'augmente pas, voire diminue pour certaines espèces ; la population de loup subit des fluctuations importantes probablement indépendantes de la présence de la concession ; la taille moyenne de certaines espèces a augmenté (cas de *Diplodus sargus*).

D'autres montrent une évolution positive de leurs populations (taille moyenne, densité, biomasse) : la taille moyenne des serrans chevrettes a nettement augmenté, elle est même supérieure à ce que l'on peut trouver lors des comptages au sein de zones protégées (15-20 cm maximum) en raison de la profondeur des

récifs ; la densité et la biomasse du labre merle a également augmenté ; les girelles mâles ont une taille moyenne comparable à celle que l'on peut rencontrer dans une zone protégée. Le ratio de mâles par rapport au nombre de femelles reste moyen.

Une réaction différenciée selon les espèces est clairement mise en évidence, avec probablement une utilisation différente des récifs. Les **espèces démersales mobiles** (sars, loups) sont sujettes à de plus grands déplacements et sont donc plus vulnérables que des espèces benthiques et/ou sédentaires (rascasses, serrans, etc.). Le risque d'être capturé en périphérie de la concession ou au sein de la concession est donc plus grand. Il est également plus difficile de les suivre puisqu'elles n'ont qu'une présence saisonnière. Ces raisons peuvent expliquer les résultats globaux mitigés sans remettre en cause l'efficacité de la concession.

Les récifs artificiels de la baie du Prado sont occupés et fréquentés par une grande diversité d'espèces de poissons, en particulier des **espèces cibles de la pêche**. Le nombre d'espèces continue à augmenter sur l'ensemble des récifs. Les variations de densité et de biomasse suivent un cycle saisonnier car elles sont dominées par une part importante d'espèces mobiles saisonnièrement. Ces fluctuations rythment la vie à l'intérieur et autour des récifs.

Les espèces **planctonophages**, qui étaient présentes avec de fortes densités lors de la première année de suivi (2009), contribuent pour une part importante à la variabilité du peuplement et jouent un rôle important dans la chaîne trophique qui se met en place autour des récifs. Les effectifs d'espèces planctonophages ont fortement diminué au cours du suivi. C'est seulement à partir de 2013 que des abondances notables de bogues, de castagnoles, de mendoles et de picarels ont à nouveau été observées sans atteindre les densités rencontrées en 2009.

D'autres espèces **démersales ubiquistes**, comme la girelle *Coris julis*, contribuent à cette variabilité et à la densité, en particulier, mais peu à la biomasse de chaque récif en raison de leur petite taille. La girelle affectionne particulièrement les habitats fractionnés et diversifiés, elle trouve donc au sein des récifs un site idéal pour l'installation d'une population stable. Présente dès le début de l'immersion, cette espèce dont l'abondance est restée très stable tout au long du suivi a une biomasse moyenne, qui a été divisée par deux. La population de girelles semble régulée par le recrutement et la prédation, qui stabilisent les effectifs et diminuent la biomasse moyenne. Elle pourrait bien être une des cibles des poissons carnivores comme les rascasses et chapons, dont la biomasse augmente significativement sur les récifs.

Le pas de temps saisonnier du suivi permet d'observer la concentration ponctuelle de certains prédateurs ichtyophages, parfois en bancs (daurades, loups, bonites), qui est une preuve que les carnivores de haut rang (pour la plupart des espèces recherchées par les pêcheurs) sont, au moins momentanément, attirés par ces aménagements, même si ces individus apparaissent rarement ou de façon saisonnière, au niveau des comptages.

Les sars *Diplodus sargus* et *Diplodus vulgaris*, présents toute l'année sur la concession et depuis la première année de suivi, n'ont pas montré de progression spectaculaire de leur effectifs et de leur biomasse. Ils font partie des espèces mobiles, qui se déplacent de substrats rocheux en substrats durs artificiels et ne se fixent pas vraiment (hors période de reproduction dans un endroit précis). Il est difficile de conclure à l'augmentation de leur densité globale sur les récifs. Ce sont plutôt les indicateurs de taille et de biomasse qu'il faudrait suivre pour mesurer le bénéfice des récifs pour ces espèces.

Par ailleurs, la liste des **espèces permanentes** augmente. Présentes à toutes les saisons, ces espèces ne sont pas obligatoirement inféodées à un récif en particulier mais peuvent aussi circuler dans le champ de récif ou entre les roches naturelles situées sur la côte et les aménagements. Les fréquences d'occurrence des espèces permettent de distinguer les espèces présentes dès le début (généralement à mobilité importante), de celles qui se sont installées plus tardivement et de préciser le scénario de colonisation. Parmi les plus tardives, les carnivores erratiques à **présence saisonnière** mais aussi des espèces de petite taille dont le home-range est peu étendu (*Anthias*, *Apogon*, *Symphodus ocellatus*). Après 5 ans de suivi, de nouvelles espèces sont maintenant permanentes sur les récifs, comme la mostelle *Phycis phycis*, le congre au centre de la plupart des récifs FAK, le chapon dont la biomasse augmente.

D'une manière générale les espèces qui ne vivent pas en banc, sédentaires, cryptiques, les espèces carnivores et les espèces diurnes sont en augmentation dans le peuplement du récif. Les espèces

emblématiques telles que le corb et le mérout ont été aperçues, ce qui est une excellente nouvelle. Enfin, en raison de la profondeur d'immersion des récifs, la présence de juvéniles est limitée aux espèces dont les jeunes stades sont présents en profondeur (*Symphodus mediterraneus*, *Chromis chromis*, *Coris julis*, etc.), les cordages des FIL se sont avérées être de bonnes structures de captage notamment pour les jeunes crénilabres.

La comparaison des résultats entre types de récifs

Le suivi des 3 variables descriptives du peuplement : densité, biomasse et richesse spécifique montre des différences hautement significatives entre **types d'aménagement**. Les récifs qui présentent la plus grande richesse spécifique moyenne sont les récifs à grand volume ACI et FAK puis les enrochements (ENR). Les récifs de type amas de cubes (AMA), filière (FIL) et chicane (CHI) viennent ensuite par ordre décroissant. Les récifs AMA et CHI, de petit volume par rapport aux récifs ACI et FAK, s'avèrent également performants au regard de la **biomasse** en poissons recensés. Comme pour les abondances, les récifs FAK et CHI ont des variations saisonnières plus marquées que les autres récifs. Mais le champion de la variation saisonnière est le récif ENR, qui est aussi le type de récif attirant le plus de poisson planctonophage. Au final, les récifs qui favorisent le plus la biomasse en espèces non planctonophages, c'est-à-dire un maximum d'espèces cibles de la pêche, sont les récifs AMA, CHI et FAK.

La richesse spécifique est significativement différente entre le **Nord** et le **Sud** pour les récifs béton comme pour les enrochements ce qui va dans le sens des résultats de Jouvenel et Roche (2011) sur les captures. Elle est nettement plus élevée au Sud. La densité est significativement plus grande au Sud qu'au Nord pour les modules en béton et la biomasse pour aucun type de module n'est significativement différente entre le Nord et le Sud du champ de récifs. Les différences Nord/Sud ne peuvent provenir d'un agencement différent des modules ou des blocs au sein des ENR. Ces différences entre la partie Nord et la partie Sud du champ de récifs pourraient s'expliquer par l'environnement (étendue et proximité de l'herbier de posidonie au Sud, différences géomorphologiques, différences de courant), mais ne peuvent trouver d'explication pour le moment. Il faudra en tenir compte dans le cadre de suivis futurs, si des mesures de gestion différentes sont appliquées.

Après 5 années d'immersion, la concession de récifs artificiels poursuit son évolution vers un état d'équilibre, qui prendra encore des années. L'ichtyofaune des récifs de la baie du Prado présente de plus en plus les caractéristiques du peuplement de poissons littoraux rocheux (roches infralittorales à algues photophiles et coralligène) avec présence d'herbier de posidonie à proximité, mais avec une prédominance de sparidés. Le coefficient de variation de la densité et de la richesse spécifique entre comptages, plus élevé sur les aménagements de faible volume, montre que le peuplement est plus stable sur les grands récifs de type FAK et ACI mais aussi sur les ENR.

Le retour d'expérience par rapport aux objectifs du projet

La comparaison de la production en poissons des récifs avec d'autres concessions méditerranéennes montre une influence prépondérante des conditions environnementales locales, de la complexité des habitats des récifs immergés et du mode de gestion/gouvernance des récifs (facteur clé). La concession de récifs artificiels de la rade du Prado possède un contexte éminemment favorable au développement d'un peuplement ichtyologique riche : (1) la **courantologie** qui est une composante favorable à la colonisation et au choix de ces structures pour habitat par certaines espèces prédatrices de haut niveau ; (2) la **proximité de l'herbier** et de petits fonds à habitat fractionné extrêmement favorables aux juvéniles des espèces côtières ; (3) la **proximité de côtes rocheuses** sur le pourtour de la baie, et même de la rade, dont deux secteurs en protection intégrale sur la Côte Bleue et depuis 2012, le Parc national des Calanques avec plusieurs zones de non prélèvement ; (4) la **diversité** et la quantité significative des **habitats** proposés ; (5) l'actuel **arrêté de protection**, qui interdit la pêche sous toutes ses formes sur le champ de récifs.

La richesse spécifique est élevée, du même ordre voire supérieure à celle d'autres concessions parfois plus anciennes. Bernard *et al.* (1999) présumaient que la qualité du peuplement de poissons des récifs serait proche de celle des zones rocheuses naturelles avoisinantes comme Ody l'a démontré en 1987 sur la Côte Bleue. Effectivement, le peuplement est dominé par les labridés, les sparidés et les serranidés, familles à fort intérêt commercial. La conception des modules a spécialement été travaillée par Charbonnel *et al.* (2011), afin de favoriser la famille des sparidés à haute valeur marchande. Le travail d'ingénierie fortement inspiré

par l'écologie fonctionnelle a réellement eu un résultat dans le sens d'une optimisation biologique quantifiable par la qualité du peuplement et la biomasse de sparidés observée.

Ces auteurs prévoyaient à propos de la cinétique de colonisation des récifs artificiels, que la richesse spécifique et l'abondance de poissons atteindraient rapidement un équilibre. Ody (1987) indique que cet état d'équilibre est arrivé au bout de 20 mois à Carry-le-Rouet, 10 mois à Port-Cros. Les 20 mois correspondent à l'inflexion de la courbe de richesse spécifique du suivi obligatoire. La vitesse de colonisation par de nouvelles espèces ralentit mais le nombre continue à augmenter lentement. Les récifs poursuivent leur maturation, celle-ci dépend de la taille et de la complexité des récifs (Charbonnel *et al.*, 2000). On ne peut pas vraiment parler d'équilibre mais le schéma est cohérent avec celui observé à Carry. En revanche un certain seuil d'abondance semble avoir été rapidement atteint comme pour les 2 cas cités en exemple. L'abondance des espèces cibles suit une cinétique plus lente et continue.

La proximité des herbiers de posidonie faisait partie des atouts de la localisation du projet et a certainement contribué à la richesse spécifique observée. Les résultats encore meilleurs observés dans la zone Sud le confirment. L'objectif de diversité spécifique et d'abondance des espèces cibles de roche a été atteint en favorisant l'hétérogénéité d'habitats et en concevant un réseau de récifs avec des liaisons entre eux et à proximité des habitats côtiers. En bref, copier la Nature a été une bonne inspiration d'après les résultats obtenus.

Mise en perspective des résultats avec le contexte de la pêche

L'effet 'réserve' créé par l'interdiction de pêche depuis plusieurs années (même si elle n'est pas parfaitement respectée) sur le site devrait optimiser l'effet habitat lié aux aménagements. Cependant, les densités et la biomasse relative restent encore faibles et nettement inférieures aux estimations disponibles dans la littérature. Nous n'observons pas la dynamique que nous aurions pu espérer dans l'augmentation de la densité et de la biomasse des espèces, constatée sur la plupart des concessions mais dans des contextes différents. La cinétique qui se profile serait donc plus progressive et pourrait correspondre au contexte de pêche intensive autour des récifs et dans la baie de Marseille. Outre les indices de diminution locale de certains stocks, qui n'est pas à exclure, la lente progression de la densité et de la biomasse des espèces cibles dans le champ de récifs laisse présumer d'un fort impact de la pêche sous toutes ses formes autour et probablement aussi dans le champ de récif, malgré les interdictions.

La surveillance n'étant pas effective, on ne peut exclure les pratiques illégales, qui pourraient expliquer certains résultats notamment la diminution rapide des effectifs de certaines espèces cibles dont la langouste, le loup à partir de l'hiver 2011, la stagnation des effectifs de sars *Diplodus* spp., etc. Les espèces cibles de la pêche artisanale et benthiques sont peu touchées : mostelle, chapon, rascasses, rouget bénéficient nettement des récifs, ainsi que le serran chevrette qui est la cible de la pêche à la ligne. Ces résultats plaident en faveur d'un certain respect de l'interdiction de pêche. Des activités de pêche professionnelle et récréative au sein de la concession ont, néanmoins, été constatées lors des sorties de terrain et prouvées par la remontée de palangres dans la zone et la présence de nombreuses lignes et hameçons et fragments de filets pris dans les récifs suivis relevés par l'équipe du GIS Posidonie et aussi par la Veille Biologique sur l'ensemble des récifs.

Les résultats des pêches expérimentales (Jouvenel et Roche, 2011) confirment la forte pression de pêche qui s'exerce notamment sur la rade Sud et sont toutefois encourageants, avec une progression de la diversité dans les prises estivales. Rien ne peut mieux mettre en évidence l'efficacité des récifs que des pêches expérimentales reproduites à intervalles réguliers espacés de quelques années.

En effectifs et en biomasses des pêches au filet, les résultats sont plus élevés en 2010 qu'en 2005 pour la zone Sud, la zone Nord reste stable, alors que la zone témoin de la Madrague (fortement pêchée) s'effondre. En biomasse, les pêches à la palangre montrent une différence significative pour les rendements de la zone Nord. Pour les espèces emblématiques de la pêche aux petits métiers de Marseille telles que : le rouget (*M. surmuletus*) pour les prises au filet et le loup pour la palangre, les abondances sont significativement plus élevées dans les zones Nord et Sud et les poids moyens ont augmenté aussi, alors que les captures de rouget ont chuté en 2010 dans la zone témoin : devant la Madrague. Pour le loup, si il n'y a pas d'évolution sur les rendements, les débarquements de loups sont significativement supérieurs en zone Nord et Sud par rapport

à la zone témoin (Jouvenel et Roche, 2011). Il convient donc de nuancer l'analyse des résultats en fonction des zones et des périodes. Ces résultats sont cohérents avec l'augmentation de la biomasse des espèces cibles observée dans l'analyse des données de comptages visuels.

Mots-clés : téléostéens, récifs artificiels, espèces cibles, richesse spécifique, biomasse, Méditerranée

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.

Sept ans après la fin des immersions, une nouvelle campagne de comptages visuels de poissons a été organisée à l'automne 2015 portant sur les 36 récifs ayant été suivis pendant 5 ans et les données d'automne extraites du suivi obligatoire (Le Diréach *et al.*, 2014) pour comparaison. La Ville de Marseille souhaite savoir s'il y a une évolution positive de la richesse spécifique, de l'abondance et de la biomasse de poissons, en particulier des espèces d'intérêt halieutique, sur les récifs artificiels de la baie du Prado. D'autres récifs des villages 1, 2, 5 et 6 ont été ajoutés à l'échantillonnage en conservant la même méthode de comptage visuel, afin de permettre de nouvelles comparaisons de données. Trois liaisons (les liaisons 3, 5 et 8) comportant 3 types de récifs ont également été échantillonnées. La campagne de comptages de l'automne 2015 amorce le suivi à moyen ou long terme de la concession, avec un pas de temps de 2 ans. Il s'agit d'une part de garder un regard sur **l'évolution dans le temps** des paramètres du peuplement et d'autre part de comparer les assemblages de poissons à différentes échelles spatiales, afin de mieux caractériser le peuplement et de mieux comprendre ce qui le structure. L'analyse de la répartition des **catégories trophiques** et des catégories de **répartition spatiale** complète le suivi des paramètres descripteurs du peuplement tels que richesse spécifique, densité et biomasse. L'adaptation du plan d'échantillonnage à la globalité de l'aménagement a permis l'évaluation et la **comparaison quantitative entre villages, entre liaisons et villages** et selon la **localisation au Nord ou au Sud** des récifs. Les résultats obtenus permettent d'identifier les facteurs influant sur le peuplement comme la **durée d'immersion**, le **type de récif**, la localisation dans la concession au sein des villages ou des liaisons, au Nord ou au Sud. Au-delà des strictes évaluations quantitatives, les résultats apportent des éléments de connaissance sur le fonctionnement de la concession au regard de son peuplement de poissons.

Une évolution temporelle positive

Au cours des premières années qui ont suivi l'immersion des récifs, la **richesse spécifique**, y compris celle des espèces cibles, a augmenté rapidement et progresse plus lentement depuis 2009-2010. Avec la campagne de comptage de poissons réalisée en automne 2015, deux nouvelles espèces complètent la liste des taxons observés : le mérou brun *Epinephelus marginatus* et le corb *Sciaena umbra*. Ces espèces avaient déjà été observées dans le cadre d'autres missions que le suivi du peuplement de poissons. Ces espèces patrimoniales et protégées par un moratoire, depuis 1993 pour le mérou brun et décembre 2013 pour le corb, ne sont rencontrées en nombre que dans les aires marines protégées (AMPs) (Harmelin, 2013 ; Hackradt *et al.*, 2014 ; Harmelin-Vivien *et al.*, 2015). Leur présence et leur abondance sont indicatrices d'un effet de protection et de conservation d'un peuplement. Sous condition d'une surveillance effective et assidue de la zone, on peut s'attendre pour les prochaines campagnes à une augmentation de la fréquence de rencontre de ces deux espèces.

A l'échelle de la concession, l'évolution du peuplement de poissons est marquée par des **biomasses** qui continuent à progresser en particulier celles des **espèces d'intérêt halieutique** dont la biomasse a été multipliée par 4 en 7 ans. L'année 2015 est marquée par une augmentation sensible de la densité et de la biomasse de certaines espèces ou de certains groupes qui peut néanmoins coïncider avec des conditions estivales prolongées dans la saison et une grande stabilité de température jusqu'au moment des comptages, par exemple les sars *Diplodus vulgaris* et les dorades *Sparus aurata* étaient particulièrement abondants par rapport aux autres années avec respectivement 2 238 et 45 individus recensés.

Parmi les **espèces cibles**, certaines ont vu leur biomasse augmenter fortement depuis le début du suivi : le congre (x 5), le labre merle (x 9.5), la mostelle (x 15), le rouget (x 116), le chapon (x 72), le crénilabre méditerranéen (x 8.6). L'augmentation de la biomasse moyenne est davantage liée à la présence d'individus de plus grande taille qu'à une augmentation de la densité de poissons (souvent non significative). En effet, de nombreux très gros individus de rougets de 40 cm, soit la taille maximale selon Louisy (2015), ont été recensés ; des sars à tête noire de plus de 26 cm, des serrans chevrette de 20 à 26 cm, des girelles mâles (18-20 cm), ou encore des rascasses brunes de 20-30 cm. La présence d'individus appartenant à ces grandes classes de tailles, à occurrence croissante, caractéristiques des zones de non prélèvement, font de la concession de récifs artificiels une zone de protection pour de grands géniteurs. Il est possible, étant donnée la profondeur, que les frayères de certaines de ces espèces soient proches de la concession ou que des rassemblements en vue de la reproduction puissent se faire même à l'intérieur de celle-ci. L'exportation d'œufs et de larves par dispersion est une des caractéristiques d'une AMP avec un fort niveau de protection (Pérez-Ruzafa *et al.*, 2008). Pour le moment cette exportation n'est pas démontrée, mais la présence de grands individus en nombre significatif est un point très positif.

Concernant la composition trophique et l'occupation spatiale des poissons sur les récifs, ces dernières années sont marquées par une diversification qui montre une maturation du peuplement par un meilleur équilibre entre catégories composant le peuplement.

La structure trophique du peuplement a évolué dans le temps et s'est profondément diversifiée. Dominé initialement par des espèces planctonophages diurnes (bogues, mendoles) et des mésocarnivores (sars communs et à tête noire, labres, rougets, mostelles), le peuplement est maintenant plus équilibré avec la présence de macrocarnivores plus abondants (rascasses) ou plus gros (serrans), et surtout de plus en plus de piscivores (congres, chapons et récemment mérrou brun). Les planctonophages diurnes après avoir diminué en abondance et en biomasse présentent une lente augmentation ces dernières années. Les planctonophages nocturnes (apogons, barbiers) absents au début du suivi sont de plus en plus fréquents. A titre de comparaison, dans les AMP efficacement protégées, gérées et surveillées, les proportions d'espèces piscivores peuvent atteindre des valeurs très élevées (Francour *et al.*, 2010 ; Astruch *et al.*, 2015) : 22-52% (Port-Cros), 44% (Scandola), 47% (îles Medes), voire même 59% dans la réserve de Banyuls (Pastor *et al.*, 2014).

Il en est de même pour **l'organisation spatiale** du peuplement, qui initialement dominée par des espèces mobiles (sars), non sédentaires (bogues, mendoles, etc.), ubiquistes (girelles, serrans) non inféodées aux récifs, est maintenant composée d'une plus grande part d'espèces benthiques sédentaires (rascasses et chapons, mostelles, congres), ou démersales (sars à tête noire, sars à museau pointu présents saisonnièrement) et de pleine eau et d'espèces à faibles déplacements horizontaux (castagnoles).

En revanche, les **espèces planctonophages**, qui jouent le rôle important d'espèces 'fourrage', en particulier *Boops boops* et *Spicara* spp., ont vu leur abondance fortement chuter à partir de 2011. Ce phénomène n'est pas propre aux récifs du Prado et dépasse la zone d'étude puisqu'il a été constaté à l'échelle de la région marseillaise par Bonhomme *et al.* (2015) et Ourgaud *et al.* (2015) dans le Parc national des Calanques et par Le Diréach *et al.* (2015) dans le Parc Marin de la Côte Bleue. Bien que l'abondance de planctonophage ait globalement augmenté à partir de 2012, elle reste encore loin des valeurs observées entre 2008 et 2010.

La concession des récifs au cœur des ZNP de la région marseillaise

Les résultats obtenus lors de ce retour en 2015 sur les espèces cibles de la pêche sont en nette progression, alors que lors du suivi obligatoire des 5 ans (de 2009 à 2013), Le Diréach *et al.* (2014) avaient mentionné une certaine lenteur de la concession à atteindre les objectifs en termes de biomasse par récifs. Les résultats du suivi obligatoire montraient en premier lieu la distinction qui doit être faite entre les espèces démersales mobiles (sparidés et loup), dont la présence sur les récifs est sujette à des pics saisonniers et n'augmente pas dans le temps (*e.g.* *D. sargus*). Leurs populations sont soumises à des dynamiques étrangères aux récifs artificiels, contrairement aux espèces benthiques sédentaires (chapon, congre, mostelle) dont les effectifs ont nettement augmenté. Cette dualité est confirmée en 2015 et la biomasse moyenne obtenue (250 g/m³) atteint des valeurs comparables à celles obtenues sur les récifs et dans la réserve de Couronne (261 g/m³) lors de comptages d'été (Le Diréach *et al.*, 2010) ou dans les Alpes Maritimes (223 à 837 g/m³). C'est peu

comparé aux récifs de Sausset les Pins dont la biomasse moyenne atteignait 657 g/m^3 ou encore les 3 kg/m^3 sur les récifs de la réserve de Carry-le-Rouet en 2000 (Charbonnel *et al.*, 2001), mais est-ce encore le cas actuellement ? Globalement les rendements en biomasse au mètre cube des récifs du Prado sont plutôt inférieurs aux prévisions qui se basaient sur une biomasse moyenne pour tous types de récifs comprise entre 0.15 et 1 kg/m^3 (fourchette basse calculée à partir des récifs de la Côte Bleue et des Alpes Maritimes, alors que les biomasses peuvent atteindre dans certains cas 2 à 3 kg de poissons par m^3) (Carnus *et al.*, 2005).

Les preuves directes de pêche illégale (professionnelle et récréative) constatées en 2015 sont encore nombreuses, qu'elle soit professionnelle ou de loisir. Ce n'est que par une surveillance effective par la Ville de Marseille et les services de l'Etat que la pression de braconnage peut diminuer. A ce titre, la Ville de Marseille vient de mettre en place une équipe de gardes chargée de la surveillance de la concession. Avec de nombreuses sorties, y compris à l'aube, au crépuscule et même durant la nuit, les agents devraient contribuer à faire diminuer la pêche illégale sur la concession des récifs. Ce travail est d'autant plus important qu'il peut y avoir un report d'activité suite à la création du Parc national des Calanques vers la baie du Prado, historiquement moins pêchée, et sur les récifs malgré l'interdiction de prélèvement. Toutefois, en l'absence de suivi de la pêche il n'y a pas de données précises qui pourraient mettre en évidence ce transfert de la fréquentation et un éventuel impact sur les communautés de poissons.

L'interdiction globale de pêche est un élément clé dans la réussite des récifs. Le **maintien de cette interdiction** est primordial si l'on ne veut pas perdre le bénéfice acquis. En effet, dans les Alpes Maritimes, 3 cantonnements de pêche, interdits à toutes formes de prélèvements et abritant plusieurs milliers de mètre-cube de récifs avaient été créés dans les années 1980s. La richesse spécifique, la densité et la biomasse du peuplement de poissons avaient nettement progressé au cours des 10 premières années. Suite à l'absence de surveillance et à une réouverture à la pêche pendant quelques années (début des années 2000), la biomasse du peuplement de poissons s'est écroulée pour atteindre le niveau initial observé 20 ans auparavant (Bodilis *et al.*, 2008).

Une homogénéité du peuplement entre villages, entre liaisons et villages (AMA, CHI, ENR) et entre le Nord et le Sud de la concession

Avec une approche spatiale équilibrée à l'échelle de la concession, grâce aux comptages visuels réalisés dans les 6 villages et plusieurs liaisons, des comparaisons quantitatives à l'échelle de la concession ont été réalisées afin de voir à quelle échelle apparaissent les différences dans le peuplement de poissons. L'analyse des données de 2015 met en évidence la prépondérance de l'influence du type de récif sur la qualité du peuplement par rapport aux regroupements en villages ou en liaisons. L'absence de différences dans la composition du peuplement entre les villages et entre mêmes types de récifs situés dans des villages ou des liaisons, montre qu'il n'y a pas d'autre niveau de structuration du peuplement à l'échelle de la concession. Dans la concession du Prado, la structuration du peuplement de poisson semble se faire à l'échelle des récifs.

La combinaison et la disposition des récifs étant les mêmes entre les villages, on peut affirmer que les comptages ne font pas ressortir de spécificité spatiale particulière à l'échelle de la concession (un village plus riche par exemple). Une certaine homogénéité est démontrée entre les villages. Seule la densité de poissons planctonophages est apparue supérieure en 2015 dans les villages situés au Sud de la concession, mais ce compartiment est caractérisé par d'importantes variabilités spatio-temporelles. L'implantation des récifs ne permet pas de démontrer si l'agencement des récifs en villages est plus performant qu'un autre. En revanche, les résultats montrent que les récifs AMA, CHI et ENR présentent le même type de peuplement, qu'ils soient disposés dans des villages ou dans des liaisons. Leur agencement ou la distance qui les sépare d'autres récifs n'aurait donc pas d'influence prépondérante. Finalement, les résultats disponibles tendent à montrer que les caractéristiques du peuplement de la concession du Prado dépendent d'abord du nombre, du volume et de la diversification des types récifs, ainsi que de leur interconnexion ou de leur connexion avec les habitats d'herbier ou de roche voisins. Plusieurs exemples peuvent illustrer ce propos. Tout d'abord, nous avons pu mettre en évidence, depuis le suivi obligatoire, les différences de composition spécifique, de densité et de biomasse de poissons entre types de récifs, ainsi qu'une différence de patron d'évolution entre récifs béton et enrochements, avec des pics de fréquentation saisonnière sur ces derniers.

Les **poissons démersaux à forts déplacements horizontaux** comme les sars présentent des biomasses élevées sur tous les types de récifs (à l'exception des FIL) et surtout dans tous les villages. Les importantes variabilités interannuelles observées sur les récifs AMA, qui présentent un peuplement que nous pouvons qualifier de très variable, témoignent de ces déplacements entre les récifs indépendamment de leur volume. L'absence de différences dans la biomasse des poissons des récifs CHI, AMA et ENR situés d'une part au sein des villages et d'autre part dans les liaisons tend à prouver l'homogénéité de répartition de ces espèces mobiles et l'utilisation des liaisons à l'égale des villages.

Par ailleurs, la biomasse des **rougets de roche** est élevée sur les ENR, qui sont des récifs occupant une large surface offrant un habitat particulièrement adapté à cette espèce, avec à la fois des abris entre les roches et des zones sableuses où ces poissons cherchent leur nourriture. Cette espèce, peu observée sur les récifs CHI, AMA ou FIL dont l'habitat est inadéquat, est davantage présente sur les ACI, qui partagent avec les ENR les caractéristiques d'habitats suivantes : large emprise au sol, abris et combinaison de substrats durs et zones sableuses.

Enfin, la biomasse moyenne des **espèces cibles** est supérieure dans la zone Sud de la concession. En l'absence de différence de densité, cela indique que les poissons sont plus gros dans le Sud. Cette zone est caractérisée par la proximité de l'herbier de posidonie, notamment au niveau du village 6. L'herbier de posidonie est bien connu pour son rôle d'abri et surtout pour son rôle dans la chaîne alimentaire (Ourgaud, 2015) et la fourniture d'une alimentation variée. Ce résultat laisserait suspecter des échanges avec cet herbier de la rade Sud, extérieur à la zone récifale, qu'il serait intéressant de prouver.

L'hétérogénéité de l'habitat est une composante essentielle des fonds marins littoraux. Plusieurs auteurs en ont montré l'importance dans certaines aires marines protégées, pouvant même masquer l'effet de la protection (García Charton et Pérez-Ruzafa, 1998, 1999 et 2001 ; Harmelin-Vivien *et al.*, 2008). Plus récemment, cet effet de l'habitat a été mis en évidence dans le Parc national de Port-Cros (Astruch *et al.*, 2015) et dans le récent Parc national des Calanques (Bonhomme *et al.*, 2015). Au sein de la concession, la diversité de types de récifs permet d'observer des performances variables mais qui augmentent. Quel que soit le niveau de protection, les récifs artificiels offrent un habitat complexe très favorable à l'installation d'un peuplement de poissons diversifié et riche en espèces cibles. Ces résultats démontrent que l'aménagement produit une biomasse croissante (production démontrée par Cresson, 2013) qui contribue avec les autres ZNP de la région marseillaise au soutien des peuplements côtiers et des ressources halieutiques. Ces perspectives intéressantes reposent sur la condition de maintenir une surveillance active de la zone.

Mots-clés : *téléostéens, récifs artificiels, espèces cibles, richesse spécifique, biomasse, Méditerranée*

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

Le coralligène est un des deux "hotspots" de biodiversité en Méditerranée avec les herbiers à *Posidonia oceanica*. Malgré cela, cet habitat est de plus en plus impacté par les activités anthropiques. Cette étude vise à déterminer les sources de matière organique et l'architecture du réseau trophique de cet habitat (Cap Caveau, îles du Frioul), puis à le comparer avec celui des récifs artificiels (RA) de la baie du Prado (RECIFS PRADO). Les analyses isotopiques des principaux organismes et les analyses des contenus stomacaux des téléostéens ont permis de déterminer que le réseau trophique du coralligène était basé sur des sources de MO issues du phytoplancton, de matière détritique et de certaines espèces de macrophytes. Il est composé de consommateurs primaires (invertébrés), de consommateurs secondaires (invertébrés prédateurs et téléostéens) et de consommateurs tertiaires (téléostéens piscivores). La structure de ce réseau se révèle très similaire à celle des RA. Ce projet montre l'efficacité de cette approche pour la comparaison du réseau trophique d'une zone rocheuse naturelle avec celui de récifs artificiels.

Deux habitats côtiers sont caractérisés par un nombre élevé d'espèces associées : les herbiers de posidonie (*Posidonia oceanica*) (Boudouresque *et al.*, 2012) et le coralligène (Ballesteros, 2006). Ce dernier est constitué d'un substrat dur naturel biogène (bioherme) construit par l'accumulation de macrophytes calcaires. Les structures formées s'étendent entre 30 et 120 m de profondeur et leur âge peut atteindre plusieurs milliers d'années. Sa complexité architecturale en fait un abri pour 20% des espèces méditerranéennes, dont 315 espèces de macrophytes, 1 241 espèces d'invertébrés et 110 espèces de téléostéens (Ballesteros, 2006). Ces espèces y trouvent aussi une zone propice à l'alimentation ainsi qu'à la reproduction. Cet habitat est particulièrement apprécié par les plongeurs en scaphandre autonome. Notamment grâce à la présence de grandes gorgones rouges (*Paramuricea clavata*) ainsi que du corail rouge (*Corallium rubrum*). La fréquentation importante de ces fonds par les plongeurs et l'ancrage des bateaux peuvent entraîner des dommages physiques sur les espèces benthiques dressées (Garrabou *et al.*, 1998). De plus, ces organismes sont aussi endommagés par les activités de pêche aux petits métiers (Bavestrello *et al.*, 1997). Enfin, les espèces qui structurent cet habitat sont sensibles au réchauffement climatique (Garrabou *et al.*, 2009 ; Lejeusne *et al.*, 2010 ; Rivetti *et al.*, 2014) et à l'acidification des océans (Martin et Gattuso, 2009). Comprendre le fonctionnement des fonds coralligènes s'avère donc indispensable pour appréhender l'impact des pressions anthropiques et gérer durablement les activités humaines dans les zones côtières méditerranéennes.

Actuellement, le déploiement de récifs artificiels (RA) est un outil de plus en plus utilisé dans la gestion intégrée de la zone côtière. Il bénéficie d'une image positive et est plébiscité par l'ensemble des acteurs impliqués dans les programmes de gestion : pêcheurs professionnels, usagers de loisirs, scientifiques et pouvoirs publics (Claudet et Pelletier, 2004 ; Leleu, 2012 ; Teissier, 2013). Ces structures permettent à la fois une production de biomasse bénéficiant à la petite pêche artisanale côtière (Cresson, 2013), mais aussi de délester les zones naturelles d'une partie de la pression de pêche. Enfin, les RA peuvent participer à la restauration des zones rocheuses naturelles par le biais de l'exportation d'organismes adultes ou juvéniles et de propagules de nombreuses espèces. De nombreux travaux ont déjà été menés sur le fonctionnement des RA et les relations trophiques entre organismes (Charbonnel *et al.*, 2002 ; Relini *et al.*, 2002, Powers *et al.*, 2003), sur le flux de matière organique et sur les espèces de haut niveau trophique au sein des récifs artificiels (Cresson, 2013 ; Cresson *et al.*, 2014). Au contraire, peu de données sont disponibles sur le fonctionnement trophique des substrats durs naturels principalement composés par les fonds coralligènes comparativement avec ce qui a été étudié sur l'herbier de posidonie (*Posidonia oceanica*) (eg. Bell et Harmelin-Vivien, 1983 ; Dauby, 1989 ; Jennings *et al.*, 1997 ; Lepoint *et al.*, 2000 ; Ourgaud, 2015). Un consensus se dégage sur le fait que le fonctionnement des substrats durs artificiels se rapproche de celui des substrats durs naturels, néanmoins, il n'a jamais fait l'objet d'une étude en Méditerranée (Jensen, 1998 ; OSPAR Commission, 1999 ; Lacroix *et al.*, 2002 ; UNEP, 2005).

Le fonctionnement trophique des RA étant aujourd'hui correctement documenté. L'objectif principal du présent travail est de caractériser les réseaux trophiques dans l'habitat coralligène, afin de comprendre comment s'organisent les flux de matière organique dans ce type de bioconcrétionnement et de les

comparer avec ceux mesurés dans les substrats durs artificiels dans la même gamme de profondeur. A travers cette problématique, 3 questions sont abordées : (i) Quelles sont les sources de Matières Organiques (MO) à la base du réseau trophique du coralligène ? (ii) Comment s'organisent les réseaux trophiques du coralligène ? (iii) Est-il possible de comparer le fonctionnement trophique d'habitats de substrats durs naturels et artificiels ? Des analyses isotopiques des sources de MO et des principaux organismes ainsi que des analyses de contenus stomacaux de téléostéens permettent de répondre à ces questions.

L'écosystème coralligène est un habitat complexe qui représente à la fois un refuge, un lieu d'alimentation et une zone de reproduction pour de nombreuses espèces. Cet habitat côtier présente un fort intérêt pour de nombreuses activités pouvant l'impacter comme la pêche (professionnelle et récréative) et les activités subaquatiques. La pêche, par ses prélèvements, modifie la biomasse et l'abondance de certaines espèces et peut donc modifier le fonctionnement de l'écosystème. La plongée sous-marine, lorsqu'elle est concentrée sur certains endroits peut entraîner des dommages physiques non négligeables sur cet habitat fragile. Des études ont déjà analysé certains compartiments du coralligène (Harmelin et Marinopoulos, 1994 ; Guidetti et al., 2002) mais aucune n'avait une vision globale de cet écosystème.

Les RA installés en 2008 dans la baie de Marseille sont des outils de gestion de la zone côtière. Ils ont fait l'objet de nombreuses études et son réseau trophique a été déterminé par Cresson (2013). Les objectifs de ce projet ont été (i) d'identifier les sources de MO alimentant cet écosystème, (ii) de déterminer le réseau trophique du coralligène et (iii) de comparer ce réseau avec celui des RA. Une approche isotopique ainsi que des analyses de contenus stomacaux ont permis de répondre à ces questions. Les résultats ont montré que cet écosystème est probablement alimenté par un mélange de plusieurs sources comprenant le compartiment du phytoplancton, de la matière détritique et des espèces de macrophytes. Le réseau est composé de consommateurs primaires, représentés par des invertébrés s'alimentant des sources précédemment citées. Les invertébrés prédateurs et certaines espèces de téléostéens constituent les consommateurs secondaires. Ils consomment majoritairement des petits invertébrés. Enfin, les consommateurs tertiaires sont représentés par les téléostéens piscivores.

Le coralligène constitue un substrat dur naturel qui possède une structure de réseau trophique très similaire à celle des RA. Il est donc possible d'affirmer que, d'après cette étude, les RA fonctionnent en grande partie de la même manière que des récifs naturels.

Afin de mieux comprendre cet écosystème complexe, il serait intéressant, d'une part, d'effectuer un échantillonnage plus important sur chaque espèce et d'améliorer le protocole afin d'isoler le phytoplancton. Il faudrait également disposer d'un plus grand nombre d'individus de téléostéens afin de faire une analyse plus fine des contenus stomacaux. D'autre part, étudier le flux de matière organique afin de comprendre les transports de matière dans cet écosystème et de les quantifier serait essentiel afin de connaître la dynamique et la production de cet écosystème. Enfin, dans le but d'obtenir une comparaison encore plus fidèle entre le coralligène et les RA, il serait judicieux de choisir un site proche d'un herbier de posidonie pour mieux étudier l'exportation et le devenir des apports de matière depuis cet écosystème très productif (Boudouresque et al., 2015).

Mots clés : *réseaux trophiques, coralligène, récifs artificiels, isotopes stables, carbone, azote, contenus stomacaux.*

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.

L'ichtyofaune de la Côte Bleue présente les caractéristiques du peuplement de poissons de l'infralittoral rocheux avec présence d'herbier de posidonie, avec la prédominance de labridés et de sparidés, avec une proportion d'espèces résidentes élevée dans les comptages visuels réalisés la journée, qui est liée à la complexité structurale et à la qualité de l'habitat. Le coefficient de variation de la densité et de la richesse spécifique entre comptages, plus élevé en dehors de la réserve, montre que le peuplement est plus stable dans la zone protégée.

Tous les compartiments trophiques sont bien représentés, des planctonophages (poissons fourrages), aux mesocarnivores (*Diplodus* sp., labridés) et macrocarnivores (loup, denti, mérrou). L'effet 'réserve' se traduit en particulier par une probabilité de rencontre plus élevée d'espèces nobles ou emblématiques, ainsi que des espèces cibles de toutes les formes de pêche et par la taille plus élevée, en moyenne, de ces espèces. La densité et la biomasse des espèces cryptiques a tendance à augmenter ces dernières années dans la réserve. Les espèces de roche ont une biomasse qui augmente fortement dans la réserve, alors que les espèces d'herbier présentent une biomasse supérieure en dehors. Du point de vue du comportement des espèces caractérisant le peuplement, la biomasse des espèces vivant en banc a tendance à diminuer au profit des espèces au comportement moins agrégatif. Les macrocarnivores, mesocarnivores et microcarnivores présentent un maximum en 2007, puis se maintiennent en 2010 et 2013 à un niveau très supérieur à celui des années antérieures à 2007. En biomasse, ces catégories augmentent dans la réserve jusqu'en 2007 puis diminuent.

Parmi les indicateurs de la restauration du milieu, l'augmentation de la proportion de moyens et de grands individus intervient dès les premières années, c'est bien démontré sur des espèces cibles de petite taille telles que *Coris julis* et *Serranus cabrilla* dont les effectifs permettent une bonne appréciation de la démographie.

La protection intégrale de la Réserve Marine de Cap Couronne, a indéniablement permis une restauration et une structuration de son peuplement de poissons. Les suivis réalisés à la fois en plongée par comptage visuel et par pêche expérimentale, selon le même protocole depuis 1995, apportent tous les arguments scientifiques de l'effet 'réserve' (Roberts & Polunin, 1991) **de 1995 à 2007** : (1) l'augmentation de la richesse spécifique due à une fréquence plus grande des espèces cibles rares ; (2) l'augmentation d'abondance des individus, surtout ceux des espèces cibles d'une pêche sélective ; (3) le retour à une structure démographique équilibrée avec une fréquence plus élevée de grands individus ; (4) le retour à un comportement 'naturel', qui se traduit en particulier par l'occupation des petits fonds.

L'analyse des données des deux derniers suivis réalisés en 2010 et 2013 révèle **un changement radical** dans ce schéma parfait que présentait la réserve de Couronne depuis sa création et pendant plus de 12 ans, qui en a fait un cas d'école. Alors que jusqu'en 2007 la richesse spécifique, la densité et la biomasse moyenne de poissons ont régulièrement progressé dans la réserve de Couronne, les deux dernières campagnes de suivi montrent une richesse spécifique, une densité et une biomasse moyennes qui diminuent fortement dans la réserve comme en dehors. Cette évolution n'est pas le fait de conditions exceptionnelles car il est confirmé par deux campagnes espacées de 3 années et dessine une tendance portant sur 6 années au total. Ces 3 variables indiquent que le peuplement de poissons a notablement changé et que l'impact porte aussi bien sur la réserve qu'en dehors, il s'agit donc probablement d'un impact de dimension globale et non lié aux mesures de gestion.

D'ailleurs, la richesse spécifique, la densité et la biomasse demeurent toujours nettement supérieures dans la réserve par rapport au dehors. Comme démontré dans d'autres aires marines protégées, les peuplements semblent résister mieux à cet impact dans la zone protégée qu'en dehors. Les valeurs de biomasse de 2013 se situent entre celles de 1998 et 2001, alors que les valeurs de densité moyenne sont inférieures aux premières années du suivi, ce qui n'est pas un bon résultat.

La **densité de poissons planctonophages** a fortement diminué depuis 2001 hors réserve, elle s'est maintenue à une valeur plus élevée à l'intérieur de la réserve jusqu'en 2007 mais a baissé ensuite. Ces espèces au comportement agrégatif contribuent fortement à la densité des poissons et à la variabilité des résultats spatio-temporels observés dans les suivis en milieu côtier. Une diminution des densités et des biomasses d'espèces planctonophages a également été constatée dans le suivi saisonnier de 5 ans des récifs artificiels de la baie du Prado entre 2009 et 2014 (Le Diréach *et al.*, 2014) et dans la comparaison de données de l'état zéro des Calanques en 2013 avec de précédents comptages réalisés sur un jeu de stations identiques en 2008 (Bonhomme *et al.*, 2015). Depuis quelques années des changements sont observés dans la baie de Marseille grâce aux suivis mis en œuvre dans différents sites. La diminution des zooplanctonophages, les macrocarnivores qui se maintiennent et ont plutôt tendance à augmenter et l'augmentation des piscivores constatés dans les Calanques, entre 2008 et 2013 sur la roche, sont des résultats qui corroborent les observations faites par Ourgaud *et al.* (2015) dans l'herbier des Calanques et de la Côte Bleue. En effet, ces auteurs voient également un changement de composition spécifique et de structure trophique dans les captures de chalutages réalisés dans les herbiers des Calanques et de la Côte Bleue entre 1980 et 2012, qu'ils attribuent pour partie à une amélioration de la qualité de l'eau (diminution de la quantité de matière organique dissoute et particulaire).

Ce que nous apprennent les courbes de densité réduite (hors planctonophages) du suivi de Couronne, c'est que la **densité d'autres espèces** diminue également dans la réserve depuis 2004, et de façon encore plus accentuée, hors réserve, depuis 2007. La baisse des poissons planctonophages n'est donc pas la seule raison de la diminution des variables du suivi. La courbe de densité des **espèces cibles** continue à progresser au sein de la réserve ce qui atteste d'une surveillance effective et d'une efficacité de la réserve. Cette courbe demeure bien supérieure à celle obtenue en dehors de la réserve, qui s'est maintenue jusqu'en 2010. La densité des espèces cibles est environ 2 fois plus élevée dans la réserve qu'en dehors.

La forte **baisse des biomasses réduites** en dehors de la réserve s'explique très probablement par une forte pression de pêche à l'extérieur de la réserve, qui impacte probablement le peuplement échantillonné dans la réserve. Tout poisson qui sort de la réserve a de fortes chances d'être pêché. Dans les zones ouvertes à la pêche la densité et la biomasse moyenne des poissons d'herbier et de roche sont plus faibles par rapport aux zones protégées (Harmelin-Vivien *et al.*, 1995 ; Harmelin-Vivien, 2000, Guidetti et Claudet, 2010). Pour la région marseillaise, Ourgaud *et al.* (2015) suggèrent également un effet de la pression de pêche et aussi du changement climatique pour expliquer l'évolution du peuplement entre 1980 et 2012. La diminution de densité et de biomasse de poissons dans les herbiers aussi bien dans les Calanques que sur la Côte Bleue est donc probablement et en premier lieu due à la **pression de pêche**, car la plupart des espèces qui vivent dans les herbiers et sur roche sont des cibles de la pêche (Leleu *et al.*, 2014).

Ourgaud *et al.* (2015) soulignent dans les assemblages de poissons d'herbier une diminution de richesse spécifique, de densité et de biomasse sur la Côte Bleue (moins importante que dans les Calanques), qu'ils évaluent à **l'échelle de la baie de Marseille**. Cette tendance est plus prononcée l'été, qui est la période de comptage dans le suivi de Couronne. Ces auteurs constatent également une diminution de la longueur totale de *Coris julis* et de *Symphodus tinca* corroborée dans le suivi de Couronne par une baisse de biomasse des grandes girelles et de la fréquence d'occurrence de *S. tinca* pour ne citer que cet exemple.

Il faut cependant relativiser ces résultats, mise à part l'année 2007, qui demeure assez exceptionnelle dans le suivi, depuis 2001, la biomasse réduite se maintient entre 3 et 5 kg/transect de 80 m². Ce résultat est modeste, aussi bien en dedans qu'en dehors de la réserve, au regard des estimations de biomasse faites dans le programme **BIOMEX** pour des réserves nord-occidentales anciennes et effectivement surveillées. Mais rappelons que l'habitat de la Côte Bleue, même dans la réserve de Couronne est moins complexe, moins remarquable que celui de réserves intégrales comme Cabo de Palos ou Cabrera qui ont servi à faire les évaluations dans BIOMEX. Ce qui explique que les résultats d'abondance dans la réserve sont dans la partie basse de la gamme des évaluations faites par Harmelin-Vivien *et al.* (2008).

La **nature de l'habitat** des transects permanents du suivi de Couronne ne le prédispose pas à une dynamique de changement ; toutefois, une nouvelle collecte des mêmes données d'habitat pourrait être envisagée tous les 9 ans par exemple (tous les 3 suivis) pour vérifier qu'il n'y ait pas d'évolution significative.

L'**augmentation de l'effort de pêche** (pêche professionnelle et pêche récréative cumulées) un peu partout sur le littoral à laquelle se sont ajoutés de possibles effets de report d'effort de pêche après la création de zones de non prélèvement à Planier et dans les Calanques de Marseille à partir de 2012 (création du Parc national des Calanques) 18 mois avant le dernier suivi à Couronne en 2013, nous semblent responsables, au moins pour partie, des diminutions observées. Il paraît cependant prématuré et difficile d'évaluer à partir des quelques pêches effectuées dans la réserve de Couronne en 2013 la part de l'impact lié au **report de l'effort de pêche** professionnelle et récréative dû à la création des ZNP (zones de non prélèvement) dans le Parc national des Calanques, par rapport à un impact général de la pêche sur les peuplements. Il faudra voir en 2016 où se situent les valeurs des variables du suivi. Les résultats obtenus encore en 2013 avec les **pêches expérimentales** à l'intérieur de la réserve montrent encore d'excellents rendements, comparables aux zones protégées les plus poissonneuses et confirment l'efficacité de la protection et de l'importance de cette zone protégée pour la région marseillaise.

D'autres signaux sont positifs tels que l'augmentation de la **présence d'espèces nobles et emblématiques** (mérrou brun, denti, loup, corb), qui peuvent s'installer en l'absence de pressions anthropiques (dérangement, chasse sous-marine, pêche). La fréquence d'occurrence, la taille et la biomasse de mérrou ont sensiblement augmenté au cours des 3 derniers suivis, donc sur une dizaine d'années. La taille importante de la réserve de Couronne et l'absence de zone de protection partielle autour de la réserve intégrale pourraient impliquer, d'après Claudet *et al.* (2008), une meilleure réponse à la protection et une plus grande efficacité de la réserve de Couronne, par rapport à d'autres réserves plus petites, en particulier dans le soutien aux espèces côtières exploitées. En effet, même si les réserves de toute taille contribuent au maintien des peuplements de poisson, une réserve intégrale de grande taille permet à davantage d'espèces mobiles de rester protégées et l'auto-recrutement y est aussi plus important.

La richesse des petits fonds de la réserve de Couronne démontre l'impact important des différents modes de prélèvement (pêche artisanale et récréative) sur le peuplement de poissons côtiers en Méditerranée nord-occidentale. La protection effective en fait plus que jamais un **site de référence** pour comparer d'autres sites côtiers ne faisant pas l'objet d'une gestion particulière. Ce modèle est d'autant plus intéressant que les fonds de la Côte Bleue sont relativement homogènes et ne présentent pas d'habitats remarquables exceptionnels par leur complexité, leur pente ou leur rugosité. Ces fonds sont donc représentatifs de la plupart des fonds observés sur le littoral nord occidental. Le scénario qui se joue donc dans la réserve de Couronne depuis quelques années est particulièrement riche d'enseignement pour comprendre l'évolution actuelle des peuplements de poissons côtiers et nous incite à tirer une sonnette d'alarme. Rien ne prédisposait à ce changement radical dans l'évolution des paramètres du peuplement suivis. Comment les choses vont-elles évoluer ? Après des difficultés pressenties en termes de report d'effort de pêche, la création de ZNP au sein du Parc national des Calanques va-t-elle contribuer à moyen terme et localement, à l'échelle de la baie de Marseille, au soutien de ressource ?

Mots-clés : téléostéens, roche, *Posidonia oceanica*, espèces cibles, richesse spécifique, biomasse, effet réserve, Méditerranée

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

Après la première année d'étude qui a permis de dresser la cartographie et l'inventaire des habitats, de la faune et de la flore de la calanque de Podestat au cours de deux missions réalisées au printemps et en automne 2012, les peuplements de la calanque ont été à nouveau évalués en 2013, 2014, 2015 et 2016.

Les différentes missions montrent un **peuplement ichtyologique** moins diversifié et généralement moins riche (abondance et biomasse) au printemps qu'en automne. Ce peuplement est toujours largement dominé par 4 espèces que ce soit en terme d'abondance ou de biomasse : le labridé *Coris julis* et les trois sparidés *Sarpa salpa*, *Diplodus vulgaris* et *Diplodus sargus*. La diversité spécifique dans la calanque de Podestat, initialement très faible en comparaison de celles observées dans différentes zones littorales méditerranéennes, est très significativement à la hausse à partir du printemps 2013. Les seules données équivalentes sont celles obtenues dans un site proche de l'émissaire du Cap Sicié traitant les eaux usées de l'agglomération toulonnaise. La faible diversité ichtyologique de ces deux sites est imputable à deux facteurs communs : la proximité d'un rejet d'effluents domestiques (Cortiou et Cap Sicié) et la faible hétérogénéité des habitats (absence d'herbier de posidonie en particulier).

Le comptage et l'estimation de la taille des **corbs** dans la grotte est difficile à mettre en oeuvre, l'utilisation d'une caméra permet d'analyser les images après la plongée. On peut estimer la population à une cinquantaine d'individus de 20-25 cm pour les plus jeunes à 45 cm pour les plus vieux. Depuis la création du Parc et l'affectation de la calanque en "zone cœur de Parc" où tout prélèvement est interdit, les corbs sont à l'abri de la pêche sous-marine et la population a augmenté en nombre et en taille.

Le peuplement des **échinodermes** est largement dominé par l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* qui atteignait une densité moyenne importante, jusqu'à 5.5 ind/m² en automne 2012 sur les transects à substrat rocheux. Depuis les premières campagnes de 2012, une forte diminution de l'abondance de cette espèce est constatée, et particulièrement des individus de taille supérieure à 4 cm. Les densités relevées dans la calanque de Podestat en 2016 sont du même ordre de grandeur que celles observées dans l'aire toulonnaise.

Cette tendance à la baisse se retrouve sur le site du Cap Sicié (proche d'un émissaire de station d'épuration) où on a pu également constater de nombreuses traces d'épizootie.

Quatre espèces de **gorgones** sont présentes dans la calanque : *Eunicella cavolini*, *E. verrucosa*, *E. singularis* et *Leptogorgia sarmentosa*. La taille moyenne des 30 colonies mesurées d'*Eunicella cavolini*, en augmentation régulière entre 2012 et 2015, se stabilise. La population est en bonne santé, aucune nécrose n'a été constatée sur les colonies échantillonnées, ni sur les autres colonies situées en dehors de la zone d'échantillonnage.

Les différents paramètres pris en compte dans cette étude semblent montrer une évolution vers un équilibre écologique de la calanque de Podestat : augmentation de la richesse spécifique du peuplement ichtyologique et diminution de la densité d'oursins, paramètres dont les valeurs, en 2012, étaient proches de celles rencontrées dans les zones fortement perturbées comme au Cap Sicié et qui tendent à se rapprocher de celles couramment observées sur le littoral méditerranéen. Cette évolution peut être reliée à une amélioration de la qualité de l'eau et/ou à la mise en protection de la zone depuis la création du Parc national des Calanques. L'état sanitaire d'espèces sensibles comme les peuplements de gorgones ou l'augmentation des effectifs observés de corbs *Sciaena umbra* vont dans ce sens.

Mots-clés : téléostéens, échinodermes, gorgones, impact effluent, Méditerranée

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

L'objectif de cette campagne de recensement (12-13/09/2014) est d'obtenir une photographie des effectifs des populations locales de 3 espèces emblématiques dans les eaux du Parc national : le mérou brun (*Epinephelus marginatus*), le corb (*Sciaena umbra*) et la grande nacre (*Pinna nobilis*). Ces inventaires sont réalisés dans un cadre de « sciences participatives » mais ne font pas partie des missions organisées par le Groupe d'Etude du Mérou dont le protocole est plus rigoureux (manque d'entraînement des plongeurs de loisir, prospection non systématique des sites, protocole de comptage allégé). Une évaluation du nombre et de la taille des individus est cependant demandée aux observateurs ainsi que des éléments de connaissance de l'environnement de ces espèces (localisation, profondeur, comportement, nature des habitats). L'objectif de l'opération est de sensibiliser les clubs de plongée autour d'une action symbolique et fédératrice, tout en fournissant des informations aux gestionnaires et aux scientifiques. Les observations sont centralisées par des référents scientifiques, membres du GEM : J.G. Harmelin (Institut Pytheas/MIO) et E. Charbonnel (Parc Marin de la Côte Bleue), sous la direction logistique de la Commission environnement et biologie subaquatique CEBS 13 (F. Fédorowsky), du Comité Régional de la FFESSM (J.Cabaret) et du Parc national des Calanques (A.-L. Clément et B. Durand).

L'inventaire a porté sur les sites potentiellement les plus favorables au niveau des habitats (fonds rocheux, éboulis) et les 'spots' de plongée déjà inventoriés durant les précédentes campagnes. Au total, 33 sites ont été explorés en 2014 dont les sites identifiés et prospectés (y compris certaines Zones de Non Prélèvement - ZNP) en 2013 lors de la première édition sur Cassis et La Ciotat. Les conditions météorologiques ont été favorables (température de l'eau entre 18 et 20°C, mer belle avec une visibilité supérieure à 10 mètres). Pour chaque mérou et corb : la taille (longueur totale, estimée à 5-10 cm près pour le mérou et à 2-5 cm près pour le corb), le temps d'immersion, la profondeur, le comportement du poisson (fuite, indifférence, à trou ou en pleine eau) et les caractéristiques de l'habitat (roche, herbier, éboulis, rague, tombant, etc), éventuellement, des détails morphologiques particuliers (livrée), ainsi que la direction de déplacement en cas de mouvement.

Au total, 177 mérous ont été répertoriés en 2014, ce qui constitue le record historique depuis les 11 années d'inventaires, dont 112 individus autour des îles et des calanques et 24 pour l'archipel du Frioul. La taille moyenne des effectifs est de 52.1 ± 19.3 cm. Les mérous mesurent entre 15 et 120 cm. La structure démographique caractérise une population jeune, avec une prédominance des classes 40-45, 50-55 et 60-65 cm (104 individus sur 177, soit 59% du stock), mais également la présence de quelques grands spécimens mâles reproducteurs (4.5% du stock a une taille supérieure ou égale à 90 cm) et de petits individus (20% de taille inférieure ou égale à 30 cm). La structure sexuelle de la population est donc constituée en grande majorité d'immatures (<50 cm), puisque les mérous sont généralement femelles fonctionnelles entre 50 et 75 cm et deviennent mâles au-dessus de 75 cm. L'observation de 2 petits mérous (un de 15 cm observé sur Jarre à -19 m et un autre de 17 cm) traduit la possibilité d'une reproduction locale (de tout petits mérous avaient d'ailleurs été observés durant l'hiver 2009 dans le port de la Madrague de Montredon par A. Leydet).

Dans 7 secteurs, les effectifs dépassent les 10 individus en 2014 : Sud Riou, île Verte, Caramassaigne, Tiboulou Frioul, grand Congloué, Moyades/Moyadon et Planier/Veyron

La profondeur moyenne de rencontre des mérous reste élevée (19.3 ± 7.4 m), mais variable selon les sites. Cette profondeur moyenne semble néanmoins diminuer par rapport aux inventaires précédents (25.7 ± 5.6 m en 2006, 23.5 ± 5.5 m en 2007 et 20 ± 6.9 m en 2013). De même, 10 mérous ont été observés à moins de 10 m de profondeur en 2014, contre 6 en 2013. Cette amorce de reconquête des petits fonds est un signe encourageant, à confirmer. Depuis 2013 des apnéistes participent à la campagne, ce qui a permis de prospecter la tranche bathymétrique 0-10 m, jusque-là délaissée par les plongeurs bouteille et de compter des individus présents dans des zones très peu profondes.

Les mérous rencontrés ont généralement un comportement très farouche : fuite rapide vers un refuge, ou caché dans les abris, ce qui est à l'inverse du comportement habituel observé dans les AMP ouvertes à la plongée. Depuis 2010, le comportement des mérous (calme ou fuyant) est renseigné par les plongeurs lors des campagnes. La majorité des mérous rencontrés sont fuyants face aux plongeurs (63% en 2010, 67% en 2011, 71% en 2013 et 61% en 2014). Cependant, 2014 est la première année depuis 2010 où le pourcentage de mérous « calmes » est le plus élevé (39%).

Le comportement majoritairement fuyant des mérous du Parc national indique une pression de chasse sous-marine, malgré son interdiction. Malgré la présence des premiers gardes-moniteurs du Parc national, arrivés en 2014, le braconnage illégal semble perdurer et son éradication nécessitera davantage de temps, de surveillance et de moyens humains. Toutefois les chiffres de 2014 sont encourageants.

Durant la campagne 2014, 17 corbs ont été recensés: 5 corbs de taille comprise entre 12 et 55 cm dans la ZNP Devenson (entre -12 et -17 m de profondeur), 2 corbs de 15 cm, l'un à la calanque des Contrebandiers (sud Riou) à -4 m et l'autre dans le secteur de la calanque de la Mounine à -8 m et un groupe de 10 individus sur le site de la Pointe de la Luque (Frioul) mais dont la taille n'a pas été estimée par les observateurs par -35 m. Malgré la présence d'un groupe de corbs sur le site de la Pointe de la Luque, l'effectif reste extrêmement réduit dans le périmètre du Parc national des Calanques au regard de la potentialité des sites en habitats favorables. Cette espèce patrimoniale très emblématique est classée comme espèce vulnérable par l'IUCN et c'est certainement l'espèce cible la plus caractéristique de l'effet réserve, car en dehors des espaces protégés où la chasse sous-marine et la pêche sont interdites, la probabilité de rencontre est très réduite.

Mots-clés : *inventaire, mérou, corb, Parc national des Calanques, Méditerranée*

« Des espèces qui comptent », comptages des mérours et des corbs 2013-2016 dans le parc national des Calanques.

Chiffres transmis par le PNCaI en 2017.

Les recensements effectués fournissent des estimations assez variables selon les années et probablement liées aux conditions météorologiques et à l'expertise des participants. Toutefois Jean Cabaret estime que la population de mérours est en progression et que celle de corbs est stable ou en diminution. Beaucoup de juvéniles de mérours (8-10 cm) ont été observés sur le littoral des calanques depuis quelques années. La répartition des classes de taille est comprise entre 0.20 et 1 mètre. Jean Cabaret suggère la possibilité de reproduction à proximité du PNCaI, peut-être grâce à l'effet moratoire (renouvelé en 2013), mais peut-être aussi grâce aux ZNP.

	Mérou <i>E. marginatus</i>	Corb <i>Sciaena umbra</i>
2013	65	5
2014	150	7
2015	127 (données sûrement sous-estimées, peu de sites, mauvaise météo)	24
2016	> 300 (324 ind. comptés mais données non traitées)	???

Mots-clés : inventaire, mérour, corb, Parc national des Calanques, Méditerranée

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 Importance de l'habitat dans la structuration du peuplement

Une analyse en composantes principales de la répartition des stations dans l'espace a été faite en utilisant les variables de description de l'habitat et de la profondeur en variables principales. Cette analyse a été réalisée à partir des métriques décrivant l'habitat collectées à l'échelle des transects : **profondeur**, **type d'habitat** (roche, herbier, galet, sable), **nombre et taille des blocs rocheux** (petits, moyens, gros) et met en évidence des différences d'habitat entre certaines stations.

L'**abondance**, la **biomasse** et la **richesse spécifique** sont représentées en variables supplémentaires (vecteurs en **rouge**) (Figure 8). Ces variables sont fortement corrélées à la présence de roche, de gros blocs et à la profondeur et inversement corrélées à l'herbier et à la distance de l'isobathe des 40 m. Nous avons introduit cette dernière métrique, afin d'intégrer dans un même descripteur à la fois la pente de la station et la proximité de zones profondes. L'herbier dans les Calanques correspond à des stations à pente faible et plutôt éloignées des zones profondes. Les fonds de sable, de galets et de petits blocs sont les moins fortement corrélés aux biomasses et à la richesse spécifique. Ce sont les stations les plus proches des tombants rocheux qui totalisent les plus fortes abondances et les plus fortes biomasses en poissons. Les descripteurs utilisés montrent à quel point l'habitat est un facteur de structuration du peuplement de poissons côtiers et en particulier la présence d'habitats rocheux pour la zone des Calanques.

La variance entre les stations est expliquée à 57% par les deux premiers facteurs (Figure 8) :

- Le premier axe factoriel expliquant 29% de la variance sépare les stations en fonction de la **nature de l'habitat** (herbier, sable par opposition à roche). Ainsi les stations S02-Frioul-Cambrette, S18-Calanque de l'Oule et S20-Pointe Cacao où sable et galets sont plus abondants se trouvent en situation opposée aux stations S03-Planier, S07-Jarre, S24-Ile Verte dont l'habitat est plus varié.
- Le second axe factoriel expliquant 28% de la variabilité permet de différencier les stations en fonction de la **complexité et de la rugosité de l'habitat** (structure en 3 dimensions, gros blocs par opposition à petits blocs).

La projection des 24 stations selon les deux premiers plans factoriels permet de voir quelles stations se distinguent du centre du nuage (Figure 9).

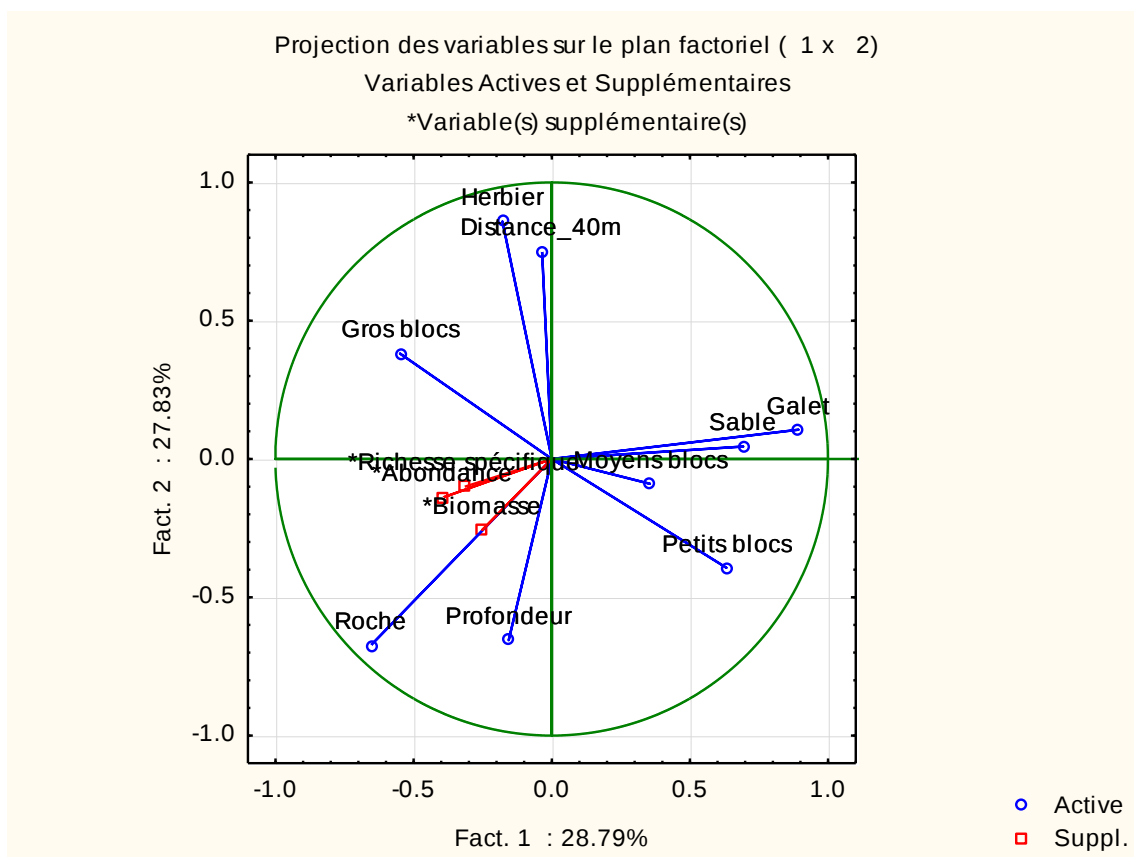


Figure 8. Projection des variables actives d'habitat et des variables supplémentaires richesse spécifique, abondance et biomasse moyenne sur le plan factoriel (1 x 2).

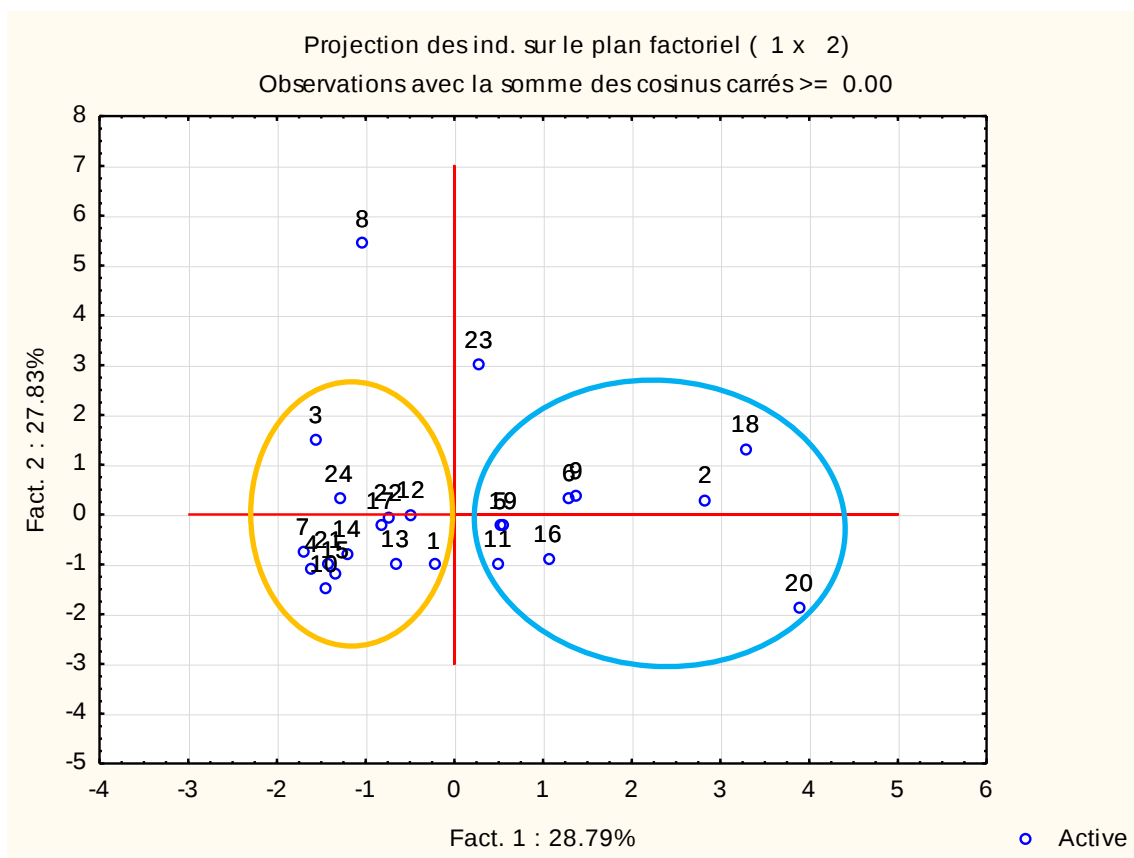


Figure 9. Projection des 24 stations sur le plan factoriel (1 x 2).

Ainsi les stations (S11-Plane, S16-Ouest Figuier, S06-Les Fromages) à faible granulométrie (*i.e.* substrat meuble, galets et/ou petits blocs) (**bleu**) se trouvent opposées au groupe de station (S03-Planier, S12-Cortiou, S22-Cap Soubeyrane) (**jaune**) où les blocs de roche sont plus présents et la rugosité plus marquée, qu'il y ait présence d'herbier ou non et les stations (S07-Jarre-Briançon, S13-Nord Caramassaigne, S14-Grand Congloue) qui comportent des habitats complexes, notamment sur les îles alors que les stations en bleu sont plutôt situées Hors-ZNP, proches de la côte, et présentent des fonds moins complexes et des paysages moins exceptionnels.

La station S20-Pointe Cacao est une station 'à part' avec galets et petits blocs, dans laquelle il a été plus difficile de placer des transects sur un habitat équivalent aux autres stations, mais qui a été choisie pour son emplacement en ZNP à l'est du Parc.

Les stations S08-Plateau des chèvres et S23-Soubeyrane se démarquent par l'importance de l'herbier surtout celle du plateau des chèvres et la distance importante à des zones plus profondes.

Les stations S06-Fromages, S11-Plane, S12-Cortiou, S19-En Vau, S15-Sormiou-Falco proches de l'intersection des axes présentent une configuration paysagère ou géomorphologique moins marquée.

- L'axe factoriel 3 contribuant à 17% de la variance fait ressortir comme en 2013, un groupe de stations (S03, S12, S13, S14, S15, S17) en **jaune**, toutes situées en ZNP, mais aussi Cassidaigne (S21), caractérisées par la proximité de zones profondes. Les stations S22-Cap Soubeyrane et S23-Soubeyrane, zones d'éboulis peu profonds, sont à l'opposé des stations au rivage accore des îles S04-Veyron, S10-Sud Riou, S24-Ile Verte proches de sites profonds (stations profondes composées de grandes dalles et de gros blocs).

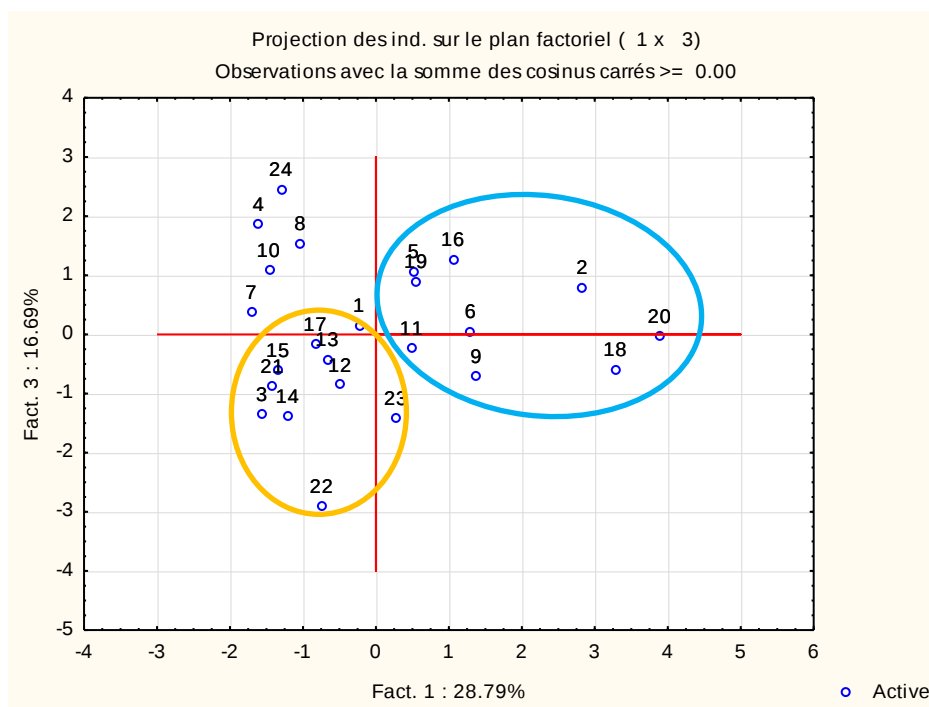


Figure 10. Projection des 24 stations sur le plan factoriel (1 x 3).

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

4.2.1 Liste et occurrence des espèces

La liste des espèces (51 taxons au total) observées à chaque station en 2016, la **richesse spécifique** moyenne et totale et le **coefficient de variation** de la richesse spécifique sont donnés pour chaque station dans le **Tableau 12**. 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. Le tableau établi pour 2016 est très semblable à celui obtenu en 2013. Dans ce tableau 3 taxons regroupent plusieurs espèces difficiles à déterminer visuellement : *Atherina* sp., Mugilidés (qui comprend les muges des genres *Mugil* et *Liza*) et *Symphodus* sp. (juvéniles non déterminés durant le comptage visuel).

La richesse spécifique totale par station varie entre 21 (S21-phare Cassidaigne) et 31 taxons. Elle est la plus élevée aux stations S06-Fromages (n = 27), S07-Jarre Briançon (n = 28), S09-Moyades (n = 31), S10-Sud Riou (n = 31), S12-Cortiou (n = 28), S13-Nord Caramassaigne (n = 28), S14-Grand Conglue (n = 28), S17-Devenson (n = 30) et S24-Île verte (n = 29).

Les espèces présentes à toutes les stations et dans presque tous les comptages en abondance sont : *Chromis chromis*, *Coris julis*, *Diplodus puntazzo*, *D. sargus*, *D. vulgaris*, *Labrus merula*, *Mullus surmuletus*, *Serranus cabrilla*, *Symphodus doderleini*, *S. mediterraneus*, *S. melanocercus* et *S. tinca*.

Parmi les espèces emblématiques, le mérou *Epinephelus marginatus* a été vu dans 11 des 24 stations suivies, S04-Veyron, S07-Jarre, S09-Moyades, S10-Sud Riou, S12-Cortiou, S13-Nord Caramassaigne, S14-Grand Conglue, S17-Devenson, S19-En Vau, S20-Pointe Cacao, S24-Ile Verte. C'est au Veyron et au Grand Conglue qu'il est néanmoins le plus fréquent.

Comme en 2013, **aucun corb n'a été dénombré lors des comptages par transects**. Cela ne signifie pas qu'il n'est pas présent dans la zone, mais il figure parmi les espèces rarement rencontrées.

Des dentis *Dentex dentex* (7 stations sur 24) et des pagres *Pagrus pagrus* (5 stations sur 24) ont été observés essentiellement dans les stations des ZNP. Des barracudas ont été vus dans 8 stations sur 24.

Le congre *Conger conger* n'a été rencontré qu'à une seule reprise (S13-nord Caramassaigne) dans les comptages mais c'est une espèce plutôt active la nuit et donc difficile à recenser par comptage visuel. Cette espèce ne figurait pas au tableau de 2013, tout comme la badèche *Epinephelus costae*, dont l'observation est particulièrement rare en région marseillaise, qui s'est ajoutée à la liste cette année (un individu rencontré à S05-Tiboulon de Maire ; Figure 11).

Le coefficient de variation a tendance à être plus élevé en dehors des ZNP : S06-Fromages, S07-Jarre, S24-Ile Verte. Il est également élevé à S09-Moyades, S10-Sud Riou, S12-Cortiou, S13-Nord Caramassaigne, S14-Grand Conglue et S17-Devenson, témoignant de moins de stabilité qu'ailleurs ce qui peut être dû au caractère accidenté du relief et des contrastes d'habitat et aussi à des conditions changeantes de l'environnement près des îles (présence de courant), qui rendent plus probables les incursions de grands prédateurs plus rares à la côte, près du bord.



Figure 11. Rencontre inattendue de *Epinephelus costae* à Tiboulén de Maïre.

Tableau 12. Liste et occurrence par transect des espèces observées entre 5 et 25 m (TRA) dans le Parc national des Calanques en 2016. 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_Tiboulouen_Frioul	S02_Frioul_Cambrettes	S03_Planier	S04_Veyron	S05_Tiboulouen_Maire	S06_Fromages	S07_Jarre_Briançon	S08_Plateau_Chèvres	S09_Moyades	S10_Sud_Riou	S11_Plane	S12_Cortiou	S13_Nord_Caramassaigne	S14_Grand_Congloue	S15_Sormiou_Réserve_Falco	S16_Ouest_Figuier	S17_Devenson	S18_Calanque_l'Oule	S19_En_Vau	S20_Pointe_Cacau	S21_Phare_Cassidaigne	S22_Cap_Soubeyrane	S23_Soubeyrane	S24_Ile_Verte_Roustaud	HZNP	ZNP	Total	HZNP	ZNP	
<i>Anthias anthias</i>	0	0	0	80	0	0	0	0	30	80	0	0	0	80	0	10	0	0	0	20	10	0	0	60	217	8279	8496	7%	24%	
<i>Apogon imberbis</i>	60	70	60	30	20	30	70	30	50	60	20	40	70	40	40	40	80	40	50	50	70	10	0	30	285	265	550	43%	47%	
<i>Atherina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	180		180	2%	0%	
<i>Blennie (petite)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	1		1	1%	0%	
<i>Boops boops</i>	0	0	0	0	10	40	20	0	10	40	0	50	10	20	0	30	0	0	0	10	0	0	10	20	1219	893	2112	11%	12%	
<i>Chromis chromis</i>	100	70	90	100	100	80	90	90	90	70	100	100	80	100	100	100	100	20	40	90	100	90	80	90	14644	28163	42807	80%	93%	
<i>Conger conger</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	1	0%	1%	
<i>Coris julis</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	2210	4879	7089	100%	100%	
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	2	5	7	2%	2%	
<i>Dentex dentex</i>	0	0	10	0	10	0	10	10	10	0	0	0	20	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	43	46	3%	8%
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	1	0%	1%
<i>Diplodus annularis</i>	20	20	30	0	0	10	30	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	30	20	27	12	39	13%	6%	
<i>Diplodus cervinus</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2	2	4	2%	2%	
<i>Diplodus puntazzo</i>	70	30	50	90	70	50	40	50	50	50	30	40	70	90	40	30	40	30	30	20	70	30	10	60	110	140	250	45%	51%	
<i>Diplodus sargus</i>	100	90	80	60	100	70	80	50	90	90	100	90	90	100	90	100	90	100	80	100	30	100	80	90	409	678	1087	81%	91%	
<i>Diplodus vulgaris</i>	100	90	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90	90	90	100	100	90	100	80	100	80	50	1764	1508	3272	90%	98%	
<i>Engraulis encrasicolus</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	1500		1500	1%	0%	
<i>Epinephelus costae</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	0	1		1	1%	0%
<i>Epinephelus marginatus</i>	0	0	0	60	0	0	10	0	20	20	0	10	10	40	0	0	10	0	10	20	0	0	0	10	4	27	31	3%	16%	
<i>Labrus merula</i>	40	30	90	50	10	60	50	80	70	40	30	30	70	30	50	30	70	30	30	20	50	70	50	10	75	95	170	39%	53%	
<i>Labrus mixtus</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		1	1%	0%	
<i>Labrus viridis</i>	0	0	10	30	0	10	0	20	10	0	30	10	0	10	10	10	10	10	20	0	0	10	0	10	9	15	24	7%	12%	
<i>Mugil sp.</i>	0	0	0	0	10	20	0	0	0	10	20	20	0	10	0	0	0	20	0	0	0	10	10	0	67	39	106	5%	7%	
<i>Mullus surmuletus</i>	60	80	20	40	40	80	90	40	50	20	50	50	60	40	80	70	50	50	40	50	40	60	30	60	266	132	398	57%	48%	
<i>Muraena helena</i>	0	0	0	10	0	20	0	0	10	30	0	0	10	0	0	0	20	0	10	20	0	0	0	0	10	4	10	14	3%	8%
<i>Oblada melanura</i>	30	20	0	20	30	10	0	20	10	10	0	80	10	30	60	50	90	10	20	10	0	40	60	0	444	1174	1618	21%	31%	
<i>Pagellus erythrinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	4		4	2%	0%	
<i>Pagrus pagrus</i>	0	0	0	0	10	0	10	0	10	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	6	2%	3%
<i>Phycis phycis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	10	40	10	0	0	40	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0		14	14	0%	10%	
<i>Sarpa salpa</i>	40	40	0	30	30	30	10	0	20	30	50	50	10	20	60	10	30	20	40	70	20	60	40	0	573	1591	2164	23%	37%	
<i>Scorpaena notata</i>	10	0	0	0	0	10	10	0	0	10	10	0	0	0	20	10	0	0	10	10	0	0	0	0	0	5	6	11	4%	4%
<i>Scorpaena porcus</i>	0	10	0	0	10	20	0	20	0	0	10	10	0	20	10	10	10	0	0	20	0	10	0	0	0	9	11	20	6%	8%
<i>Scorpaena scrofa</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	0	10	0	0	0	40	0	0	10	0	10	10	0	10	0	0	0	2	10	12	2%	8%
<i>Seriola dumerili</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	2		2	1%	0%	
<i>Serranus cabrilla</i>	80	90	90	100	90	90	70	70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100	90	90	80	60	263	405	668	84%	99%	
<i>Serranus scriba</i>	0	20	0	0	0	0	0	70	20	0	0	20	10	0	0	0	10	10	10	10	0	30	30	0	20	10	30	12%	9%	
<i>Sparus aurata</i>	40	20	10	30	0	0	0	0	40	10	30	50	20	20	10	0	0	0	0	0	10	30	0	30	14	73	87	8%	22%	
<i>Sphyræna viridensis</i>	10	0	0	20	0	0	0	0	20	10	0	20	0	30	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	17	50	67	2%	9%	
<i>Spicara maena</i>	10	0	10	0	0	30	20	20	40	10	0	50	20	50	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	95	676	771	8%	17%
<i>Spicara smaris</i>	0	0	0	10	0	40	50	20	30	30	0	40	30	40	20	10	10	0	0	0	0	0	0	70	4164	1988	6152	16%	18%	
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0	0	0	20	0	10	0	20	0	0	0	0	10	20	20	10	10	0	0	0	10	20	0	10	12	15	27	5%	9%	
<i>Symphodus cinereus</i>	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	2		2	2%	0%	
<i>Symphodus dodereleini</i>	50	70	10	40	30	60	50	40	40	30	50	40	30	20	70	50	50	90	90	60	100	30	20	60	146	81	227	59%	40%	
<i>Symphodus mediterraneus</i>	10	70	40	90	90	50	90	70	60	70	70	40	70	60	80	70	90	90	50	80	90	70	50	70	190	195	385	67%	69%	
<i>Symphodus melanocercus</i>	50	20	40	90	60	70	60	70	70	40	30	0	70	20	90	10	60	80	70	30	50	70	50	40	122	189	311	53%	52%	
<i>Symphodus ocellatus</i>	30	60	70	10	10	30	10	30	20	20	60	0	0	0	20	30	20	90	60	30	70	90	70	30	161	79	240	43%	29%	
<i>Symphodus roissali</i>	30	20	70	0	10	60	0	40	40	30	30	10	0	0	10	0	10	60	40	0	70	80	30	10	73	64	137	31%	24%	
<i>Symphodus rostratus</i>	20	10	20	10	30	0	30	20	60	0	30	0	30	0	50	50	30	40	40	10	0	40	50	50	44	34	78	28%	24%	
<i>Symphodus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	4		4	1%	0%		
<i>Symphodus tinca</i>	70	90	100	60	50	50	80	90	90	10	80	40	80	0	80	70	100	100	50	50	60	90	80	80	281	265	546	73%	66%	
<i>Thalassoma pavo</i>	0	0	50	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	30	30	0	9	15	24	3%	9%	
																								29658	52136	81794				
RS totale/station	23	24	22	26	24	27	28	24	31	31	23	28	28	28	25	26	30	22	25	25	21	26	25	29	48	42	51			
RS moyenne/transect	11.3	11.4	11.4	12.9	10.3	12.3	12.2	11.7	13.7	12	11.4	12.5	12.1	13	13.1	11.1	13.5	12	11	10.9	11.4	13.7	11	11.8						
RS écart type	2.5	1.6	2.3	2.3	1.4	4.0	2.6	3.8	2.9	3.0	2.9	4.0	2.1	3.8	1.8	1.9	2.3	2.1	2.7	2.4	2.2	1.7	3.2	3.4						
Cv transects	22%	14%	20%	18%	14%	32%	21%	32%	22%	25%	25%	32%	17%	29%	14%	17%	17%	18%	25%	22%	19%	12%	29%	29%						
RS max/transect	15	14	14	17	12	18	18	1																						

4.2.2 Richesse spécifique

Au total 51 taxons (49 espèces et les mugilidés, ainsi que *Symphodus* sp. pour 4 jeunes labres non identifiés) ont été recensés dans le suivi à T0+3, dont 48 dans les stations HZNP et 42 dans les ZNP. La richesse spécifique moyenne (taxons vus par transect) est comprise entre 10.3 et 13.7 taxons par transect. Les stations présentant la plus grande richesse spécifique moyenne sont situées en ZNP : S09-Moyades, S14-Grand Conglue, S15-Sormiou, S17-Devenson et S22-Cap Soubeyrane.

La Rs moyenne est significativement différente selon le mode de gestion en 2016 ($F=9.2$, $p<0.01$, ***) comme en 2013 ($F=20.35$, $p<0.001$, ***).

La Rs n'est pas significativement différente entre la côte et les îles ($F=0.09$, $p>0.5$, ns en 2016 ; $F=0.07$, $p>0.5$, ns en 2013).

La Rs moyenne est plus élevée qu'en 2013 dans presque toutes les stations, hors ZNP et en ZNP, sur la côte comme sur les îles (Figure 12 ; Figure 13).

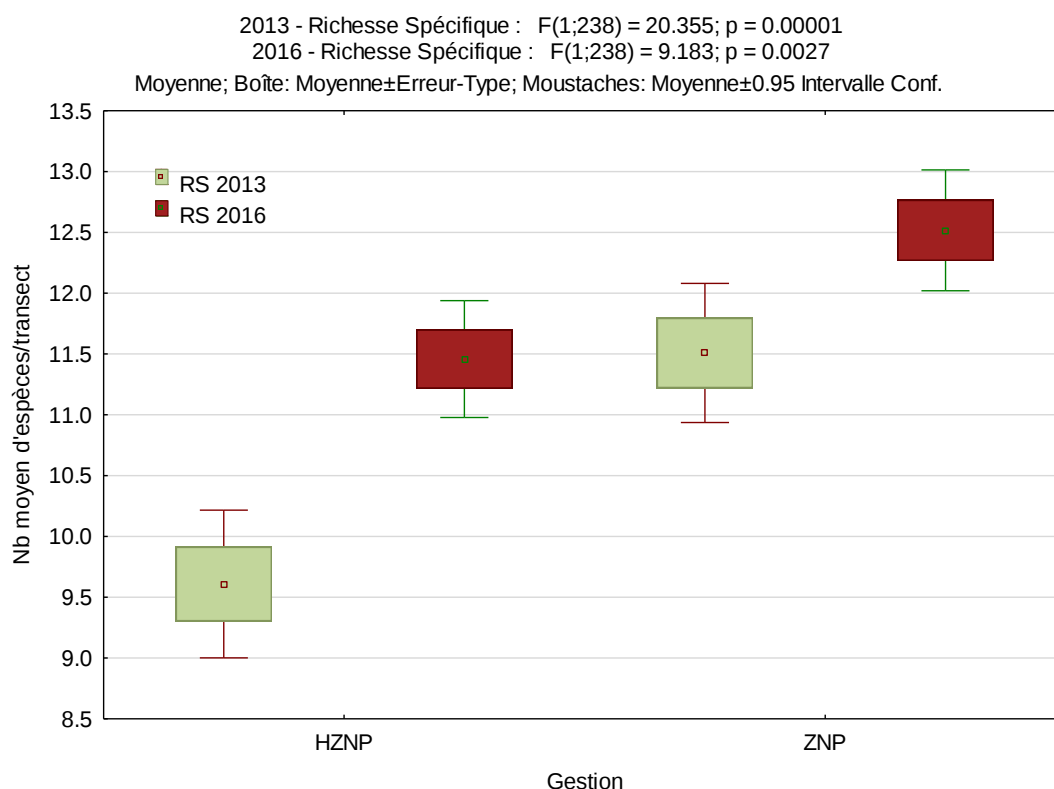


Figure 12. Richesse spécifique moyenne de poissons dans les transects selon les modes de gestion en 2013 et en 2016.

Tableau 13. Richesse spécifique moyenne (Rs moy) et écart type (Rs ect), ainsi que coefficient de variation (Cv) et nombre maximal d'espèces rencontrées sur un transect (Rs max) dans les différentes stations pour les recensements visuels par transect dans le PNCaI à T0+3. Ces variables sont également calculées pour ZNP vs.HZNP et côte vs. îles.

		2016				2013			
	Station	Rs moy	Rs ect	Cv(%)	Rs max	Rs moy	Rs ect	Cv	Rs max
Hors ZNP	S01_Tiboulén_Frioul	11.3	2.5	22%	15	7.3	3.0	41%	11
	S02_Frioul_Cambrettes	11.4	1.6	14%	14	9.2	3.6	39%	18
	S05_Tiboulén_Maire	10.3	1.4	14%	12	9.1	2.6	29%	13
	S06_Fromages	12.3	4.0	32%	18	11.6	4.5	39%	19
	S07_Jarre_Briançon	12.2	2.6	21%	18	9.3	3.1	33%	14
	S08_Plateau_Chèvres	11.7	3.8	32%	18	9.5	4.1	43%	16
	S16_Ouest_Figuiér	11.1	1.9	17%	14	7.7	2.9	38%	12
	S18_Calanque_l'Oule	12.0	2.1	18%	15	12.1	2.9	24%	15
	S19_En_Vau	11.0	2.7	25%	16	8.1	2.1	26%	13
	S21_Phare_Cassidaigne	11.4	2.2	19%	15	9.1	2.1	23%	12
	S23_Soubeyrane	11.0	3.2	29%	15	11.5	3.1	27%	17
	S24_Ile_Verte_Roustaud	11.8	3.4	29%	15	10.8	2.8	26%	16
ZNP	S03_Planier	11.4	2.3	20%	14	10.2	2.3	22%	14
	S04_Veyron	12.9	2.3	18%	17	8.4	2.4	28%	12
	S09_Moyades	13.7	2.9	22%	17	13.7	2.0	15%	17
	S10_Sud_Riou	12.0	3.0	25%	18	10.9	1.9	18%	14
	S11_Plane	11.4	2.9	25%	16	13.8	2.9	21%	18
	S12_Cortiou	12.5	4.0	32%	19	7.7	1.8	23%	10
	S13_Nord_Caramassaigne	12.1	2.1	17%	16	13.2	3.4	26%	18
	S14_Grand_Conglue	13.0	3.8	29%	20	11.9	3.3	28%	17
	S15_Sormiou_Réserve_Falco	13.1	1.8	14%	15	11.3	1.9	17%	14
	S17_Devenson	13.5	2.3	17%	17	14.2	2.7	19%	19
	S20_Pointe_Cacau	10.9	2.4	22%	16	10.1	2.6	26%	14
	S22_Cap_Soubeyrane	13.7	1.7	12%	16	12.7	2.6	20%	16
	Total général	12.0	2.8	23%	20	10.6	3.4	32%	19
	Hors-ZNP	11.5	2.7	23%	18	9.6	3.4	35%	19
	ZNP	12.5	2.8	22%	20	11.5	3.2	27%	19
	Côte	12.1	2.8	23%	19	10.5	3.4	32%	19
	Îles	11.9	2.7	23%	20	10.6	3.4	32%	19

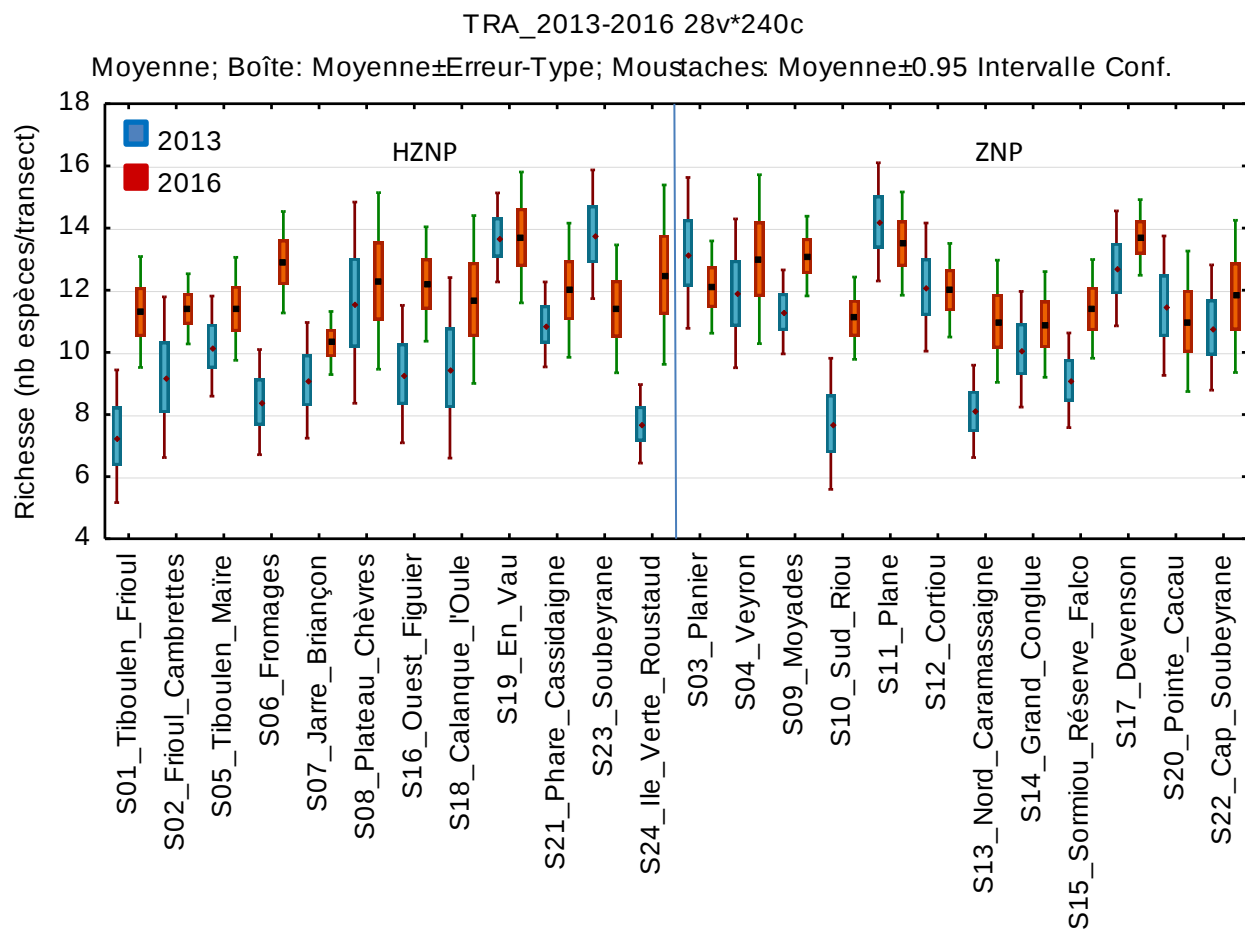


Figure 13. Richesse spécifique moyenne par station des poissons recensés dans le PNCal à T0 et T0+3 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

La richesse spécifique moyenne est plus élevée qu'en 2013 dans la plupart des stations sauf à Soubeyrane, à Planier, à Plane et à la pointe Cacau. Dans ces stations, la diminution du nombre d'espèces est plutôt liée à l'échantillonnage : quelques espèces non rencontrées cette année dans les transects, car dans toutes les stations le nombre d'espèces cibles est en progression (voir paragraphe dédié aux espèces cibles).

4.2.3 Composition du peuplement par familles

Alors que le peuplement de l'état initial présentait de fortes densités de labridés, 3 ans après, le cortège d'espèces s'est diversifié au profit d'autres familles telles que mugilidés, mullidés, phycidés et serranidés. Si la biomasse moyenne de labridés n'a guère changé, les individus sont de plus grande taille et la biomasse des mugilidés a été multipliée par 3, celle des mullidés par 1.8 et celle des sparidés a augmenté (x1.2).

Tableau 14. Evolution des densités et des biomasses des principales familles (hors espèces planctonophages) depuis la création du PNCal.

	T0 - 2013		T0+3 - 2016		Facteur d'augmentation	
Espèce	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	X 0.7	X 1
Mugilidés	0.1	40	0.4	149	X 3.4	X 3.8
Mullidés	0.8	57	1.3	103	X 1.6	X 1.8
Phycidés	0.01	3	0.05	21	X 4.7	X 6.9
Serranidés	2	478	2.4	760	X 1.2	X 1.6
Sparidés	23.7	5410	23.3	6600	X 1	X 1.2

4.2.4 Densité

La densité moyenne de poissons entre 5 et 20 m dans le site d'étude est de 273 ± 446 individus pour 100 m² en 2016 contre 178 ± 174 individus en 2013. La différence de densité est très significative entre les deux années de suivi (test de Wilcoxon pour échantillons appariés, $Z=2.95$, $p=0.003^{**}$).

A T0, la densité moyenne était de 145 ± 134 individus HZNP contre 211 ± 201 dans les ZNP. Cet écart s'est accentué, 3 ans après, avec une densité moyenne de poissons en 2016 de 198 ± 279 HZNP et 348 ± 557 dans les ZNP.

Densité moyenne/100 m ²	2013	2016	Evolution
Zone d'étude PNCal + AMA	178 ± 174	273 ± 446	X 1.5
HZNP	145 ± 134	198 ± 279	X 1.4
ZNP	211 ± 201	348 ± 557	X 1.6
Côte	128 ± 114	180 ± 205	X 1.4
Iles	213 ± 199	339 ± 549	X 1.6

La densité moyenne de poissons est significativement différente entre les zones de gestion en 2016 comme en 2013 (Figure 14).

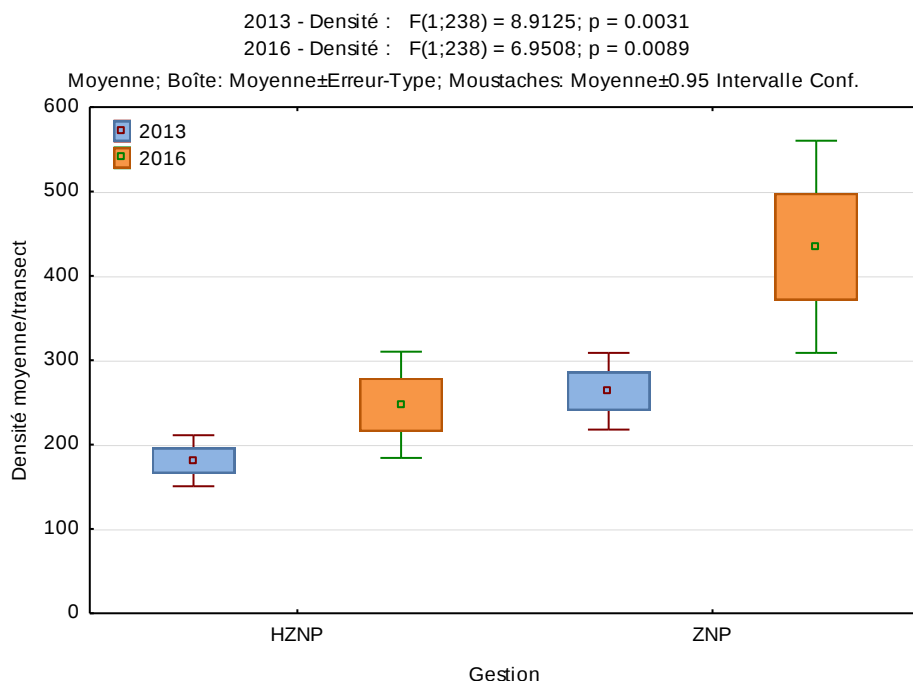


Figure 14. Densité moyenne de poissons dans les transects selon les modes de gestion en 2013 et en 2016.

La densité moyenne de poissons est également significativement différente selon la localisation des stations en 2016.

ANOVA (dl=239)	Localisation côte/îles
2013	$F=14.68$, $p < 0.001$,***
2016	$F= 7.57$, $p < 0.01$,**

Les 10 comptages réalisés par station ont été cumulés (somme des abondances et des biomasses par réplicat) 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) sont reportées pour visualiser l'évolution en 3 ans pour chaque station et pour chaque mode de gestion.

Les effectifs cumulés font apparaître une augmentation de la densité des poissons dans 15 stations sur 24 explorées. Hors ZNP, davantage de stations présentent une augmentation des effectifs de poissons (Figure 15) comme Jarre-Briançon, Ouest figuier, Cassidaigne, Soubeyrane, Ile Verte. Dans les ZNP, la plupart des stations ont des effectifs en progression par rapport à 2013.

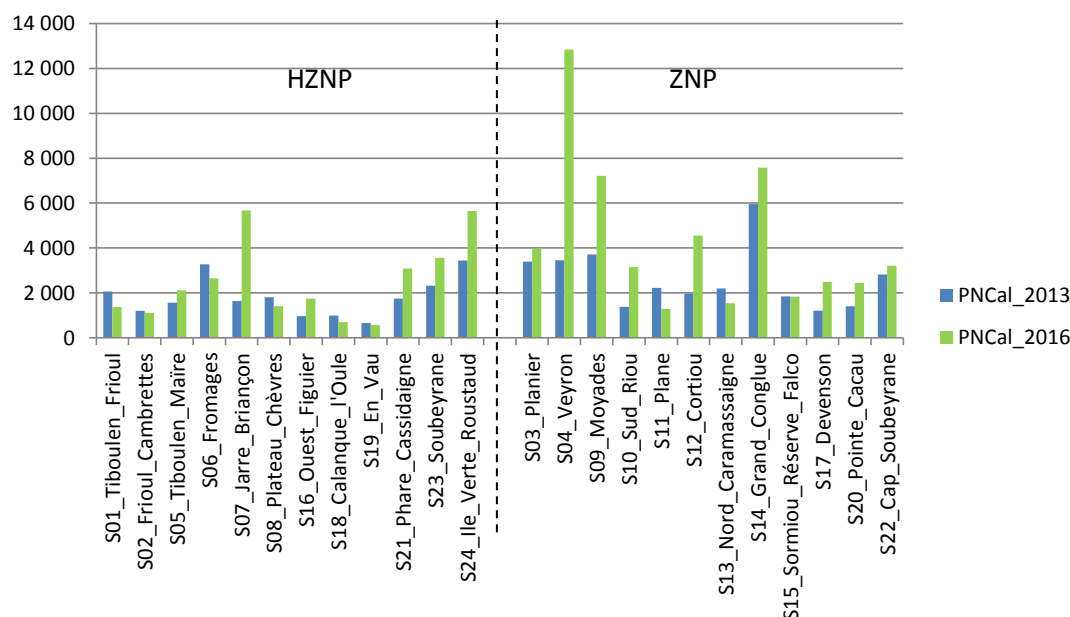


Figure 15. Effectifs cumulés (nb de poissons) par station des poissons recensés dans le PNCaI à T0 et T0+3 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Malgré les efforts déployés dans le choix des stations afin qu'elles soient le plus homogène possible en profondeur et caractéristiques d'habitat, les recensements réalisés au moment de l'état zéro faisaient déjà apparaître une différence significative entre ZNP et HZNP. Cette différence provient de la situation (îles/côte) et de la géomorphologie des stations (proximité de fonds remarquables, rugosité, complexité) qui confère à leurs habitats le qualificatif de fonds 'remarquables'. Ainsi, le nombre et la biomasse de poissons observés étaient déjà supérieurs dans les ZNP en 2013. Après 3 ans de gestion, les densités de poissons ont augmenté aussi bien dans les ZNP qu'en dehors. L'augmentation des effectifs est proportionnellement plus importante dans les ZNP qu'en dehors.

Les valeurs des densités moyennes par station sont reportées en annexe pour les deux campagnes de 2013 et 2016 par transect et pour 100 m².

4.2.5 Biomasse

La biomasse moyenne de poissons dans le site d'étude est de 11.2 ± 16.9 kg pour 100 m² en 2016 contre 7.8 ± 15 kg en 2013, elle est très significativement différente entre les deux périodes (test de Wilcoxon pour échantillons appariés, $Z=4.40$, $p<0.001^{***}$). A T0 la biomasse moyenne était de 5.1 ± 5.3 kg en HZNP contre 10.5 ± 20.3 kg dans les ZNP. Cet écart s'est accentué, 3 ans après, avec une biomasse moyenne de poissons en 2016 de 7.0 ± 8 kg pour 100 m² HZNP et 15.4 ± 21.9 kg pour 100 m² dans la ZNP.

Biomasse moyenne kg/100 m ²	2013	2016	Evolution
Zone d'étude PNCal + AMA	7.8 ± 15.0	11.2 ± 16.9	x 1.4
HZNP	5.1 ± 5.3	7.0 ± 8.0	x 1.4
ZNP	10.5 ± 20.3	15.4 ± 21.9	x 1.5
Côte	4.1 ± 3.6	8.1 ± 10.0	x 2
Iles	10.4 ± 19.0	13.4 ± 20.3	x 1.3

Les différences de biomasse selon le mode de gestion sont hautement significatives en 2016 comme déjà en 2013 (Figure 16).

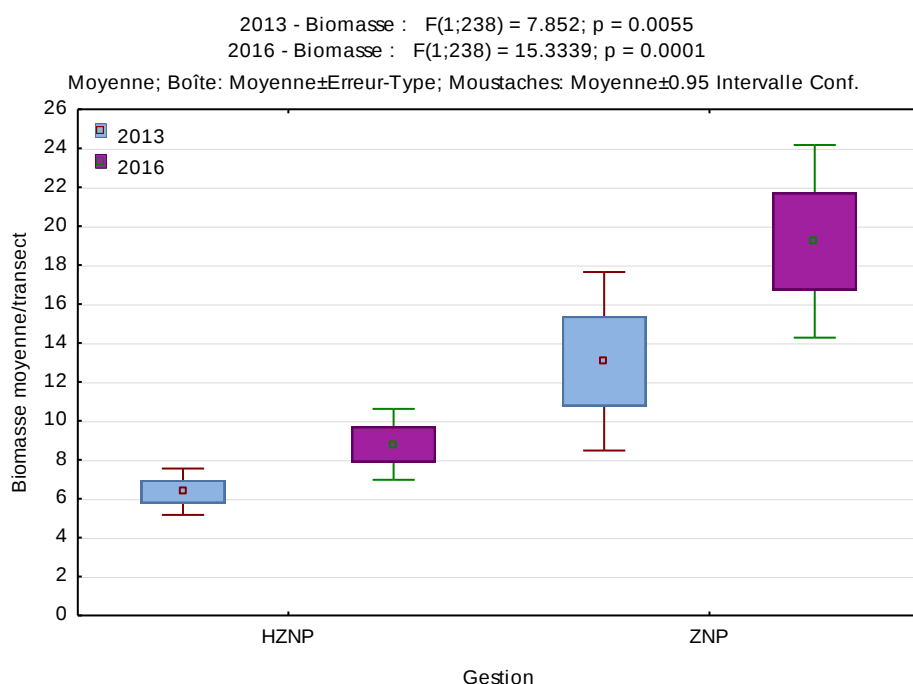


Figure 16. Biomasse moyenne de poissons (kg/transect) selon les modes de gestion en 2013 et en 2016.

La différence de biomasse selon la localisation (côte/îles) est très significative en 2016. Elle était déjà significative en 2013.

ANOVA (dl=239)	Localisation côte/îles
2013	$F=10.65$, $p < 0.01$, **
2016	$F= 5.77$, $p < 0.05$, *

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 : Frioul Cambrettes (HZNP), Moyades et Nord Caramassaigne (ZNP). Les stations Veyron, Cortiou et Grand Conglue ont vu leur biomasse augmenter de plus du double par rapport à 2013 (Figure 17).

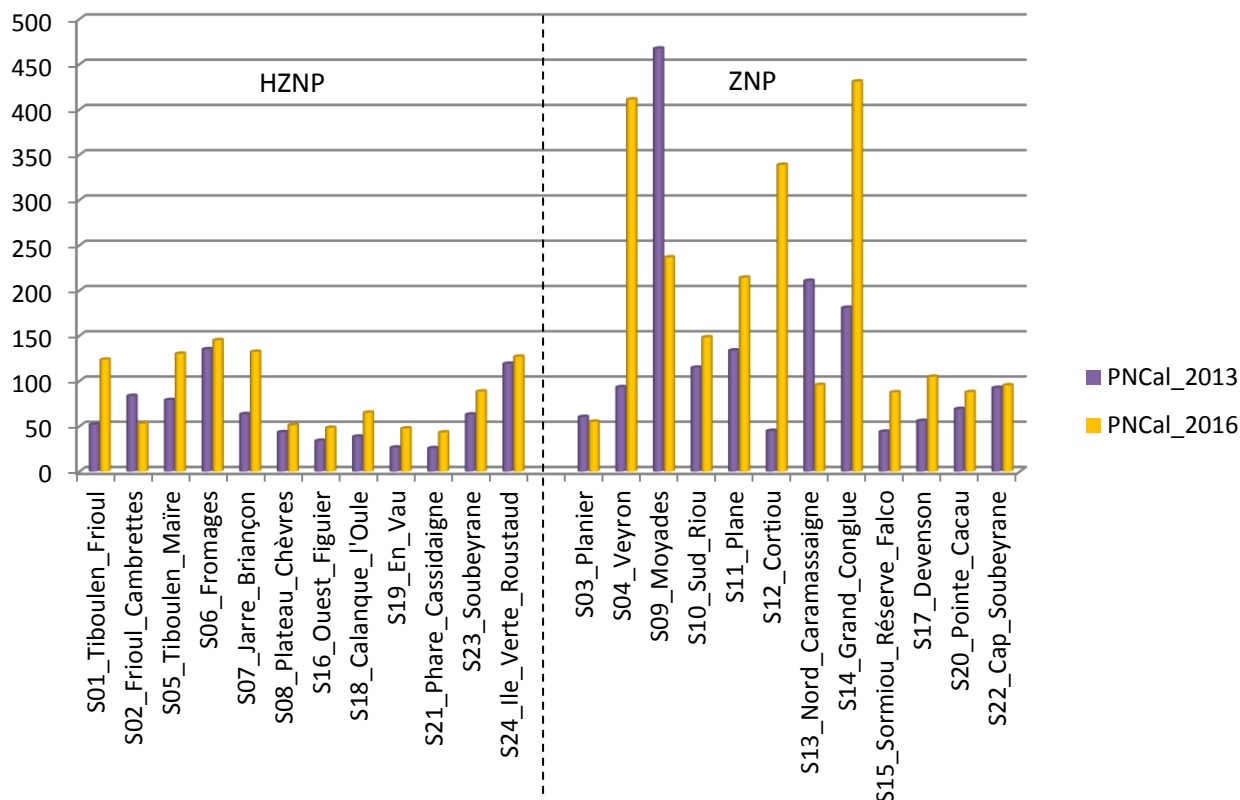


Figure 17. Biomasses cumulées (kg) par station des poissons recensés dans le PNCal en 2013 à T0 et en 2016 à T0+3 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Trois 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 17).

Les valeurs des biomasses moyennes par stations sont reportées en annexe pour les deux campagnes de 2013 et 2016 par transect et pour 100 m².

4.2.6 Classement des stations entre 5 et 25 m d'après leur peuplement total

Une classification hiérarchique ascendante des stations a permis de regrouper les stations qui présentent des peuplements de poissons similaires (Figure 18). Les stations ont été classées en fonction de la composition spécifique de la biomasse calculée à partir du peuplement total (toutes espèces prises en compte).

Les stations les plus proches sur le dendrogramme présentant une distance équivalente ont une forte similarité. Plus la distance est faible, plus la similarité est forte :

- Les plus courtes distances d'agrégation sont observées entre les stations Frioul-Cambrette, En Vau et Calanque de l'Oule (0.77), stations HZNP qui constituent le **groupe 1**. Les plus petites distances les plus proches vont y agréger les stations Sormiou-réserve Falco (ensemble = 1.16), Nord Caramassaigne et Cap Soubeyrane (ensemble = 1.32), qui pourtant sont situées en ZNP ;
- les stations Phare Cassidaigne et Planier sont très proches l'une de l'autre (1.52) et proches aussi des deux stations Plateau des chèvres et Ouest Figuiier au peuplement similaire (1.57) ;

- l'ensemble **groupe 1** et Sormiou, Nord Caramassaigne, Cap Soubeyrane, Plateau des chèvres, Ouest Figuier et Phare Cassidaigne compte des distances comprises entre 1.90 et 2.87 ;
- les stations Soubeyrane, Pointe Cacau, Sud Riou, Devenson ont des caractéristiques très voisines ;
- les stations Tiboulén de Maire et Tiboulén du Frioul se distinguent du groupe 1 et se trouvent liées au groupe Frioul-Cambrette, En Vau, Calanque de l'Oule, Sormiou-Falco, Nord-Caramassaigne, Cap Soubeyrane, Plateau des chèvres, Ouest Figuier, Phare Cassidaigne, Planier, Soubeyrane, Pointe Cacau, Sud Riou, Devenson à une distance de 3.39 ; l'ensemble constitue le **groupe 2** ;
- la distance de ce dernier regroupement avec île Verte-Roustaud est de (3.61), avec Fromages (3.77), avec Moyades (4.31) et avec Jarre-Briançon (5.03) ;
- les peuplements de poissons des stations Cortiou et Plane ont des caractéristiques similaires liées à des conditions environnementales proches et forment le **groupe 3** ; la distance d'agrégation moyenne entre ces deux stations et celles du groupe 2 est de 9.36 ;
- la station du Veyron se distingue des 3 groupes précédents. Située en ZNP cette station a une grande valeur grâce à son éloignement de la côte et à la complexité de son habitat qui a permis à une espèce emblématique comme le mérou de se maintenir de façon remarquable ;
- enfin, la station Grand Conglue se distingue de toutes les autres probablement en raison de sa grande diversité d'espèces et des fortes biomasses qui y sont observées. C'est en tous points une station de référence pour le PNCal par l'ancienneté de la protection dont elle bénéficie, et par sa localisation et ses caractéristiques géomorphologiques, qui ont déjà imprimé sur son peuplement une forte empreinte de la protection : on y voit en quantité et en taille des poissons qu'on ne voit pas ailleurs.

Globalement, les faibles distances d'agrégation qui lient les stations du groupe 2 montrent de fortes similitudes dans leurs peuplements, ce qui est cohérent avec l'homogénéité des habitats recherchée dans le choix des stations.

Certains regroupements n'ont pas changé depuis l'état initial (regroupement fait à partir des espèces cibles) :

- les stations Fromage et Ile Verte Roustaud étaient déjà groupées lors de l'état initial par la similarité de leur peuplement d'espèces cibles ; des biomasses exceptionnelles de ces espèces y sont régulièrement observées ; ces stations se trouvent moins isolées en 2016 et forment avec Moyades et Jarre Briançon un groupe de stations intermédiaires entre le groupe 2 et les situations particulières que constituent les stations Plane-Cortiou/Veyron et Grand Conglue ;
- les stations Veyron, Moyades, Fromages, île Verte et Grand Conglue continuent à se distinguer du regroupement principal de stations par la qualité de leur peuplement et des biomasses de poissons qu'on y observe ;
- les stations Tiboulén du Frioul et Tiboulén de Maire sont proches du groupe 2 mais ont des caractéristiques qui les distinguent des autres stations.

Parmi les changements il faut noter :

- la station nord Caramassaigne ne se distingue plus du groupe principal de stations que l'on pourrait qualifier de 'typique' ou représentatif des calanques ;
- la station Jarre-Briançon sort du lot cette année pour rejoindre Moyades et Fromages.

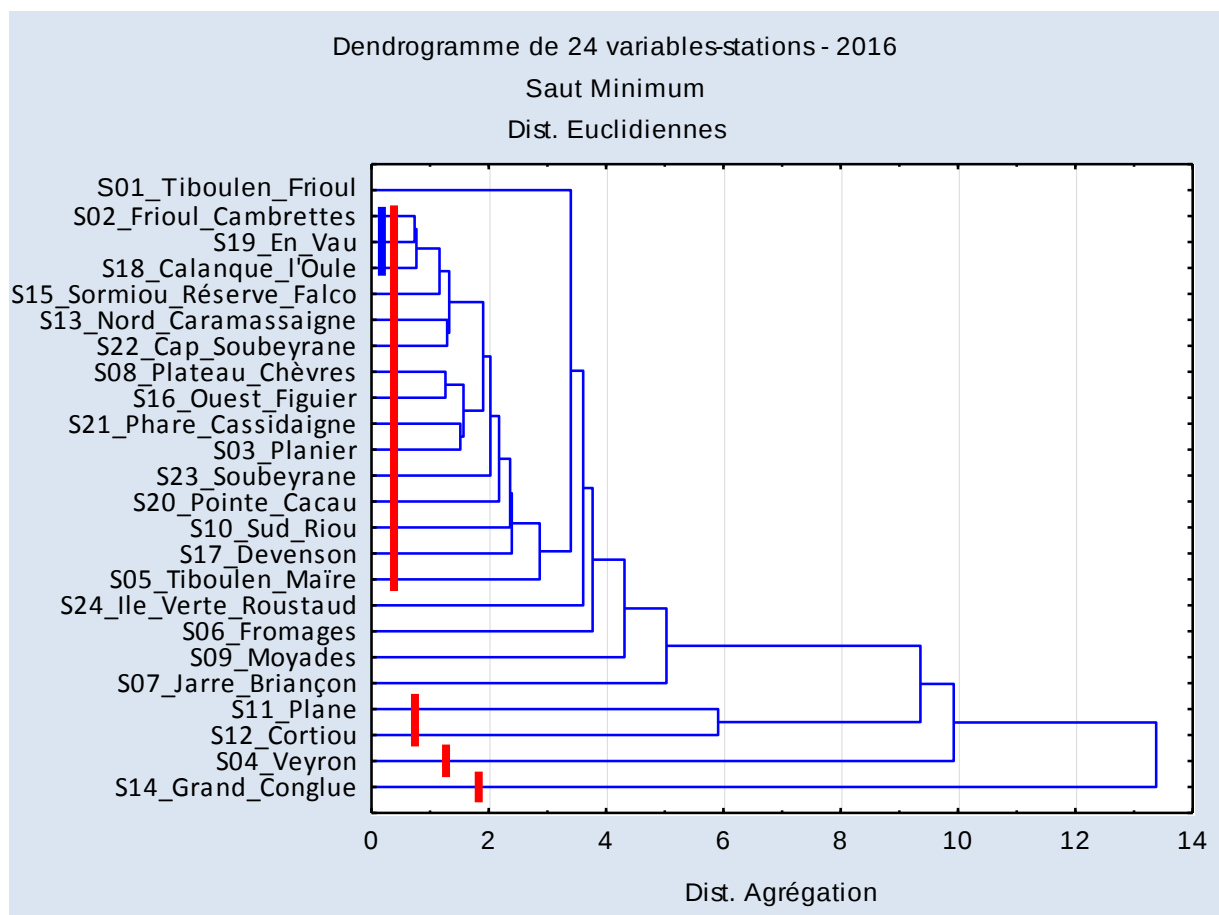


Figure 18. Classification des stations en fonction de la composition spécifique de la biomasse totale observée (TRA) à T0+3, en 2016.

4.3 Peuplement de poissons hors 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 barbières *A. anthias* ont été vus dans les stations les plus profondes (proche du circalittoral) et où le relief est plus accidenté aussi (Veyron, Sud Riou, Grand Conglue, Ile Verte).

L'évolution de la proportion de planctonophages dans les 8 stations échantillonnées selon le même protocole en 2008, en 2013 et en 2016 montre la variation annuelle de l'importance des planctonophages par rapport au reste du peuplement Figure 19. En 2016, la proportion de ces espèces était nettement plus élevée que lors des deux évaluations précédentes (x 2).

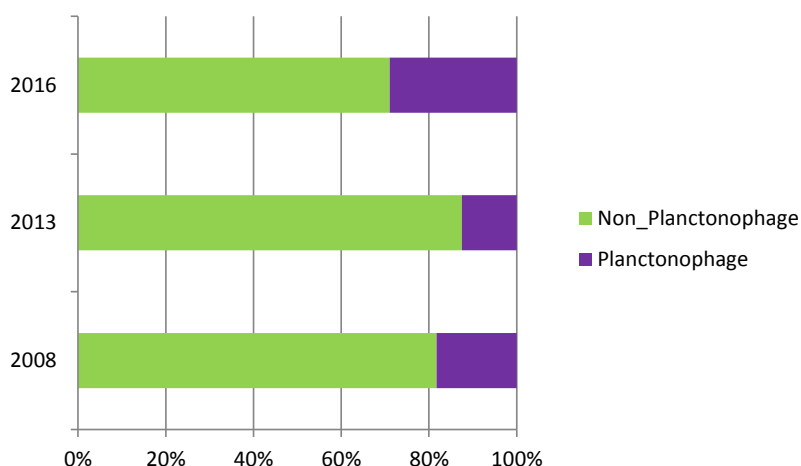


Figure 19. Proportion des espèces planctonophages dans le peuplement de poissons du parc national des Calanques.

Entre 2016 et 2013 l'abondance des castagnoles (*Chromis chromis*) a été multipliée par 2 et leur biomasse par 2.4 ; l'abondance des bogues (*B. boops*) a été multipliée par 0.5 et leur biomasse par 0.9 ; l'abondance des oblades a été multipliée par 3.4 et leur biomasse par 4.2 ; l'abondance des *Spicara* spp. a été multipliée par 3.4 et leur biomasse par 3.3.

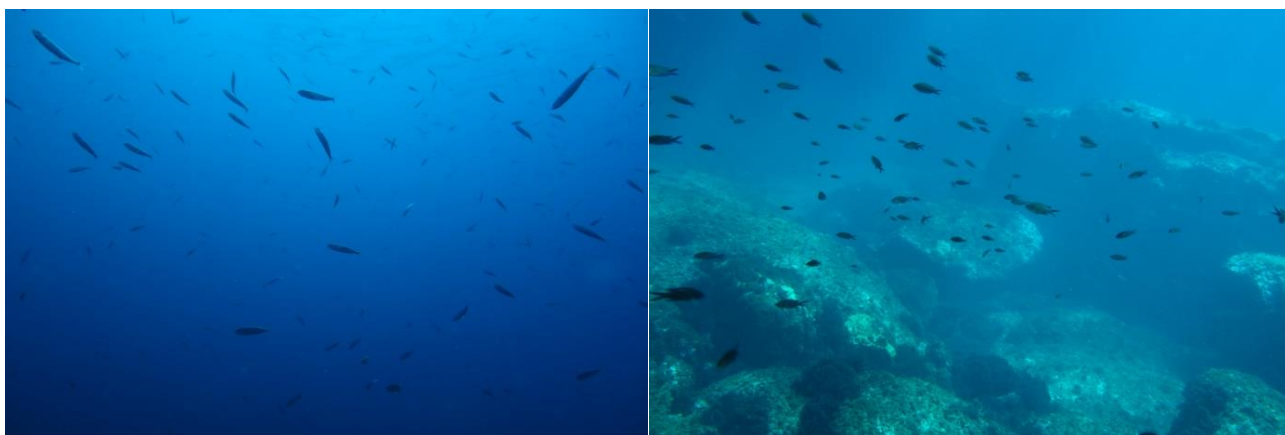


Figure 20. Poissons planctonophages : à gauche *Spicara* sp. et à droite *Chromis chromis*.

Les conditions environnementales ont donc profité ces dernières années à l'ensemble des espèces planctonophages, particulièrement aux castagnoles et surtout aux mendoles et picarels, alors que les bogues *Boops boops* sont plutôt en diminution (Tableau 15).

Tableau 15. Evolution des densités et des biomasses/100 m² des principales espèces de planctonophages depuis la création du PNCal.

	T0 - 2013		T0+3 - 2016	
Espèce	Densité/100 m ²	Biomasse g/100 m ²	Densité/100 m ²	Biomasse g/100 m ²
<i>Anthias anthias</i>	11	169	28	381
<i>Boops boops</i>	14	254	7	231
<i>Chromis chromis</i>	73	497	143	1176
<i>Oblada melanura</i>	2	136	5	577
<i>Spicara spp.</i>	7	134	23	442

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

4.3.1 Densités réduites

Le résultat des comptages par transect fait apparaître une diminution globale des effectifs en poissons dans la quasi-totalité des stations (22/24), qu'elles soient situées en ZNP ou en dehors (différence très significative entre années, test de Wilcoxon pour échantillons appariés, $Z=3.23$, $p=0.0012^{**}$). Il n'y a qu'au Veyron et à Cortiou que le nombre de poissons recensés (hors espèces planctonophages) a augmenté en 2016 par rapport à 2013 (Figure 21).

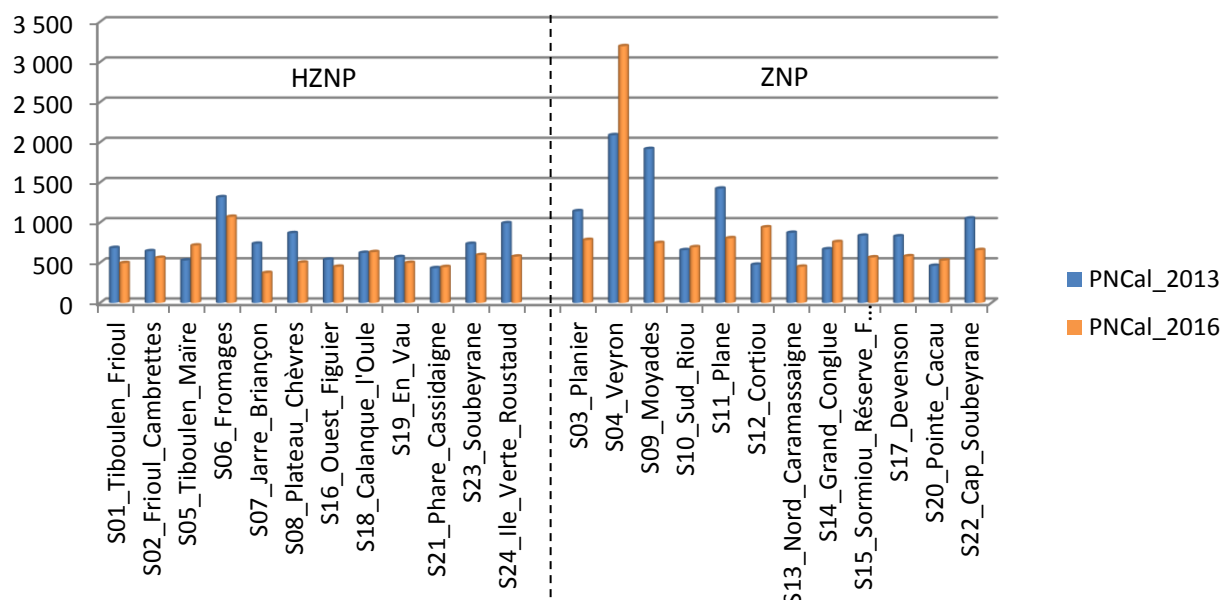


Figure 21. Effectifs cumulés (nb de poissons) par station des poissons (planctonophages non pris en compte) recensés dans le PNCaI à T0 et T0+3 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Les espèces sont rangées par ordre décroissant d'abondance dans la Figure 22. Celles qui dominent le peuplement sont les mêmes qu'en 2013 : la girelle (*Coris julis*), les sars (*Diplodus* spp.) et les saupes (*Sarpa salpa*), ainsi que le serran chèvre (*Serranus cabrilla*). Le rouget (*Mullus surmuletus*) occupe le septième rang.

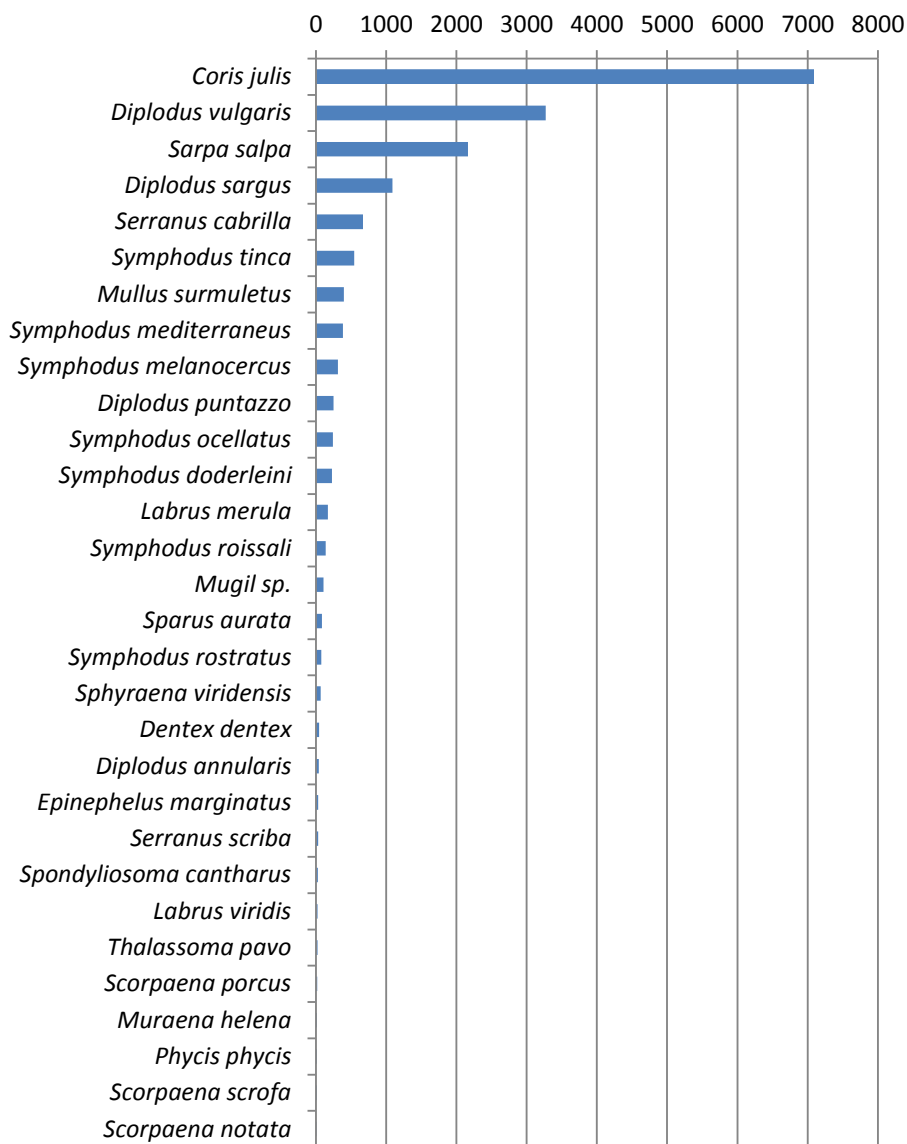


Figure 22. Espèces dominantes du peuplement de poissons des Calanques en abondance (total hors espèces planctonophages). Abondances cumulées (nb) par espèces dans les recensements par comptages visuels dans le PNCal à T0+3 (comptages par transects, 5-25 m, 24 stations).

L'évolution du peuplement de poissons apparaît donc sous un tout autre jour avec une diminution globale des densités réduites en ZNP comme HZNP. Cette différence d'évolution par rapport à celle du peuplement global nous permet de mettre en évidence des variations temporelles des peuplements locaux n'ayant pas de rapport avec le changement du régime de gestion et donc 'l'effet réserve' que l'on souhaite mettre en évidence. L'augmentation de l'abondance des planctonophages entre 2013 et 2016, masque donc dans l'analyse du peuplement global une diminution des effectifs des autres espèces, dont les espèces cibles de la pêche (Figure 23).

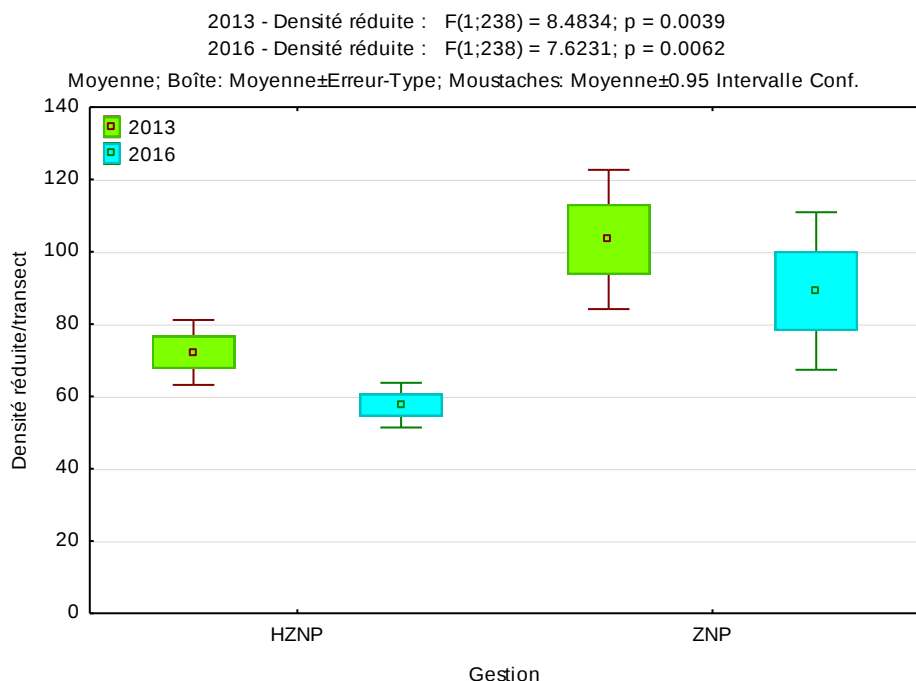


Figure 23. Densité réduite moyenne de poissons dans les transects selon les modes de gestion en 2013 et en 2016.

4.3.2 Biomasses réduites

Une majorité de stations présentent une biomasse de poissons hors planctonophages en augmentation par rapport à 2013 (16 stations sur 24)(différence très significative entre années, test de Wilcoxon pour échantillons appariés, $Z=3.24$, $p=0.0012^{**}$). Hors ZNP, ce sont les stations Frioul Cambrette, les Fromages et Jarre-Briançon qui voient leur biomasse diminuer. Dans les ZNP, des diminutions de biomasse sont quand-même à constater à Planier, Moyades, Nord Caramassaigne et Cap Soubeyrane (Figure 24). La diminution à Planier et Cap Soubeyrane n'est pas significative. En 2013, les biomasses étaient particulièrement importantes à Moyades en raison de la présence de nombreuses saupes sur le lieu du comptage. Néanmoins, ces stations seront à surveiller à l'avenir en l'absence de progression de la biomasse.

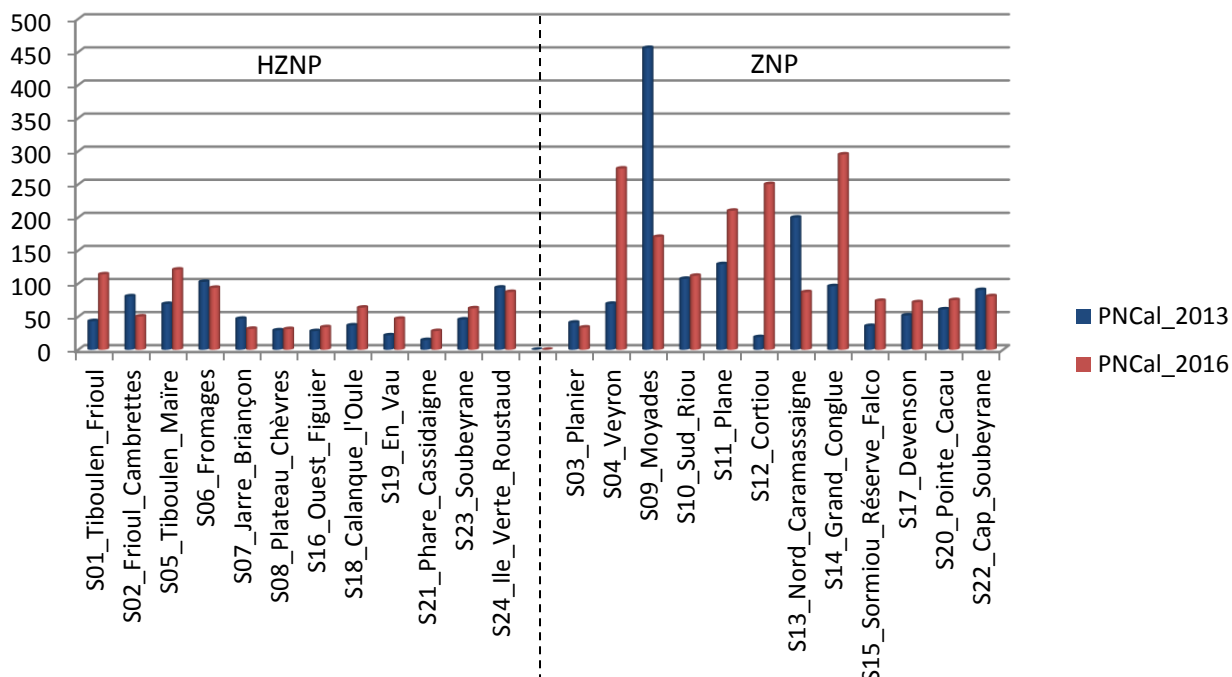


Figure 24. Biomasses cumulées (kg) par station des poissons (planctonophages non pris en compte) recensés dans le PNCaI à T0 et T0+3 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Les espèces contribuant majoritairement à la biomasse de poissons échantillonnés par comptages visuels sont les saupes, les sars et le mérrou brun (Figure 25) ; ensuite, par ordre décroissant d'importance : le denti *Dentex dentex*, le sar à museau pointu *D. puntazzo* et la girelle *C. julis* malgré sa petite taille.

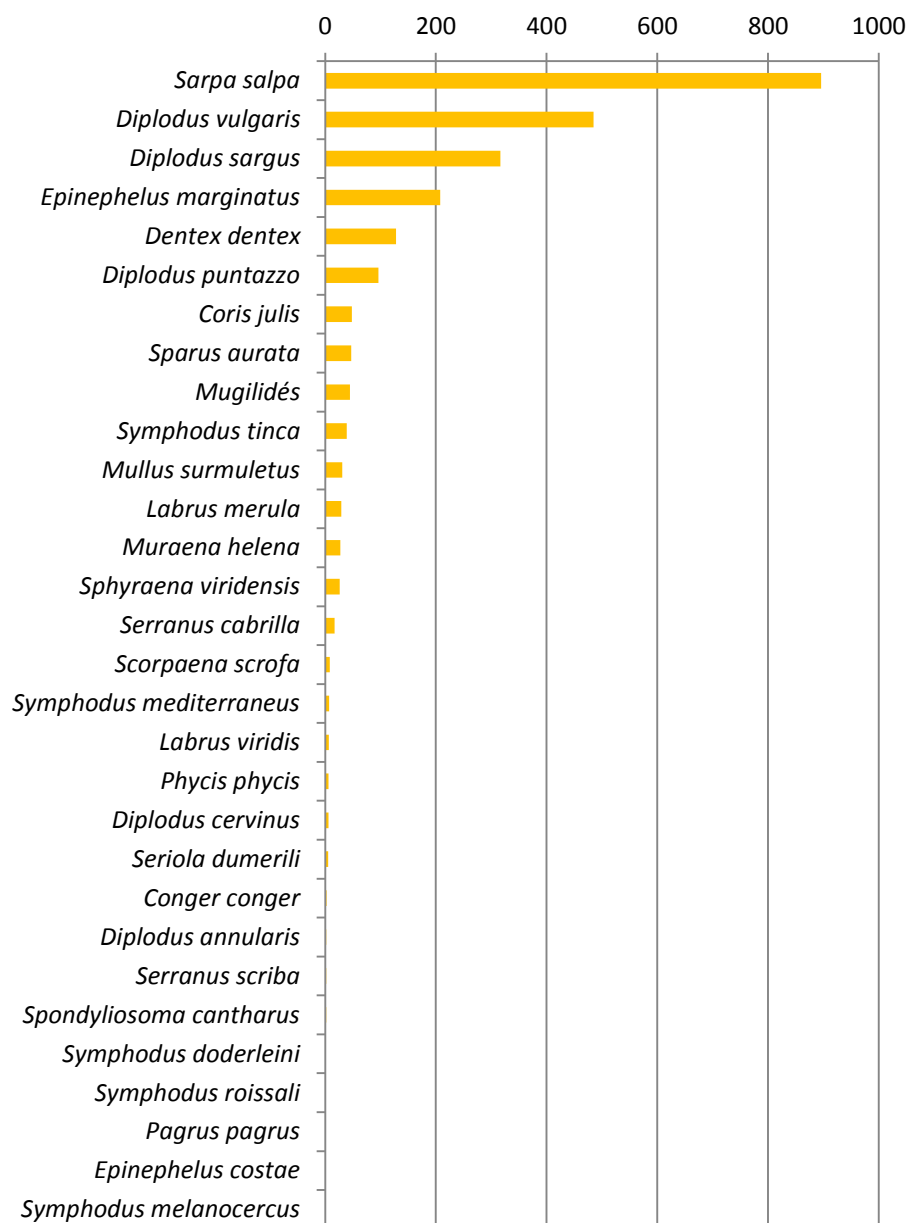


Figure 25. Espèces dominant le peuplement de poissons des Calanques en biomasse (total kg, hors espèces planctonophages). Biomasse cumulée par espèce dans les recensements par comptages visuels dans le PNCaI à T0+3 (comptages par transects, 5-25 m, 24 stations).

Globalement la biomasse réduite a augmenté depuis 3 ans dans les ZNP comme en dehors, ce qui est plutôt une bonne nouvelle (Figure 26). Etant donné que les effectifs ont diminué partout, il y a davantage de grands individus au moment du comptage en 2016 qu'en 2013, aussi bien hors ZNP que dans les ZNP. La tendance à la progression des biomasses en dehors des ZNP est marquée et c'est plutôt un bon signe : celui de la présence d'individus de taille plus grande et donc potentiellement un effet positif des mesures de gestion même en dehors des ZNP. Cela doit être éclairé par une analyse plus fine des espèces et de leurs classes de taille qui induisent cette tendance.

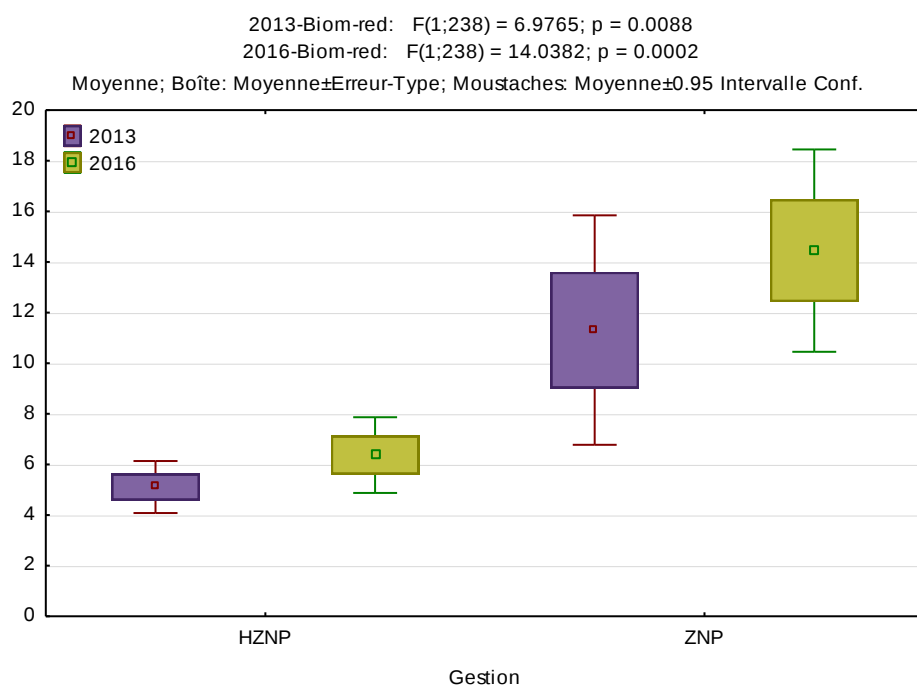


Figure 26. Biomasse réduite moyenne de poissons (kg/transect) selon les modes de gestion en 2013 et en 2016.

Les valeurs des densités et des biomasses moyennes réduites par station sont reportées en annexe pour les deux campagnes de 2013 et 2016 par transect et pour 100 m².

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

4.4.1 Liste et occurrence des espèces

La liste des espèces (37 taxons au total) observées à chaque station en 2016, la richesse spécifique moyenne et totale et le coefficient de variation de la richesse spécifique sont donnés pour chaque station dans le

Tableau 16. Les fréquences d'occurrences exprimées en pourcentage de présence dans les comptages (10 comptages par station) permettent d'analyser la fréquence d'observation de chaque espèce dans les différentes stations du suivi.

La richesse spécifique totale varie de 15 à 24 taxons, elle est la plus élevée aux stations Château d'If (n = 24), Pierres tombées (n = 24), Planier (n = 20) et Mugel (n = 22).

Les espèces présentes à toutes les stations et dans presque tous les comptages en abondance sont : *Chromis chromis*, *Coris julis*, *Diplodus puntazzo*, *D. sargus*, *D. vulgaris*, *Oblada melanura*, *Sarpa salpa*, *Symphodus ocellatus*, *S. roissalis*, *S. tinca* et *Talassoma pavo*.

Parmi les espèces emblématiques, le mérou *Epinephelus marginatus* a été vu contre toute attente au Château d'If et à Samena. Comme en 2013, aucun corb n'a été dénombré lors des comptages en zone superficielle.

Des pagres ont été observés à Soubeyrane HZNP.

Parmi les espèces les plus présentes : les labridés totalisent 10 espèces très présentes dont les girelles *Coris julis*, les planctonophages (castagnoles *C. chromis* et oblades *O. melanura*) et les saupes *S. salpa*.

Le coefficient de variation est plus élevé aux stations Planier, Sablière, Devenson, Cap Soubeyrane et Mugel. Ce sont aussi des stations où la richesse spécifique est élevée.

Le coefficient de variation atteint 30% pour les stations en ZNP contre 22% hors ZNP. Les chances d'y rencontrer des espèces plus rares, des prédateurs de haut niveau, par exemple, y sont plus grandes. Ces stations sont aussi caractérisées par une localisation ou une configuration particulière telles que Planier, situé au large ou Mugel dans une calanque.

La richesse spécifique totale est égale à 30 taxons pour les stations en cœur de Parc, qu'elles soient en ZNP ou en dehors et à 25 taxons pour l'AMA (stations Frioul et Château d'If). Le nombre moyen d'espèces par comptage est plus élevé dans les stations en ZNP qu'en dehors.

Tableau 16. Liste et occurrence par réplicat des espèces observées entre 0 et 5 m (PMT) dans le Parc national des Calanques en 2016. Les espèces présentes dans au moins 50% des comptages réalisés à chaque station (5/10) sont en **bleu clair et les espèces présentes dans plus de 75% des comptages réalisés à chaque station sont en **bleu foncé**.**

Espèces	P01_Frioul	P02_Château d'If	P03_Planier-ZNP	P04_Samena	P05_Marseilleveyre	P06_Sabièze-ZNP	P07_Plane Sud-ZNP	P08_Pierres tombées	P09_Devenson-ZNP	P10_Cap Soubeyrane-ZNP	P11_Soubeyrane	P12_Mugel	Total	AMA	HZNP	ZNP
<i>Apogon imberbis</i>	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	3		1	1
<i>Atherina sp.</i>	30	60	10	50	30	50	50	20	0	0	20	40	6216	9	16	11
<i>Belone belone</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1		1	
<i>Boops boops</i>	0	0	0	0	0	0	0	30	20	0	0	0	10		3	2
<i>Chromis chromis</i>	70	60	0	50	100	70	100	90	100	90	50	100	5293	13	39	36
<i>Coris julis</i>	50	100	100	80	100	90	100	90	90	100	90	100	803	15	46	48
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	10	4		1	2
<i>Diplodus annularis</i>	10	30	0	0	0	0	0	10	0	10	0	30	11	4	4	1
<i>Diplodus puntazzo</i>	0	10	20	20	40	80	80	10	30	50	20	10	70	1	10	26
<i>Diplodus sargus</i>	50	30	70	90	80	100	100	70	90	90	80	40	365	8	36	45
<i>Diplodus vulgaris</i>	100	100	70	80	100	100	100	50	70	80	70	40	510	20	34	42
<i>Trachinidé</i>	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		
<i>Epinephelus marginatus</i>	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	
<i>Labrus merula</i>	40	20	10	0	10	30	80	20	30	30	30	0	42	6	6	18
<i>Labrus viridis</i>	0	10	10	0	0	40	0	0	0	0	0	0	6	1		5
<i>Mugilidés</i>	30	30	20	10	40	50	20	40	0	0	40	20	484	6	15	9
<i>Mullus surmuletus</i>	30	10	10	30	20	10	0	20	0	10	0	40	38	4	11	3
<i>Muraena helena</i>	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	2		1	1
<i>Oblada melanura</i>	50	20	40	70	80	50	60	80	80	90	90	40	540	7	36	32
<i>Pagellus acarne</i>	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	60		1	
<i>Pagellus erythrinus</i>	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5			1
<i>Pagrus pagrus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	1		1	
<i>Parablennius gattorugine</i>	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2		
<i>Sarpa salpa</i>	70	50	70	80	90	70	100	50	30	80	90	30	1378	12	34	35
<i>Scorpaena porcus</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		
<i>Serranus cabrilla</i>	0	20	30	0	0	30	10	40	30	20	0	60	40	2	10	12
<i>Serranus scriba</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	2			2
<i>Sparus aurata</i>	0	0	20	0	0	20	10	10	0	0	0	0	8		1	5
<i>Symphodus cinereus</i>	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	2		1	1
<i>Symphodus doderleini</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	1			1
<i>Symphodus mediterraneus</i>	0	20	0	0	0	0	10	10	0	10	0	10	9	2	2	2
<i>Symphodus melanocercus</i>	0	10	10	0	0	0	0	50	0	0	20	10	12	1	8	1
<i>Symphodus ocellatus</i>	50	50	30	50	10	0	30	20	20	10	50	30	113	10	16	9
<i>Symphodus roissali</i>	70	80	60	80	70	50	90	80	20	50	80	30	192	15	34	27
<i>Symphodus rostratus</i>	0	10	0	0	0	0	10	10	10	0	0	20	9	1	3	2
<i>Symphodus tinca</i>	70	90	70	50	50	70	100	90	60	100	80	80	401	16	35	40
<i>Thalassoma pavo</i>	10	10	30	20	30	40	70	60	90	20	30	10	66	2	15	25
													16703			
RS totale/station	16	24	20	15	16	19	18	24	16	18	16	22	37	25	30	30
RS moyenne/transect	7.4	8.6	7.0	7.7	8.6	9.8	11.2	9.7	7.8	8.7	8.5	7.7		8.0	8.4	8.9
RS écart type	1.6	2.0	2.1	1.8	1.3	3.4	1.2	1.8	1.9	2.1	1.8	2.1		1.9	1.9	2.6
Cv	21%	23%	30%	24%	15%	35%	11%	19%	25%	24%	21%	27%		23%	22%	30%
RS max/transect	10	11	11	10	11	15	13	12	11	12	11	11		11	12	15
Nb comptages														20	50	50

4.4.2 Densités

La densité moyenne de poissons par comptage de 3 minutes dans les petits fonds du PNCal est estimée à 139 ± 151 poissons par comptage au temps en 2016 contre 167 ± 185 en 2013. La différence de densité n'est pas significative entre les deux périodes ($F=1.58$, $p>0.05$).

A T0 la densité moyenne était de 220 ± 224 HZNP contre 91 ± 49 dans les ZNP. Trois ans après la densité moyenne de poissons a diminué HZNP avec 115 ± 113 et a augmenté dans les ZNP avec 173 ± 189 .

Nbre moyen/comptage 3 min	2013	2016	Evolution
Zone d'étude PNCal	167 ± 185	139 ± 151	x 0.8
HZNP	220 ± 224	115 ± 113	x 0.5
ZNP	91 ± 49	173 ± 189	x 1.9

Dans les petits fonds, la différence de densité de poissons par comptage entre ZNP et HZNP est significative en 2016 comme en 2013 (Figure 27).

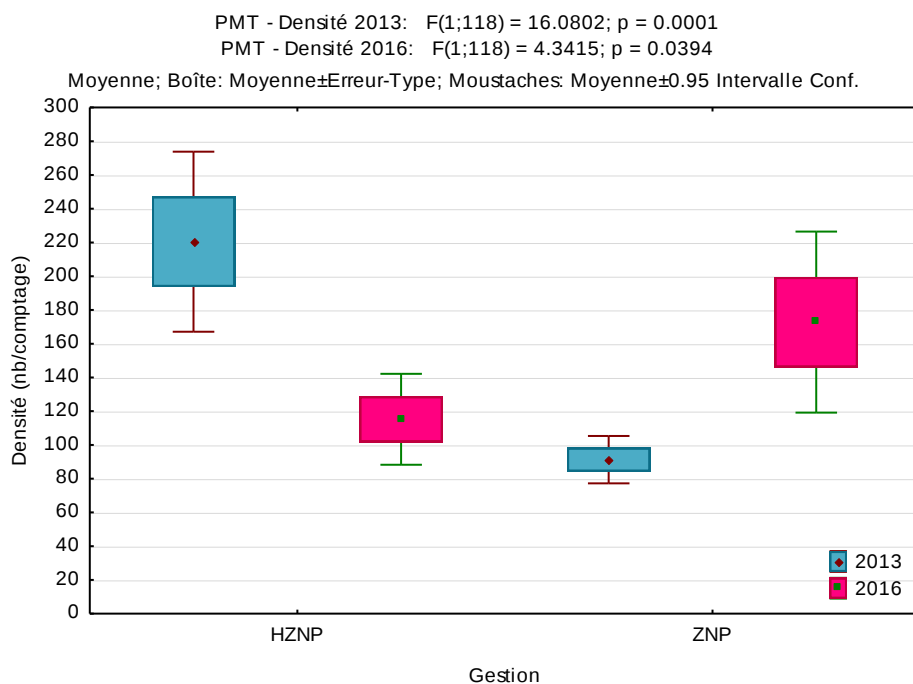


Figure 27. Densité moyenne de poissons dans les comptages de 3 min en PMT dans le PNCal en 2013 et en 2016 selon le mode de gestion (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

La différence de densité est significative entre les transects faits à la côte et ceux situés sur les îles en 2016, alors qu'elle ne l'était pas en 2013 (Figure 28). A la côte, l'abondance des poissons a fortement chuté en 2016 par rapport à 2013.

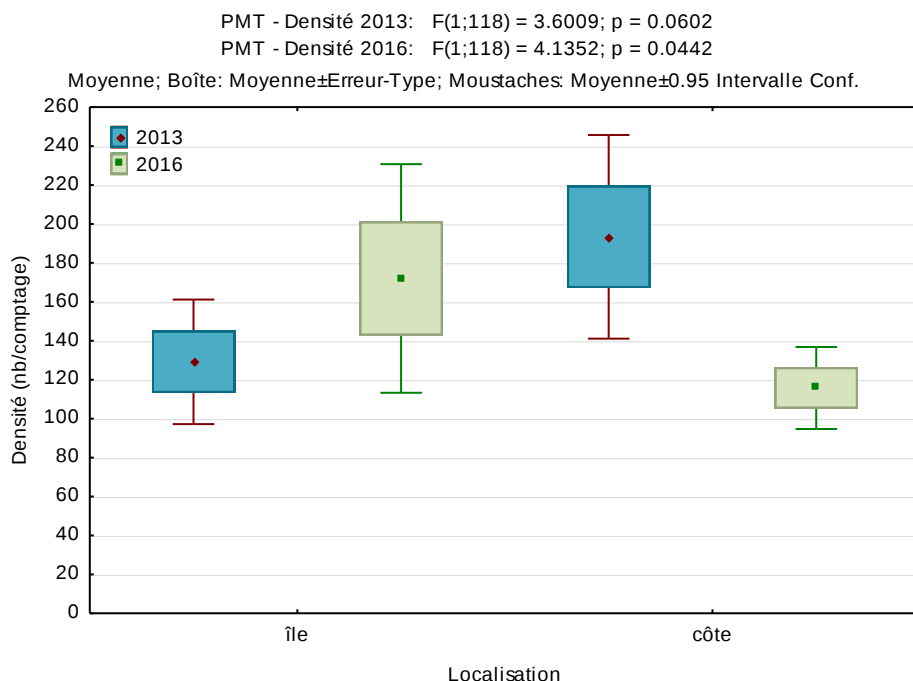


Figure 28. Densité moyenne de poissons dans les comptages de 3 min en PMT dans le PNCal en 2013 et en 2016 selon la localisation (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Une grande quantité de poissons était présente au moment des comptages à la Sablière de Riou (Figure 29), mais aussi à Plane sud et au Devenson. En revanche, les poissons étaient moins abondants dans les comptages à Planier cette année, ce n'était pas le cas en 2013. Mise à part la station de Planier, la densité moyenne des poissons dans les petits fonds est plus élevée dans les ZNP qu'en dehors ; la différence entre les stations de ZNP et hors ZNP est d'ailleurs significative (Figure 27). Les stations de l'AMA : Frioul et Château d'If présentent des densités plus élevées que celles des autres stations hors ZNP. Il faut cependant être prudent dans l'interprétation de ces variations car les peuplements superficiels présentent des variations spatiales et temporelles encore plus marquées qu'en profondeur.

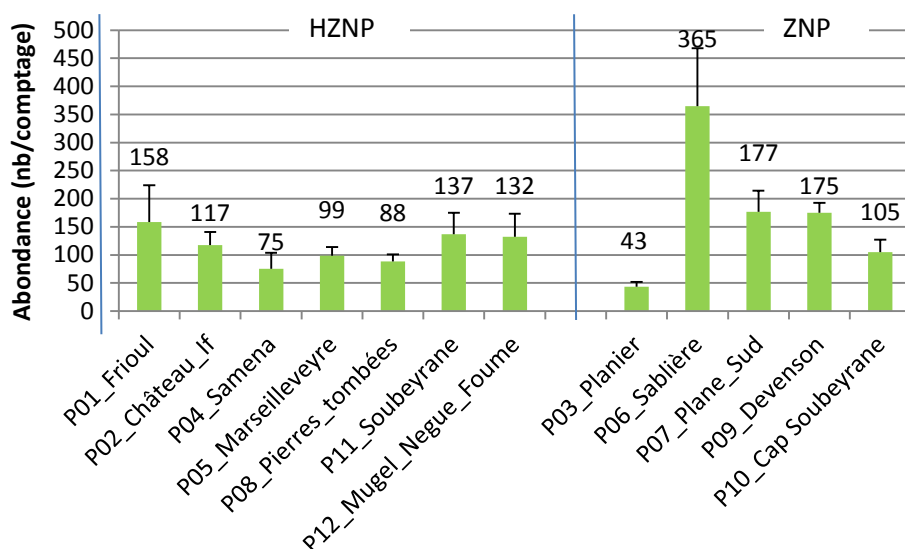


Figure 29. Densités moyennes de poissons par comptage de 3 min entre 0 et 5 m selon les stations dans le PNCal. Les stations hors ZNP et dans les ZNP sont regroupées (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Les espèces les plus abondantes sont les espèces planctonophages : les atherines *Atherina* sp. et les castagnoles *C. chromis*. Le classement par ordre décroissant d'abondance des espèces non planctonophages est quasiment le même qu'au moment de l'état zéro (Figure 30). Par rapport à 2013, *D. puntazzo* a progressé et les rougets sont un peu moins abondants dans les petits fonds.

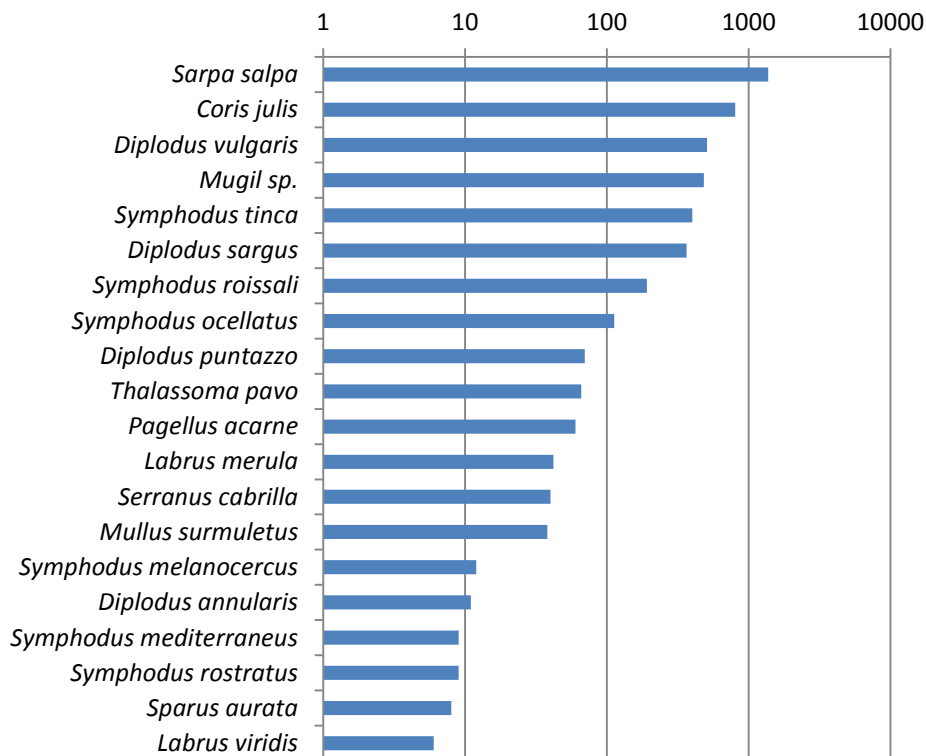


Figure 30. Espèces dominant le peuplement de poissons des petits fonds (0-5 m) dans le PNCal en abondance (nombre, hors espèces planctonophages). Abondances cumulées (nb, échelle logarithmique) par espèces dans les recensements par comptages au temps dans le PNCal à T0+3 (comptages parcours de 3 min, 0-5 m, 12 stations).

4.4.3 Biomasse

La biomasse moyenne de poissons entre 0 et 5 m, dans le site d'étude, est de 5.8 ± 17.4 kg par comptage de 3 min en 2016 contre 2.8 ± 4.6 kg en 2013. La différence de biomasse entre les deux périodes du suivi est hautement significative ($F=13.51$, $p<0.001$, ***).

A T0 la biomasse moyenne était de 1.8 ± 3.9 kg HZNP contre 4.2 ± 5.1 kg dans les ZNP. Cet écart s'est accentué entre les stations appartenant à ces deux modes de gestion, 3 ans après, avec une biomasse moyenne de poissons en 2016 de 2.1 ± 2.5 kg/comptage HZNP et de 11.1 ± 26 kg/comptage dans la ZNP.

Biomasse moy kg/comptage	2013	2016	Evolution
Zone d'étude PNCal	2.8 ± 4.6	5.8 ± 17.4	x 2.1
HZNP	1.8 ± 3.9	2.1 ± 2.5	x 1.2
ZNP	4.2 ± 5.1	11.1 ± 26	x 2.6

La différence de biomasse moyenne est significative entre les comptages faits dans les ZNP et ceux faits hors ZNP (Figure 31).

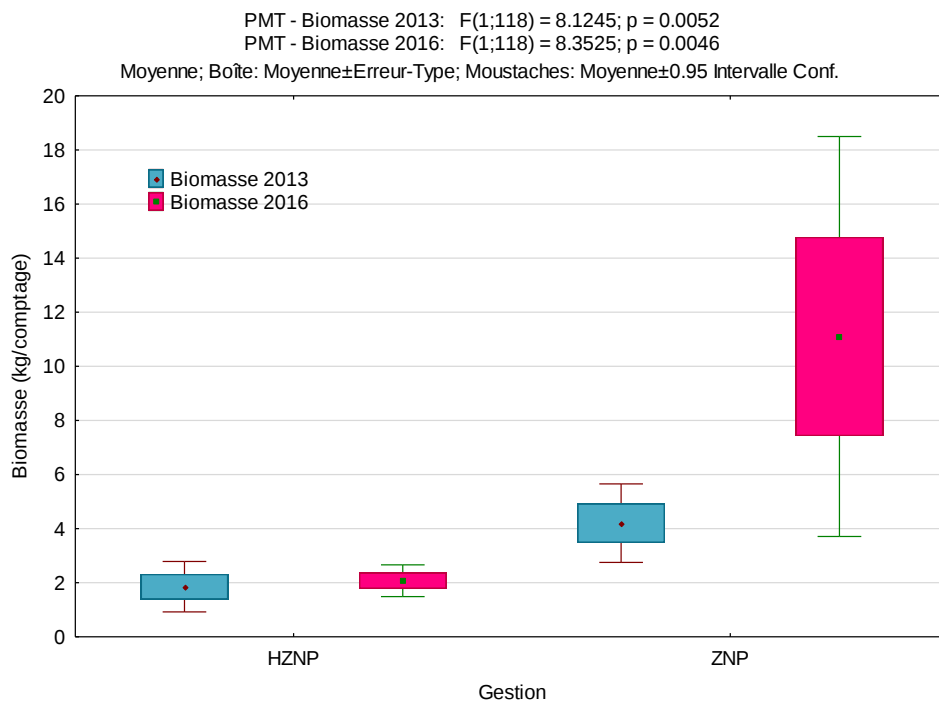


Figure 31. Biomasse moyenne de poissons dans les comptages en PMT dans le PNCaI en 2013 et en 2016 selon le mode de gestion (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

La différence de biomasse moyenne est également significative en 2016 et en 2013 entre les comptages faits à la côte et ceux faits dans les îles (Figure 32).

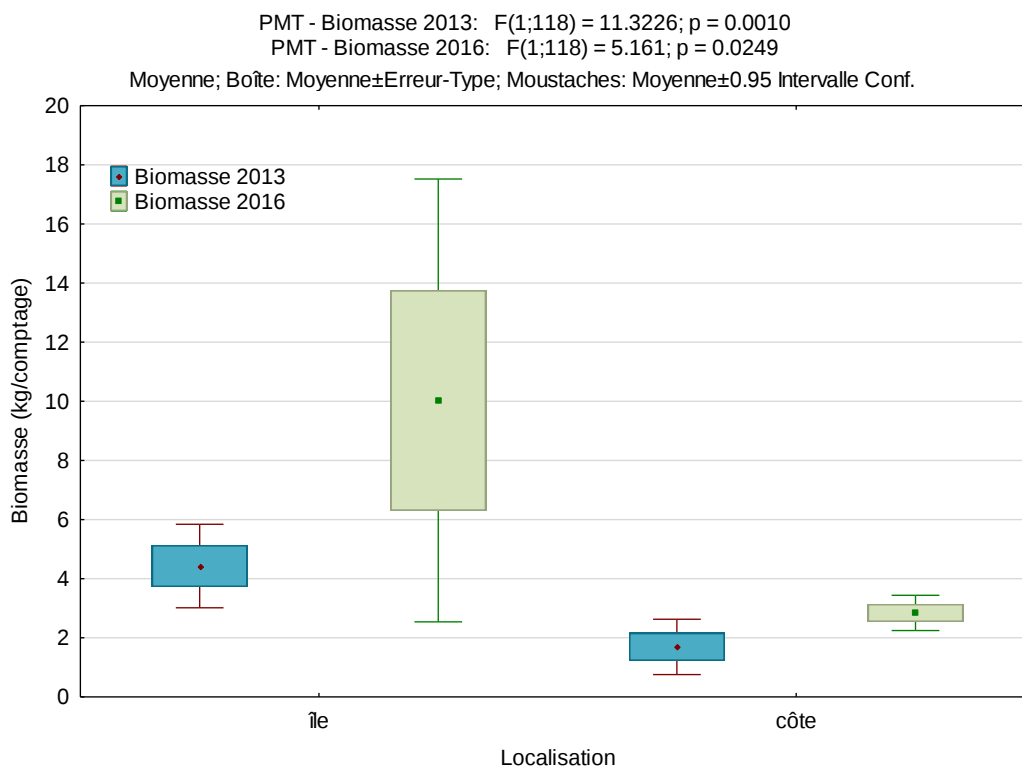


Figure 32. Biomasse moyenne de poissons dans les comptages en PMT dans le PNCaI en 2013 et en 2016 selon la localisation (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

La biomasse moyenne échantillonnée varie considérablement selon les stations et le mode de gestion (Figure 33). La station Sablière s'est nettement distinguée des autres stations de petits fonds par une biomasse moyenne particulièrement élevée en 2016 (plus de 31 kg par comptages) due à l'abondance des saupes *S. salpa* et de sars (*Diplodus* spp.). Des valeurs très basses sont relevées dans des zones très fréquentées par ailleurs par les pêcheurs de loisirs : Frioul, Samena, Château d'If, Mugel.

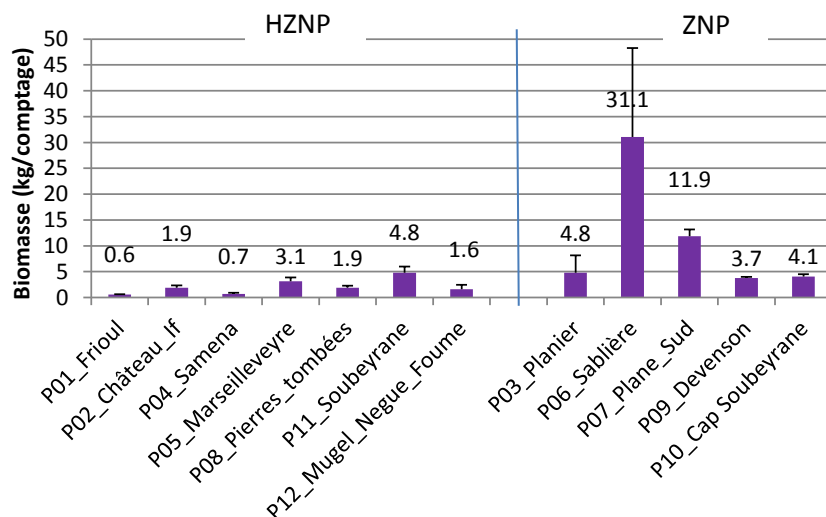


Figure 33. Biomasses moyennes (barres d'erreur type) de poissons par comptage de 3 min entre 0 et 5 m selon les stations dans le PNCa. Les stations hors ZNP et dans les ZNP sont regroupées (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Les espèces non planctonophages dominent le peuplement en biomasse.

Les saupes contribuent à la majeure part de la biomasse observée dans les petits fonds (Figure 34). Ensuite, ce sont les sars *D. sargus*, *D. vulgaris*, *D. puntazzo* et le crénilabre tanche *S. tinca* qui contribuent le plus à cette biomasse. Pour la plupart, ce sont des espèces d'intérêt halieutique.

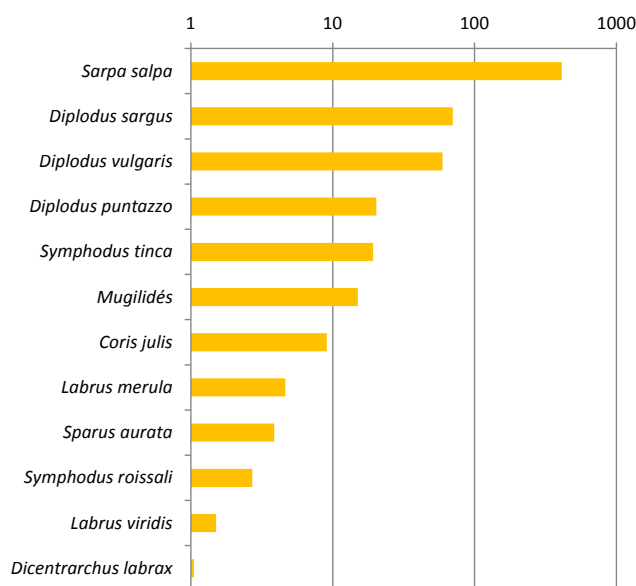


Figure 34. Espèces dominant le peuplement de poissons des petits fonds (0-5 m) dans le PNCa en biomasse (hors espèces planctonophages). Biomasses cumulées (kg, échelle logarithmique) par espèces dans les recensements par comptages au temps dans le PNCa à T0+3 (comptages parcours de 3 min, 0-5 m, 12 stations).

Par rapport à l'état initial de 2013, les girelles *C. julis* ont une biomasse moins élevée et ont été remplacées dans ce classement par *D. puntazzo*. Le denti *D. dentex* a disparu du classement et la murène se trouve bien moins importante en biomasse.

Comme lors de l'état initial le cortège des espèces de petits fonds (0-5 m) est largement dominé en biomasse par les sparidés et par les labridés (Figure 35). La biomasse échantillonnée est 3 fois moins élevée qu'en 2013. Les stations situées en ZNP bénéficient d'une biomasse cumulée pour 10 comptages très supérieure à celle observée hors ZNP.

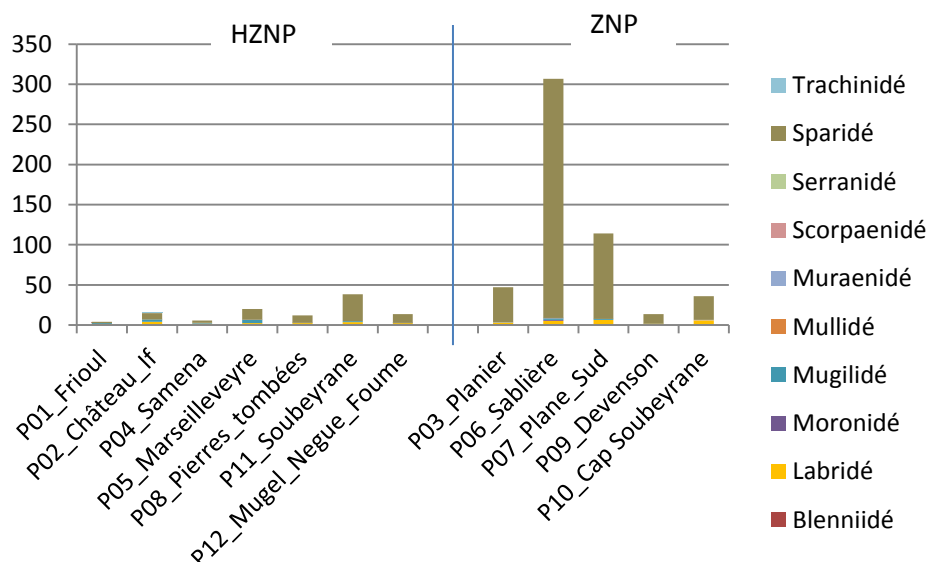


Figure 35. Composition spécifique de la biomasse par station dans le PNCal à T0+3. Les stations hors ZNP et ZNP sont regroupées (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Nous avons proposé dans le rapport de l'état zéro de tester dans le cadre de ce suivi un indicateur pour les petits fonds : le rapport sparidés/labridés. Ce rapport a augmenté à T0+3 par rapport à T0 à toutes les stations de la ZNP sauf Devenson. Il est exceptionnellement élevé à la station Sablière de Riou en raison de la grande abondance de saupes et de sars rencontrée en 2016 (Figure 36).

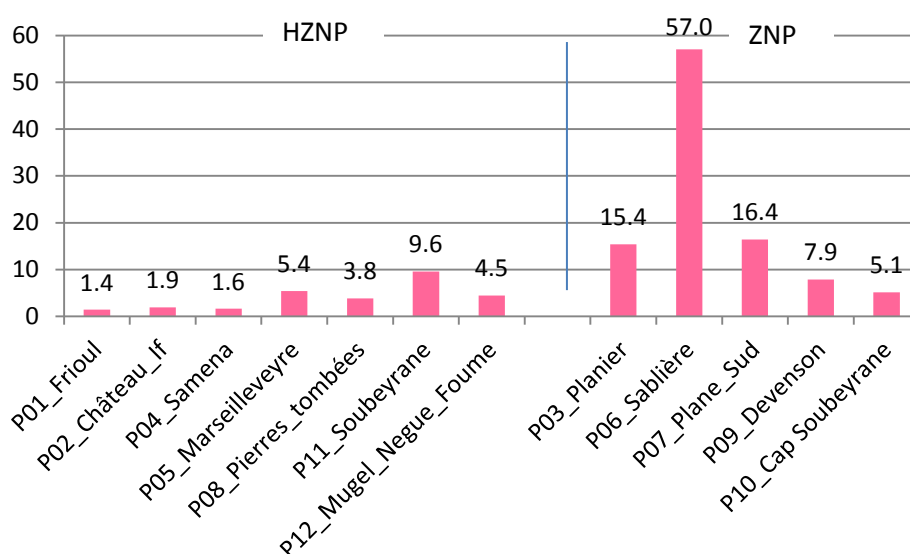


Figure 36. Rapport entre les biomasses de sparidés et de labridés non planctonophages aux différentes stations échantillonnées en PMT entre 0 et 5 m de profondeur dans le PNCal en 2016 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Ce rapport est particulièrement bas aux stations de l'AMA : Frioul, Château d'If et à Samena.

Etant donné la dominance de ces deux familles et le fait que les espèces de sparidés sont quasiment toutes des cibles de la pêche, le rapport sparidés/labridés est une métrique qui met en évidence les effets de la protection.

4.5 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).

4.5.1 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 2016 est présentée dans la Figure 37. Le résultat des parcours au temps montre que la richesse spécifique moyenne a augmenté au cours de cette période de 3 ans à toutes les stations (PERMANOVA année, Pseudo-F=98.75 et $p=0.001^{***}$).

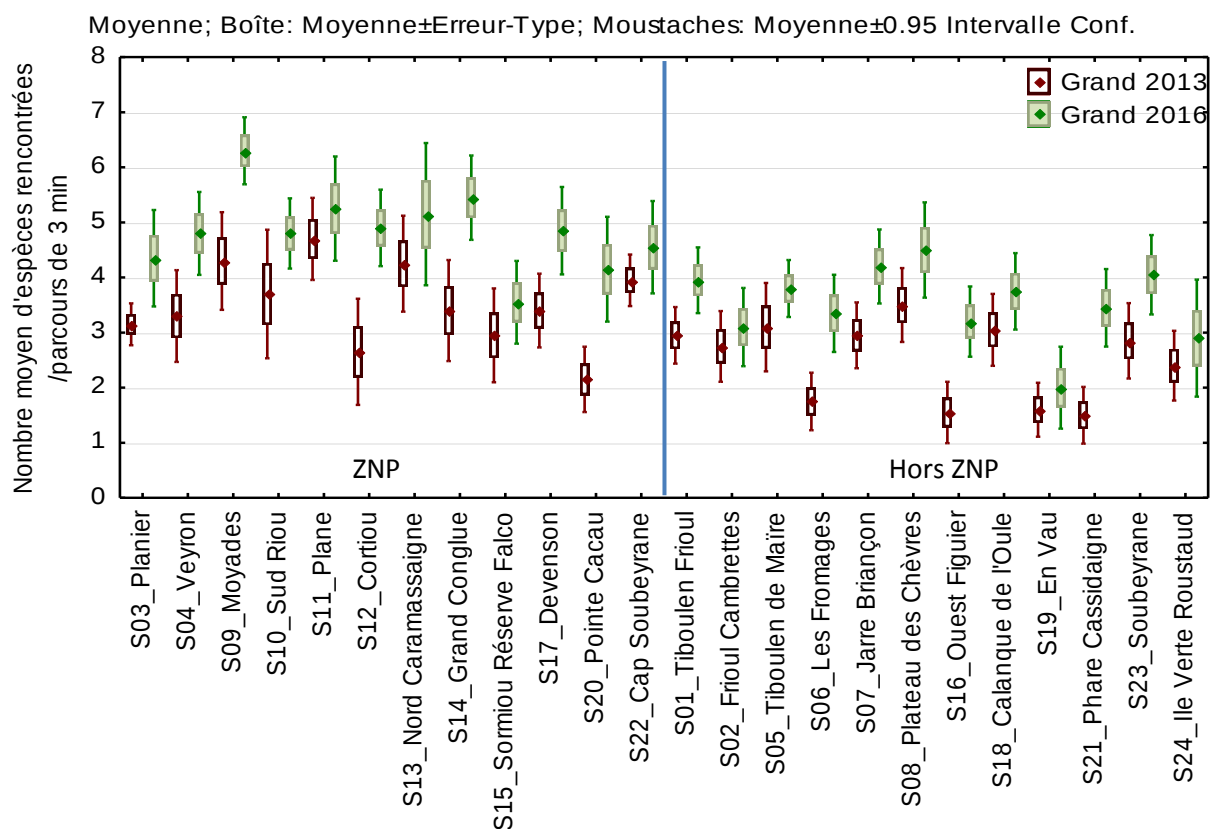


Figure 37. Richesse spécifique moyenne de la catégorie 'grand' : nombre moyen d'espèces cibles rencontrées par parcours de 3 min (TPS) au sein des stations étudiées entre 2013 et 2016 dans le PNCaI (liste de 24 espèces) ; (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

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

L'occurrence des 'petits-moyens' et des 'grands' individus appartenant aux 24 espèces rencontrées à chaque station a été calculée pour chaque station. De façon générale, les fréquences d'occurrence des 'grands' individus sont plus importantes dans les stations situées en ZNP qu'en dehors (PERMANOVA : Pseudo-F=6.72 et $p=0.001$ *** ; Figure 38).

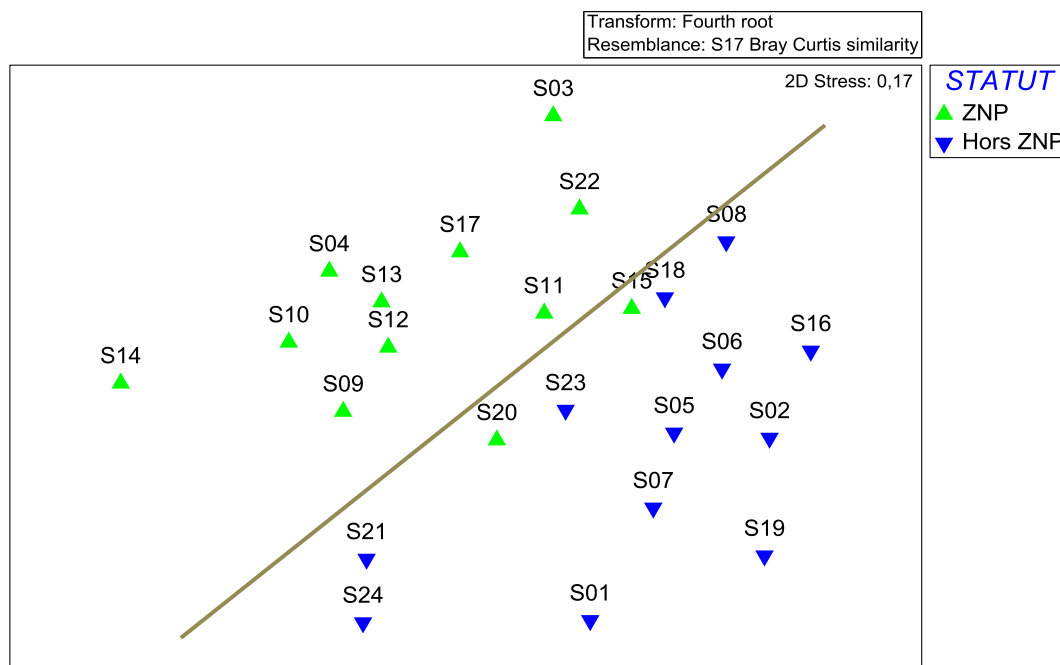


Figure 38. nMDS (basée sur la similarité de Bray-Curtis) concernant l'occurrence des 'grands' individus dans les stations situées en ZNP et hors ZNP dans le Parc national des Calanques en 2016 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

La Figure 38 met en évidence une distinction nette entre les stations des ZNP et les stations situées en dehors au regard du critère d'occurrence des grands individus appartenant aux espèces cibles de la pêche.

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 18 ('grands') et Tableau 17 ('petits-moyens').

- Les 'grands'

Globalement peu d'espèces ont des fréquences d'individus de grande taille élevées (comprises entre 50% et 75% 75% d'occurrence) à l'échelle des transects (

Tableau 18). Il s'agit de *Symphodus tinca*, *Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *D. puntazzo* et *Serranus cabrilla*.

Les occurrences de 'grands' sont très élevées pour *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, aucun 'grand' individu des espèces *Seriola dumerili* et *Conger conger* n'a été rencontré dans les 24 stations échantillonnées.

- **Les 'petits et moyens'**

Le cortège des 'petits-moyens' individus est largement dominé par la girelle *Coris julis*, espèce ubiquiste et abondante (Tableau 17), *D. vulgaris*, *D. sargus*, *S. tinca*, *S. mediterraneus* et *S. cabrilla*.

Un tiers des 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*.

Aucun individu de la catégorie 'petit-moyen' de *S. dumerili*, *C. conger*, *Labrus mixtus* n'a été observé dans les 24 stations étudiées.

Quelle que soit la catégorie considérée, aucune observation de corb (*S. umbra*) n'a été faite durant les parcours au temps (pendant l'échantillonnage comme durant les déplacements entre les comptages).

Tableau 17. Occurrences dans les 20 transects aléatoires des individus 'petits-moyens' des différentes espèces rencontrées à chaque station en 2016. En vert : les espèces permanentes dont les valeurs sont supérieures à 75% : l'espèce a été rencontrée dans au moins ¾ des parcours ; en vert : les espèces fréquentes dont les valeurs sont comprises entre 50 et 75% : l'espèce a été rencontrée dans au moins 1 parcours sur 2 (classes de fréquences d'après Ody et Harmelin, 1994).

Stations \ Espèces cibles		<i>Seriola dumerili</i>	<i>Coris julis</i>	<i>Symphodus tinca</i>	<i>Symphodus mediterraneus</i>	<i>Diplodus sargus</i>	<i>Diplodus vulgaris</i>	<i>Diplodus puntazzo</i>	<i>Diplodus cervinus</i>	<i>Spondyllosoma cantharus</i>	<i>Dentex dentex</i>	<i>Sparus aurata</i>	<i>Dicentrarchus labrax</i>	<i>Serranus cabrilla</i>	<i>Serranus scriba</i>	<i>Mullus surmuletus</i>	<i>Scorpaena scrofa</i>	<i>Muraena helena</i>	<i>Conger conger</i>	<i>Phycis phycis</i>	<i>Labrus merula</i>	<i>Labrus viridis</i>	<i>Labrus mixtus</i>	<i>Sciaena umbra</i>	<i>Epinephelus marginatus</i>
ZNP	S03_Planier		95%	65%	15%	15%	80%	5%		40%		25%		60%							55%	30%			5%
	S04_Veyron		100%	20%	45%	10%	60%	15%		15%		5%		60%		5%					25%				35%
	S09_Moyades		95%	70%	45%	25%	85%	25%		5%	10%	30%		55%		10%					45%				5%
	S10_Sud Riou		100%	10%	35%		75%	20%			5%	10%		60%		5%		10%			25%	5%			10%
	S11_Plane		100%	50%	35%	20%	65%	15%				15%	5%	70%		15%					40%	10%			
	S12_Cortiou		95%	35%	45%	50%	95%	20%				40%		70%		40%			10%		25%				5%
	S13_Nord Caramassaigne		90%	75%	45%	45%	85%	35%	5%	25%		5%		70%		20%	5%	5%			35%	10%			15%
	S14_Grand Conglue		90%		15%	40%	90%	30%		10%		15%		45%		15%					10%				15%
	S15_Sormiou Réserve Falco		95%	70%	35%	45%	70%	20%		10%			5%	50%	5%	45%		5%			15%				
	S17_Devenson		95%	70%	20%	55%	80%	15%						75%		30%					55%	5%			15%
	S20_Pointe Cacaou		85%	40%	80%	50%	75%	20%				20%		90%		15%		5%			30%	5%			5%
Hors ZNP	S22_Cap Soubeyrane		95%	80%	80%	95%	90%	20%		10%		25%		60%	15%	20%					70%				5%
	S01_Tiboulon Frioul		100%	70%	35%	25%	90%	20%		10%		20%		50%	5%	10%					40%				5%
	S02_Frioul Cambrettes		100%	80%	75%	30%	95%	15%				20%		75%		30%					45%				
	S05_Tiboulon de Maire		85%	70%	60%	55%	90%	60%		15%		20%		65%	5%	25%					30%				
	S06_Les Fromages		85%	60%	35%	80%	100%	45%	5%			15%		65%		70%		5%			45%				
	S07_Jarre Briançon		100%	50%	40%	40%	90%	40%		5%		25%		80%		50%					30%	5%			
	S08_Plateau des Chèvres		95%	90%	45%	40%	100%	25%		30%				35%	30%	10%					85%	10%			
	S16_Ouest Figuiér		95%	55%	90%	25%	90%	10%						90%		50%					30%				
	S18_Calanque de l'Oule		95%	80%	65%	65%	80%	20%						85%	10%	35%					50%	5%			5%
	S19_En Vau		95%	55%	65%	85%	75%	10%		5%		10%		90%		40%					15%	10%			
	S21_Phare Cassidaigne		90%	70%	80%		45%	5%		20%	5%	20%		55%		5%		15%		5%	40%	10%			5%
	S23_Soubeyrane		100%	65%	20%	75%	85%	5%		5%		5%		50%	5%	10%					55%	15%			
	S24_Ile Verte Roustaud		90%	50%	40%	45%	20%	20%		5%	5%	5%		60%	5%	15%		5%			15%				10%

Tableau 18. Occurrences dans les 20 transects aléatoires des 'grands' individus des différentes espèces rencontrées à chaque station en 2016. En vert : les espèces permanentes dont les valeurs sont supérieures à 75% : l'espèce a été rencontrée dans au moins ¾ des parcours ; en vert : les espèces fréquentes dont les valeurs sont comprises entre 50 et 75% : l'espèce a été rencontrée dans au moins 1 parcours sur 2 (classes de fréquences d'après Ody et Harmelin, 1994).

Stations \ Espèces cibles		<i>Seriola dumerili</i>	<i>Coris julis</i>	<i>Symphodus tinca</i>	<i>Symphodus mediterraneus</i>	<i>Diplodus sargus</i>	<i>Diplodus vulgaris</i>	<i>Diplodus puntazzo</i>	<i>Diplodus cervinus</i>	<i>Spondyllosoma cantharus</i>	<i>Dentex dentex</i>	<i>Sparus aurata</i>	<i>Dicentrarchus labrax</i>	<i>Serranus cabrilla</i>	<i>Serranus scriba</i>	<i>Mullus surmuletus</i>	<i>Scorpaena scorpa</i>	<i>Muraena helena</i>	<i>Conger conger</i>	<i>Phycis phycis</i>	<i>Labrus merula</i>	<i>Labrus viridis</i>	<i>Labrus mixtus</i>	<i>Sciaenops umbra</i>	<i>Epinephelus marginatus</i>
ZNP	S03_Planier		30%	65%	20%	65%	75%	70%						40%				5%		5%	50%	10%			
	S04_Veyron		10%	15%	20%	55%	100%	70%		20%		20%		45%		30%		25%		5%	20%	10%			35%
	S09_Moyades		35%	90%	25%	95%	75%	60%	5%		10%	20%		75%	10%	45%	10%	5%		5%	40%				25%
	S10_Sud Riou		15%	15%	15%	85%	100%	55%				30%		65%		15%	10%	20%		10%	25%		5%		15%
	S11_Plane		30%	60%	40%	70%	95%	50%			5%	50%		50%		45%				15%	10%	5%			
	S12_Cortiou		45%	30%	10%	90%	90%	15%				10%		95%	10%	60%	5%	10%		10%	5%				5%
	S13_Nord Caramassaigne		10%	60%	15%	75%	70%	60%				10%	5%	55%	10%	50%		25%		15%	35%				20%
	S14_Grand Conglue				15%	95%	90%	65%		5%	20%	20%		75%		45%	15%	15%		25%	35%				25%
	S15_Sormiou Réserve Falco		35%	40%	35%	55%	60%	10%						50%	5%	50%		5%			5%	5%			
	S17_Devenson		20%	70%	25%	90%	80%	20%						80%	10%	30%		20%		5%	20%		5%		10%
	S20_Pointe Cacao		15%	40%	50%	85%	65%	40%			5%	5%		65%		20%	5%				5%	5%			10%
Hors ZNP	S22_Cap Soubeyrane		20%	65%	25%	85%	75%	15%					5%	45%	55%	30%				5%	20%	5%			5%
	S01_Tiboulon Frioul		10%	70%	25%	85%	75%	40%	5%	10%	25%			5%	20%	20%					5%				
	S02_Frioul Cambrettes		10%	45%	20%	80%	90%	10%						15%	15%	25%									
	S05_Tiboulon de Maire		10%	60%	20%	100%	90%	50%			5%			20%		15%					10%				
	S06_Les Fromages		35%	55%	15%	95%	65%	5%						30%		30%					5%				
	S07_Jarre Briançon		20%	75%	35%	80%	80%	30%			5%	25%		35%		35%									
	S08_Plateau des Chèvres		50%	60%	50%	50%	85%	5%			5%			35%	60%	10%					30%	10%			
	S16_Ouest Figuiér		5%	55%	30%	70%	80%							20%		40%					20%				
	S18_Calanque de l'Oule		20%	70%	25%	85%	90%	10%						15%		45%				5%	5%	5%			
	S19_En Vau		5%	10%	15%	50%	50%	15%				5%		40%		10%									
	S21_Phare Cassidaigne		5%	35%	20%	30%	75%	65%	5%	25%		20%		20%		15%		15%			5%				10%
	S23_Soubeyrane		15%	70%	35%	95%	80%	30%				10%		25%	10%	15%		5%			15%				
	S24_Ile Verte Roustaud		5%	40%	10%	60%	25%	25%	5%	5%	30%	15%		5%	5%	15%		10%			5%				30%

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 nettement supérieure dans les stations en ZNP (PERMANOVA : Pseudo-F=28.82 et p=0.001 ***). Elle est même permanente dans 4 des 12 stations échantillonnées en ZNP : Pointe Cacao, Ouest Figulier, Calanque de l'Oule et En Vau pour les 'petits-moyens' individus (Figure 39). Pour les 'grands' l'occurrence est maximale à Cortiou (zone probablement moins pêchée), au Devenson, à Moyades et au grand Conglue.

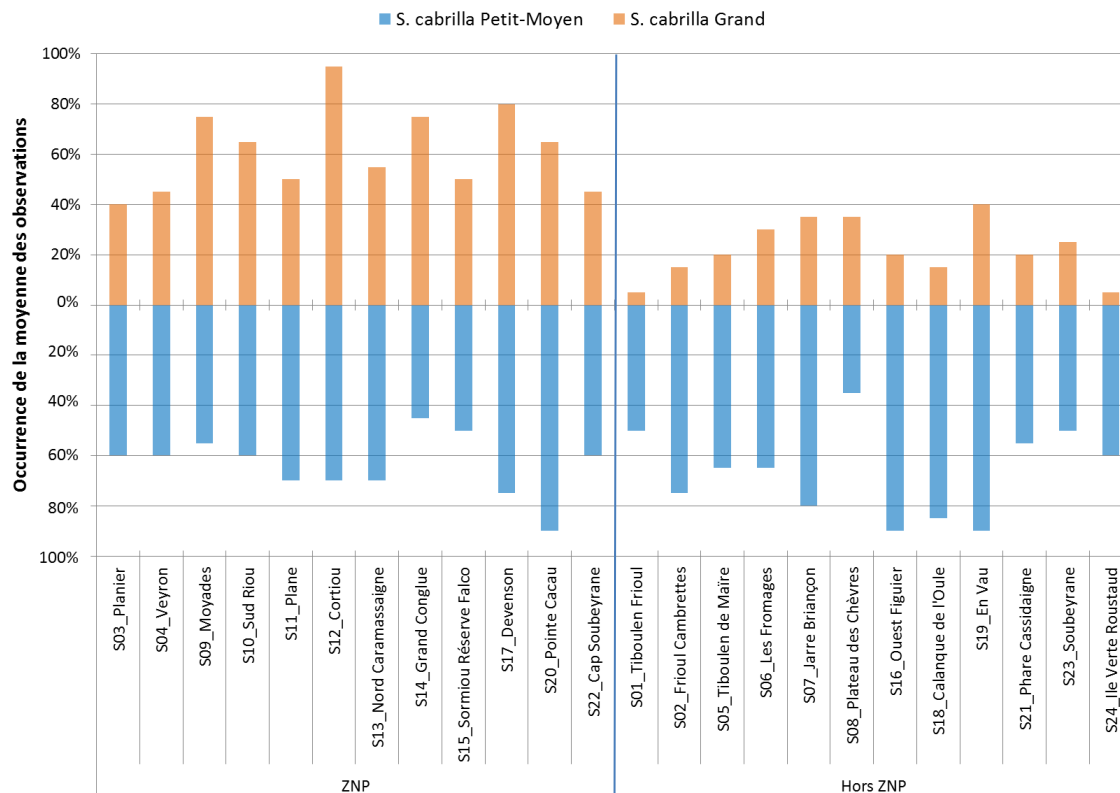


Figure 39. Occurrence de *Serranus cabrilla* des catégories 'petit-moyen' et 'grand' par station dans le PNCaL. Les stations sont classées selon leur statut de gestion (20 parcours de 3 min) (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

4.5.3 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 2016 est présentée dans le Tableau 19.

Une grande majorité d'espèces-cibles enregistrent des augmentations d'occurrence des 'grands' individus dans les parcours au temps réalisés en 2016 par rapport à 2013. Il s'agit notamment de *Coris julis*, *Symphodus tinca*, *S. mediterraneus*, *Diplodus vulgaris*, *D. puntazzo*, *Serranus cabrilla*, *Mullus surmuletus* et *Labrus merula*. Dans l'ensemble, les 'grands' individus de ces espèces-cibles sont plus souvent observés en 2016 qu'en 2013, surtout dans les stations situées en ZNP mais aussi dans celles situées en dehors.

Diplodus vulgaris, *Serranus cabrilla* et *Mullus surmuletus* sont des espèces marquées par de fortes augmentations de fréquences d'observations entre ces 2 périodes de comptage. *D. vulgaris* enregistre des augmentations d'occurrences de +40% à S16 Ouest Figuier (hors ZNP) et +55% à S12 Cortiou (ZNP). *S. cabrilla* atteint des augmentations de +50% à la station Grand Conglue (ZNP), voire de +65% à la Pointe Cacao (ZNP). Quant à *M. surmuletus*, des augmentations de +40% sont notées en ZNP aux stations Cortiou et Grand Conglue.

Diplodus sargus est la seule espèce caractérisée par des diminutions d'occurrences dans plusieurs stations, aussi bien en ZNP qu'en dehors. Ces diminutions sont parfois élevées comme aux stations Réserve Falco (ZNP) avec -30%, En Vau (hors ZNP) -25% ou Roustaud (hors ZNP) avec -35%.

Concernant le mérou brun *Epinephelus marginatus*, en 2016, moins d'individus ont été observés à la station Veyron (en ZNP) qui enregistre une baisse de -15% des fréquences d'occurrence par rapport à l'état initial. A l'inverse, les stations Moyades en ZNP et Ile Verte-Roustaud hors ZNP sont caractérisées par des augmentations d'occurrences de +25%.

Tableau 19. Evolution de l'occurrence des 'grands' individus entre 2013 et 2016 pour les espèces cibles rencontrées à chaque station. En **vert** : les évolutions positives supérieures à 10% ; en **rouge** : les évolutions négatives supérieures à 10% (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Stations \ Espèces cibles		Espèces cibles																							
		<i>Seriola dumerilii</i>	<i>Coris julis</i>	<i>Symphodus tinca</i>	<i>Symphodus mediterraneus</i>	<i>Diplodus sargus</i>	<i>Diplodus vulgaris</i>	<i>Diplodus puntazzo</i>	<i>Diplodus cervinus</i>	<i>Spondyllosoma cantharus</i>	<i>Dentex dentex</i>	<i>Sparus aurata</i>	<i>Dicentrarchus labrax</i>	<i>Serranus cabrilla</i>	<i>Serranus scriba</i>	<i>Mullus surmuletus</i>	<i>Scorpaena scrofa</i>	<i>Muraena helena</i>	<i>Conger conger</i>	<i>Phycis phycis</i>	<i>Labrus merula</i>	<i>Labrus viridis</i>	<i>Labrus mixtus</i>	<i>Sciaena umbra</i>	<i>Epinephelus marginatus</i>
ZNP	S03_Planier		15%	-5%		20%	-20%	50%						10%		-5%		5%		5%	40%	5%			
	S04_Veyron				-5%	-5%	20%	35%		20%		10%		25%		30%		15%		5%	10%	5%			-15%
	S09_Moyades		30%	20%	-5%	15%	25%	20%	5%				10%	-10%	25%	10%					35%	-5%			25%
	S10_Sud Riou		10%		10%	10%	35%	5%	-10%		-5%	5%		5%		-5%	10%			5%	20%		5%		10%
	S11_Plane		-20%	-25%	5%	-20%	35%	15%				20%		10%		20%				15%	-5%	5%			
	S12_Cortiou		35%	5%	-5%	35%	55%	5%				-10%		40%		40%	5%	5%		5%	5%				5%
	S13_Nord Caramassagne				-5%	-15%	5%	5%	-10%		-10%		5%	25%	10%	25%		15%		10%	30%				
	S14_Grand Conglue		-10%		15%	10%	20%	25%	-25%		-10%	5%		50%		40%	15%	15%		25%	30%				
	S15_Sormiou Réserve Falco		20%		-5%	-30%		10%						15%	5%	35%					5%	5%			
	S17_Devenson		5%	20%	-15%		5%	5%						50%		30%		20%		5%	5%		5%		10%
	S20_Pointe Cacao		15%	15%	30%	15%	-5%	25%			5%	5%		65%		15%	5%				5%	5%			
	S22_Cap Soubeyrane		10%	-20%	-30%	15%	-15%						5%	15%	30%	20%				5%	15%	5%			5%
Hors ZNP	S01_Tiboulén Frioul		5%	10%	15%	-5%	-5%	35%		10%	15%	-5%		-5%	20%	10%					5%				-5%
	S02_Frioul Cambrettes		5%	-5%	10%		20%	-10%				-10%		5%	10%	15%									-5%
	S05_Tiboulén de Maire		10%	-5%	-5%	15%	15%	35%						10%	-5%				-5%	10%	-5%				
	S06_Les Fromages		35%	25%	10%	30%		5%			-5%			30%		25%					5%				
	S07_Jarre Briançon		20%	20%	15%	-10%				5%	25%			30%		35%					-10%				-5%
	S08_Plateau des Chèvres		15%	-15%	10%	-10%	20%		-5%					25%	50%	-25%					25%	10%			
	S16_Ouest Figuiér		5%	50%	25%	10%	40%							10%	-5%	25%		-5%			15%				-5%
	S18_Calanque de l'Oule		20%	25%	-5%	10%						-5%		5%	-5%	20%		-10%		5%	5%	5%			
	S19_En Vau		5%	10%	-10%	-25%	10%	10%				5%		30%		5%									
	S21_Phare Cassidaigne		5%	15%	10%	25%	5%	60%	5%	15%		20%		10%		15%					5%	-5%			10%
	S23_Soubeyrane		15%	10%	5%	10%	20%	25%				10%				10%		5%			15%	-5%			
	S24_Ile Verte Roustaud		5%	30%	-5%	-35%	-10%	-10%	5%	5%	5%	10%			5%	15%		5%							25%

4.5.4 Densité des espèces cibles (TRA)

Dans les comptages par transects métrés (TRA), la densité moyenne des espèces cibles a fortement diminué entre 2013 et 2016 dans la zone d'étude, dans les ZNP aussi bien qu'en dehors, sur la côte comme sur les îles (différence hautement significative, test de Wilcoxon pour échantillons appariés, $Z=4.38$, $p<0.001^{***}$). Il s'agit donc d'une tendance générale à la zone, indépendante du régime de protection.

Densité moyenne ind/100 m ²	2013	2016	Evolution
Zone d'étude PNCal	58 ± 54	47 ± 63	x 0.8
HZNP	50 ± 35	38 ± 24	x 0.8
ZNP	66 ± 67	57 ± 85	x 0.9
Côte	49 ± 26	36 ± 15	x 0.7
Iles	65 ± 67	55 ± 81	x 0.8

En dehors des ZNP, la densité des espèces cibles (24 espèces prises en compte) observées lors des recensements n'est supérieure en 2016 qu'à Frioul Cambrettes et Tiboulon de Maire, stations situées HZNP (Figure 40). Les stations où les espèces cibles y sont le plus abondantes sont les stations : Tiboulon de Maire, les Fromages et l'île Verte-Roustaud.

Dans les ZNP, les stations Sud Riou, Cortiou et Grand Conglue pour une moindre part, et surtout Veyron présentent des effectifs stables ou en augmentation. Une diminution est relevée à Planier, Moyades, Plane, Nord Caramassaigne, Sormiou, Devenson, Cap Soubeyrane.

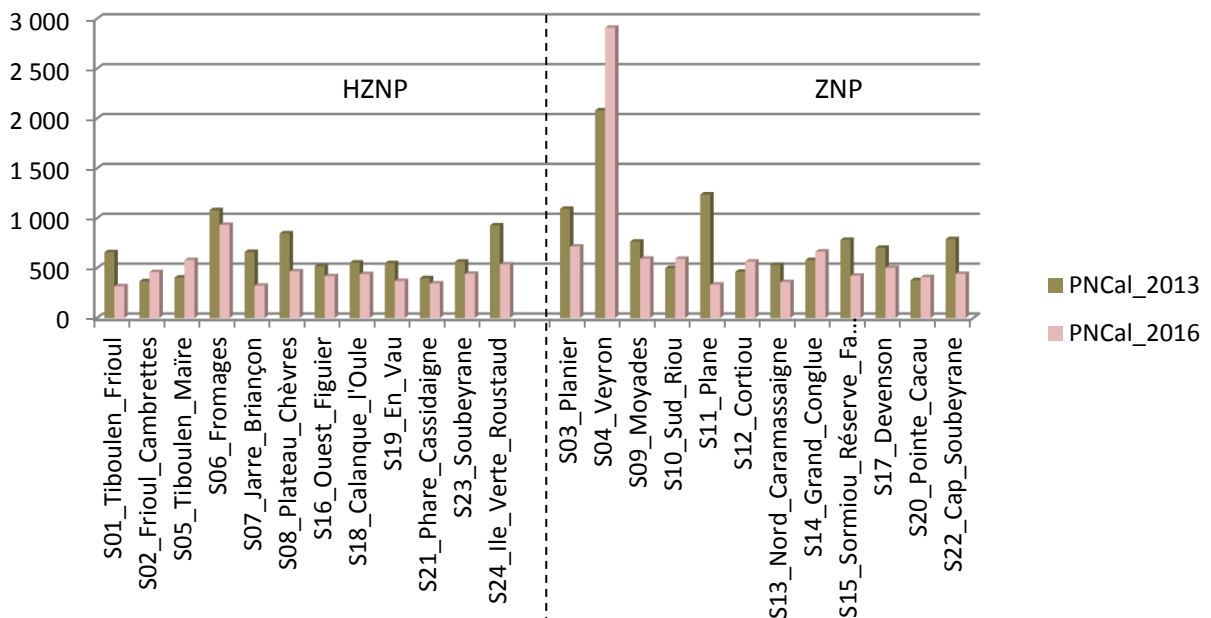


Figure 40. Effectifs cumulés (nb de poissons) par station des poissons cibles de la pêche recensés dans le PNCaI à T0 et T0+3 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

La comparaison des deux régimes de gestion met en évidence une diminution de l'abondance des poissons cibles dans les comptages par rapport à 2013 aussi bien en dehors des ZNP que dedans (Figure 41).

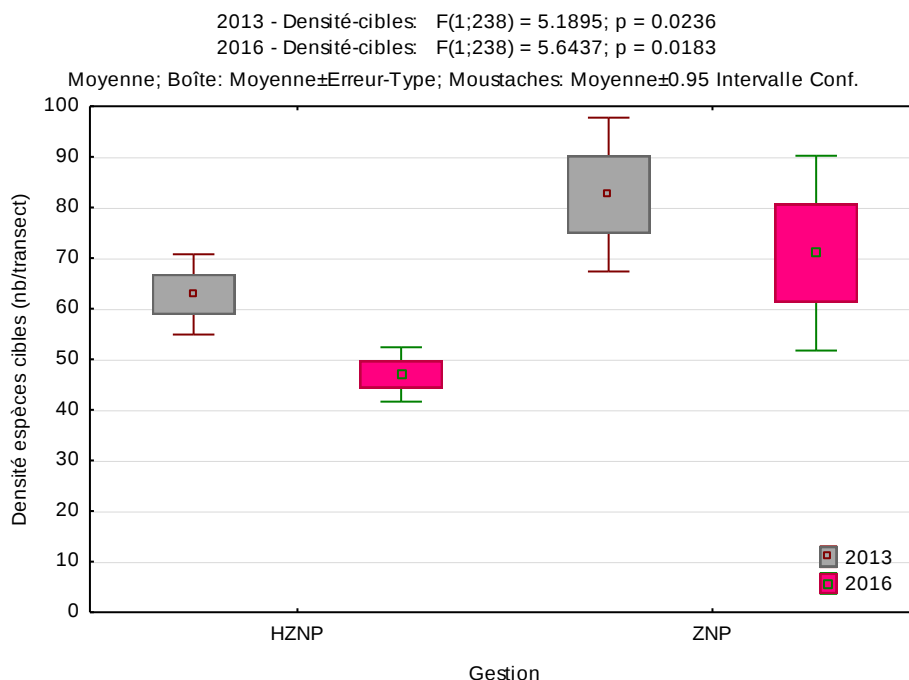


Figure 41. Densité moyenne selon le mode de gestion des poissons cibles de la pêche recensés dans le PNCaI à T0 et T0+3 (ZNP : zones de non prélèvement, 12 stations, 120 comptages ; HZNP : hors ZNP, 12 stations, 120 comptages).

4.5.5 Biomasse des espèces cibles (TRA)

La biomasse moyenne d'espèces cibles de la pêche varie considérablement d'une station à l'autre, elle a fortement augmenté entre 2013 et 2016 (différence très significative, test de Wilcoxon pour échantillons appariés, $Z=2.77$, $p=0.006^{**}$). La biomasse moyenne des espèces cibles est de 5.1 ± 7.9 kg dans la zone d'étude. Cette biomasse atteint 6.8 ± 10.4 kg en moyenne dans les ZNP contre 3.3 ± 3.5 kg hors ZNP. Elle est donc environ deux fois supérieure dans les ZNP par rapport à l'extérieur. La biomasse des espèces cibles est de 3.5 ± 3.0 kg/100 m² dans les stations situées à la côte contre 6.2 ± 9.9 kg/100 m² dans celles des îles.

Biomasse moyenne kg/100 m ²	2013	2016	Evolution
Zone d'étude PNCaI	3.6 ± 3.5	5.1 ± 7.9	x 1.4
HZNP	3.0 ± 3.3	3.3 ± 3.5	x 1.1
ZNP	4.1 ± 3.7	6.8 ± 10.4	x 1.7

Côte	2.5 ± 1.9	3.5 ± 3.0	x 1.4
Iles	4.3 ± 4.2	6.2 ± 9.9	x 1.4

Dans les comptages, les biomasses les plus faibles ont été rencontrées en dehors des ZNP et en particulier au phare de Cassidaigne. Les biomasses d'espèces cibles les plus élevées ont été observées dans les ZNP au Grand Conglue, au Veyron, à Moyades (Figure 42 et données en annexe). Certains 'pics' de biomasse, cependant, sont dus à la présence d'un banc d'individus au moment des comptages, qui pourtant ont été réalisés en deux fois pour atténuer ces effets ponctuels. Les biomasses importantes observées à certaines stations peuvent donc être considérées comme correspondant bien à une ressource abondante en moyenne.

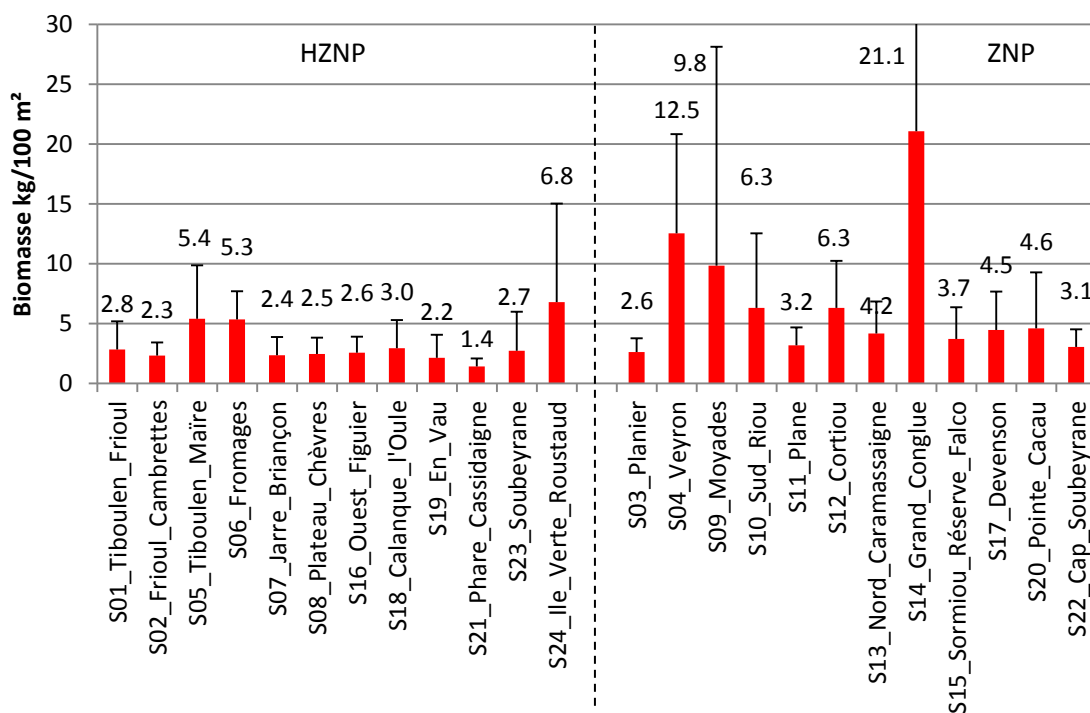


Figure 42. Biomasse moyenne en kg/100 m² (barres d'erreur type) d'espèces cibles par station dans le PNC en 2016 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Hors ZNP, les stations les plus poissonneuses en cibles de la pêche sont : Tiboulou de Maire, les Fromages et l'île Verte-Roustaud. Hors ZNP, il apparaît peu de différences par rapport à 2013 : une majorité de stations sont en légère augmentation alors que les stations Tiboulou du Frioul, les Fromages, Soubeyrane et l'île Verte sont en baisse par rapport à 2013 (Figure 43).

Dans les ZNP, les stations de Planier, Plane et Nord Caramassaigne voient diminuer la biomasse d'espèces cibles observées par rapport à 2013, alors que toutes les autres stations sont en hausse. Des fortes augmentations de biomasse sont constatées aux stations : Veyron, Moyades, Sud Riou, Cortiou et Grand Conglue.

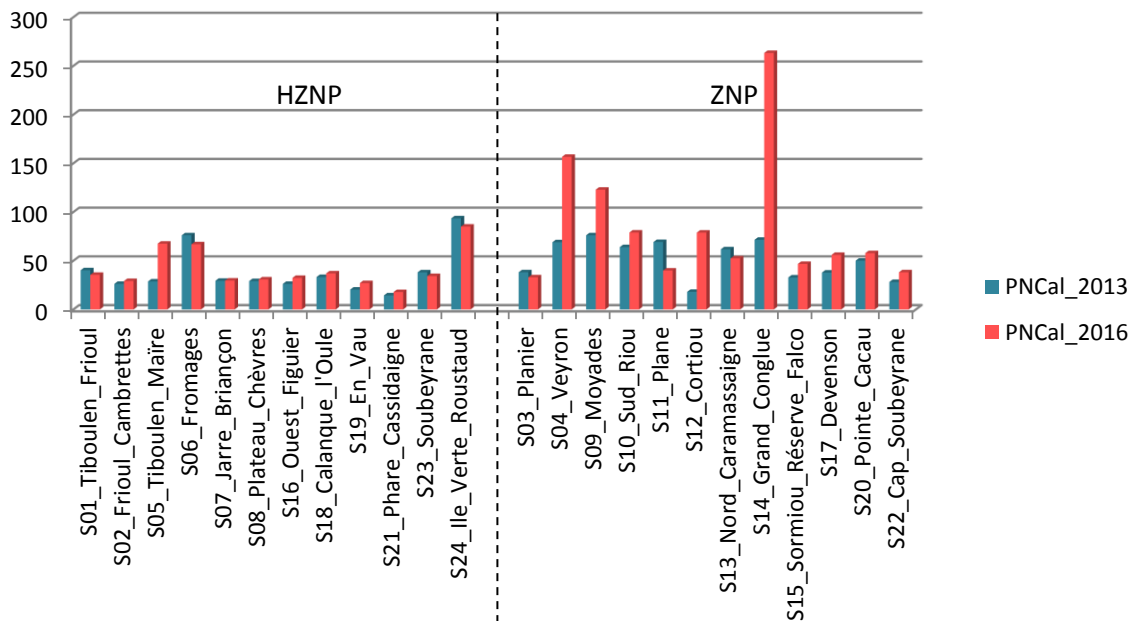


Figure 43. Biomasses cumulées (kg) par station des poissons cibles de la pêche recensés dans le PNCal à T0 et T0+3 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Entre 2013 et 2016, l'écart s'est creusé entre zones de non prélèvement et en dehors pour les espèces cibles (Figure 44). L'estimation de la biomasse observée hors ZNP est équivalente à celle observée en 2013. Ces résultats attestent de la cohérence des estimations faites en 2013 et 2016 et d'une différence de biomasse moyenne des espèces cibles liée au mode de gestion des ZNP.

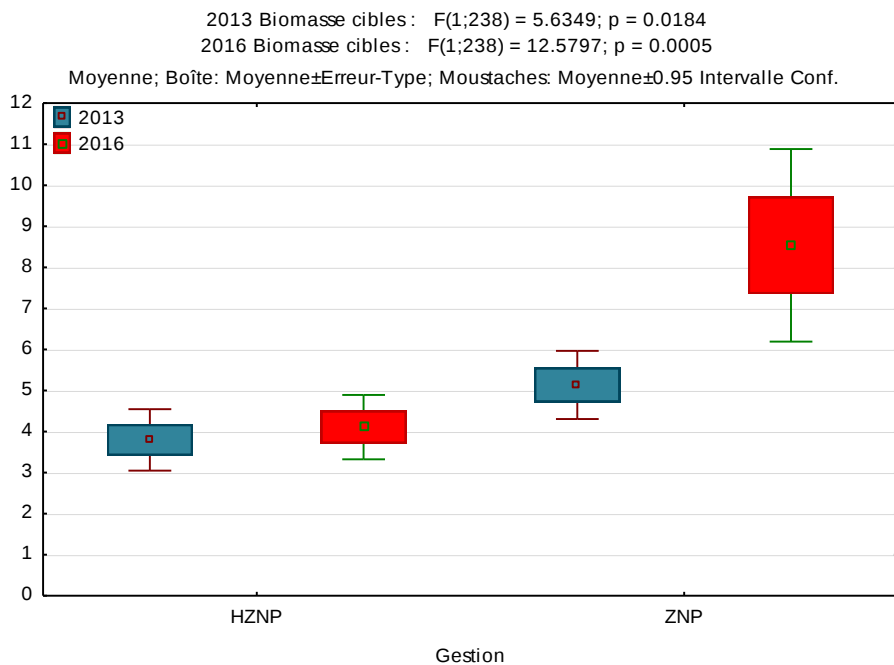


Figure 44. Biomasses moyennes (kg/transect) selon le mode de gestion des poissons cibles de la pêche recensés dans le PNCal à T0 et T0+3 (ZNP : zones de non prélèvement, 12 stations, 120 comptages ; HZNP : hors ZNP, 12 stations, 120 comptages).

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, un zoom a été fait sur quelques espèces cibles de différentes activités de pêche et qui sont importantes en biomasse dans les assemblages de poissons des Calanques. 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 cette raison de regrouper les stations dans les ZNP et hors ZNP pour mieux visualiser la tendance. Ce mode de représentation fait également ressortir les stations où une biomasse exceptionnelle de l'espèce a été observée et la variabilité annuelle des peuplements. Le suivi des principales espèces cibles peut éclairer la gestion en mettant en évidence la pression de certaines activités de prélèvement. Il permet aussi de mieux comprendre les variations observées dans le peuplement total et l'influence de la protection.

4.5.6 Le sar commun *Diplodus sargus*

Le sar commun *D. sargus* est une espèce fréquente dans la zone d'étude, à toutes les stations, car c'est une espèce mobile typique des habitats échantillonnés et qui peut parcourir de grandes distances. Moins abondant que le sar à tête noire *D. vulgaris*, il présente une biomasse plus élevée en 2016 à Tiboulén de Maire et à l'île Verte qui sont en dehors des ZNP (Figure 45). C'est à Moyades, Cortiou, Nord Caramassagne, dans la réserve Falco, au Grand Conglue (surtout) et au Devenson (en ZNP) que la biomasse de cette espèce était la plus élevée.

La biomasse moyenne de *D. sargus* est significativement différente entre les stations en 2016.

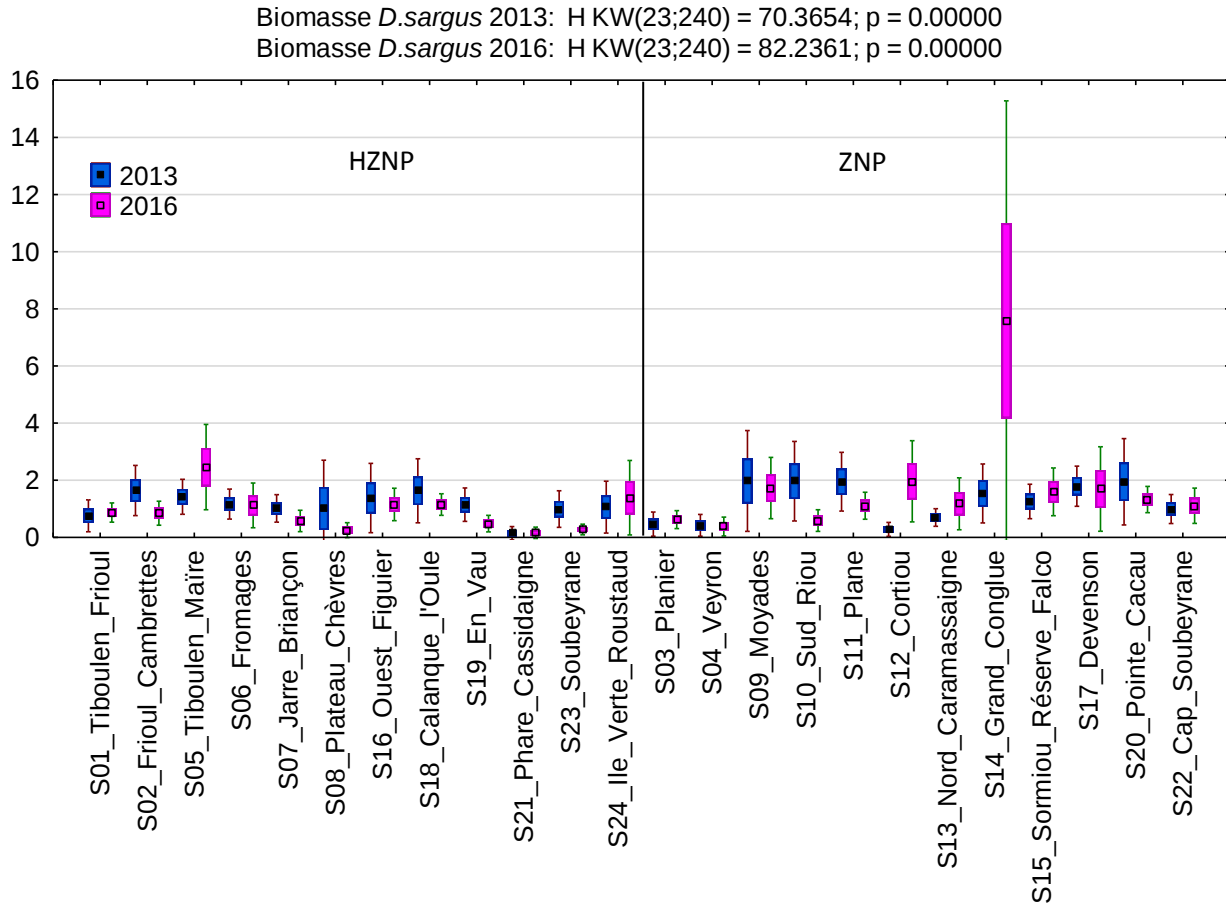


Figure 45. Biomasse moyenne (kg/transect) de *Diplodus sargus* dans le PNCal (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

ANOVA KW - <i>Diplodus sargus</i>	Categ	N	H	P	
Comparaison années 2016-2013	1	480	0.53	0.465	ns
Comparaison stations 2016	23	240	82.24	0.000	***
Comparaison zones de gestion 2016	1	240			

Les sars observés en 2016 ont une taille comprise entre 6 et 36 cm avec un maximum d'individus mesurant 22 à 24 cm (Figure 46). La distribution des classes de taille s'est légèrement décalée vers les grandes tailles en 2016.

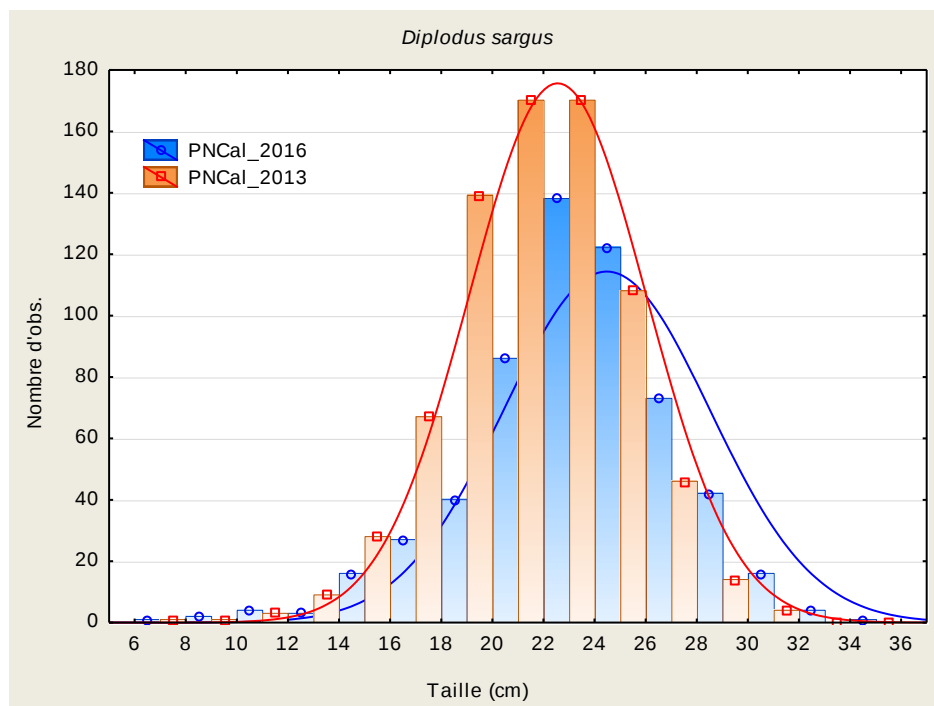


Figure 46. Répartition des classes de taille des sars *Diplodus sargus* observés en 2016 et 2013 dans le PNCal (TRA).

4.5.7 Le sar à tête noir *Diplodus vulgaris*

La biomasse moyenne de *D. vulgaris* est significativement différente entre les stations en 2016 comme en 2013. Cette espèce est présente partout en quantité sur le territoire des Calanques (Figure 47). Sa biomasse a fortement augmenté en 2016 par rapport à 2013, dans presque toutes les stations, qu'elles soient en ZNP ou en dehors. A la station Cassidaigne cette biomasse est très faible en 2013 comme en 2016.

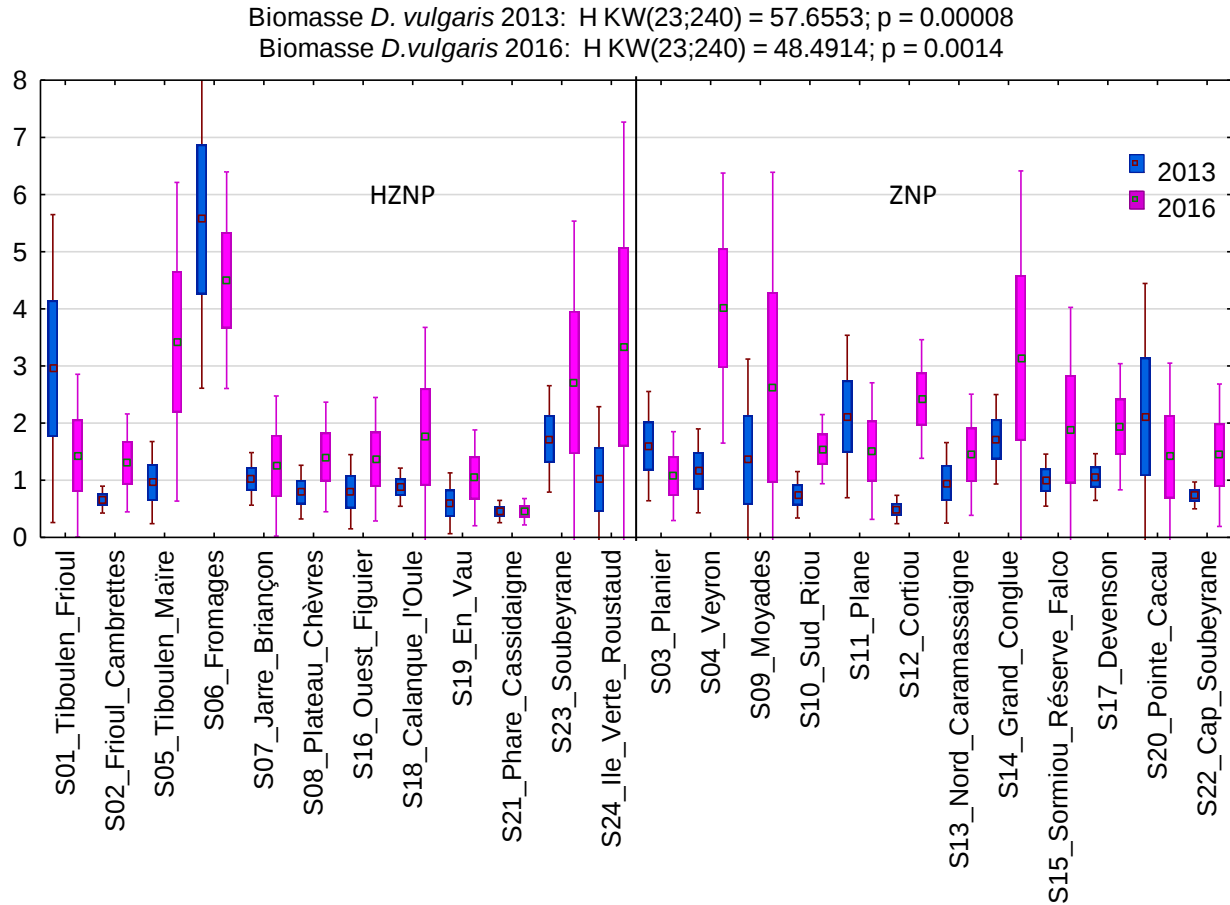


Figure 47. Biomasse moyenne (kg/transect) de *Diplodus vulgaris* dans le PNCal (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

ANOVA KW - <i>Diplodus vulgaris</i>	Categ	N	H	P	
Comparaison années 2016-2013	1	480	6.71	0.009	***
Comparaison stations 2016	23	240	76.57	0.000	***
Comparaison zones de gestion 2016	1	240	2.42	0.119	ns

Les sars à tête noire sont moins abondants dans les comptages de 2016 mais de taille plus élevée comme en témoigne la distribution des classes de taille de 2013 et 2016 (Figure 48).

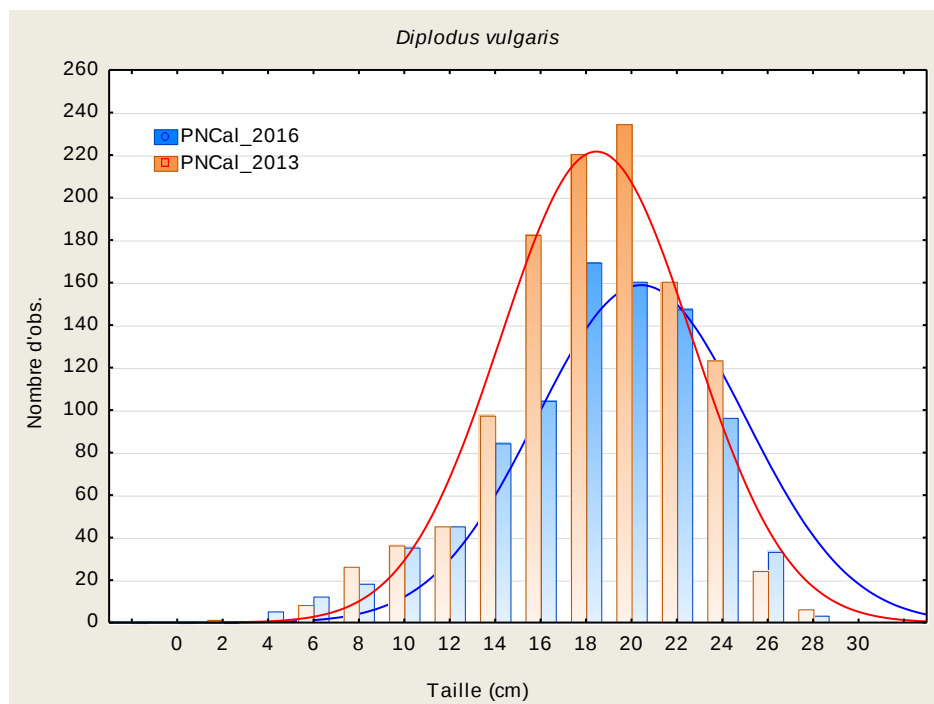


Figure 48. Répartition des classes de taille des sars *Diplodus vulgaris* observés en 2016 et 2013 dans le PNCaI (TRA).

4.5.8 Le sar à museau pointu *Diplodus puntazzo*

La biomasse de *D. puntazzo* est plus élevée dans les stations en ZNP, c'est d'ailleurs une espèce indicatrice de l'effet réserve. Sa biomasse a augmenté entre 2013 et 2016, en particulier à Tiboulén du Frioul, à En Vau, au Phare Cassidaigne, au Veyron, à Sud Riou, et à Cap Soubeyrane. *D. puntazzo* a nettement bénéficié de la mise en place des ZNP et du Parc.

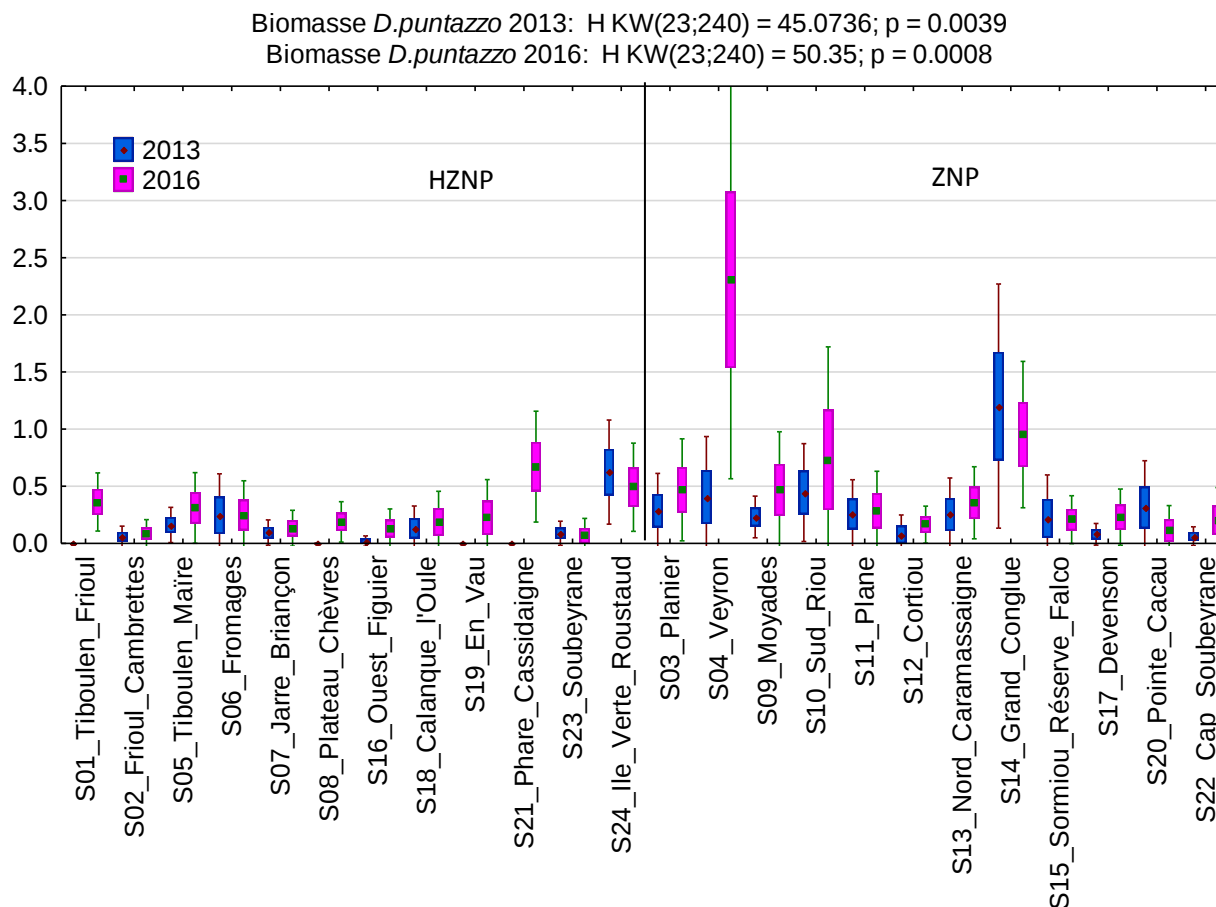


Figure 49. Biomasse moyenne (kg/transect) de *Diplodus puntazzo* dans le PNCal (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

ANOVA KW - <i>Diplodus puntazzo</i>	Categ	N	H	P	
Comparaison années 2016-2013	1	480	14.61	0.000	***
Comparaison stations 2016	23	240	63.47	0.000	***
Comparaison zones de gestion 2016	1	240	10.56	0.001	***

4.5.9 Le mérou *Epinephelus marginatus*

Espèce emblématique de Méditerranée, le mérou brun bénéficie d'une interdiction de pêche sous-marine depuis 1993 et de pêche à l'hameçon depuis 2002 sur le continent. Il devrait depuis s'être largement répandu dans tous les habitats rocheux qui lui sont favorables, ce qui n'est pas le cas en dehors des aires marines protégées où il est beaucoup moins abondant. La biomasse de mérou *E. marginatus* n'est vraiment élevée que dans les stations de ZNP à l'exception de l'île Verte-Roustaud où sa biomasse est en diminution par rapport à 2013 (Figure 50). Cette biomasse est également en diminution à la station Nord Caramassaigne. Cette espèce n'a pas été observée à T0+3 à Jarre-Briançon et à En Vau comme à T0.

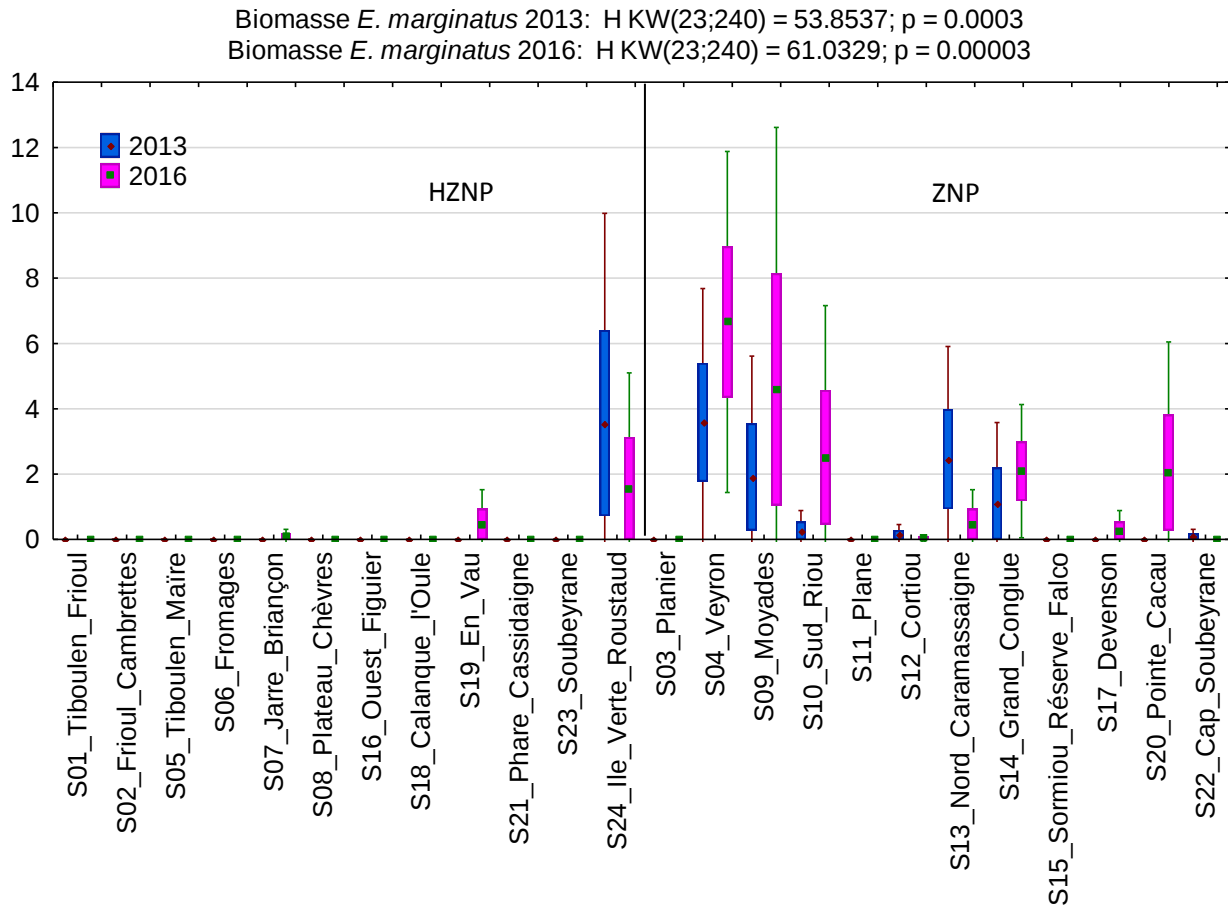


Figure 50. Biomasse moyenne (kg/transect) d'*Epinephelus marginatus* dans le PNCal (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

ANOVA KW – <i>Epinephelus marginatus</i>	Categ	N	H	P	
Comparaison années 2016-2013	1	480	1.09	0.294	ns
Comparaison stations 2016	23	240	95.17	0.000	***
Comparaison zones de gestion 2016	1	240	22.16	0.000	***

Comme en 2013, les mérous observés avaient une taille comprise entre 10 et 120 cm (Figure 51). Le comportement fuyant et cryptique du mérou et le mode d'échantillonnage par transects explique l'absence de mode dans la distribution des tailles observées. Les observateurs ne prennent certainement pas en compte tous les mérous de la zone et les mérous ne sont pas assez nombreux pour obtenir une belle courbe de distribution des tailles. En 2016, les mérous étaient plus nombreux surtout les adultes de 50 à 70 cm de longueur c'est-à-dire des femelles avant l'inversion de sexe qui se situe à environ 80-90 cm. Ces individus atteignent la maturité sexuelle à la taille de 40 à 60 cm (45 cm en moyenne). Une bonne proportion des mérous observés étaient donc en âge de se reproduire.

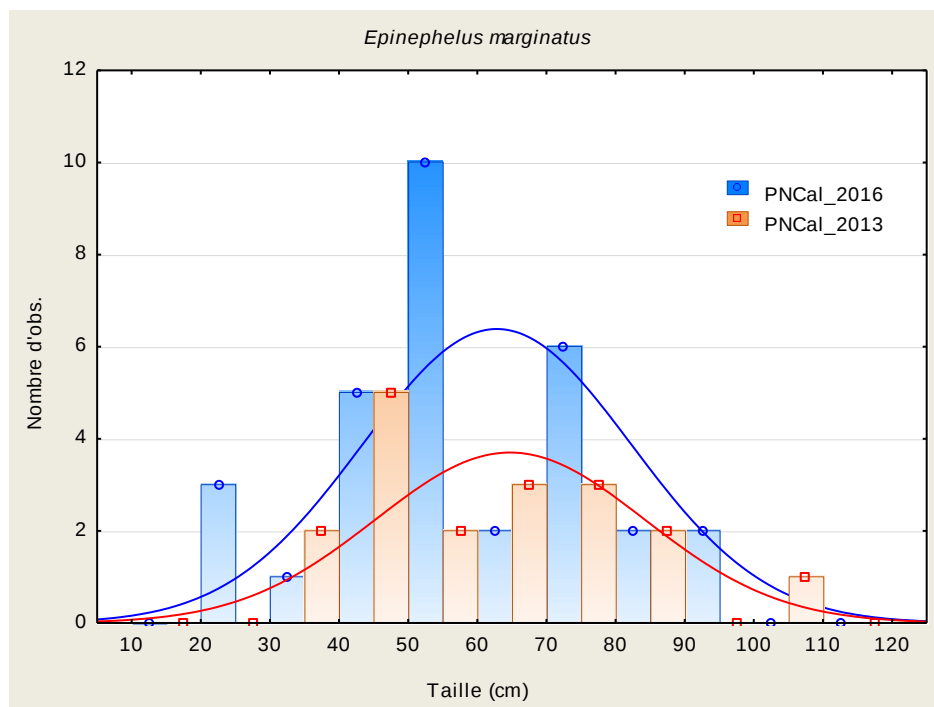


Figure 51. Répartition des classes de taille des mérours *Epinephelus marginatus* observés en 2016 et 2013 dans le PNCal (TRA).

4.5.10 La girelle *Coris julis*

La girelle *C. julis* est une espèce ubiquiste des assemblages méditerranéens. Sa biomasse en 2016 est plutôt moins élevée dans les différentes stations qu'en 2013. Des biomasses particulièrement élevées ont été relevées à Planier, au Veyron dans les ZNP et au Plateau des chèvres hors ZNP (Figure 52).

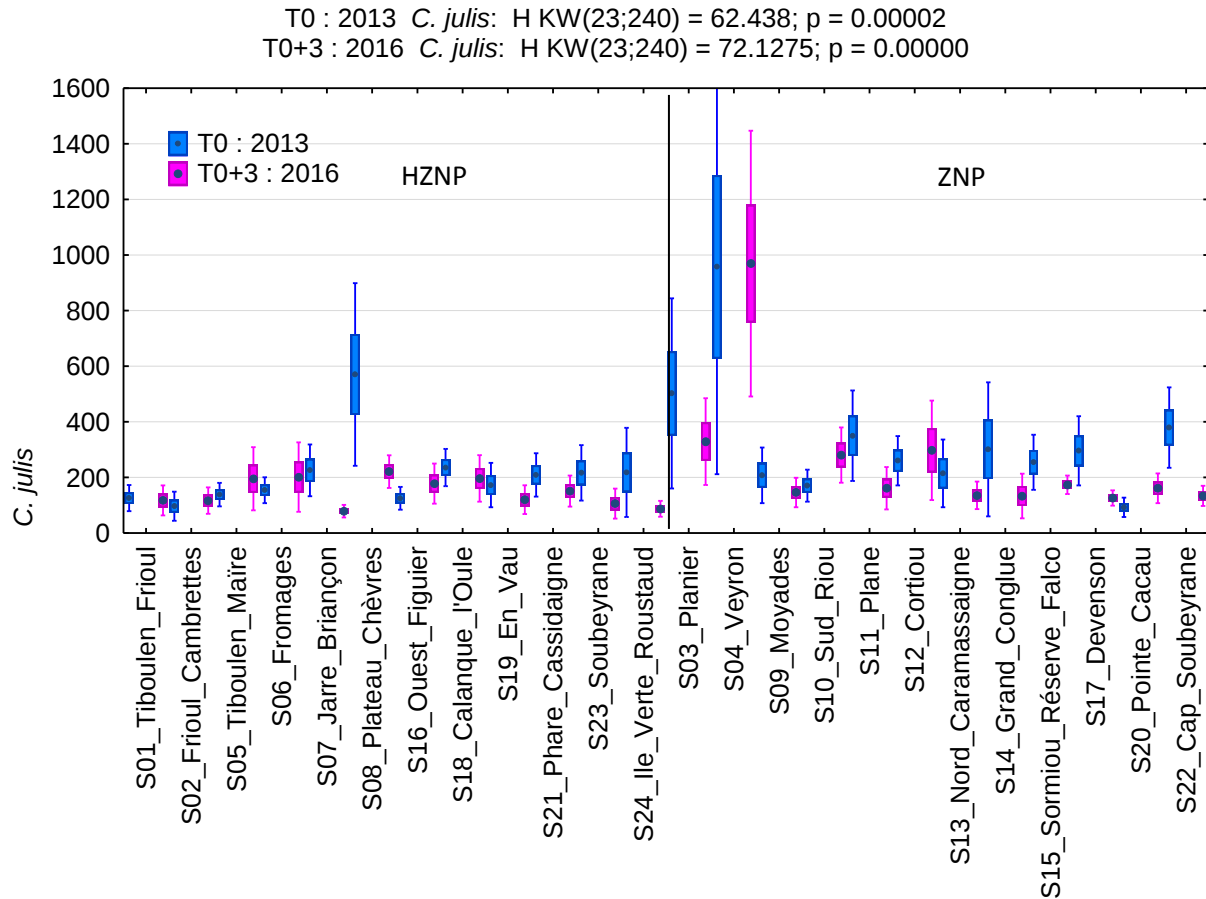


Figure 52. Biomasse moyenne (g/transect) de *Coris julis* dans le PNCaI (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

ANOVA KW – <i>Coris julis</i>	Categ	N	H	P	
Comparaison années 2016-2013	1	480	11.12	0.000	***
Comparaison stations 2016	23	240	91.92	0.000	***
Comparaison zones de gestion 2016	1	240	20.45	0.000	***

La répartition des classes de taille des girelles fait apparaître un décalage vers une taille moyenne plus élevée en 2016 qu'en 2013 pour une même gamme de tailles échantillonnées (Figure 53). Les grands individus sont plus nombreux et les petits moins nombreux qu'en 2013.

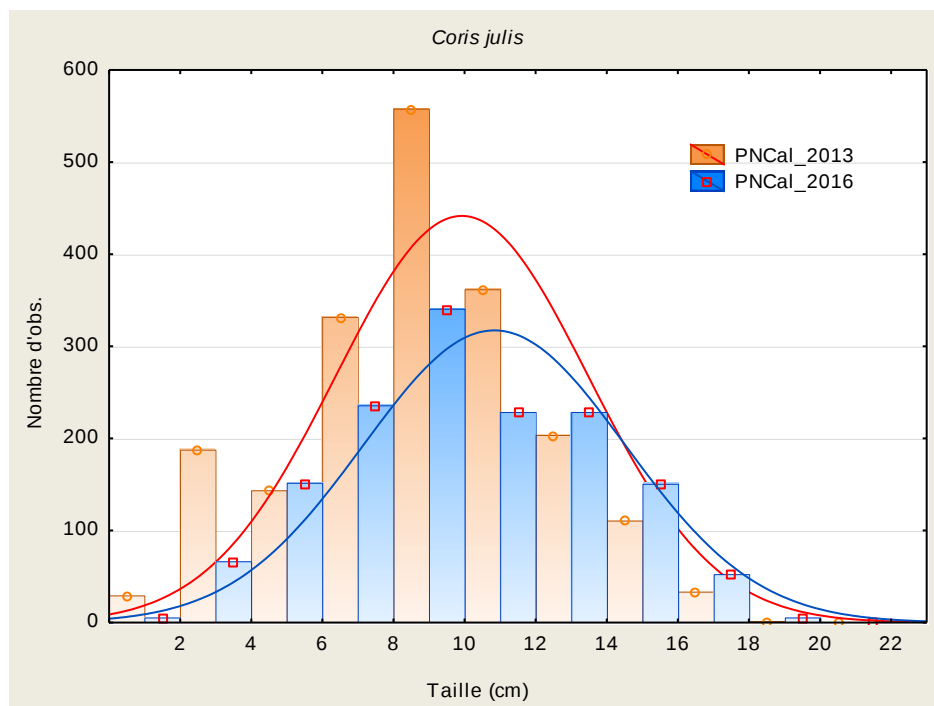


Figure 53. Répartition des classes de taille des girelles *Coris julis* observées en 2016 et 2013 dans le PNCaI (TRA).

Le sexe ratio (rapport nombre de mâles/nombre de femelles) a progressé en faveur des mâles entre 2013 et 2016 dans la plupart des stations (Figure 54) sauf à Tiboulen de Maire, aux Fromages, au phare de Cassidaigne, à l'île Verte-Roustaud, hors ZNP et à Moyades, sud-Riou, Cortiou et à la pointe Cacao dans les ZNP. Ce rapport 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.

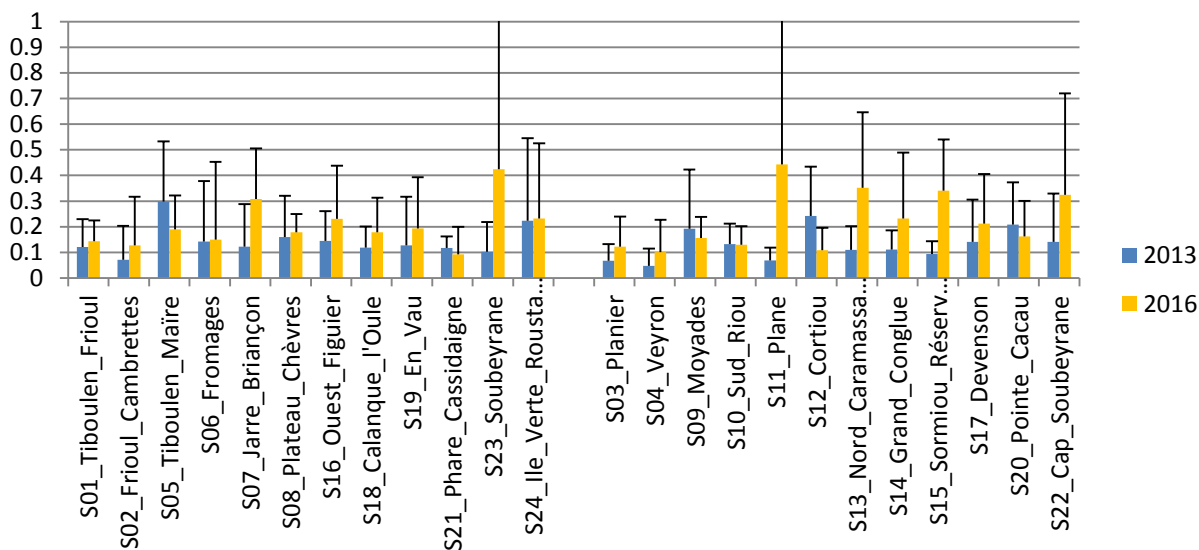


Figure 54. Rapport mâle/femelles de girelles *Coris julis* observé en 2016 et 2013 dans le PNCaI (TRA).

4.5.11 Le serran chevrette *Serranus cabrilla*

Les biomasses de *Serranus cabrilla* sont plus élevées dans les stations en ZNP qu'en dehors, car cette espèce est particulièrement ciblée par la pêche à la ligne. Dans toutes les stations des ZNP, elles ont augmenté sauf à Plane et à Cap Soubeyrane (Figure 55). Des biomasses particulièrement élevées ont été relevées à Cortiou et au Devenson. Hors ZNP, ces biomasses sont le plus souvent équivalentes entre les deux années, ou en augmentation comme au Plateau des Chèvres et à la station Ouest Figuiér.

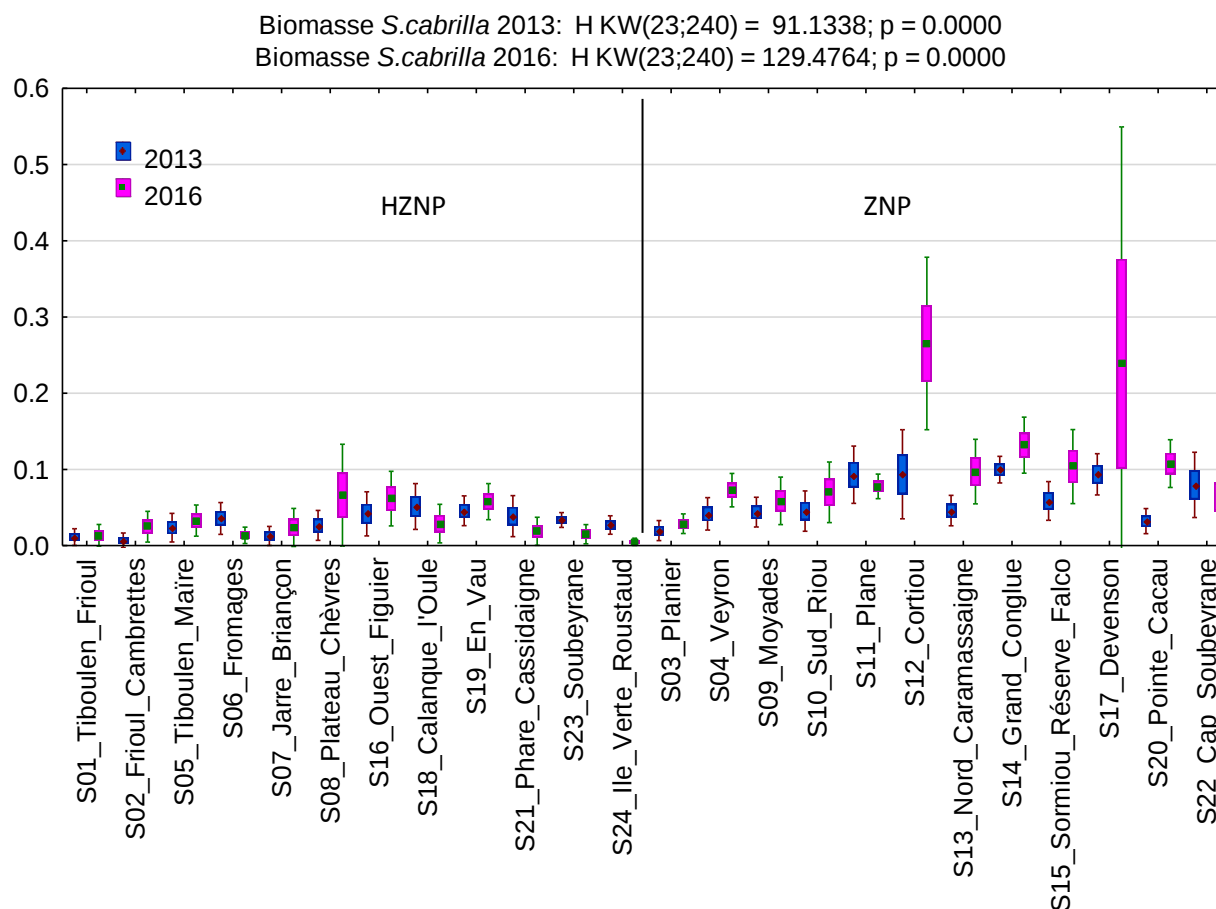


Figure 55. Biomasse moyenne (kg/transect) de *Serranus cabrilla* dans le PNCal (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

ANOVA KW – <i>Serranus cabrilla</i>	Categ	N	H	P	
Comparaison années 2016-2013	1	480	4.67	0.030	**
Comparaison stations 2016	23	240	187.68	0.00	***
Comparaison zones de gestion 2016	1	240	110.05	0.00	***

La répartition des tailles de serrans chèvre présente 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 à ou égale à 12 cm). Il y a davantage de grands individus en 2016 qu'en 2013 dans les ZNP (Figure 56). Hors ZNP, le groupe

d'individus de petite taille (juvéniles) est bien représenté alors que ceux dont la taille est comprise entre 12 et 20 cm sont moins nombreux. Sur cette espèce sensible à la pêche on peut voir l'effet des prélèvements sur la distribution en taille.

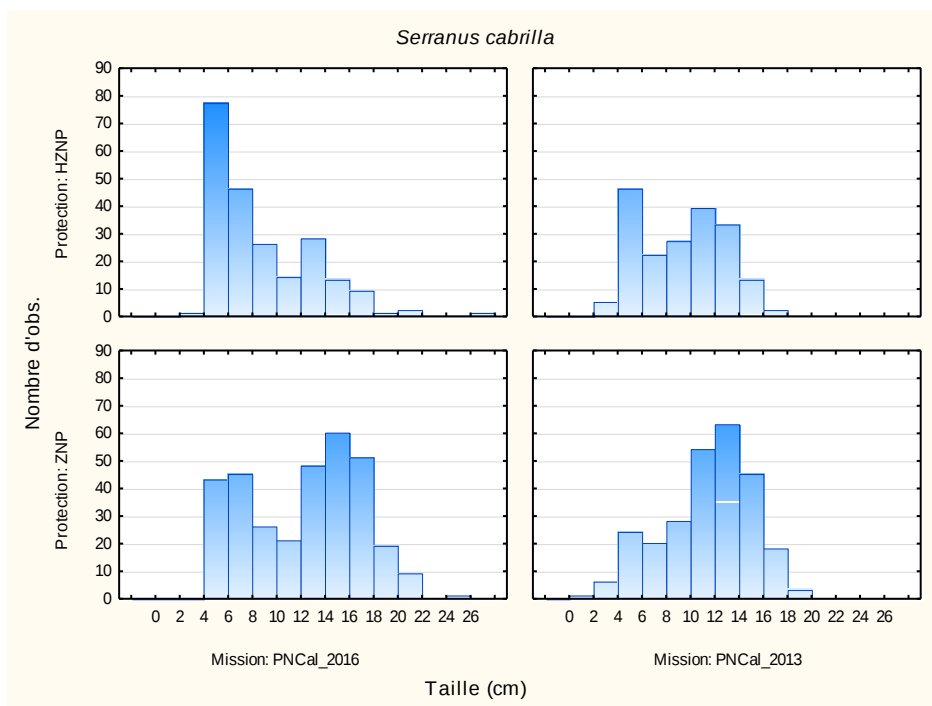


Figure 56. Répartition des classes de taille de *Serranus cabrilla* en 2016 et en 2013 dans le PNCaI (TRA) dans les zones de non prélèvement (ZNP) et en dehors (HZNP).

4.5.12 Le labre merle *Labrus merula*

Le labre merle *L. merula* est en augmentation très nette dans toutes les stations des ZNP (Figure 57). Cet indicateur de la pression de chasse sous-marine augmente également dans des stations hors ZNP situées en cœur de Parc comme Jarre Briançon et Plateau des Chèvres, En Vau ou Phare Cassidaigne. Cette espèce semble bénéficier de la mise en place du parc dans l'ensemble de la zone d'étude sauf à l'île Verte et à Soubeyrane.

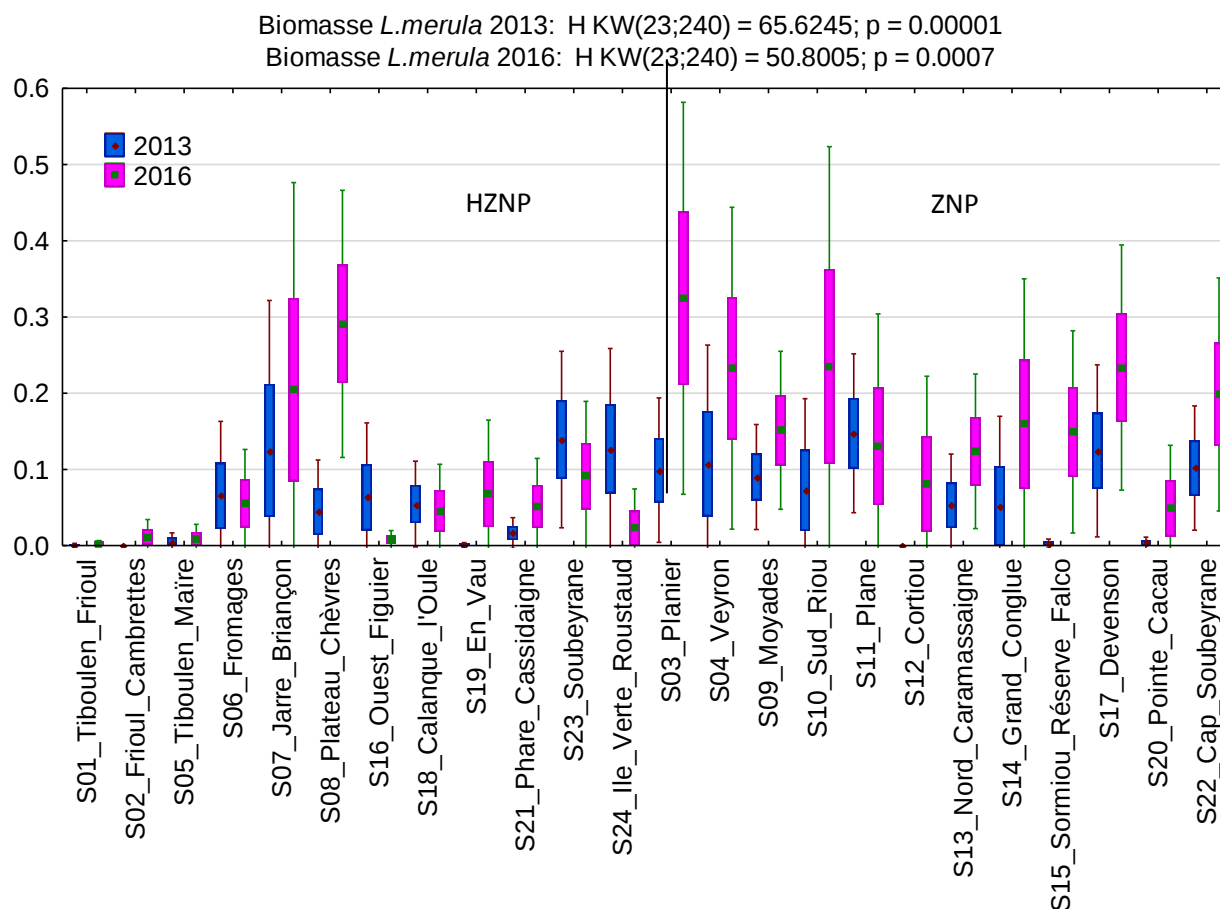


Figure 57. Biomasse moyenne (kg/transect) de *Labrus merula* dans le PNCaI (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

ANOVA KW – <i>Labrus merula</i>	Categ	N	H	P	
Comparaison années 2016-2013	1	480	7.28	0.007	**
Comparaison stations 2016	23	240	83.28	0.000	***
Comparaison zones de gestion 2016	1	240	10.44	0.001	***

4.5.13 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 58). En 2016, des biomasses plus élevées qu'en 2013 ont été relevées au Plateau des Chèvres et à En Vau en cœur du Parc, mais la différence entre stations n'est pas statistiquement significative. Comme *L. merula*, cette espèce semble avoir plutôt profité de l'installation du Parc, bien que les effectifs soient faibles.

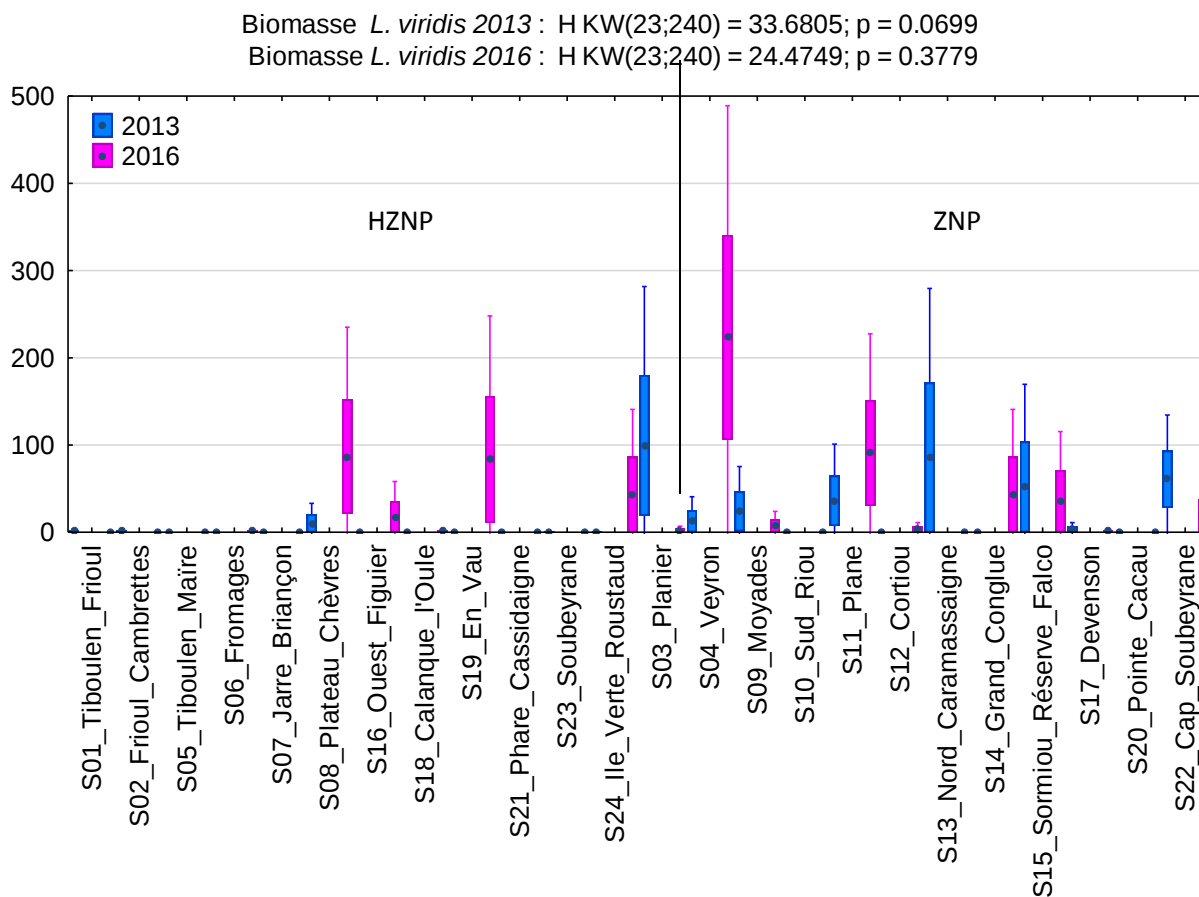


Figure 58. Biomasse moyenne (g/transect) de *Labrus viridis* dans le PNCa (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

ANOVA KW – <i>Labrus viridis</i>	Categ	N	H	P	
Comparaison années 2016-2013	1	480	0.06	0.809	ns
Comparaison stations 2016	23	240	35.97	0.041	ns
Comparaison zones de gestion 2016	1	240	6.34	0.011	ns

4.5.14 Les crenilabres *Symphodus mediterraneus*

Ce crenilabre rentre dans la composition de la soupe de roche et peut être capturé au filet (trémail à petite maille) au même titre que *S. tinca*, pour les plus grands individus. Cette espèce est abondante et sa biomasse a variablement évolué entre 2013 et 2016, parfois en positif, parfois en négatif (Figure 59). La biomasse de cette espèce est donc significativement différente entre stations à chaque période du suivi mais pas entre zones de gestion.

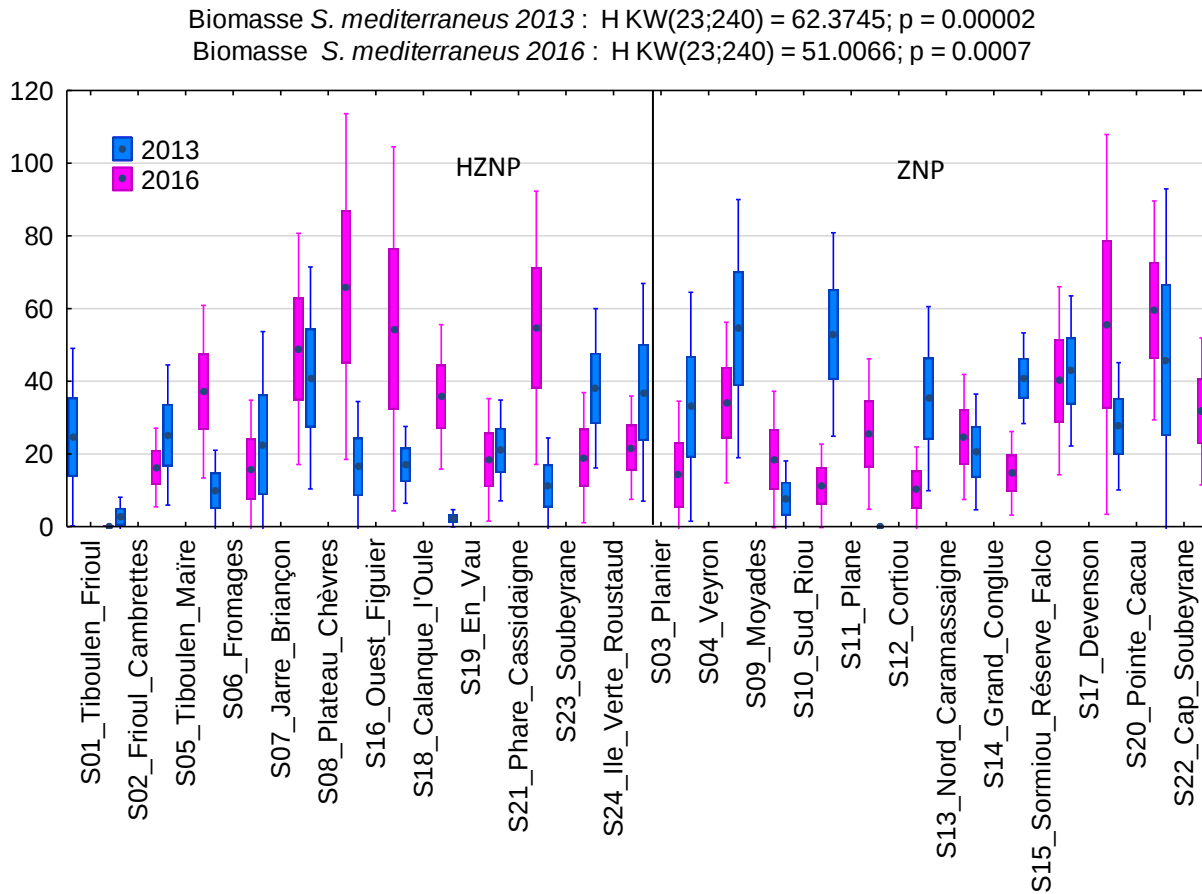


Figure 59. Biomasse moyenne (g/transect) de *Symphodus mediterraneus* dans le PNCaI (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

ANOVA KW – <i>Symphodus mediterraneus</i>	Categ	N	H	P	
Comparaison années 2016-2013	1	480	1.96	0.161	ns
Comparaison stations 2016	23	240	78.38	0.000	***
Comparaison zones de gestion 2016	1	240	3.76	0.052	ns

4.5.15 Le crénilabre tanche *Symphodus tinca*

Les résultats sont assez similaires pour *S. tinca*, qui est largement réparti et bien représenté dans toute la zone d'étude (Figure 60) et dont la biomasse n'a proportionnellement pas varié dans les ZNP par rapport aux stations hors protection.

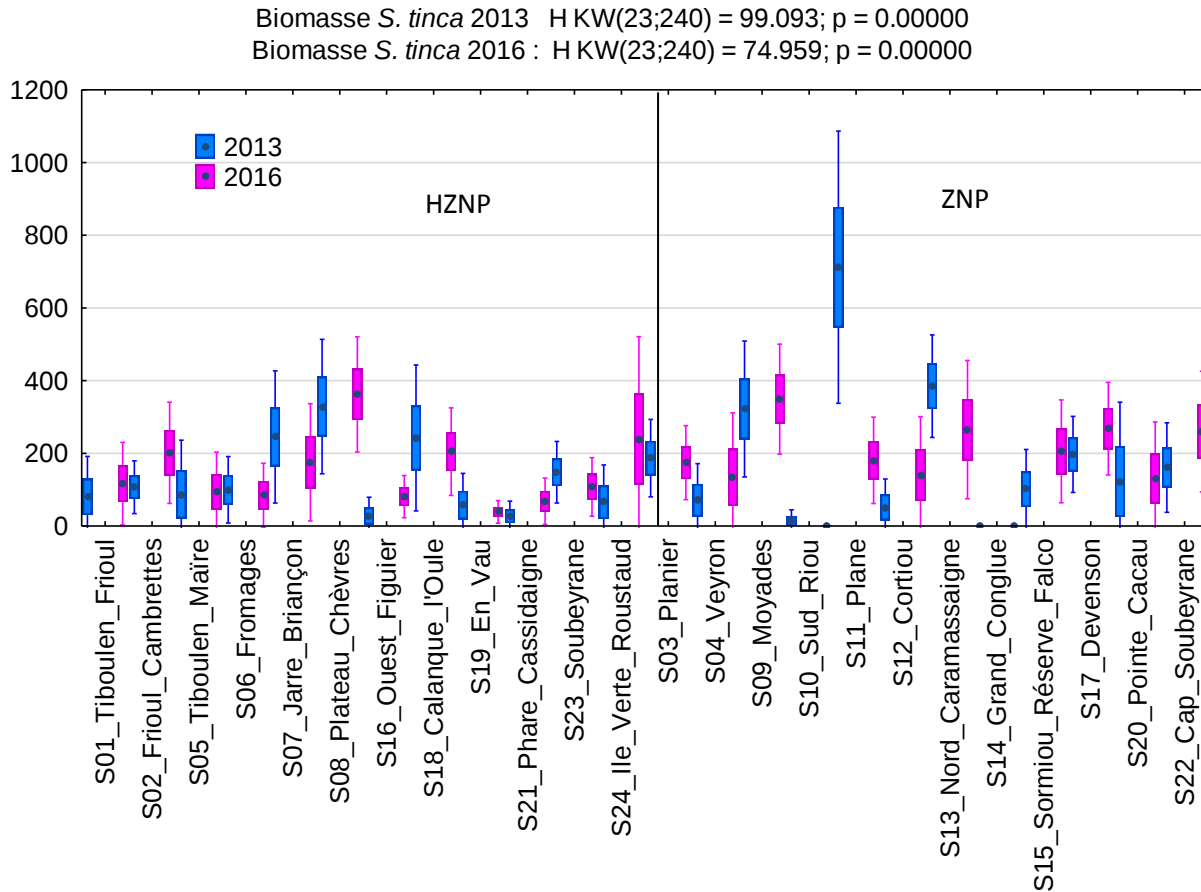


Figure 60. Biomasse moyenne (g/transect) de *Symphodus tinca* dans le PNCal (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

ANOVA KW – <i>Symphodus tinca</i>	Categ	N	H	P	
Comparaison années 2016-2013	1	480	3.38	0.066	ns
Comparaison stations 2016	23	240	154.91	0.00	***
Comparaison zones de gestion 2016	1	240	1.80	0.179	ns

La distribution comparée des classes de taille de *Symphodus tinca* en 2016 présente une augmentation des effectifs et une nette diminution des tailles : le mode a baissé d'environ 4 cm (Figure 61). Est-ce une variation de la dynamique de la population ou bien un impact de la pêche hors ZNP sur les grands individus ? Dans les ZNP en 2016 des individus de grande taille (28-38 cm) ont été recensés mais pas dans les stations HZNP.

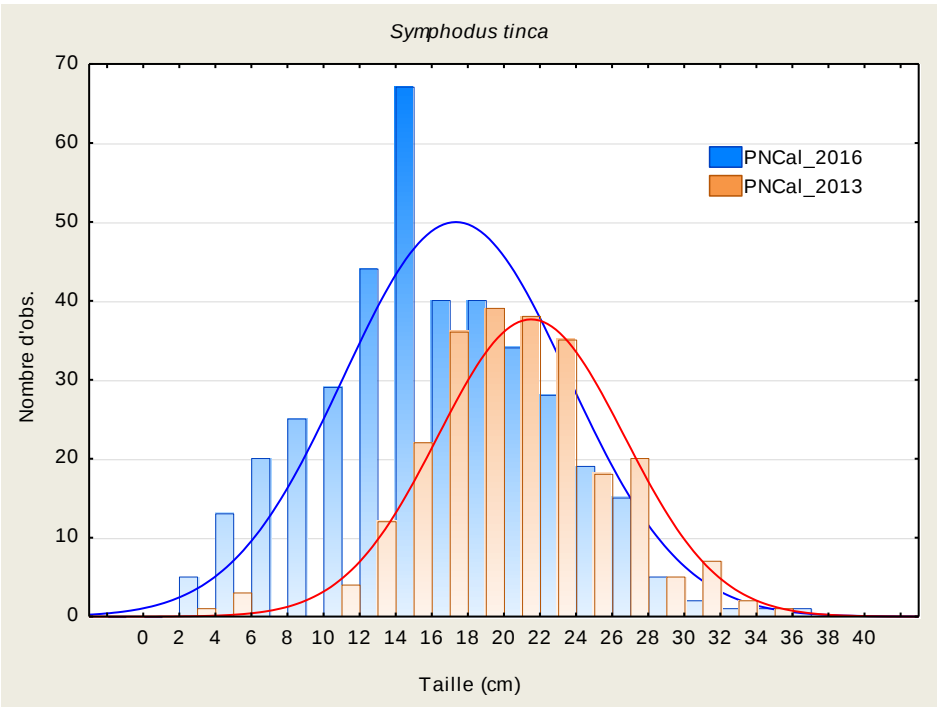


Figure 61. Répartition des classes de taille des *Symphodus tinca* observés en 2016 et 2013 dans le PNCal (TRA).

4.5.16 Le rouget de roche *Mullus surmuletus*

La biomasse de rouget *M. surmuletus* n'est pas significativement différente entre stations en 2016. La biomasse de rougets a fortement progressé dans presque toutes les stations du suivi aussi bien hors ZNP qu'aux stations Nord Caramassaigne, Grand Conglue, Sormiou-réserve Falco, Devenson, Pointe Cacau, dans les ZNP (Figure 62). Les cohortes de 2016 pourraient donc être mieux constituées que celles de 2013 et la différence entre les années est significative.

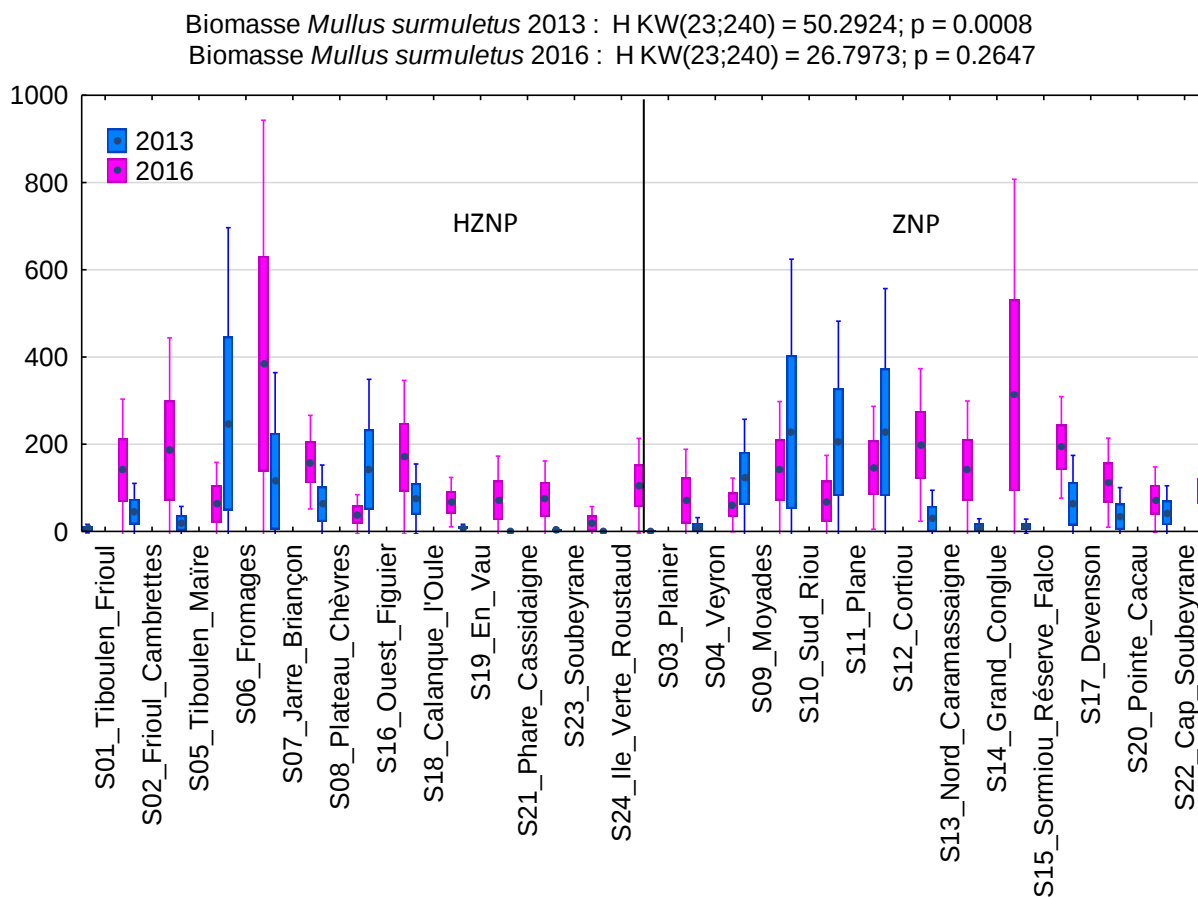


Figure 62. Biomasse moyenne (g/transect) de *Mullus surmuletus* dans le PNCal (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

ANOVA KW – <i>Mullus surmuletus</i>	Categ	N	H	P	
Comparaison années 2016-2013	1	480	21.52	0.000	***
Comparaison stations 2016	23	240	47.04	0.002	**
Comparaison zones de gestion 2016	1	240	0.45	0.501	ns

La distribution des classes de taille des rougets observés fait apparaître 2 modes en 2016 comme en 2013, correspondant très probablement à 2 cohortes : une dont le mode se situe autour de 8 cm (juvéniles de l'année) et l'autre autour de 20 cm (adultes) (Figure 63). Le rouget atteint sa maturité sexuelle à 2 ans (11 cm). Les observations de 2016 montrent davantage de grands individus qu'en 2013 (moins d'individus de petite taille aussi) et cette espèce semble avoir bien profité de la mise en protection d'une partie du territoire d'étude.

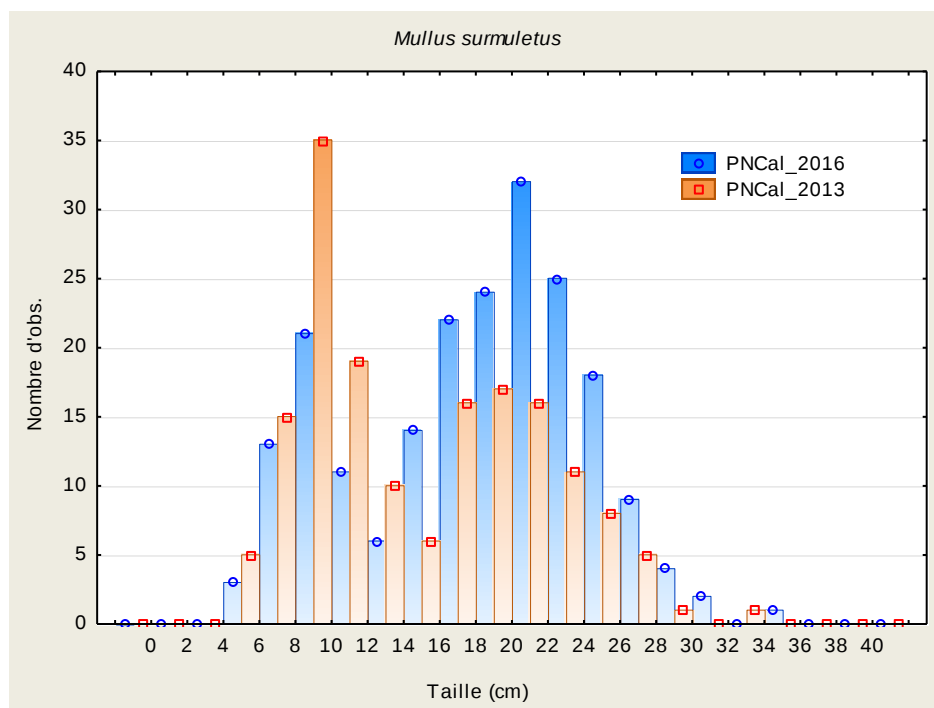


Figure 63. Répartition des classes de taille des *Mullus surmuletus* observés en 2016 et 2013 dans le PNCaI (TRA).

4.5.1 Le barracuda *Sphyraena viridensis*

Le barracuda *Sphyraena viridensis* était absent des comptages de 2013. En 2016, 67 individus ont été dénombrés dans les transects métrés (TRA : 17 HZNP, 50 ZNP). Cette espèce est ciblée par les pêcheurs et appréciée des consommateurs. Elle est favorisée par le réchauffement des eaux en méditerranée nord occidentale au même titre que la girelle paon *Thalassoma pavo*, dont les effectifs ont doublé en 3 ans dans les comptages par transects métrés (TRA : 11 en 2013, 24 en 2016).

4.6 Evolution du peuplement d'espèces cibles depuis 2008

Dans les paragraphes précédents nous avons analysé en détail les résultats par stations et en fonction des zones de gestion en 2016 par rapport à l'état zéro de 2013. Pour 8 des stations du suivi réalisé en 2016 des comptages avaient déjà été faits en 2008 et en 2013 sur transects métrés et parcours au temps (TRA et TPS), ce qui constitue un ensemble de stations de référence pour une analyse de l'évolution des peuplements aussi bien dans des zones qui ont été protégées par la création du Parc (4 stations en ZNP) qu'en dehors (4 stations HZNP).

Pour cette comparaison dans le temps, seules les espèces cibles sont, ici, prises en compte.

4.6.1 Richesse spécifique

La richesse spécifique en espèces cibles calculée sur les transects métrés (TRA) est significativement différente entre stations et entre années.

Tableau 20. Résultats de l'analyse de variance à 2 facteurs (an et station) pratiquée sur les valeurs de richesse spécifique moyenne par transect (TRA) observées en 2008, 2013 et 2016 aux différentes stations.

ANOVA – TRA Richesse espèces cibles (dl=168)	SC	Degrés liberté	F	p	significativité
années	23.18	2	4.58	0.012	*
stations	67.18	7	3.79	0.0008	***
années x stations	47.59	14	1.34	0.18	ns

La Rs moyenne en espèces cibles à la station Moyades est significativement différente de toutes les stations sauf Nord Caramassaigne.

La station Ouest Figuier est significativement différente de Nord Caramassaigne.

La Figure 64 présente l'évolution de la richesse spécifique moyenne d'espèces-cibles de la catégorie 'grand' rencontrées au cours d'un parcours de 3 min au sein des stations étudiées en 2008, 2013 et 2016.

La diversité moyenne a augmenté entre 2008 et 2016 dans toutes les stations et l'écart entre les années est plus important dans les ZNP qu'en dehors (Figure 64). Cependant, l'augmentation n'est statistiquement significative qu'à Moyades (CMRM : $Z = 5.05$ et $p < 0.001$ ***) et Grand Conglue (CMRM : $Z = 5.69$ et $p < 0.001$ ***) qui sont en ZNP, et à Tiboulén de Maire (CMRM : $Z = 3.78$ et $p = 0.04$ *) qui est en dehors d'une ZNP.

Les stations Jarre-Briançon et Ouest-Figuier (station qui présente la plus faible diversité spécifique en 2013 et en 2016) suivent une évolution différente de celle des autres stations. La tendance à la diminution du nombre moyen d'espèces cibles depuis 2008 s'inverse depuis la création du Parc, et a dépassé la moyenne de 2008. Jarre Briançon est une station située au sud de l'île de Jarre sous influence du grand émissaire. La station Ouest Figuier est située à la sortie de la calanque de Sormiou.

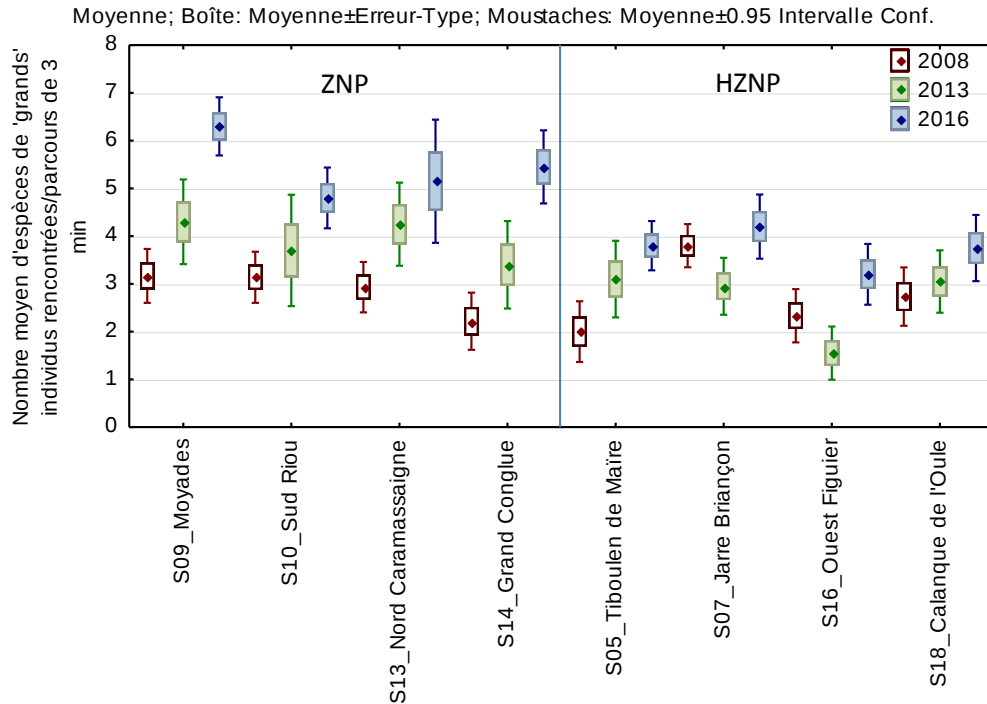


Figure 64. Richesse spécifique moyenne (nombre moyen d'espèces cibles rencontrées) de la catégorie 'grand' par parcours de 3 min (TPS) entre 2008 et 2016 (d'après une liste de 24 espèces cibles) dans le PNCal (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

4.6.2 Occurrences

Huit ans après les premiers comptages qui avaient été réalisés avant la création du Parc national (2008), les occurrences de 'grands' individus ont augmenté quasiment pour toutes les espèces-cibles dans les stations situées maintenant en ZNP (Tableau 21). Ces augmentations sont même élevées, comme c'est le cas pour *Diplodus vulgaris*, *D. puntazzo*, *Serranus cabrilla*, *Mullus surmuletus* ou *Labrus merula*. Seules deux espèces se distinguent par des diminutions de fréquence d'observation ; il s'agit de *Coris julis* aux stations Nord Caramassaigne et Grand Conglue qui enregistre une diminution de -17% (dans les 2 stations) et de *Diplodus sargus* à la station Nord Caramassaigne où la baisse des fréquences d'observations est de -12%.

Concernant les stations hors ZNP, la station Jarre Briançon présente encore des baisses de la fréquence d'observation de 'grands' individus de plusieurs espèces dont *C. julis* (-13%), *Symphodus tinca* (-23%), *Sparus aurata* (-10%), *Serranus cabrilla* (-27%) et *Labrus viridis* (-10%). Alors qu'en 2013 la station Ouest Figuier (HZNP) présentait des diminutions d'occurrences pour plusieurs espèces, en 2016 (4 ans après la création du Parc), ces occurrences ont augmenté pour toutes les espèces-cibles.

Tableau 21. Evolution des occurrences des différentes espèces de la catégorie 'grand' entre 2008 et 2016 par station. En vert : les évolutions positives supérieures à 10% ; en rouge : les évolutions négatives supérieures à 10%.

Stations \ Espèces cibles 2008-2016		Coris julis	Symphodus tinca	Symphodus mediterraneus	Diplodus sargus	Diplodus vulgaris	Diplodus puntazzo	Diplodus cervinus	Spondylusoma cantharus	Dentex dentex	Sparus aurata	Dicentrarchus labrax	Serranus cabrilla	Serranus scriba	Mullus surmuletus	Scorpaena scrofa	Muraena helena	Conger conger	Phycis phycis	Labrus merula	Labrus viridis	Labrus mixtus	Epinephelus marginatus
ZNP	S09_Moyades	25%	20%	5%	15%	22%	40%	-2%		10%	20%		52%	3%	42%	7%	5%	-3%	5%	27%	-3%		25%
	S10_Sud Riou	8%	-5%	-2%	-2%	37%	48%	-7%		-7%			35%		2%	10%	3%		10%	25%		5%	15%
	S13_Nord Caramassaigne	-17%	20%	-8%	-12%	23%	40%	-7%			10%	5%	48%	-7%	43%		25%		12%	35%			20%
	S14_Grand Conglue	-17%	-7%	-2%	18%	43%	52%		5%	13%	17%		42%		32%	15%	15%		25%	35%			18%
Hors ZNP	S05_Tiboulou de Maire	32%	-10%	18%	8%	33%		-3%		-3%	-3%		33%	-2%	47%		2%			-2%	5%		
	S07_Jarre Briançon	-13%	-23%	-7%	20%	43%	30%	-3%		5%	-10%		-27%		-5%						-10%		
	S16_Ouest Figuiér	20%	18%	22%	23%	47%	30%			5%	22%		5%		5%		-3%			-7%			
	S18_Calanque de l'Oule	-8%	8%	13%	3%	23%							-17%		10%					17%			-3%

4.6.3 Densité

La densité d'espèces cibles calculée sur les transects métrés (TRA) est significativement différente entre années mais pas entre stations. L'interaction année x stations est significative.

Tableau 22. Résultats de l'analyse de variance à 2 facteurs (an et station) pratiquée sur les valeurs de densité moyenne par transect des poissons cibles (TRA) observées en 2008, 2013 et 2016 aux différentes stations.

ANOVA - TRA Espèces cibles (dl=168)	SC	Degrés liberté	F	p	significativité
Densité					
années	13642	2	5.16	0.007	**
stations	10583	7	1.14	0.34	ns
années x stations	36944	14	1.99	0.020	*

Les années 2013 et 2016 sont significativement différentes de 2008 en ce qui concerne la densité de poissons cibles.

La densité moyenne des espèces cibles était plus élevée en 2008 par rapport à 2016 dans toutes les stations échantillonnées sauf à Moyades et au Grand Conglue qui sont maintenant situées en ZNP (Figure 65). La dynamique est plutôt progressive en ZNP sauf à Nord Caramassaigne dont le profil est anormal pour une zone protégée (que se passe-t-il à cette station ? Prélèvements ?). Hors ZNP, on voit les densités d'espèces cibles diminuer nettement à chaque retour à Jarre-Briançon, Ouest Figuiet et calanque de l'Oule.

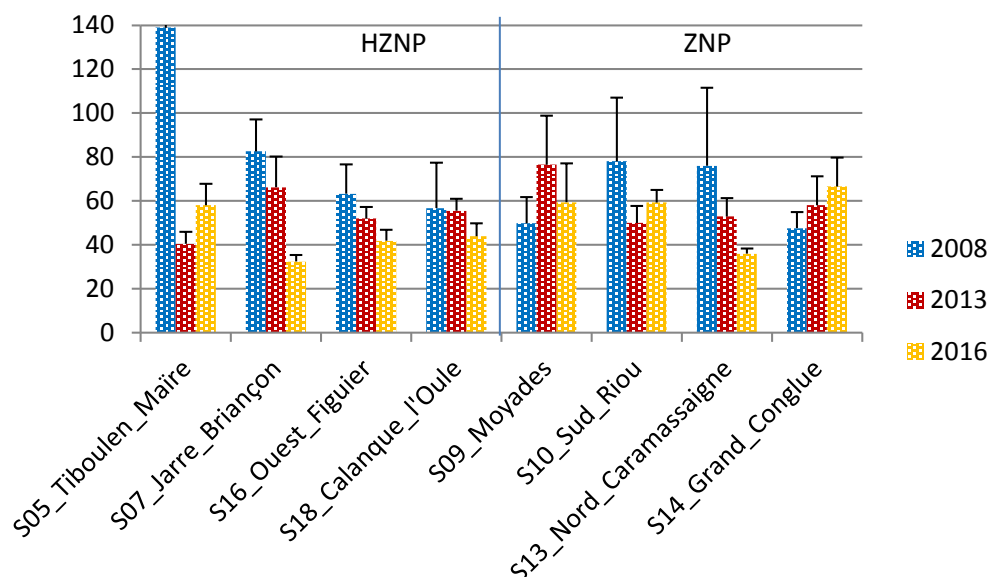


Figure 65. Comparaison de la densité moyenne des espèces cibles par transect (TRA) en 2008, 2013 et 2016 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

4.6.4 Biomasse

4.6.4.1 Toutes espèces cibles

La biomasse en espèces cibles calculée sur les transects métrés (TRA) est significativement différente entre stations mais pas entre années. L'interaction année x stations est significative.

Tableau 23. Résultats de l'analyse de variance à 2 facteurs (an et station) pratiquée sur les valeurs de biomasse moyenne par transect (TRA) observées en 2008, 2013 et 2016 aux différentes stations.

ANOVA - TRA Espèces cibles (dl=168)	SC	Degrés liberté	F	p	significativité
Biomasse					
ans	6.04+08	2	2.89	0.06	ns
stations	1.94+09	7	2.65	0.013	*
années x stations	3.04+09	14	2.08	0.015	*

La biomasse en poissons cibles à la station Grand Conglue est significativement différente de celle à toutes les autres stations.

La biomasse en poissons cibles bien que non significativement différente entre années permet d'observer des tendances évolutives quand plusieurs années de suite une augmentation ou une diminution est constatée ou par comparaison avec un mode de gestion différent.

Les biomasses moyennes observées en 2016 sont globalement plus élevées qu'en 2013 à toutes les stations (sauf Nord Caramassaigne) (Figure 66). Les stations Moyades et Grand Conglue se distinguent par des biomasses élevées de poissons cibles, mais c'était aussi le cas de Tiboulou de Maire en 2008. L'écart entre les stations de ZNP et celles situées hors ZNP a tendance à se creuser. La biomasse échantillonnée est 1.5 à 2 fois supérieure dans les zones de non prélèvement.

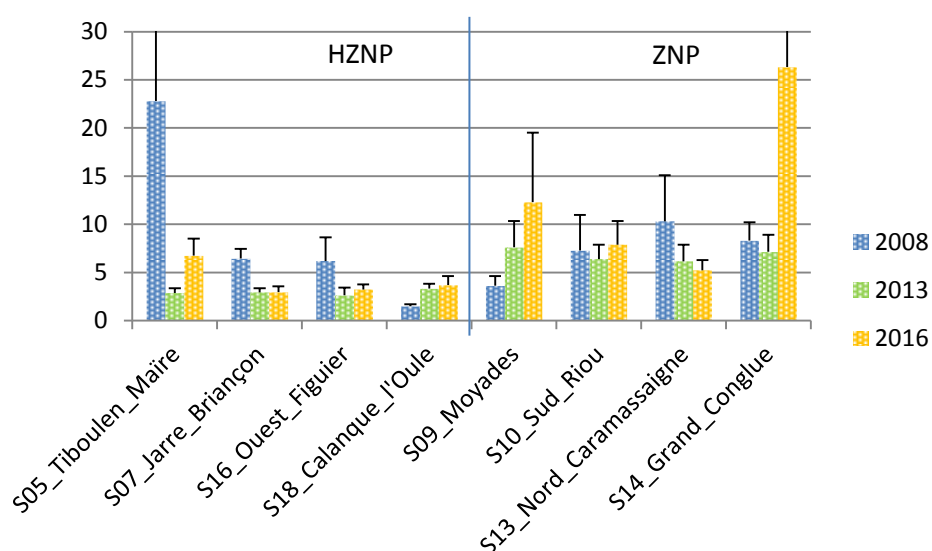


Figure 66. Comparaison de la biomasse moyenne (kg) des espèces cibles par transect (TRA) en 2008, 2013 et 2016 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

4.6.4.2 Cibles de la chasse sous-marine

La comparaison peut être faite entre les 3 années sur les espèces cibles de la chasse sous-marine et démontre un fort effet de la mise en protection déjà perceptible à T0 (18 mois). La forte augmentation de la biomasse moyenne des cibles de la chasse constatée en 2016 dans les ZNP est évidemment liée au très bon score de la station Grand Conglue et aux résultats de la station Moyades. La biomasse des espèces cibles est stable à Sud Riou et continue à décroître à Nord Caramassaigne.

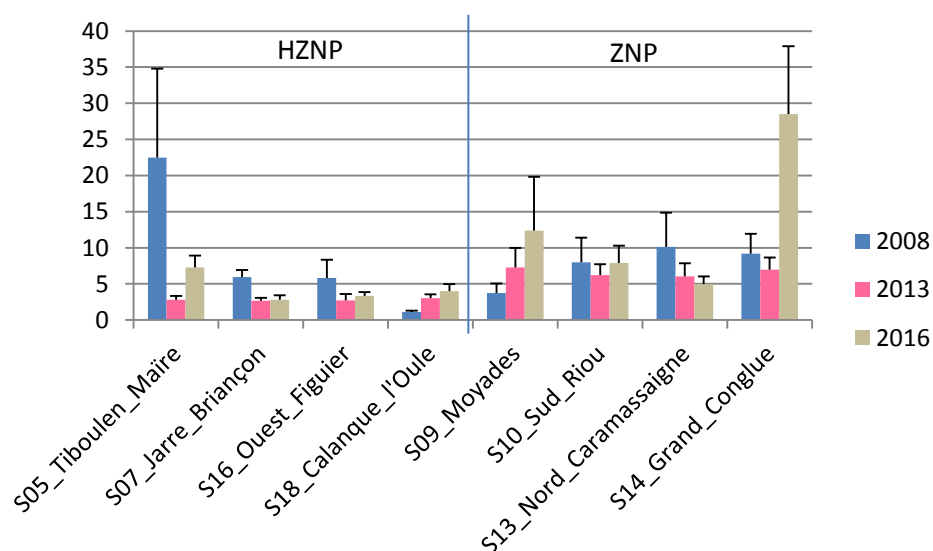


Figure 67. Comparaison de la biomasse moyenne (kg) des espèces cibles de la chasse par transect (TRA) en 2008, 2013 et 2016 (ZNP : zones de non prélèvement ; HZNP : hors ZNP).

Les données de biomasses cumulées permettent de dégager plus nettement les tendances évolutives : la chute des biomasses entre 2008 et 2013 dans les stations situées hors ZNP après la création du Parc et la reprise depuis 2013 potentiellement plus forte dans les ZNP qu'en dehors (Figure 68).

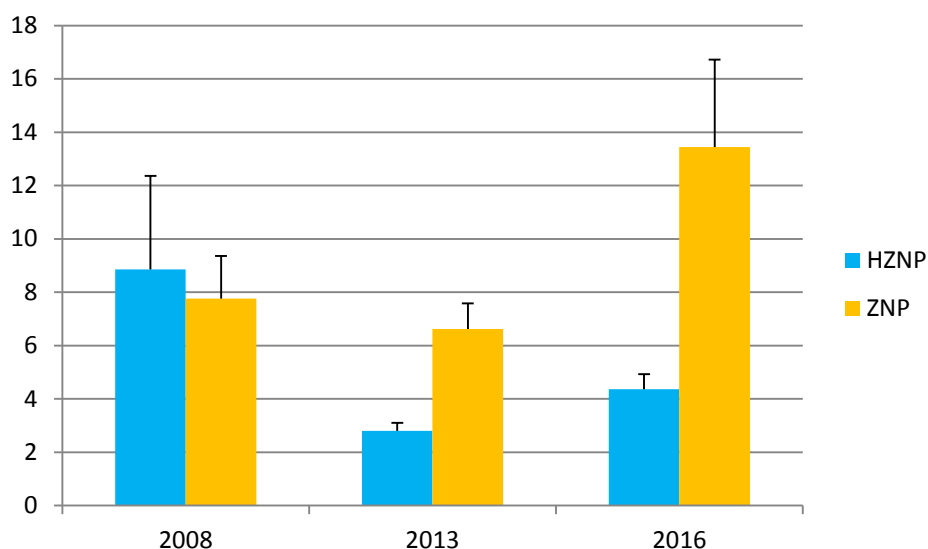


Figure 68. Comparaison de la biomasse moyenne (kg par transect) des espèces cibles de la chasse (TRA) en 2008, 2013 et 2016 dans les zones de non prélèvement (ZNP) et en dehors (HZNP).

4.6.4.3 Cibles de la pêche à la ligne

Les biomasses moyennes d'espèces cibles n'ont dépassé le niveau qu'elles atteignaient en 2008 que dans les stations Calanque de l'Oule, Moyades et Grand Conglue. Les stations Sud Riou et Nord Caramassaigne semblent encore impactées par cette pression, comme les autres stations hors ZNP.

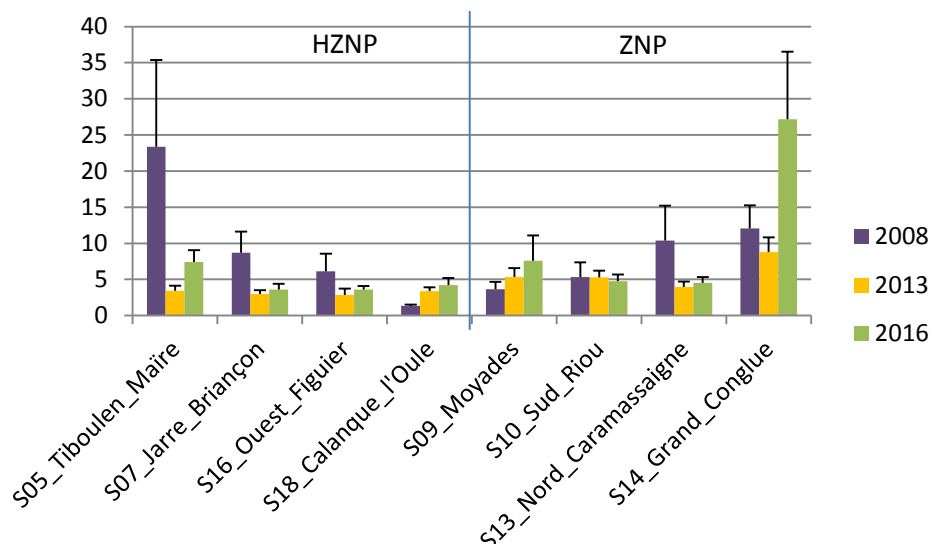


Figure 69. Comparaison de la biomasse moyenne (kg) des espèces cibles de la pêche à la ligne en g par transect (TRA) en 2008, 2013 et 2016 dans les zones de non prélèvement (ZNP) et en dehors (HZNP).

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 (Figure 70). Ces stations étaient déjà fortement sous pression de pêche. Depuis 2013, la biomasse d'espèces cibles a progressé partout.

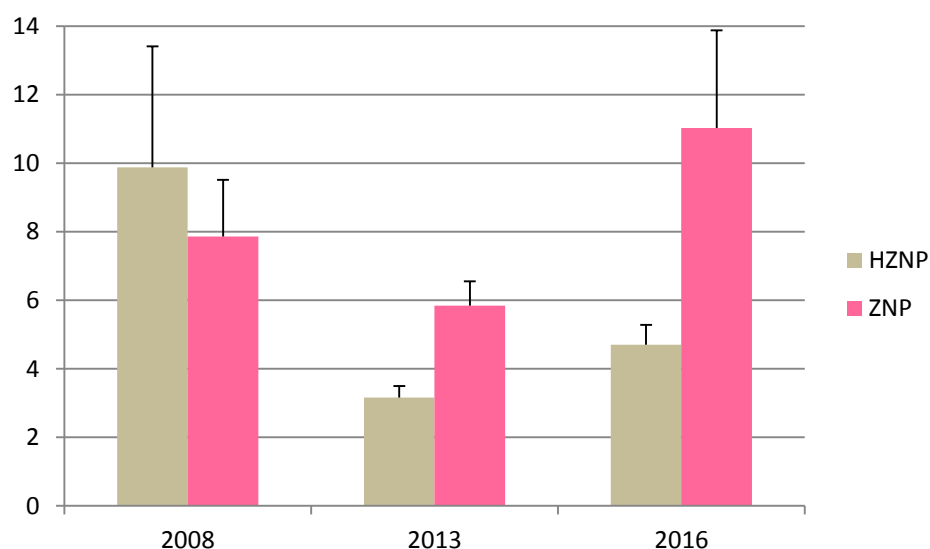


Figure 70. Comparaison de la biomasse moyenne (kg) des espèces cibles de la pêche à la ligne par transect (TRA) en 2008, 2013 et 2016 dans les ZNP (ZNP) et en dehors (HZNP).

4.6.4.4 Cibles de la pêche professionnelle au filet

Les espèces cibles des filets de la pêche professionnelle présentent des biomasses moyennes équivalentes dans le temps dans toute la zone d'étude excepté à la station Grand Conglue qui affiche un score exceptionnel en 2016 et la station Moyades en progression.

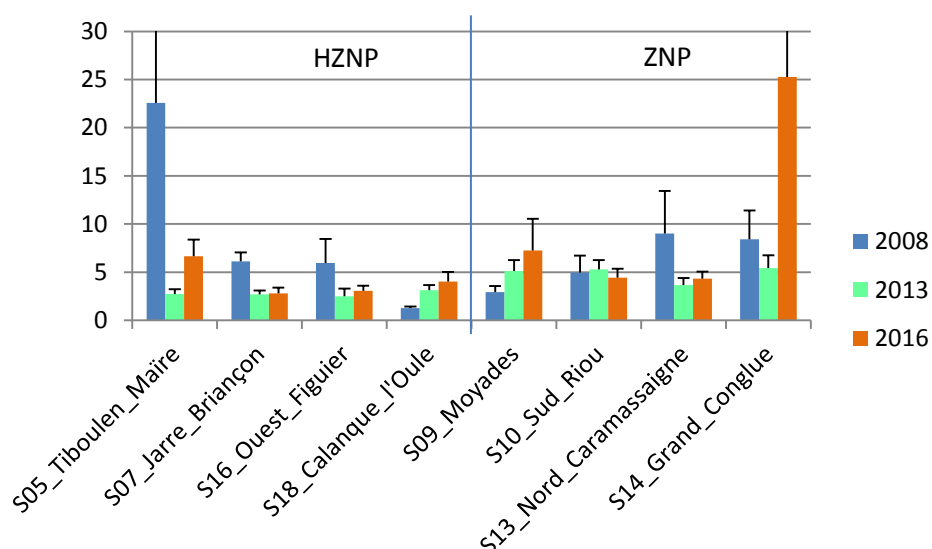


Figure 71. Comparaison de la biomasse moyenne des espèces cibles de la pêche au filet par transect (TRA) en 2008, 2013 et 2016 dans les zones de non prélèvement (ZNP) et en dehors (HZNP).

Ces espèces cibles des filets ont vu leur biomasse diminuer fortement entre 2008 et 2013 aussi HZNP que dans les ZNP. Depuis 2013 les biomasses augmentent à nouveau et de façon proportionnellement plus importante hors ZNP (Figure 71).

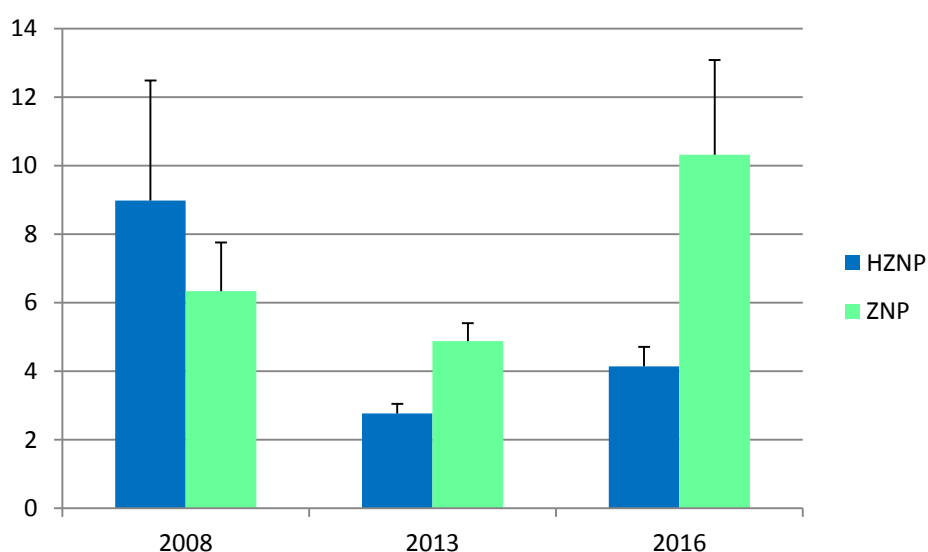


Figure 72. Comparaison de la biomasse moyenne (kg) des espèces cibles de la pêche au filet par transect (TRA) en 2008, 2013 et 2016 dans les ZNP et en dehors (HZNP).

4.7 Analyse fonctionnelle du peuplement

4.7.1 Evolution de la structure trophique 2008-2016

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 moins la pression de pêche est forte et plus le peuplement a de chances de fonctionner de façon optimale (alimentation, prédation, reproduction).

Le peuplement de poissons échantillonné en 2008 et 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 73). En 2013, 18 mois après la création du Parc, la proportion de piscivores avait déjà doublé ; en 2016, cette proportion a encore fortement augmenté. La composition trophique du peuplement de 2016 est particulièrement bien équilibrée et totalement différente de celle observée avant la mise en place du Parc.

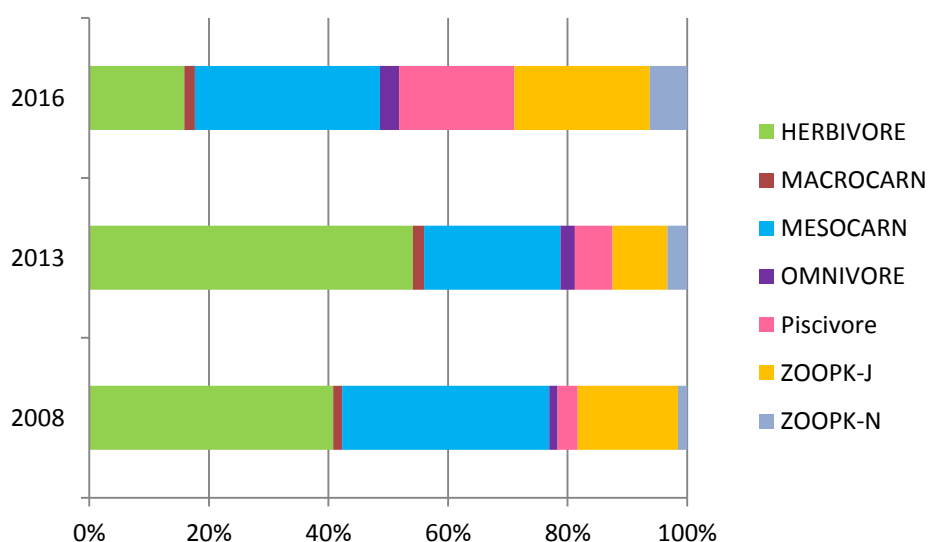


Figure 73. Composition trophique du peuplement de poissons échantillonné visuellement dans 8 stations (4 en ZNP et 4 hors ZNP) dans le parc national des Calanques (2008 : avant protection ; 2013 et 2016 : après protection).

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

La proportion en biomasse des différents groupes trophiques a été représentée à chaque station à partir des comptages réalisés entre 5 et 20 m (TRA) et ceux faits entre 0 et 5 m en PMT (

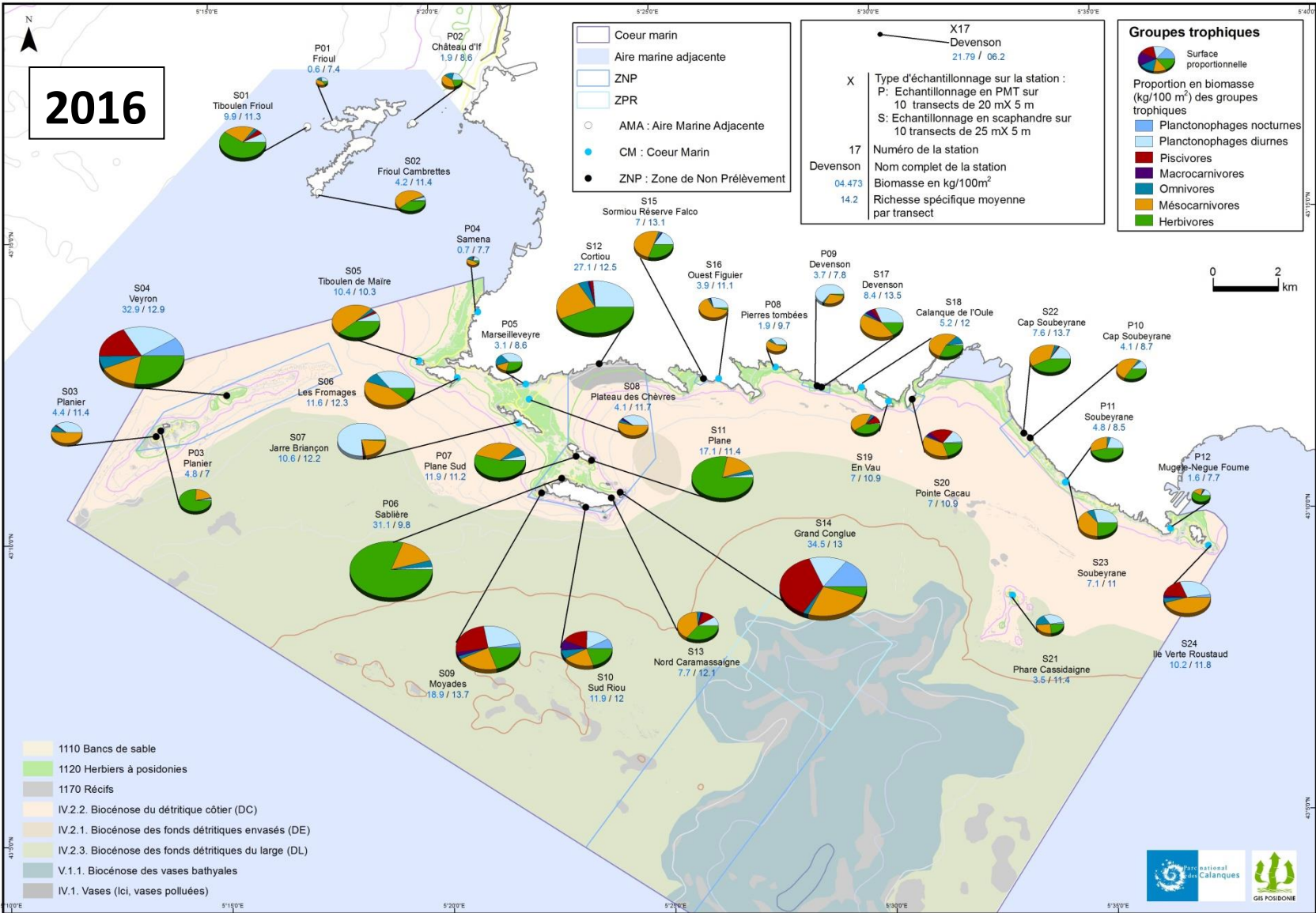
Figure 74).

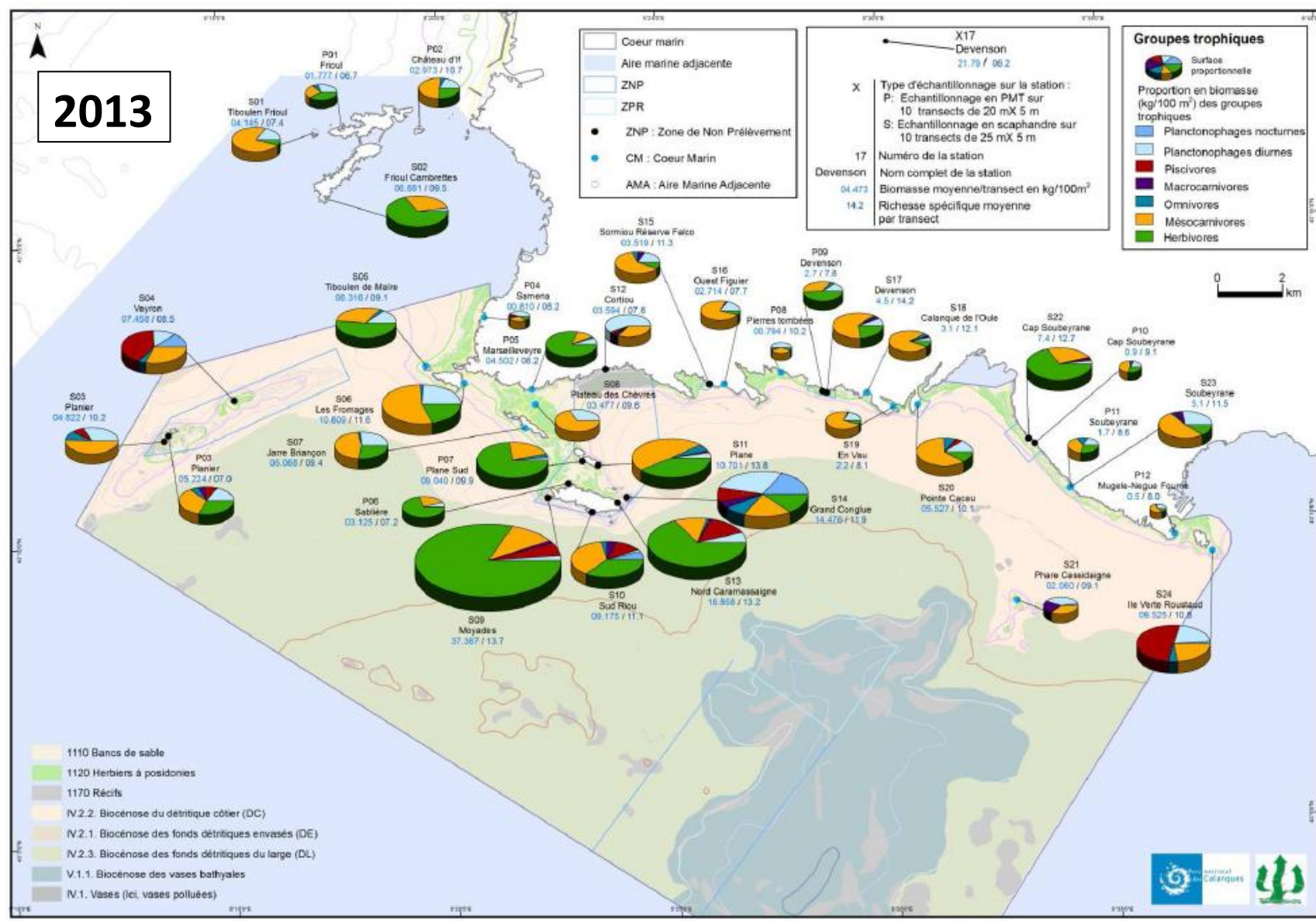
La taille des camemberts reflète la biomasse moyenne par transect pour la station. Cette représentation très visuelle de l'ensemble de la zone d'étude fait ressortir la très grande différence entre le littoral proche dont les habitats rocheux sont variés et soumis à une forte pression de pêche (professionnelle et récréative) : Frioul, côte des Calanques à l'île Verte et les îles moins accessibles comprenant aussi des habitats remarquables, proches de zones plus profondes et des stations tournées vers le large : Planier, Riou. Dans ces stations, la biomasse moyenne est nettement plus élevée qu'ailleurs et la proportion de piscivores et de macrocarnivores importante, ce qui témoigne d'un peuplement plus équilibré et moins impacté par la pêche car ces espèces sont particulièrement ciblées. La station du Grand Conglue dans la zone interdite est celle qui présente le meilleur équilibre entre classes trophiques. De telles proportions correspondent à ce que l'on peut observer dans des zones protégées depuis longtemps.

Cette représentation du peuplement de poissons par catégories trophiques est un reflet de la pression de pêche sur les poissons dans le PNCal, et donc aussi de l'impact des mesures de gestion sur le peuplement de poissons. A T0+3, les stations Veyron, Moyades, Sud Riou et à moindre degré la station Nord-Caramassagne rejoignent la station Grand Conglue dans le groupe des stations présentant un bon équilibre entre catégories trophiques et une belle proportion de piscivores dans leur peuplement. Dans ces stations, le peuplement retrouve une structure équilibrée qui témoigne d'un meilleur fonctionnement de la chaîne trophique. Ces stations sont situées dans les ZNP et dans les îles. Aucune station située à la côte ne présente des biomasses moyennes de grande valeur équivalente, ni un aussi bon rapport entre les catégories trophiques. Les herbivores dominent dans la plupart des autres stations, surtout près du grand herbier du plateau des chèvres. La proportion de planctonophages diurnes est partout plus élevée qu'en 2013 à T0.

La carte élaborée à partir des résultats des comptages de 2013 a été remise à la suite de la nouvelle carte établie à partir des résultats de 2016.

Figure 74 et Figure 75. Peuplement de poissons des Calanques en 2016 (première carte) et en 2013 (seconde 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 76). Par comparaison, la biomasse de macrocarnivores, elle, n'a pas augmenté depuis la mise en place du Parc. L'augmentation de la biomasse de grands prédateurs, que sont les piscivores, est un des indicateurs les plus démonstratifs de l'effet réserve.

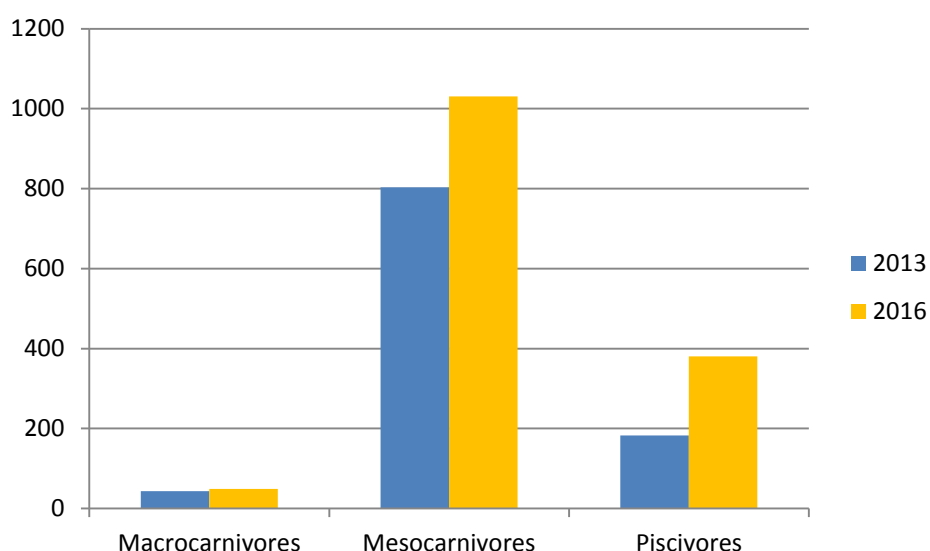


Figure 76. Evolution des biomasses cumulées (kg) de mesocarnivores, macrocarnivores et de piscivores dans les comptages du PNCaI.

La biomasse de poissons piscivores a fortement diminué depuis 2013 en dehors des ZNP alors qu'elle a augmenté dans les ZNP (Figure 77). La différence de biomasse entre les deux régimes de gestion est hautement significative en 2016.

La biomasse moyenne de piscivores HZNP est passée de 0.4 kg/100 m² en 2013 à 0.25 kg/100 m² en 2016 et dans les ZNP de 0.8/100 m² en 2013 à 2.3 kg/100 m² en 2016.

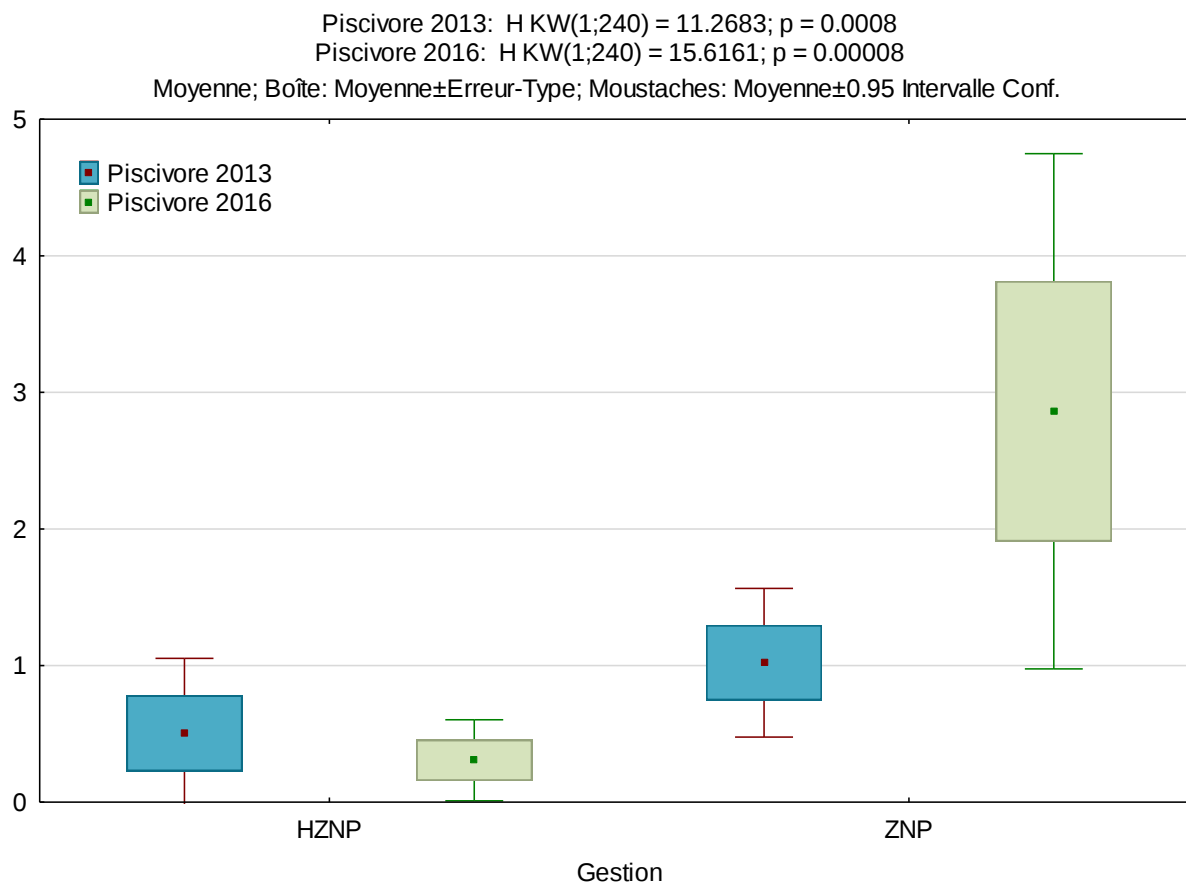


Figure 77. Evolution de la biomasse moyenne de piscivores en kg/transect entre 2013 et 2016 selon les modes de gestion dans les comptages du PNCaI.

4.7.4 Structure trophique du peuplement entre 0 et 5 m

La structure trophique du peuplement des petits fonds a peu changé entre 2013 et 2016 (Figure 78). La proportion d'herbivores a légèrement augmenté, surtout dans les ZNP. Hors ZNP un meilleur équilibre est atteint entre les différentes catégories trophiques avec davantage de zooplanctonophages diurnes. Les piscivores sont moins présents dans les comptages de 2016 dans les petits fonds des ZNP.

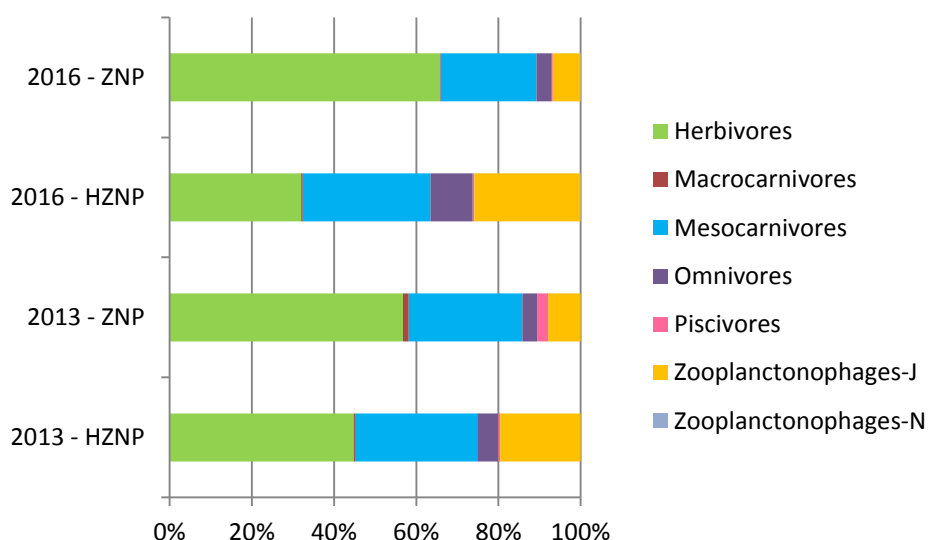


Figure 78. Proportions de biomasse des différents groupes trophiques dans les comptages au temps d'espèces cibles réalisés dans les petits fonds du PNCa (0-5 m).

4.7.1 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 2016, 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).

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*.

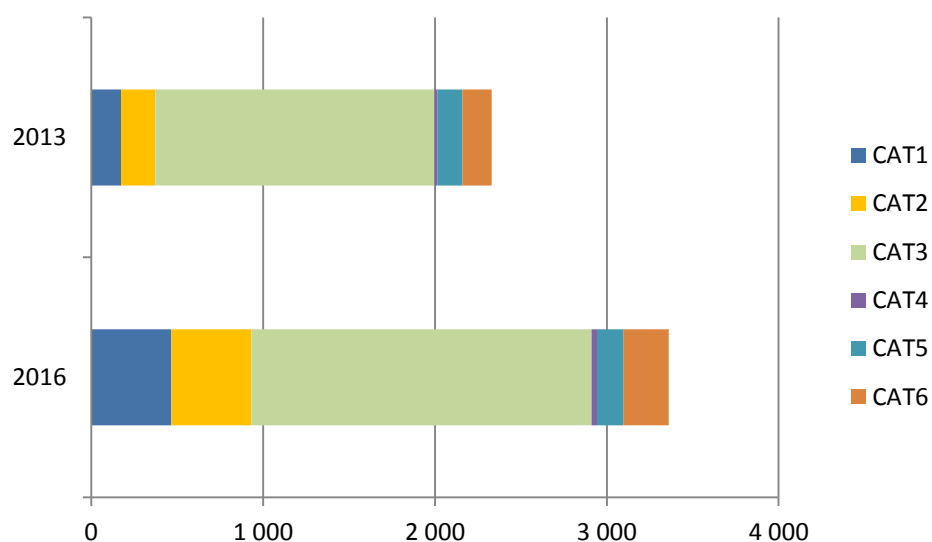


Figure 79. Evolution de la structure spatiale et comportementale du peuplement de poissons des Calanques à partir des catégories proposées par Harmelin (1987). Proportions calculées à partir du cumul des biomasses (kg).

4.8 Chiffres et résultats clefs 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 : 51 (contre 53 en 2013), dont 48 hors HZNP et 42 dans les ZNP ;
- La richesse spécifique Rs totale varie de 21 à 31 espèces vues par station, soit 12 à 20 espèces relevées au maximum par transect à chaque station, contre 10 à 18 espèces selon les stations (Rs totale maximale = 24) en 2013 ;
- Rs moy = 10.3 au minimum et 13.7 au maximum selon les stations ;
- Rs ZNP = 12.5 ± 2.8 en 2016 contre 11.5 ± 3.2 en 2013; Rs Hors ZNP = 11.5 ± 2.7 en 2016 contre 9.6 ± 3.4 en 2013; Rs ZNP > Rs Hors ZNP*** ;
- Rs îles=11.9 ± 2.7 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*, *Labrus merula*, *Serranus cabrilla*. *Symphodus doderleini*, *Symphodus mediterraneus* ;
- Espèces présentes seulement dans 1 ou 2 stations : *Ctenolabrus rupestris*, *Dicentrarchus labrax*, *Labrus mixtus*, *Pagellus acarne* et *Pagrus pagrus*, *Seriola dumerili* et *Trachurus* sp. ;
- Aucun corb (*Sciaena umbra*) n'a été observé durant les échantillonnages ;
- Aucun barracuda (*Sphyraena viridensis*) n'avait été observé en 2013, 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 2016 avec un total de 31 individus, dont 27 en ZNP, contre 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 2016.

- Par ordre décroissant d'importance dans la composition des abondances hors planctonophages : *Coris julis* > *Diplodus vulgaris* > *Sarpa salpa* > *D. sargus* > *Serranus cabrilla* (sans changement par rapport à 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* > *D. sargus* > *Epinephelus marginatus* > *C. julis*
- Biomasses îles > biomasses côte***

Espèces cibles :

- Rs moyenne par station = 1 à 6
- Biomasse moyenne des espèces cibles = 6.3 ± 9.9 kg/transect en 2016 contre 3.9 ± 3.2 kg/transect (1.4 à 7.6 kg/transect) ; 4.4 ± 3.7 kg/transect à la côte et 7.7 ± 12.4 kg/transect dans les îles ; 4.1 ± 4.3 kg/transect HZNP et 8.5 ± 12.9 kg/transect ZNP ;
- Taille *E. marginatus* : [10-120 cm], 50 à 70 cm en majorité ;
- Taille moyenne *D. sargus* , *Coris julis* 2016 > 2013, sexe ratio en faveur des mâles en 2016/2013

Evolution 2008-2016 :

- Rs 'grands' : 2008 < 2013 < 2016 hors-ZNP et ZNP sauf Jarre et Ouest Figuier HZNP où 2008 > 2013 < 2016
- Densité espèces cibles 2016 > 2013 Grand Conglue et sud Riou dans ZNP et Tiboulén de Maïre HZNP ; HZNP : densité 2016 < 2013 < 2008 3 stations/4)
- ZNP : Biomasse espèces cibles 2016 > 2013 (3 stations/4)
- HZNP : Biomasse espèces cibles 2016 > 2013 (4 stations/4)

Evolution structure trophique :

- Proportion de piscivores et de planctonophages a augmenté en 2016 ; groupes trophiques mieux équilibrés qu'en 2013

4.9 Chiffres et résultats clefs 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 : 37 (au lieu de 41 en 2013) ;
- Rs moyenne varie de 7 à 11 espèces selon les stations ;
- Rs totale varie de 16 à 24 espèces selon les stations ;
- 4 taxons non vues dans TRA : *Belone belone*, *Trachinidé*, *Pagellus acarne* et *Parablennius gattorugine* ;
- Espèces les plus fréquentes : *Chromis chromis* et *Coris julis* (les oblades ne sont plus aussi fréquentes qu'en 2013).

Abondances :

- Abondance d'espèces planctonophages est 2.5 fois > espèces non 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 :
Sarpa salpa > *Coris julis* > *Diplodus vulgaris* > Mugilidae > *Symphodus tinca* > *D. sargus*

Biomasses :

- Biomasse d'espèces planctonophages < espèces non planctonophages
- Par ordre décroissant d'importance dans la composition des biomasses :
Sarpa salpa > *Diplodus sargus* > *D. vulgaris* > *D. puntazzo* > *Symphodus tinca* > Mugilidae > *Coris julis*

Espèces cibles :

- 15 espèces cibles vues dans les comptages en zone superficielle
- Rs des cibles par station (et non par comptage) = 6 à 12 espèces comme en 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 ZNP=215 ± 335 g/comptage
- Biomasse moyenne des espèces cibles HZNP=69 ± 142 g/comptage

4.10 Chiffres et résultats clefs 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 2016 de 9 à 16 espèces selon les stations (diversité totale maximale = 24) contre 10 à 18 espèces en 2013 (diversité totale maximale = 24).
- La richesse spécifique moyenne varie en 2016 de 7 à 11 espèces/parcours de 3 min selon les stations en 2016, contre 4 à 8 espèces/parcours de 3 min selon les stations en 2013.

Fréquences d'observations :

- La moitié des espèces-cibles de la catégorie 'grand' ont été observées dans au moins 50% des parcours réalisés dans les 24 stations. Il s'agit de *Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *D. puntazzo*, *Symphodus tinca*, *S. mediterraneus*, *Serranus cabrilla*, *S. scriba*, *Mullus surmuletus*, *Sparus aurata*, *Labrus merula*, *Coris julis* et *Epinephelus marginatus*. En 2013, cela ne concernait qu'un quart des espèces ;
- Les 'grands' individus d'*E. marginatus* sont observés dans 11 stations sur 24, majoritairement en ZNP. Hors ZNP, ces individus ont été observés aux stations S21-Phare Cassidaigne et S24-Roustaud ;
- A T+3 ans après la mise en place du zonage, les fréquences d'observations de 'grands' individus de *S. cabrilla* sont supérieures dans les stations ZNP aux stations hors ZNP. Il y a 3 ans, le grand labre *Labrus merula* présentait cette même spécificité ;
- Aucun 'grand' individu de *Seriola dumerili*, *Conger conger* et *Sciaena umbra* n'a été rencontré dans les 24 stations échantillonnées ;
- 40% des espèces de la catégorie 'petit-moyen' sont présentes sur au moins 50% des parcours. Il s'agit de *Coris julis*, *D. sargus*, *D. vulgaris*, *D. puntazzo*, *Symphodus tinca*, *S. mediterraneus*, *Serranus cabrilla*, *Mullus surmuletus* et *Labrus merula* ;
- Aucun individu de la catégorie 'petit-moyen' de *Seriola dumerili*, *Conger conger*, *Labrus mixtus* ou *Sciaena umbra* n'a été observé dans les 24 stations étudiées ;
- Quelle que soit la catégorie de taille considérée, aucun corb (*S. umbra*) n'a été observé durant les échantillonnages.

Proportions de 'petit-moyen' et de 'grand' :

- Les proportions de 'grands' individus d'espèces cibles sont plus élevées dans les stations des ZNP.

Evolution 2013-2016 (24 stations) :

- La richesse spécifique moyenne a augmenté entre 2013 et 2016 indépendamment du statut de protection
- Des diminutions de fréquences d'observations de 'grands' individus par parcours de 3 min sont observées à quelques stations pour 14 espèces : *Coris julis*, *Symphodus tinca*, *S. mediterraneus*, *Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *D. puntazzo*, *D. cervinus*, *Dentex dentex*, *Sparus aurata*, *Serranus scriba*, *Mullus surmuletus*, *Muraena helena*, *Labrus merula* et *Epinephelus marginatus*. Ces baisses sont plutôt modérées et concernent peu d'espèces dans quelques stations : à S11-Plane (ZNP), *Coris julis* -20%, *Symphodus tinca* -25%, *Diplodus sargus* -20% ; à S15-Sormiou Réserve Falco (ZNP) *D. sargus* -30% ; S24-Routaud (hors ZNP), *D. sargus* -35%.
- Des augmentations de fréquences d'observations de 'grands' par parcours de 3 min sont observées pour 18 espèces-cibles, dont la majorité a une haute valeur économique. Il s'agit de *Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *D. puntazzo*, *Spondyliosoma cantharus*, *Dentex dentex*, *Sparus aurata*, *Serranus cabrilla*, *S. scriba*, *Symphodus tinca*, *S. mediterraneus*, *Coris julis*, *Mullus surmuletus*, *Scorpaena scrofa*, *Muraena helena*, *Phycis phycis*, *Labrus merula*, *L. viridis* et *Epinephelus marginatus*.
- Ces augmentations sont parfois très importantes : *Diplodus vulgaris* +55% à S12-Cortiou ; *D. puntazzo* +50% à S03-Planier +60% à S21-Cassidaigne ; *Serranus cabrilla* +40% à S12-Cortiou + 50% à S17-Devenson +65% à S20-Pointe Cacao ; *Mullus surmuletus* +40% à S12-Cortiou et S14-Grand Conglue.
- Les fréquences de rencontres de 'grands' mérous *E. marginatus* ont augmenté de 25% aux stations S09- Moyades et S24-Roustaud, mais diminué de 15% à la station S04-Veyron.

Evolution 2008-2013-2016 (8 stations) :

- La richesse spécifique moyenne a augmenté entre 2008 et 2016 dans toutes les stations. Ces augmentations sont significatives aux stations S09-Moyades et S14-Grand Conglue qui sont en ZNP, et à S05-Tiboulon de Maire qui est en dehors d'une ZNP.
- En 8 ans, les occurrences d'observations de la catégorie 'grand' ont quasiment augmenté pour toutes les espèces-cibles dans les stations situées maintenant en ZNP.
- La station S07-Jarre Briançon se distingue des autres par des baisses de fréquences d'observations de 'grands' individus pour plusieurs espèces : *Coris julis* (-13%), *Symphodus tinca* (-23%), *Sparus aurata* (-10%), *Serranus cabrilla* (-27%) et *Labrus viridis* (-10%).

5 ELEMENTS DE SYNTHÈSE ET MISE EN PERSPECTIVE DES DONNÉES DU SUIVI A T0+3 ANS

Les acquisitions de données sur le terrain pour le volet poisson 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 d'août et le début du mois d'octobre 2016 avec de bonnes conditions météorologiques, ce qui a permis de collecter des données bien représentatives de la saison pour la réalisation de cette évaluation, 3 ans après l'état zéro (3 ans + 18 mois après la création du Parc). Les stations sont rigoureusement les mêmes que celles de l'état initial comprenant quelques stations suivies depuis 2008, avant la création du Parc. Des comptages métrés 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 des espèces cibles par parcours de 3 minutes ont été conduits sur ces 24 mêmes stations parmi lesquelles 12 stations supplémentaires près du bord (0-5 m de profondeur) ont été prospectées aléatoirement par des parcours de 3 minutes en PMT. Ce suivi complémentaire dans les petits fonds a vocation à être poursuivi par le personnel du Parc *a minima* avec le même pas de temps, et si possible, 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.

Les conditions ont donc été réunies en 2016 pour réaliser une comparaison de l'état du peuplement par rapport à celui de l'état initial selon une méthodologie prévoyant un nombre important de réplicats (840 au total) pour avoir une bonne représentativité du peuplement. Les agents du Parc national ont pu se joindre à l'équipe de terrain lors de quelques journées d'investigations afin de se familiariser dès cette année avec les protocoles de suivi et le chargé de mission pêches a participé à la majorité des journées de prospection.

Les données de comptage par transect (TRA-240 réplicats), et comptages au temps des espèces cibles (TPS-480 réplicats) et de toutes espèces près du bord (PMT-120 réplicats) ont été saisies dans la base de données du GIS Posidonie. Les données ont été validées et sauvegardées et devront être par la suite intégrées dans l'outil POPCORn développé pour le Parc national des Calanques (Guillas *et al.*, 2016).

La question principale à laquelle doit répondre ce suivi est celle de l'efficacité de la gestion 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 a donc tenté de faire ressortir les différences selon le mode de gestion : ZNP/HZNP, selon les stations elles-mêmes, éventuellement leur localisation : sur les îles/à la côte, et la comparaison des résultats obtenus en 2016 après 3 ans de gestion par rapport à l'état de référence réalisé en 2013, quelques 18 mois après la création du Parc national et quelques mois après la mise en place d'équipes de surveillance. Pour 8 de ces stations, l'acquisition de données a commencé en 2008, bien avant la création du Parc, ce qui est très intéressant pour analyser les évolutions temporelles.

Importance de l'habitat dans la structuration du peuplement

Une analyse comparative des stations en fonction des caractéristiques des habitats a été renouvelée grâce à l'effort de collecte de descripteurs de l'habitat à l'échelle des transects lors de ce retour à T0+3 ans. Comme en 2013, cette analyse fait ressortir qu'en dépit du soin apporté au choix des stations de roche entre 5 et 25 m afin qu'elles soient le plus comparables possible, des différences de complexité, de rugosité, et de caractéristiques géomorphologiques des sites, dont la proximité de sites profonds, la situation des stations à la côte et dans les îles, sont mises en évidence. Ces paramètres qui structurent les peuplements peuvent influencer les comparaisons entre stations et il en est tenu compte dans l'interprétation des données. Indéniablement la structure de l'habitat des stations des ZNP situées dans les îles favorise le peuplement de poissons. Le suivi de l'évolution relative dans le temps du peuplement pour le même jeu de stations n'en demeure pas moins intéressant.

L'effort d'échantillonnage est important pour collecter ces données d'habitat pour un résultat tout à fait semblable en 2016 et il ne nous paraît pas utile de reproduire cet effort lors du prochain suivi car les caractéristiques des stations ne changeront pas en termes de rugosité, de complexité, de profondeur et de caractéristiques géomorphologiques ; ces données demeurent disponibles pour tout type d'analyse à faire ultérieurement.

En 2016 comme en 2013, l'analyse multivariée fait 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), tout en associant un groupe de stations situées en ZNP et caractérisées par une plus forte rugosité et complexité comme celles situées près de Riou, au Veyron, à l'Île Verte (profondeur, gros blocs et dalles).

Les habitats remarquables des stations Moyades, Grand Conglue, Nord Caramassaigne, 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 sont certainement pour beaucoup dans le renforcement de réponses positives à la protection (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 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).

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 une cinquantaine de taxons et s'est enrichie cette année du congre, du barracuda (espèce thermophile) et de la badèche *Epinephelus costae* qui est une espèce plutôt rare en région marseillaise. Le cortège d'espèces observées sur fond rocheux des Calanques est caractéristique des fonds côtiers méditerranéens avec des espèces permanentes *Chromis chromis*, *Coris julis*, *Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *Serranus cabrilla*, *Symphodus mediterraneus*, *S. tinca*. Des occurrences plus élevées d'*Apogon imberbis*, de *Labrus merula* et de *Mullus surmuletus* sont constatées en 2016.

La présence d'anchois *E. encrasicolus* et des occurrences un peu plus élevées des *Spicara spp.* plaident en faveur de conditions plus favorables aux planctonophages qu'en 2013. La proportion d'espèces planctonophages est en effet plus élevée qu'en 2013 : l'abondance des castagnoles a été multipliée par 2, celle des oblades et des *Spicara spp* par 3. 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 depuis 2009 et des signes d'augmentation depuis 2015-2016 (Le Diréach *et al.*, 2014, 2016). Un constat similaire des pêcheurs professionnels nous a d'ailleurs été rapporté.

- Evolution de la richesse spécifique

La richesse spécifique est plus élevée en 2016 dans presque toutes les stations hors ZNP, dans les ZNP, sur la côte comme sur les îles. Cette augmentation significative est le premier signe d'un effet positif de la gestion mise en place.

La composition du peuplement a changé en 3 ans en faveur d'une plus grande diversité d'espèces, une diminution de l'abondance des labridés, une augmentation des sparidés et surtout des mugilidés, des mullidés et des serranidés pour les principales familles.

Les espèces qui composent la majorité de la biomasse observée par comptages visuels (hors espèces planctonophages) sont les saupes *Sarpa salpa*, les sars *Diplodus spp* et le mérrou brun *Epinephelus marginatus*. La biomasse d'autres 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.

Les effectifs de mérrou ont doublé, son occurrence a augmenté sur plusieurs stations et de jeunes individus ont été observés. Toutefois, les résultats de la campagne 2016 confirment la faible occurrence du mérrou *Epinephelus marginatus* et du corb *Sciaena umbra* au regard des habitats disponibles pour ces deux espèces. Cela fait partie des résultats majeurs du suivi et traduit le braconnage suspecté sur le vaste territoire des Calanques. Ces deux indicateurs de protection répondront à n'en pas douter 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 personnes mal attentionnées peuvent plus tranquillement pratiquer des activités illégales. Rappelons toutefois que la faible abondance des mérrou est aussi liée à la profondeur de prospection au-dessus de 25 m. Les individus de grande taille y sont rares en zone non protégée mais devrait augmenter en zone protégée au fil du temps.

- Evolution des abondances

L'abondance des poissons (planctonophages compris) est en augmentation dans l'ensemble de la zone d'étude, dans les ZNP comme en dehors, sur la côte et sur les îles, comme en témoigne la densité moyenne calculée à ces différentes échelles spatiales. Quelques stations ont étonné par l'abondance des poissons en 2016 : Jarre Briançon, Veyron, Moyades et Cortiou dans les ZNP et l'île Verte hors ZNP. 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 mise en protection venant s'ajouter à une augmentation globale des poissons dans la zone d'étude, essentiellement due aux planctonophages.

Les principales espèces qui composent le cortège du peuplement des Calanques sont les mêmes qu'en 2013 : la girelle (*Coris julis*), les sars (*Diplodus spp.*) et les saupes (*Sarpa salpa*), ainsi que le

serran chèvre (*Serranus cabrilla*), le crénilabre tanche (*Symphodus tinca*) et le rouget (*Mullus surmuletus*). Le cumul des abondances observées à T0 et à T0+3 dans l'ensemble des stations montre qu'à T0+3, les abondances de poissons ont augmenté aussi bien dans les ZNP qu'en dehors.

L'augmentation des effectifs est proportionnellement plus importante dans les ZNP qu'en dehors, ce qui pourrait être interprété comme un autre signe d'efficacité de la gestion, mais ce n'est qu'une apparence : lorsque les espèces planctonophages sont soustraites du total des poissons, il apparaît, en fait, que les effectifs ont baissé dans la quasi-totalité des stations (22/24), qu'elles soient dans les ZNP ou en dehors. L'augmentation des abondances globales est donc à mettre au bénéfice principal des espèces planctonophages dont nous avons dit l'importance, mais qui ne bénéficient pas directement à la plongée (observation d'espèces remarquables près du fond) ou à la pêche (poisson à haute valeur commerciale). En ZNP, 2 stations se distinguent de ce scénario : le Veyron et Cortiou. Ces stations ont également vu leurs richesses spécifiques fortement augmenter par rapport à 2013, tout en restant en-dessous des richesses moyennes de stations 'de référence' telles que Moyades et le Grand Conglue. A Cortiou, sous influence du rejet de la station d'épuration, le peuplement de poissons pourrait bénéficier des efforts consentis depuis des années à l'amélioration de la qualité du rejet. Cette année : des sparidés : sars, dorades et saupes et des rougets y ont été vus en abondance. Les pics de densité et de biomasse sont dus, au Veyron, à la présence d'une grande diversité de poissons en abondance et de beaucoup de sars (*D. puntazzo* notamment) et de labridés.

Il faut souligner que toutes les stations hors ZNP, sauf Tiboulou de Maire voient leurs effectifs de poissons (hors planctonophages) diminuer et 3 seulement se maintenir par rapport à 2013, ce qui est un résultat plutôt préoccupant. L'augmentation de l'abondance des planctonophages entre 2013 et 2016, masque dans l'analyse du peuplement global une diminution des effectifs des autres espèces, dont les cibles de la pêche. Ce phénomène dépasse probablement la gestion du peuplement de poissons des Calanques, c'est un phénomène global qui peut-être lié à la dynamique des populations (recrutement, mortalité, succès de la reproduction). Le fait, cependant, qu'il semble toucher simultanément l'ensemble des espèces, hormis celles qui se nourrissent de plancton et qui, pour la plupart, sont des cibles de la pêche, fait penser à un cumul de facteurs : des facteurs environnementaux liés au changement global, qui peuvent impacter les populations, auxquels pourrait s'ajouter l'impact de la pêche. On remarquera cependant que la diminution est proportionnelle entre stations en ZNP et hors ZNP et que la densité moyenne de poissons demeure nettement plus élevée dans les ZNP, même si la baisse touche toutes les zones. Cette partie du territoire mise en protection supporterait donc mieux les atteintes à la biodiversité subies par le milieu.

- Evolution des biomasses

Les biomasses moyennes de poissons ont significativement augmenté dans le site d'étude et atteignent 11.2 kg/100 m² en 2016 contre 7.8 kg en 2013. L'augmentation de la biomasse moyenne touche aussi bien les stations en ZNP qu'en dehors, la côte (où elle a doublé), que les îles. Il peut donc s'agir d'un phénomène global touchant toutes les espèces mais aussi d'un effet de la protection qui bénéficie aux espèces ciblées par la pêche. Quelques stations présentent des fortes augmentations de la biomasse moyenne en 2016 : le Veyron, Cortiou, le Grand Conglue. Les autres stations présentent des augmentations de biomasse comparables à celles des stations situées en dehors des ZNP.

L'analyse des biomasses moyennes d'espèces non planctonophages révèle une tendance à l'augmentation par rapport à 2013. Hors ZNP, Tiboulou du Frioul, Tiboulou de Maire, la calanque de l'Oule et En-Vau présentent une belle progression. Dans les ZNP Veyron et Cortiou déjà citées pour leur augmentation de densité moyenne s'ajoutent aux stations Plane et Grand Conglue qui voient leur biomasse moyenne fortement augmenter. Toutes les stations de ZNP voient leur biomasse

moyenne progresser par rapport à l'état initial sauf : Planier, Moyades, Nord Caramassaigne et Cap Soubeyrane de façon moins importante. La présence de saupes en abondance au moment du comptage de 2013 peut expliquer la diminution observée en comparaison en 2016, à Moyades. Pour les autres stations il peut s'agir d'un signal de prélèvement dans la zone.

Ainsi, la biomasse réduite a plutôt progressé en 3 ans dans les ZNP comme en dehors, ce qui est bon signe. L'écart reste proportionnel entre les zones protégées et non protégées. La progression constatée également en dehors des ZNP peut déjà signifier un effet positif de la protection autour des ZNP, mais cela demande à être confirmé dans les années à venir. Cet effet provient de stations telles que Tiboulen de Maire et Tiboulen du Frioul, mais aussi de la Calanque de l'Oule et En-Vau, qui pourraient jouer le rôle de zones 'tampon' à proximité de ZNP ou par leur éloignement de la côte et la valeur de leurs habitats (Tiboulen du Frioul) et dont l'évolution sera particulièrement intéressante à suivre.

- Evolution des catégories trophiques

La structure trophique du peuplement évolue vers un meilleur équilibre entre les catégories : la proportion de piscivores augmente, celle des mesophages est constante, celle des planctonophages est plus importante également 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 restituées par station en biomasse par catégorie trophique synthétise de façon très visuelle les résultats du suivi en faisant ressortir les fortes biomasses et la bonne représentation des piscivores dans les stations des ZNP situées au Veyron, à Moyades, Sud Riou, Grand Congloue et Nord Caramassaigne à un moindre degré. L'île Verte présente toujours également un peuplement équilibré du point de vue des catégories trophiques et une forte proportion de piscivores. A la côte, la situation a peu évolué pour le moment.

Evolution du peuplement superficiel (0-5 m)

Ce que l'on peut attendre comme évolution dans les petits fonds est de voir augmenter la fréquence d'espèces qui se réfugient en profondeur dans les zones pêchées et donc une modification progressive de la composition spécifique et de la taille des espèces cibles de la pêche. Le nombre de taxons (37) est plutôt en diminution par rapport à 2013 (41), ce qui n'est pas significatif. Si les espèces dominantes du peuplement superficiel sont les mêmes, les *Symphodus* de plus grande taille *S. roissali* et *S. tinca* voient leur abondance dans les comptages fortement augmenter. *Diplodus puntazzo*, par exemple, est aussi plus fréquent dans les comptages superficiels qu'en 2013, or c'est une espèce sensible à l'effet réserve'.

- Evolution des abondances

L'analyse des comptages fait ressortir une diminution globale de la densité moyenne de poissons dans les petits fonds de la zone d'étude par rapport à 2013. Hors ZNP la diminution est importante, alors que pour les ZNP, une forte augmentation est constatée. Ce meilleur score est dû principalement à des densités moyennes élevées aux stations Sablière et Devenson. Les stations de l'AMA : Frioul et Château d'If présentent des densités plutôt plus élevées que celles hors ZNP. Ces observations ne doivent pas être sur-interprétées en raison des fortes variations observées généralement dans les peuplements superficiels car les conditions abiotiques y sont également changeantes. Le cortège d'espèces hors planctonophages est le même qu'en 2013.

- Evolution des biomasses

La biomasse moyenne dans les petits fonds a doublé à l'échelle du site d'étude. Si elle n'a pas changé hors ZNP, elle a plus que doublé dans les ZNP, ce qui peut être attribué à l'effet réserve'. Les stations Planier, Sablière et Plane Sud obtiennent ainsi des moyennes bien plus élevées que celles des stations HZNP. Dans le cas de la Sablière de Riou, la présence de sars et surtout de saupes en abondance vient un peu perturber cette année la comparaison avec les autres stations. 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. Le rapport sparidés sur labridé met ainsi bien en évidence l'influence que peut avoir la pêche sur la composition spécifique du peuplement superficiel. En ce qui concerne la biomasse, les stations de l'AMA présentent de moins bons résultats par rapport aux autres stations hors ZNP.

Evolution des espèces cibles de la pêche

Nous avons consacré un effort particulier à l'analyse des espèces cibles de la pêche en agrégeant les données du jeu de données de comptages par transects (TRA) et en examinant le résultat des parcours au temps (TPS). Rappelons que mettre en évidence les différences entre les groupes de station en ZNP et hors ZNP revient à analyser l'impact de la pêche sur le peuplement de poissons.

Le nombre moyen d'espèces cibles dans les parcours minutés a augmenté en 3 ans et les valeurs moyennes sont plus élevées dans les ZNP qu'en dehors à toutes les stations. Une seconde métrique vient corroborer l'amélioration du peuplement en lien avec le nouveau mode de gestion : l'occurrence des grands individus est plus élevée dans les stations des ZNP que dans celles situées en dehors.

L'occurrence des 'grands' individus dans les parcours au temps réalisées en 2016 a augmenté par rapport à 2013 pour *Coris julis*, *Symphodus tinca*, *S. mediterraneus*, *Diplodus vulgaris*, *D. puntazzo*, *Serranus cabrilla*, *Mullus surmuletus* et *Labrus merula* surtout dans les stations situées en ZNP mais aussi dans celles situées en dehors.

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 vont conférer à certaines stations un statut de 'protection' plus évident. C'est le cas par exemple de la station Nord Caramassaigne où l'on va rencontrer plus fréquemment qu'ailleurs de grands individus de diverses espèces cibles. A Cortiou et à Sormiou, la fréquence des rougets de grande taille témoigne d'un changement dû à la protection. La plus belle démonstration est apportée par *Serranus cabrilla* (cible de la pêche à la ligne) et *D. puntazzo* (cible des différents types de pêche), dont la fréquence des grands individus a littéralement explosé en 3 ans dans les stations en ZNP. L'occurrence des grands individus a également augmenté pour *Symphodus tinca*.

Une exception doit être signalée : *Diplodus sargus* est la seule espèce caractérisée par des diminutions d'occurrences dans plusieurs stations, aussi bien en ZNP qu'en dehors. Ces diminutions sont parfois élevées comme aux stations Réserve Falco avec -30%, En Vau (hors ZNP) -25% ou Ile Verte-Roustaud (hors ZNP) avec -35%. A Cortiou et au Grand Conglue la biomasse moyenne de sar a augmenté par rapport à 2013.

Le mérou brun *Epinephelus marginatus*, enregistre également une baisse de fréquence à la station Veyron (en ZNP) de -15% par rapport à l'état initial. A l'inverse, les stations Moyades en ZNP et Île Verte-Roustaud hors ZNP sont caractérisées par des augmentations d'occurrences de +25%.

Pour la catégorie 'petits-moyens', il n'y a pas de changement par rapport à 2013. Cette catégorie est moins fortement impactée par les prélèvements.

La comparaison des résultats obtenus pour les deux catégories de taille aux différentes stations désigne les stations probablement le plus fortement impactées par la pêche à la ligne : Tiboulou du Frioul, Île Verte, en premier et Frioul-Cambrette, Calanque de l'Oule, Ouest figuier et Cassidaigne en second groupe.

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, dans les ZNP et en dehors et aussi bien sur la côte que dans les îles. Si elle a légèrement augmenté à Frioul Cambrette et Tiboulou de Maire, elle est en diminution dans toutes les stations hors ZNP. Une seule progression nette est observée : c'est au Veyron dans la ZNP. Le cumul des effectifs obtenus pour l'échantillonnage complet résume la tendance avec une diminution par rapport à 2013 proportionnelle à chaque type de zone (protégée ou non). La densité des espèces cibles demeure donc plus élevée dans les ZNP.

L'examen des biomasses moyennes d'espèces cibles issues de ces transects métrés nous permet de préciser que la biomasse moyenne est 1.4 fois plus grande dans l'ensemble de la zone d'étude et qu'elle n'a pas changé en dehors des ZNP. La biomasse moyenne est 1.7 fois plus élevée dans les ZNP et le facteur d'augmentation est le même sur la côte et dans les îles. Les stations le 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 Congloue en tête, le Veyron et Moyades, qui se distinguent des autres stations de ZNP. Ce sont les stations de prédilection de l'espèce emblématique *Epinephelus marginatus*, le mérou brun.

Il est important de souligner que les stations de Planier, Plane et Nord Caramassaigne voient diminuer leur biomasse d'espèces cibles par rapport à 2013 alors que toutes les autres stations de ZNP sont en hausse. Une attention particulière devra être portée à la surveillance de ces stations. Les biomasses cumulées des stations par zone de gestion démontrent le maintien des biomasses hors ZNP et la forte progression dans les ZNP en 3 ans.

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

Les 8 stations suivies depuis 2008 constituent une série à long terme, de grand intérêt pour mieux analyser l'évolution des caractéristiques du peuplement. Alors que le nombre d'espèces cibles progresse lentement hors ZNP, les 4 stations en ZNP suivent une nette progression : les occurrences de 'grands' individus y ont augmenté pour presque toutes les espèces cibles. En revanche, la station Jarre-Briançon présente encore des diminutions des occurrences de 'grands' individus de plusieurs espèces, ce qui est le signe d'une certaine pression de pêche. L'inverse est constaté à la station Ouest-Figuier qui semble, elle, avoir bénéficié de la création du Parc.

L'abondance des espèces cibles est globalement décroissante à l'exception de Moyades et du Grand Congloue. Leur biomasse a diminué régulièrement à la station Nord Caramassaigne alors qu'elle se trouve en ZNP. L'année 2016 est marquée par une stabilisation ou une remontée de la biomasse moyenne des cibles dans toutes les autres stations. Les stations Moyades et Grand Congloue

présentent des augmentations très nettes. La biomasse des cibles semble fortement varier à Tiboulou de Maire depuis que la station est suivie. Force est de constater que dans la période qui a précédé la création du Parc (entre 2008 et 2013), la biomasse d'espèces cibles a fortement chuté. Cette forte diminution qui se traduit sur le groupe des espèces cibles ne peut qu'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 sont relevées en 2013 (état initial) aussi bien dans les ZNP qu'en dehors. En 2016, les biomasses ont augmenté par rapport à ces valeurs de référence aussi bien en ce qui concerne les cibles de la chasse sous-marine, que celles de la pêche à la ligne, que des cibles du filet.

L'analyse de la structure trophique du peuplement entre 5 et 25 m permet de compléter les variations quantitatives qui ont été faites lors des différentes phases de suivi. Cette analyse permet d'intégrer différents types de variations dans le temps par l'équilibre entre les groupes. Depuis 2008 le peuplement de poissons échantillonné à partir de 4 stations en ZNP et de 4 stations HZNP 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 des prélèvements sur la ressource.

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 a diminué depuis 2013. Bien que Guidetti *et al.* (2014) démontrent qu'il n'y a pas d'influence du régime de protection sur les herbivores, 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).

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.* (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 24. 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.

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

Les valeurs de richesse spécifique en 2016 sont équivalentes à celles du T0 d'il y a 3 ans. L'apparente diminution constatée entre la période avant la création du Parc (1999 et 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, les évolutions sont contrastées, avec d'une part une forte augmentation des valeurs à Moyades, et d'autre part un retour à des valeurs équivalentes à celles de 1999 pour Nord Caramassaigne.

La densité de poissons qui avait baissé en 2008 à Moyades et augmenté à Nord Caramassaigne aurait plus que doublé en 2013 puis augmenté encore en 2016 à Moyades et fortement diminué à Nord Caramassaigne entre 2013 et 2016. Plus que les différences méthodologiques entre l'étude de 1999 et les évaluations récentes (nombre, longueur et largeur des transects différents), ce sont des variations dues à l'échantillonnage (présence du grand banc de saupes à Moyades), qui sont responsables de telles variations quantitatives. La présence d'espèces emblématiques (mérrou brun, corb) en 2008, absentes en 1999, est confirmée en 2013 par la plus forte occurrence du mérrou par rapport à toutes les autres stations de l'état initial. Il ressort de ces comparaisons une forte variabilité et un changement positif du peuplement ichtyologique aux alentours de Riou entre 2008 et 2013, qui se confirme en 2016.

Evolution du peuplement de la Calanque de Podestat et de la zone sous influence de Cortiou

La calanque de Podestat se situe au nord des îles de Riou et de Plane à 1.6 km à l'ouest de l'émissaire de Cortiou (environ 800 m). D'une taille modeste (environ 230 m de long par 110 m dans sa partie la plus large), cette calanque de 1.26 ha est orientée sud-ouest à nord-est et sa profondeur maximale est d'environ 16 mètres. Elle a subi en décembre 2008 un éboulement dans sa partie nord-est qui a provoqué la création de petits îlots près de la plage (Lelong *et al.*, 2012). Située dans le coeur marin du Parc national des Calanques créé en avril 2012, la calanque de Podestat peut constituer un modèle d'étude des modifications de la biodiversité liées à la fois aux impacts anthropiques et au changement de statut de protection de cette zone. Lelong *et al.* (2017) ont dressé un inventaire des habitats, de la faune et de la flore de cette calanque chaque année depuis 2012.

Des comptages de poissons par transects de 25 m x 5 m, 4 réplicats x 3 secteurs ont permis d'identifier 33 espèces durant les comptages. La richesse spécifique fluctue légèrement au cours des années, sans de réelle tendance significative. Il y a 3 ans, au moment de l'état zéro, les valeurs de richesse spécifique moyenne étaient équivalente entre la calanque de Podestat et la station de Cortiou. Alors qu'une importante augmentation du nombre d'espèces est enregistrée à Cortiou en 3 ans, il apparaît que cette dynamique n'est pas vérifiée à Podestat. Il en est de même pour les abondances et les biomasses où les chiffres relevés par Lelong *et al.* (2017) sont bien en deça de celles que nous avons obtenues à Cortiou.

Les auteurs de cette même étude mettent leurs résultats en regard de ceux obtenus dans le programme IchTO dans l'aire toulonnaise, avec notamment une station située à proximité de l'émissaire du Cap Sicié (Cap Vieux). Le site du Cap Vieux a longtemps été impacté par le rejet des eaux usées de Toulon et il est caractérisé par une grande proportion de fonds meubles et par l'absence d'herbier de posidonie comme à Podestat. Les valeurs des paramètres du peuplement sont très comparables avec ceux de Podestat et très inférieures avec celles obtenues à Cortiou en 2016. Pourtant, tous ces sites peuvent être qualifiés de fortement impactés. Les valeurs seuil de qualité insuffisante sont souvent atteintes ou dépassées pour les bactéries entérocoques, ce qui rend la calanque de Podestat impropre à la baignade (Lelong *et al.*, 2014). Cet aspect n'est pas souligné dans le dernier rapport des mêmes auteurs, ce qui attesterait d'une amélioration de la qualité de l'environnement ? L'état sanitaire d'espèces sensibles comme les peuplements de gorgones ou l'augmentation des effectifs observés de corbs *Sciaena umbra* vont dans ce sens.

Tableau 25. Comparaison des valeurs de la richesse spécifique moyenne (nombre d'espèces), de l'abondance (nombre d'individus) et de la biomasse (poids en kg) réduites moyennes par transect de 125 m² pour le suivi de la calanque de Podestat (données de l'automne) et IchTO (dans le site du Cap Vieux et dans les 6 autres sites) d'après Lelong *et al.* (2017).

	Podestat 2014	Podestat 2015	Podestat 2016	IchTO 2015		S-12 Cortiou 2013	S-12 Cortiou 2016
Moyennes				Cap Vieux	Autres sites		
richesse spécifique	6.8	8.4	7.4	7.0	8.0 à 11.9	7.7	12.5
abondance	70.4	79.0	78.5	90.6	33.5 à 88.8	197	456
biomasse	2.7	2.5	4.0	4.8	1.6 à 5.7	4.5	34

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 plus riches en herbier 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 26). 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 Calanques ne bénéficient pas de récifs anti-chalut comme la Côte Bleue. Le Tableau 26 reprend une sélection de descripteurs des peuplements de poissons étudiés dans le cadre du suivi de 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 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 26: Principaux descripteurs des peuplements de poissons observés au sein du Parc Marin de la Côte Bleue (Le Diréach *et al.*, 2010) et dans le Parc national des Calanques

		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							Archipel Riou et Calanques de Marseille 12 stations hors réserve, prof. 8-22 m, 4 transects 25m x 5m/station	PNCaI 12 stations Hors-ZNP, 12 stations ZNP prof. 8-22 m, 10 transects 25m x 5m par station	PNCaI 7 stations Hors-ZNP, 5 stations ZNP prof. 0-5 m, 10 transects 25m x 5m par station	PNCaI	PNCaI
Descripteurs	Zone	1995	1998	2001	2004	2007	2010	2013	2008	2013 (TRA)	2013 (PMT)	2016 (TRA)	2016 (PMT)
Richesse spécifique (nbre taxons maximal)	Réserve	31	35	33	36	43	35	32		19	20	20	
	Hors Réserve	27	31	27	29	29	29	21	18.5	19	20	18	
Densité (nb/100 m²)	Réserve	207±189	155±108	324±644	400±439	395±758	274±292	184±167		211±201	73±40	348±557	
	Hors Réserve	137±87	130±139	223±197	181±235	182±164	116±77	101±91	248 ± 289	145±134	176±179	198±279	
Biomasse (kg/ 100 m²)	Réserve	1.2±1.4	2.8±2.8	5.4±8.6	11.1±12.8	20.6±28.7	10.2±12.7	8.2±10.8		10.5±20.3	3.4±4.1	15.3±21.9	
	Hors réserve	0.5±0.3	1.3±1.5	5.0±10.0	4.5±10.1	9.3±26.0	2.8±3.3	1.8±2.2	13.2 ± 21.5	5.1±5.3	1.5±3.1	7.0±8.1	
Densité espèces cibles (nb/100 m²)	Réserve	32±19	38±21	54±25	47±21	50±18	52±25	51±30		66±67	x	57±85	x
	Hors Réserve	29±8	26±9	29±13	38±15	36±14	37±12	25±10	59 ± 50	50±35	x	38±25	x
Biomasse (kg espèces cibles/100 m²)	Réserve	0.5±0.8	1.9±2.4	3.1±6.6	2.7±3.8	4.3±4.9	4.8±10.7	4.2±8.9		3.5±2.6	x	6.8±10.4	x
	Hors Réserve	0.3±0.09	0.4±0.4	0.7±1.3	0.5±0.4	0.9±0.6	0.6±0.4	0.3±0.1	5.2 ± 9.3	2.8±2.5	x	3.3±3.5	x

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

Depuis le programme BIOMEX, de nombreuses évaluations du peuplement ichtyologique 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. Ces AMP sont localisées le long du littoral provençal et présentent des conditions du milieu globalement similaire. 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. Des mises en regard des différentes métriques du peuplement, richesse spécifique, abondance et biomasse réduites moyennes, peuvent être effectuées (Tableau 27).

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 données par les évaluations du programme BIOMEX. Les Calanques révélaient déjà un caractère poissonneux exceptionnel et les ZNP un potentiel intéressant. Aujourd'hui, 4.5 ans après la création du parc, ces caractéristiques demeurent vérifiées.

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 réglementaire 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 27. 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 en 2013 (T0) et 3 ans après (T0+3), de l'évaluation à Port-Cros en 2014 (Astruch *et al.*, 2015) et références issues du programme BIOMEX (Harmelin-Vivien *et al.*, 2008) ; ect=écart-type ; * = Site Réservé à la Plongée ↔ ZNP.

TRA/125m ² Poissons hors planctonophages	Gestion	Rs moy	Rs ect	Abondance moy (nb)	Abondance ect	Biomasse moy (kg)	Biomasse ect (kg)	Nb
T0 PNCaI 2013	Hors ZNP	9.6	3.2	72	50	5.1	5.7	120
	ZNP	11.5	3.2	103	107	11.3	25.1	120
	Total	10.6	3.4	88	84	8.2	18.4	240
T0 PNCaI 2016	Hors ZNP	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
Port-Cros 2014	SRP*	10.5		44.3		7.1		40
	Total	9.9		50.9		5.7		120
BIOMEX (2003-2004)	Hors ZNP	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

Les premières analyses de données mettent 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) est à mettre en perspective avec les résultats observés dans la région sur d'autres séries de données. 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.

L'augmentation des biomasses réduites y compris à l'extérieur des ZNP, si elle se confirme au prochain cycle de suivi, est un argument en faveur d'un effet positif des ZNP sur le peuplement alentour. D'ailleurs, l'examen de l'évolution des espèces cibles de la pêche montre que leur biomasse est en 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. Il sera intéressant à l'avenir de suivre, pour quelques espèces cibles, d'autres métriques telles que les tailles ou la proportion de grands individus.

L'analyse du jeu de données de PMT entre 0 et 5 m montre que le peuplement superficiel (0-5 m) a peu changé en 3 ans, alors qu'entre 5 et 25 m des changements apparaissent. Le classement des stations échantillonnées entre 5 et 25 m de profondeur, d'après la composition de la biomasse des différentes espèces, apporte un éclairage au gestionnaire. Au-delà de leur situation géographique particulière certaines stations présentent des peuplements particuliers ou au contraire assez similaires à d'autres, ce qui peut être considéré aussi comme le résultat d'effets combinés de situations géographiques/habitats et de la gestion sur ce grand territoire du Parc.

Comme en 2013, les comptages de 2016 font ressortir la différence entre le peuplement de poissons du Grand Congloue et celui d'autres stations du Parc. Cette station mise en protection 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.

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. Cette année de nombreux poissons ont été observés à Cortiou ainsi qu'une belle variété d'espèces. Les voyants semblent passer au vert pour ces stations avec une évolution très positive des occurrences de sars, de girelles, de serrans et de rougets à Cortiou. La station Plane pour raison inverse, car elle semble encore impactée par certaines formes de pêche et voit les occurrences de certaines espèces cibles diminuer (*C. julis*, *S. tinca*, *D. sargus*).

Au classement des stations d'intérêt : le groupe 'intermédiaire' constitué de Ile Verte, Fromages, Jarre-Briançon, hors ZNP et Moyades, en ZNP qui ont un peuplement de poissons diversifié et à biomasse importante pourrait évoluer positivement dans les années qui viennent en raison de leur potentiel révélé au moment de l'état zéro et du bénéfice de la surveillance dans les stations adjacentes.

Tiboulou du Frioul et Tiboulou de Maire semblent se détacher du lot des autres stations par leur particularité d'îlots mais probablement aussi par 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 envoient des informations congruentes au sujet de la pression de pêche : globalement les stations en ZNP progressent : plus grande diversité d'espèces, occurrence des 'grand' individus d'espèces cibles en progression, progression de la biomasse d'espèces cibles surtout à la station Grand Conglue. 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 station nord Caramassaigne semble ne pas se comporter tout à fait comme les autres stations des ZNP : l'abondance et la biomasse des espèces cibles continuent à y diminuer. La station Sud Riou évolue peu et de façon moins nette que Moyades par exemple, qui est dans une dynamique de progression. Quelle interprétation peut donner le gestionnaire pour ces deux stations où l'effet réserve semble plus difficile à s'exprimer ? Il est intéressant de souligner que le nombre moyen d'espèces cibles observées dans les transects n'a cessé d'augmenter depuis 2008 pratiquement à toutes les stations sauf Jarre-Briançon et Ouest Figuier qui ont connu une baisse entre 2008 et 2013. Avant la création du Parc une certaine gestion de la zone aurait donc commencé à porter ses fruits et à profiter au peuplement de poisson ? 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 fort par rapport aux variations naturelles assez visible en agréant les espèces prélevées.

Ce que nous enseignent les approches plus fonctionnelles de l'analyse du peuplement (guildes trophiques, comportementales) 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. 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).

6 CONCLUSION

L'analyse détaillée des données met en évidence des changements importants du peuplement de poissons par rapport à 2013, en particulier l'examen des espèces cibles de la pêche, montre que leur biomasse est en 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. En réalité, cet effet masque une diminution générale de l'abondance des autres espèces de poissons, qui est à interpréter à l'échelle régionale à l'aide d'autres séries de données. L'augmentation des biomasses réduites (sans les planctonophages) y compris à l'extérieur des ZNP, si elle se confirme au prochain cycle de suivi, est un argument en faveur d'un effet positif des ZNP sur le peuplement alentour. L'analyse détaillée pour quelques espèces cibles fait ressortir tout le potentiel des ZNP avec une augmentation notoire d'espèces cibles telles que *Labrus merula* (cible de la chasse), *Serranus cabrilla* (cible de la pêche à la ligne) et la présence du mérrou *Epinephelus marginatus*. Toutefois, on doit regretter de ne pas trouver en plus grande densité les mérous et les corbs qui subissent encore partout une forte pression de pêche malgré le moratoire. Leur absence des stations hors ZNP en est la preuve. Cependant, la comparaison du résultat des recensements de 2016 avec ceux de 2013 fait indéniablement ressortir l'augmentation en densité et en biomasse des prédateurs de haut niveau : les espèces piscivores, qui est un signe indiscutable de la mise en protection (Guidetti, 2014).

En 3 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 qu'en dehors des ZNP. Une attention particulière sera à porter bien sûr à la station de Cortiou, dont le peuplement semble s'améliorer véritablement.

Les résultats des pêches scientifiques standardisées (PSS) vont venir compléter les résultats du présent suivi des poissons à T+3 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 permettra 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.

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.
- Bauchot et Pras, 1980. Guide des poissons marins d'Europe. Delachaux et Niestlé Eds., Lausanne-Paris, 427 pp.
- Belloni B., 2016. Réseaux trophiques des substrats durs naturels et artificiels méditerranéens (RESUNA). Rapport Master2 Aix Marseille Université/MIO, 43 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 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.
- 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.
- Clément A.-L., Cabaret J., Charbonnel E., 2014. 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, 15 p.
- 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.
- Guidetti P., Sala E., 2007. Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Mar Ecol Progr Ser* 335: 43–56.
- Guidetti, 2014
- 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-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.
- 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.
- 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.
- 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., 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., 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., 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.
- 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.

8 ANNEXES

Annexe 1. Feuille de comptage type utilisée lors de comptages de référence de l'état zéro.

STATION : *S2* (Froul -) *main* Date (comptage) : *02/01/13* T° eau : Orientation :
 Observateur : *ou* Heure : Pente : Prof : *12M*

Sp/transect	<i>S21</i>	<i>S22</i>
Chromis	<i>46 27 28 40 48</i>	<i>127</i>
Boops		
Spicara smaris		
Spicara maena		
Atherina sp.		
O. oblada		
Coris M		<i>16</i>
Coris F	<i>710</i>	
Thalassoma		
S. tinca	<i>18.6</i>	<i>24</i>
S. mediterraneus		
S. melanocercus		
S. roissali		
S. rostratus		
S. ocellatus		
S. doderleini		
L. merula		
L. viridis		
D. sargus	<i>94 69 40 20 25</i>	<i>91 31 24 25 5 22</i>
D. vulgaris	<i>18 90 60 50 50 8</i>	<i>20 22 25 24 22 22 16 18</i>
D. puntazzo		<i>24</i>
D. annularis		
S. cantharus		
S. salpa	<i>6.4</i>	<i>50 16 40 20 50 10 8</i>
Mugil sp.		
S. cabrilla		
S. scribe		
Mullus surmuletus	<i>2 1</i>	<i>5</i>
S. porcus		
S. notata		
S. scrofa		
Apogon	<i>psu. 100</i>	

Segments	Petit (0.2-1 m)	Moyen (1-2 m)	Gros (>2 m)	%roche	%HP	%sable	%galets
25-20 m	<i>7</i>	<i>10</i>	<i>1</i>	<i>10 10</i>		<i>90 90</i>	
20-15 m	<i>11</i>	<i>9</i>		<i>5 3</i>		<i>75 97</i>	
15-10 m	<i>3</i>	<i>3</i>		<i>5 5</i>		<i>95 95</i>	
10-5 m	<i>3</i>	<i>7</i>		<i>5 5</i>		<i>95 95</i>	
5-0 m	<i>7</i>	<i>14</i>	<i>dalle</i>	<i>5 75</i>		<i>93 35</i>	

S22 S21

Annexe 2. Densités d'abondance et de biomasse de poissons par station (moyenne de 10 transects UVC-TRA de 125 m²) à T0 et T0+3 dans le Parc national des Calanques.

Peuplement total	2013				2016			
	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
S01_Tiboulouen_Frioul	206	164	5 181	4 606	137	61	12 359	16 914
S02_Frioul_Cambrettes	121	75	8 352	7 482	112	99	5 289	3 940
S03_Planier	340	278	6 027	2 475	399	228	5 504	1 793
S04_Veyron	345	294	9 322	6 987	1 284	1 865	41 116	46 259
S05_Tiboulouen_Maire	157	166	7 895	9 499	212	147	13 022	14 223
S06_Fromages	327	282	13 511	9 324	266	287	14 514	9 425
S07_Jarre_Briançon	164	166	6 335	5 169	568	610	13 229	15 140
S08_Plateau_Chèvres	181	119	4 346	4 320	141	70	5 123	3 336
S09_Moyades	372	344	46 734	66 091	721	889	23 663	40 143
S10_Sud_Riou	138	55	11 469	7 993	315	171	14 835	9 451
S11_Plane	222	121	13 376	10 808	129	82	21 424	31 987
S12_Cortiou	197	162	4 492	4 045	456	207	33 888	26 215
S13_Nord_Caramassaigne	220	146	21 072	42 246	154	141	9 568	13 192
S14_Grand_Conglue	595	405	18 094	15 796	758	671	43 098	42 641
S15_Sormiou_Réserve_Falco	185	78	4 399	2 431	183	74	8 755	4 844
S16_Ouest_Figuier	97	64	3 392	3 589	176	88	4 833	1 600
S17_Devenson	121	40	5 592	2 414	250	208	10 471	6 795
S18_Calanque_l'Oule	99	79	3 855	1 893	70	23	6 502	7 310
S19_En_Vau	67	28	2 646	1 872	56	21	4 759	4 411
S20_Pointe_Cacau	141	117	6 909	5 735	244	113	8 777	5 724
S21_Phare_Cassidaigne	175	134	2 575	2 261	309	175	4 322	2 884
S22_Cap_Soubeyrane	283	289	9 241	9 333	322	298	9 526	7 950
S23_Soubeyrane	233	140	6 300	1 645	356	595	8 841	6 890
S24_Ile_Verte_Roustaud	345	217	11 906	9 757	565	586	12 698	13 232
Total	222	217	9 709	18 793	341	557	14 005	21 237
côte	160	142	5 117	4 545	225	256	10 148	12 527
îles	266	249	12 989	23 801	423	686	16 760	25 404
HZNP	181	167	6 358	6 593	247	348	8 791	10 070
ZNP	263	252	13 061	25 361	434	696	19 219	27 378

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 et T0+3 dans le Parc national des Calanques.

	2013				2016			
Peuplement	Abondance (nb/125 m ²)		Biomasse (g/125 m ²)		Abondance (nb/125 m ²)		Biomasse (g/125 m ²)	
sans planctonophages	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT
S01_Tiboulou_Frioul	68	49	4 325	4 196	50	36	11 397	16 722
S02_Frioul_Cambrettes	64	38	8 072	7 461	56	31	5 033	3 964
S03_Planier	114	68	4 099	1 683	78	44	3 361	1 447
S04_Veyron	209	209	6 944	5 703	320	318	27 385	41 334
S05_Tiboulou_Maire	53	25	6 924	8 188	71	43	12 119	14 510
S06_Fromages	132	79	10 261	7 054	107	52	9 360	5 619
S07_Jarre_Briançon	74	54	4 683	3 933	37	11	3 162	1 832
S08_Plateau_Chèvres	87	66	2 931	3 398	50	15	3 124	1 725
S09_Moyades	192	194	45 613	66 392	75	76	17 059	28 772
S10_Sud_Riou	66	26	10 719	7 714	69	25	11 178	8 739
S11_Plane	142	89	12 938	10 767	81	87	21 009	32 183
S12_Cortiou	48	17	1 908	1 148	94	55	25 033	24 713
S13_Nord_Caramassaigne	87	117	19 978	42 229	45	19	8 704	12 392
S14_Grand_Conglue	67	50	9 607	8 243	76	53	29 515	29 840
S15_Sormiou_Réserve_Falco	84	20	3 592	1 979	57	17	7 385	4 318
S16_Ouest_Figuier	54	18	2 814	3 053	45	16	3 406	1 520
S17_Devenson	83	31	5 178	2 441	58	26	7 181	5 789
S18_Calanque_l'Oule	62	19	3 676	1 796	63	22	6 366	7 365
S19_En_Vau	57	34	2 177	1 149	50	21	4 677	4 399
S20_Pointe_Cacau	46	25	6 102	5 619	53	24	7 505	5 708
S21_Phare_Cassidaigne	43	20	1 466	1 590	45	17	2 825	2 169
S22_Cap_Soubeyrane	105	55	9 030	9 355	66	26	8 092	7 957
S23_Soubeyrane	73	35	4 571	2 002	60	36	6 264	6 588
S24_Ile_Verte_Roustaud	99	64	9 391	9 387	58	40	8 729	10 357
Total	88	84	8 208	18 413	73	90	10 411	17 152
côte	70	39	4 198	4 326	59	30	7 903	10 759
îles	101	104	11 073	23 447	83	114	12 202	20 387
HZNP	72	50	5 108	5 688	58	34	6 372	8 287
ZNP	103	107	11 309	25 083	89	120	14 451	22 119

Annexe 4. 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 et T0+3 dans le Parc national des Calanques.

Espèces cibles	2013				2016			
	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
S01_Tiboulou_Frioul	66	48	4 023	4 016	32	13	3 552	2 953
S02_Frioul_Cambrettes	37	21	2 624	1 218	46	29	2 918	1 359
S03_Planier	109	66	3 815	1 236	72	44	3 300	1 440
S04_Veyron	208	209	6 894	5 732	291	283	15 663	10 383
S05_Tiboulou_Maire	41	17	2 873	1 604	58	31	6 753	5 597
S06_Fromages	108	60	7 607	4 725	93	52	6 685	2 964
S07_Jarre_Briançon	66	44	2 944	1 313	32	9	2 963	1 900
S08_Plateau_Chèvres	85	64	2 908	3 394	47	14	3 079	1 708
S09_Moyades	77	71	7 607	8 642	59	56	12 291	22 844
S10_Sud_Riou	50	24	6 395	4 674	59	18	7 893	7 797
S11_Plane	124	85	6 917	2 922	34	15	3 994	1 862
S12_Cortiou	46	17	1 805	1 124	57	22	7 882	4 938
S13_Nord_Caramassaigne	53	26	6 173	5 391	36	8	5 236	3 335
S14_Grand_Conglue	58	42	7 147	5 582	67	41	26 321	29 660
S15_Sormiou_Réserve_Falco	78	18	3 278	1 766	42	16	4 672	3 304
S16_Ouest_Figuier	52	17	2 621	2 579	42	16	3 237	1 661
S17_Devenson	70	27	3 779	1 387	50	25	5 599	4 013
S18_Calanque_l'Oule	56	17	3 324	1 634	44	18	3 698	2 940
S19_En_Vau	55	34	2 037	1 153	37	16	2 702	2 398
S20_Pointe_Cacau	38	22	5 006	4 939	41	13	5 774	5 814
S21_Phare_Cassidaigne	40	20	1 439	1 572	35	17	1 786	835
S22_Cap_Soubeyrane	79	39	2 817	1 017	44	20	3 813	1 843
S23_Soubeyrane	56	20	3 806	1 902	44	26	3 425	4 076
S24_Ile_Verte_Roustaud	93	64	9 353	9 378	54	39	8 503	10 297
Total général	73	68	4 466	4 413	59	79	6 322	9 903
côte	62	33	3 138	2 453	45	19	4 388	3 707
îles	81	83	5 415	5 198	69	101	7 704	12 418
HZNP	63	44	3 797	4 139	47	30	4 108	4 336
ZNP	83	84	5 136	4 591	71	106	8 537	12 972

Annexe 5. Densités d'abondance et de biomasse totales de poissons par station (moyenne de 10 transects UVC-TRA de 100 m²) à T0 et T0+3 dans le Parc national des Calanques.

Peuplement total	2013				2016			
	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
S01_Tiboulén_Frioul	165	131	4 145	3 685	109	49	9 887	13 531
S02_Frioul_Cambrettes	96	60	6 681	5 986	89	79	4 231	3 152
S03_Planier	272	222	4 822	1 980	319	183	4 403	1 434
S04_Veyron	276	235	7 458	5 589	1 027	1 492	32 893	37 007
S05_Tiboulén_Maire	125	133	6 316	7 599	169	118	10 418	11 379
S06_Fromages	262	225	10 809	7 459	212	229	11 611	7 540
S07_Jarre_Briançon	131	133	5 068	4 135	454	488	10 583	12 112
S08_Plateau_Chèvres	145	95	3 477	3 456	113	56	4 099	2 668
S09_Moyades	297	275	37 387	52 873	577	711	18 930	32 114
S10_Sud_Riou	111	44	9 175	6 394	252	137	11 868	7 561
S11_Plane	178	96	10 701	8 646	103	65	17 139	25 590
S12_Cortiou	158	129	3 594	3 236	365	166	27 110	20 972
S13_Nord_Caramassaigne	176	117	16 858	33 797	123	112	7 654	10 554
S14_Grand_Conglue	476	324	14 476	12 637	606	537	34 478	34 113
S15_Sormiou_Réserve_Falco	148	62	3 519	1 945	147	59	7 004	3 876
S16_Ouest_Figuier	77	52	2 714	2 871	140	71	3 867	1 280
S17_Devenson	97	32	4 473	1 931	200	166	8 377	5 436
S18_Calanque_l'Oule	79	64	3 084	1 514	56	19	5 202	5 848
S19_En_Vau	54	22	2 117	1 497	45	17	3 807	3 529
S20_Pointe_Cacau	113	93	5 527	4 588	195	90	7 022	4 579
S21_Phare_Cassidaigne	140	107	2 060	1 808	247	140	3 458	2 307
S22_Cap_Soubeyrane	226	231	7 393	7 467	257	239	7 621	6 360
S23_Soubeyrane	186	112	5 040	1 316	285	476	7 073	5 512
S24_Ile_Verte_Roustaud	276	174	9 525	7 806	452	469	10 158	10 586
Total	178	174	7 767	15 034	273	446	11 204	16 989
côte	128	114	4 094	3 636	180	205	8 118	10 022
îles	213	199	10 391	19 041	339	549	13 408	20 323
HZNP	145	134	5 086	5 275	198	279	7 033	8 056
ZNP	211	201	10 449	20 288	348	557	15 375	21 903

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

Peuplement sans planctonophages	2013				2016			
	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
S01_Tiboulouen_Frioul	55	39	3 460	3 357	40	29	9 117	13 377
S02_Frioul_Cambrettes	51	30	6 458	5 969	45	25	4 026	3 171
S03_Planier	91	55	3 280	1 346	63	35	2 689	1 157
S04_Veyron	167	167	5 555	4 562	256	254	21 908	33 067
S05_Tiboulouen_Maire	42	20	5 540	6 551	57	35	9 695	11 608
S06_Fromages	105	63	8 209	5 643	86	41	7 488	4 495
S07_Jarre_Briançon	59	43	3 746	3 146	30	9	2 529	1 466
S08_Plateau_Chèvres	69	53	2 345	2 718	40	12	2 499	1 380
S09_Moyades	153	155	36 490	53 114	60	61	13 647	23 018
S10_Sud_Riou	52	20	8 575	6 171	55	20	8 942	6 991
S11_Plane	114	71	10 351	8 614	64	69	16 807	25 746
S12_Cortiou	38	13	1 527	919	75	44	20 026	19 771
S13_Nord_Caramassaigne	70	94	15 983	33 783	36	16	6 963	9 913
S14_Grand_Conglue	53	40	7 686	6 594	61	43	23 612	23 872
S15_Sormiou_Réserve_Falco	67	16	2 873	1 583	45	13	5 908	3 454
S16_Ouest_Figuier	43	14	2 251	2 443	36	12	2 725	1 216
S17_Devenson	66	24	4 142	1 953	46	21	5 745	4 631
S18_Calanque_l'Oule	50	15	2 941	1 437	51	17	5 093	5 892
S19_En_Vau	46	27	1 742	919	40	17	3 742	3 520
S20_Pointe_Cacau	37	20	4 882	4 496	42	19	6 004	4 566
S21_Phare_Cassidaigne	35	16	1 173	1 272	36	14	2 260	1 736
S22_Cap_Soubeyrane	84	44	7 224	7 484	53	21	6 474	6 366
S23_Soubeyrane	59	28	3 656	1 602	48	29	5 011	5 270
S24_Ile_Verte_Roustaud	79	51	7 513	7 510	46	32	6 983	8 286
Total	70	68	6 567	14 730	59	72	8 329	13 721
côte	56	31	3 358	3 461	48	24	6 323	8 607
îles	81	83	8 858	18 758	67	91	9 762	16 310
HZNP	58	40	4 086	4 551	46	27	5 097	6 630
ZNP	83	85	9 047	20 066	71	96	11 560	17 695

Annexe 7. Densités d'abondance et de biomasse de poissons cibles par station (moyenne de 10 transects UVC-TRA de 100 m²) à T0 et T0+3 dans le Parc national des Calanques.

Espèces cibles	2013				2016			
	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
S01_Tiboulou_Frioul	53	38	3 219	3 213	25	11	2 841	2 362
S02_Frioul_Cambrettes	29	17	2 099	974	37	23	2 334	1 087
S03_Planier	88	53	3 052	989	57	35	2 640	1 152
S04_Veyron	166	167	5 515	4 586	233	226	12 531	8 306
S05_Tiboulou_Maire	32	14	2 298	1 284	46	25	5 402	4 478
S06_Fromages	86	48	6 086	3 780	75	41	5 348	2 371
S07_Jarre_Briançon	53	36	2 355	1 050	26	8	2 370	1 520
S08_Plateau_Chèvres	68	51	2 327	2 715	37	11	2 463	1 366
S09_Moyades	61	57	6 085	6 913	48	45	9 833	18 275
S10_Sud_Riou	40	19	5 116	3 739	47	14	6 315	6 238
S11_Plane	99	68	5 533	2 338	27	12	3 196	1 489
S12_Cortiou	37	14	1 444	899	45	18	6 306	3 951
S13_Nord_Caramassaigne	42	21	4 939	4 313	29	6	4 189	2 668
S14_Grand_Conglue	46	33	5 718	4 465	53	33	21 057	23 728
S15_Sormiou_Réserve_Falco	63	15	2 622	1 413	34	13	3 738	2 643
S16_Ouest_Figuier	42	13	2 097	2 063	34	13	2 590	1 328
S17_Devenson	56	22	3 024	1 110	40	20	4 480	3 210
S18_Calanque_l'Oule	44	14	2 659	1 307	35	15	2 958	2 352
S19_En_Vau	44	27	1 630	922	30	13	2 162	1 918
S20_Pointe_Cacau	30	18	4 005	3 951	33	10	4 619	4 651
S21_Phare_Cassidaigne	32	16	1 151	1 257	28	14	1 429	668
S22_Cap_Soubeyrane	63	31	2 254	814	35	16	3 051	1 475
S23_Soubeyrane	45	16	3 045	1 521	35	21	2 740	3 261
S24_Ile_Verte_Roustaud	74	51	7 482	7 502	43	31	6 802	8 237
Total général	58	54	3 573	3 530	47	63	5 058	7 922
côte	49	26	2 511	1 963	36	15	3 511	2 966
îles	65	67	4 332	4 159	55	81	6 163	9 934
HZNP	50	35	3 037	3 311	38	24	3 287	3 469
ZNP	66	67	4 109	3 673	57	85	6 829	10 377

Annexe 8. Abondance et biomasse moyenne de poissons par station (moyenne de 10 comptages PMT au temps) à T0 et T0+3 dans le Parc national des Calanques.

Peuplement total	2013				2016			
	Abondance (nb/comptage)		Biomasse (g/comptage)		Abondance (nb/comptage)		Biomasse (g/comptage)	
	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT
P01_Frioul	215	210	1 777	875	158	207	568	236
P02_Château_If	148	214	2 973	885	117	74	1 875	1 371
P03_Planier	83	211	5 224	887	43	28	4 779	10 700
P04_Samena	509	111	810	867	75	91	681	685
P05_Marseilleveyre	111	102	4 502	915	99	49	3 131	2 424
P06_Sablière	85	100	3 125	873	365	326	31 065	54 301
P07_Plane_Sud	116	98	9 040	1 230	177	119	11 864	4 057
P08_Pierres_tombées	236	90	794	1 196	88	41	1 858	1 305
P09_Devenson	71	85	2 713	1 197	175	56	3 745	855
P10_Cap Soubeyrane	103	86	902	1 395	105	71	4 065	1 426
P11_Soubeyrane	164	86	1 663	2 132	137	122	4 798	3 841
P12_Mugel	160	81	467	3 244	132	130	1 614	2 723
Total	167	185	2 833	4 576	139	151	5 837	17 385
Côte	193	219	1 693	3 923	116	88	2 842	2 498
Iles	129	113	4 428	4 973	172	207	10 030	26 352
HZNP	220	224	1 855	3 908	115	113	2 075	2 467
ZNP	91	49	4 201	5 106	173	189	11 103	26 017

Annexe 9. Abondance et biomasse moyenne réduite de poissons par station (moyenne de 10 comptages PMT au temps) à T0 et T0+3 dans le Parc national des Calanques.

Peuplement sans planctonophages	2013				2016			
	Abondance (nb/comptage)		Biomasse (g/comptage)		Abondance (nb/comptage)		Biomasse (g/comptage)	
	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT
P01_Frioul	30	19	1 244	676	27	9	416	213
P02_Château_If	55	37	2 433	1 979	33	19	1 475	1 136
P03_Planier	30	19	4 379	5 225	35	23	4 688	10 725
P04_Samena	27	16	452	349	24	17	540	540
P05_Marseilleveyre	35	24	4 236	9 893	27	26	1 979	2 627
P06_Sablière	42	27	2 956	3 076	99	92	30 686	54 440
P07_Plane_Sud	43	19	8 896	7 576	59	18	11 414	4 000
P08_Pierres_tombées	28	17	400	243	29	20	1 193	1 358
P09_Devenson	37	29	2 394	2 383	15	7	1 339	770
P10_Cap Soubeyrane	35	19	729	642	37	16	3 604	1 241
P11_Soubeyrane	49	26	1 353	731	53	25	3 812	3 053
P12_Mugel	23	8	329	295	26	14	1 351	2 745
Total	36	24	2 483	4 583	39	37	5 208	17 439
Côte	33	21	1 413	3 934	30	21	1 974	2 243
Iles	40	26	3 982	5 029	51	50	9 736	26 376
HZNP	35	24	1 492	3 898	31	21	1 538	2 163
ZNP	37	22	3 871	5 123	49	51	10 346	26 189

Annexe 10. Abondance et biomasse moyenne de poissons cibles par station (moyenne de 10 comptages PMT au temps) à T0 et T0+3 dans le Parc national des Calanques.

Espèces cibles	2013				2016			
	Abondance (nb/comptage)		Biomasse (g/comptage)		Abondance (nb/comptage)		Biomasse (g/comptage)	
	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT	MOY	ECT
P01_Frioul	13	5	395	208	11	8	214	126
P02_Château_If	31	17	1 543	1 391	15	6	750	387
P03_Planier	19	11	2 221	2 123	16	2	810	715
P04_Samena	10	4	315	272	16	11	544	517
P05_Marseilleveyre	19	7	497	304	12	5	621	471
P06_Sablière	18	7	758	584	27	22	3 581	3 871
P07_Plane_Sud	23	10	2 232	1 940	33	13	5 239	1 954
P08_Pierres_tombées	19	10	303	172	21	9	2 861	2 629
P09_Devenson	18	11	944	496	16	6	1 228	1 285
P10_Cap Soubeyrane	23	7	384	234	13	6	1 295	718
P11_Soubeyrane	14	6	608	446	27	10	2 269	1 062
P12_Mugel_Negue_Fou	12	5	237	231	25	12	1 362	829
Total général	18	10	870	1 162	19	11	1 602	2 026
Côte	17	8	470	387	17	9	1 005	965
Iles	21	12	1 430	1 587	22	14	2 438	2 727
HZNP	17	11	557	704	15	8	656	719
ZNP	20	9	1 308	1 498	25	13	2 927	2 484